



# ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES

## DE LA REDD+ EN TUNISIE

Financé par :



SalvaTerra  
Mai 2014



## **Auteurs**

M. Maden LE CROM, M. Jérôme MAURICE & M. Olivier BOUYER (SalvaTerra SAS)  
M. Kamel TOUNSI (Association de Développement de Menzel Jemil - ADMJ)

## **Supervision**

M. Ludwig LIAGRE (GIZ)

## **Avertissement**

*Les auteurs attirent l'attention du lecteur sur le fait que cette étude est exploratoire et fondée sur des données parcellaires, peu actualisées et des hypothèses fortes.*

*L'objectif d'un tel exercice est d'apporter des éléments sur les coûts et bénéfices de la REDD+ en Tunisie mais surtout de proposer des méthodes de calcul et initier le dialogue sur les résultats préliminaires, afin de renforcer les estimations et l'intérêt des acteurs concernés pour une meilleure prise en compte de la question forestière dans leurs perspectives de développement.*

*Ainsi, les résultats de cette étude ne devraient pas être cités sans souligner les incertitudes importantes qui les accompagnent.*

*Ce travail doit permettre d'appuyer la Tunisie dans les discussions menées au niveau régional dans le cadre du Projet Silva Mediterranea-CPMF.*

*Cette étude a été élaborée dans le cadre du Projet Régional Silva Mediterranea-CPMF de la GIZ "Adaptation au changement climatique des conditions-cadres de la politique forestière dans la région MENA" (Contact : Reinhard Alexander KASTL, reinhard.kastl@giz.de).*

## Sommaire

---

<b>Sommaire</b>	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>4</b>
<b>Liste des cartes</b>	<b>4</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>5</b>
<b>Acronymes</b>	<b>6</b>
<b>Résumé pour décideurs</b>	<b>7</b>
<b>1. Descriptif du contexte national</b>	<b>13</b>
1.1. Contexte géographique	13
1.2. Situation des forêts	14
1.3. Fonctions des forêts	18
1.4. Valeur économique totale des forêts tunisiennes	19
1.5. Menaces sur la forêt	20
1.6. Orientations stratégiques du secteur forestier	21
<b>2. Cadre de l'étude</b>	<b>22</b>
2.1. Objectifs	22
2.2. Méthodologie	22
2.2.1. Définition de la forêt	22
2.2.2. Réduction du surpâturage	23
2.2.3. Feux de forêt	23
2.2.4. Reboisement	24
2.2.5. Aménagement forestier	25
2.3. Hypothèses de valorisation du carbone	27
<b>3. Surpâturage</b>	<b>28</b>
3.1. Scénario de référence	28
3.1. Scénario REDD+	30
3.2. Conclusion	30
<b>4. Réduction des surfaces incendiées</b>	<b>32</b>
4.1. Scénario de référence	32
4.2. Scénario REDD+	34
4.3. Conclusion	36
<b>5. Reboisement</b>	<b>37</b>
5.1. Scénario de référence	37
5.2. Scénario REDD+	42
5.3. Conclusion	42
<b>6. Aménagement forestier</b>	<b>43</b>
6.1. Analyse de l'impact de l'aménagement sur les stocks de carbone forestier	43
6.2. Intérêt de la REDD+ pour l'aménagement forestier	46
6.3. Conclusion	47
<b>7. Coûts de transaction</b>	<b>49</b>
7.1. Coûts d'élaboration de la feuille de route REDD+	49
7.2. Coûts de préparation ou coûts de mise en œuvre de la feuille de route REDD+	49
7.3. Coûts de mise en œuvre de la REDD+	52
<b>Conclusion : Bilan coûts-bénéfices et recommandations</b>	<b>54</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>58</b>
<b>Annexe I : Coûts de préparation à la REDD+</b>	<b>60</b>
<b>Annexe II : Coûts du suivi des stocks de carbone forestier dans 23 pays</b>	<b>62</b>

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Répartition de la superficie totale par catégorie d'utilisation (ha), d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010) .....	15
Tableau 2 : Rythmes de reboisements en Tunisie de 1993 à 2009 (source : DGF) .....	17
Tableau 3 : Facteurs d'expansion et de conversion de la biomasse par défaut, en tonnes de matière sèche par m <sup>3</sup> de bois, pour les forêts méditerranéennes (source : GIEC, 2006).....	17
Tableau 4 : Facteurs d'expansion par défaut pour la conversion de l'accroissement annuel net en volume à l'accroissement annuel net en biomasse, pour les forêts méditerranéennes (source : GIEC, 2006).....	18
Tableau 5 : Facteurs d'expansion utilisés pour convertir les accroissements courants en volumes en accroissements courants en tms, branches et racines comprises .....	18
Tableau 6 : Répartition du bétail et de la consommation de pâturage en forêts (source : El Euc, 1995).....	28
Tableau 7 : Cheptel en 1995 et 2012 (source : FAOSTAT) .....	28
Tableau 8 : prélèvements estimés en forêt en 2013.....	28
Tableau 9 : coût d'évitement de l'émission d'une tonne de CO2 par surpâturage, en fonction des activités.....	30
Tableau 10 : Coût total des différentes solutions de réduction du surpâturage .....	31
Tableau 11 : Répartition des incendies, en nombre et surface, par types de végétation (source : Centre national de protection des forêts, 2013) .....	33
Tableau 12 : Synthèse des informations recueillies sur les boisements .....	41
Tableau 13 : Quelques impacts de l'aménagement sur les stocks de carbone forestier .....	44
Tableau 14 : Coûts de préparation .....	51
Tableau 15 : Coûts du MRV sur une période de 10 ans.....	53
Tableau 16 : Synthèse des coûts de transaction .....	54
Tableau 17 : Synthèse des coûts et bénéfices des activités REDD+ étudiées .....	55
Tableau 18 : Coûts de préparation observés dans les RPP de 41 pays, en milliers de US\$.....	61
Tableau 19 : Coûts de suivi des stocks de carbone forestiers dans 23 pays (source : CCNUCC, 2009) .....	62

## Liste des cartes

---

Carte 1 : Relief en Tunisie (source : Hastings et al., 1999) .....	13
Carte 2 : Bioclimats en Tunisie (source : Gounot et Le Houérou, 1988).....	13
Carte 3 : Occupation du sol, d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010) .....	14

## Liste des figures

---

Figure 1 : Répartition de la superficie des formations et espèces forestières forestières (% du total), d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010) .....	16
Figure 2 : Répartition de la valeur des bénéfices des forêts tunisiennes en 2010 (source : DGF, 2012) .....	20
Figure 3 : Evolution des besoins en UF, production d'UF, déficit en UF, émissions dues au surpâturage et coût de l'atténuation .....	30
Figure 4 : Evolution du nombre d'incendies et de leurs surfaces moyennes de 1903 à 2013 (source : Centre national de protection des forêts, 2013) .....	32
Figure 5 : Evolution des surfaces incendiées de 1903 à 2013 (source : Centre national de protection des forêts, 2013) .....	32
Figure 6 : Essences forestières les plus touchées par les incendies (secteur) et principales essences des forêts tunisiennes (barres) (source : Centre national de protection des forêts, 2013 et MARH/DGF, 2010) .....	33
Figure 7 : Projection des surfaces de forêts incendiées annuellement dans le scénario de référence.....	34
Figure 8 : Calcul des émissions nettes dues aux incendies de forêt dans le scénario de référence .....	34
Figure 9 : Calcul des émissions nettes dues aux incendies de forêt dans le scénario REDD+ .....	35
Figure 10 : Evolution des boisements forestiers de 1993 à 2009 (source : DGF).....	37
Figure 11 : Evolution des boisements pastoraux de 1993 à 2009 (source : DGF).....	39
Figure 12 : Evolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction du pourcentage de la surface aménagée pendant cette période .....	45
Figure 13 : Evolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction de l'évolution du pourcentage de la surface aménagée entre 1982-1995 et 1995-2008.....	46
Figure 14 : Impact nécessaire de l'aménagement sur les stocks de carbone (en pourcentage du stock sans aménagement) pour compenser le coût de l'aménagement, en fonction de la valorisation de la tonne de carbone (DT/tCO <sub>2e</sub> ) .....	47
Figure 15 : Impact nécessaire de l'aménagement sur les stocks de carbone (en pourcentage du stock sans aménagement) pour compenser le coût de l'aménagement, en fonction de la valorisation de la tonne de carbone (DT/tCO <sub>2e</sub> ) et tenant compte des biens et services produits .....	48
Figure 16 : Coûts de préparation à la REDD+ rapportés à la surface totale de 39 pays engagés dans la préparation .....	50

## Acronymes

Acronymes français		Autres	
ADMJ	Association de Développement de Menzel Jemil		
AMCC	Alliance mondiale contre les changements climatiques	GCCA	Global Climate Change Alliance
ANPE	Agence nationale de protection de l'environnement		
B&S	Biens et services écosystémiques		
		BaU	Business as Usual
CCNUCC	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques		
CP	Conférence des parties	COP	Conference of the Parties
CH4	Méthane		
		CIA	Central Intelligence Agency
CO2	Dioxyde de carbone		
CRPF	Centre régional de la propriété forestière		
DB	Densité du bois		
DG-ACTA	Direction générale de l'aménagement et de la conservation des terres agricoles		
DGF	Direction générale des forêts		
DT	Dinar tunisien		
		FAO	Food and Agriculture Organisation
		FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
FEB	Facteur d'expansion des branches		
FER	Facteur d'expansion racinaire		
		FRA	Forest Resources Assessment
GES	Gaz à effet de serre		
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat	IPCC	Intergovernmental Experts Panel on Climate Change
		GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
ha	Hectare		
IFN	Inventaire forestier national		
INAT	Institut national agronomique de Tunis		
INRGREF	Institut national de recherche en génie rural, eaux et forêts		
M	Million		
MARH	Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques		
MDP	Mécanisme de développement propre		
MEDD	Ministère de l'environnement et du développement durable		
		MENA	Middle East and North Africa
N20	Protoxyde d'azote		
OEP	Office de l'élevage et des pâturages		
PCFM	Partenariat de collaboration pour les forêts méditerranéennes	CMPF	Collaborative Partnership on Mediterranean Forests
PFN	Programmes forestiers nationaux	NFPF	National Forest Programs Facility
PFNL	Produit forestier non ligneux		
PV	Procès verbal		
REDD+	Réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et à la dégradation des forêts, incluant la conservation, l'augmentation des stocks de carbone forestier et la gestion durable des forêts		
tCO2e	Tonnes équivalent CO2		
tms	Tonnes de matière sèche		
UF	Unité fourragère		
		UN-REDD	United Nations Collaborative initiative on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation

## Résumé pour décideurs

---

### Qu'est-ce que la REDD+ et quel rôle peut elle jouer en Tunisie ?

La déforestation et la dégradation des forêts sont responsables de 12 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Le mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et la dégradation forestière, intégrant la conservation et l'augmentation des stocks de carbone forestiers et la gestion forestière durable (REDD+), en discussion depuis 2005 au sein de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), vise à inciter les pays du Sud à réduire les émissions et augmenter les absorptions de gaz à effet de serre par leurs forêts par l'apports de financements basés sur les résultats obtenus. Le volume de financements dépendrait ainsi de la quantité de gaz absorbée ou non émise.

Certains pays commencent à se préparer à accueillir le mécanisme dès qu'il sera opérationnel, en identifiant leurs stratégies REDD+, en constituant et en mettant à niveau les institutions nécessaires, en mettant sur pied leurs systèmes de suivi des stocks de carbone forestiers, etc. Ils sont aidés en cela par l'appui technique et financier de nombreux partenaires au développement (FCPF, UN-REDD, GCCA, GIZ...).

Les efforts sur la préparation à la REDD+ ont été focalisés en premier lieu sur les trois grands bassins forestiers tropicaux : l'Asie du Sud-Est, l'Amazonie et le Bassin du Congo, dans lesquels la REDD+ était évidente (stocks importants de carbone dans les forêts, taux de dégradation importants). Dans les régions extratropicales et la région MENA notamment, le potentiel paraît moins élevé du fait que les stocks de carbone forestiers y sont plus faibles et que certains facteurs de déforestation et dégradation s'y sont maintenus malgré des politiques de protection et gestion durable des ressources naturelles parfois anciennes.

### Méthodologie de l'analyse des coûts et bénéfices de la REDD+ en Tunisie

Suite à une étude approfondie au Maroc sur les coûts et bénéfices de la REDD+ et l'intérêt de ce pays à avancer dans la préparation à la REDD+, il a été jugé utile d'initier un dialogue sous-régional sur le mécanisme REDD+ pour les pays MENA. La première étape est la réalisation d'études similaires à celle menée au Maroc (bien que d'ambition moindre car réalisées dans des délais plus courts), dans les autres pays ciblés par le projet, à savoir le Liban et la Tunisie.

Le nombre de stratégies REDD+ analysées a été volontairement limité à quatre. Pour la Tunisie, le passage en revue des principaux documents de référence (stratégies dans le domaine forestier ou secteurs connexes, rapport sur l'état des forêts, entretiens complémentaires, etc.) ainsi que des échanges avec les acteurs en entretien et au cours d'un atelier de lancement ont permis d'identifier quatre axes REDD+ potentiels : la lutte contre les feux de forêts, le reboisement, la réduction du surpâturage et l'aménagement forestier.

Concernant ces quatre axes, cette étude vise à estimer quelle partie de l'effort de réduction d'émissions la REDD+ pourrait prendre en charge, en estimant les coûts unitaires de réduction d'émission dans les scénarios REDD+. Ces coûts unitaires sont obtenus en estimant, d'une part, les surcoûts des actions REDD+ (par exemple, création de pare-feux, reboisement d'essences locales, opérations sylvicoles...) et, d'autre part, les réductions d'émission associées. Ces coûts unitaires sont comparés au prix de la tonne de carbone (tCO<sub>2e</sub>). Trois hypothèses de valorisation de la tCO<sub>2e</sub> par la REDD+ seront considérées : 5 USD/tCO<sub>2e</sub>, qui correspond aux valeurs les plus basses observées ces dernières années sur le marché européen du carbone, 10 USD/tCO<sub>2e</sub>, le prix observé en 2013 et 140 USD/tCO<sub>2e</sub>, qui correspond au prix de la tonne qui serait nécessaire à l'atteinte des objectifs de réduction d'émissions des pays européens en 2030 (appelé valeur « tutélaire »).

Les bénéfices de la REDD+ ne sont pas seulement comptabilisés du point de vue des stocks de carbone, mais également du point de vue de leurs co-bénéfices. En effet, les forêts procurent un certain nombre de bénéfices socio-économiques (produits bois, plantes aromatiques, chasse, tourisme, etc.) et de services environnementaux (protection de l'eau, lutte contre l'érosion, etc.) à la société. La valeur économique totale des forêts est l'indicateur utilisé pour suivre l'évolution de ces bénéfices. Elle a été estimée sur le Bassin versant de Siliana à 197 DT/ha, sur le Bassin versant de Barbra à 303 DT/ha et pour la Tunisie à 172 DT/ha en moyenne (DGF, 2012). L'hypothèse de travail consiste à considérer que la conservation des forêts sur pied et le reboisement contribuent à accroître la valeur économique totale, alors que la déforestation et la dégradation diminuent cette valeur économique totale. L'enjeu consiste donc à quantifier les impacts des mesures REDD+ sur les surfaces forestières, et à leur attribuer une valeur monétaire.

Ainsi, le bilan coûts-bénéfices de la REDD+ intègre d'une part les surcoûts liés aux mesures REDD+, et d'autre part, les bénéfices "carbone" et les co-bénéfices socio-économiques et environnementaux qui résultent de ces mesures.

### **Réduction du surpâturage**

La production de fourrage par les forêts tunisiennes est inférieure à la demande par le cheptel qui y pâture. Ainsi, les forêts présentent un déficit fourrager et le surpâturage conduit à une consommation des semis, des jeunes plants et des pousses de l'année. On estime donc que le surpâturage entraîne un blocage de la régénération naturelle et une diminution des stocks de carbone forestier par mortalité naturelle des arbres, non compensée par la régénération.

Les activités REDD+ proposés consistent à fournir du fourrage issu de sources alternatives. Ainsi, le cas des plantations d'acacia, de cactus, de Medicago arborea, d'atriplex, le resemis d'herbacées et l'achat d'orge ont été évalués comme activités REDD+. Pour chacune de ces sources, le coût de production d'une unité fourragère a été estimé et rapporté à la surface de forêt protégée grâce à cette substitution, puis à la quantité d'émissions évitées par la protection de cette surface de forêt.

Hormis l'achat d'orge, toutes les solutions envisagées pourraient être intégralement couverts par les bénéfices en termes d'émissions évitées dans les forêts, pour le prix du carbone minimal observé ces dernières années (8,26 DT/tCO<sub>2e</sub>). La valeur observée en 2013 (16,68 DT/tCO<sub>2e</sub>) et la valeur tutélaire du carbone (224 DT/tCO<sub>2e</sub>) couvriraient largement les coûts de l'ensemble des solutions.

De ces coûts, on peut soustraire le gain provenant de la protection des biens et services écosystémiques hors carbone fournis par les forêts. Ces bénéfices sont estimés pour un hectare de forêt à 163,4 DT/an. On peut faire l'hypothèse qu'ils seraient diminués de 1% par an dans le cas d'un blocage de la régénération des forêts. 1,6 DT/ha/an ou 0,7 DT/tCO<sub>2e</sub>/an (1,6DT/ha/an ÷ 2,28 tCO<sub>2e</sub>/ha/an) de bénéfices s'ajouteraient au bilan.

### **Lutte contre les incendies de forêts**

Il existe un potentiel REDD+ lié à la lutte contre les incendies de forêts si la variation d'absorptions nettes de GES entre le scénario de référence et le scénario REDD+ impliquant des mesures pour lutter contre les feux de forêts est positive. A ce potentiel carbone s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands conservés par le maintien des surfaces non détruites par le feu.

Les calculs ont porté sur l'estimation des réductions d'émissions obtenus grâce à la réalisation des investissements permettant d'atteindre les normes méditerranéennes en termes d'infrastructures, équipements et gardiennage. Ces investissements devraient permettre de réduire les surfaces par incendie en forêt de 15,6 ha actuellement à 2 ha. Le scénario adopté est la réalisation progressive des investissements de 2017 à 2022.

En évitant des incendies sur 15 224 ha de forêts, dont l'équivalent de 10 418 ha seraient partis en fumée (car tous les arbres ne sont pas détruits au cours d'un incendie), les actions menées permettraient d'éviter l'émission d'environ 1 MtCO<sub>2e</sub>, valorisés entre 8,3 et 224 MDT selon la valeur du carbone choisie.

A ces bénéfices on peut rajouter la protection des biens et services fournis par ces forêts, pour une valeur de 11,2 MDT.

Ces bénéfices carbone et non-carbone sont loin de compensés les 1,43 milliards de coûts estimés, sur la base de données transmises par le Centre national de protection des forêts. Il est à souligner cependant que :

- Nous ne connaissons pas la durée d'amortissement des investissements à réaliser pour l'atteinte des normes méditerranéennes en termes d'équipement et infrastructures. Ainsi, en considérant une durée de 14 ans (2017-2030), on surévalue probablement le coût par année. Ces investissements sont cependant à réaliser bien avant de bénéficier des résultats, ainsi le coût reste très élevé dans les premières années.



- La valeur de protection des biens et des personnes contre le risque que représente un incendie de forêt n'est pas prise en compte et qu'elle justifie à elle seule la mise en œuvre des actions de lutte contre les incendies.

## **Reboisement**

Les reboisements permettent de stocker du carbone dans les arbres en croissance. L'évaluation des coûts et bénéfices carbone de cette activité nécessite donc de disposer de données sur les accroissements des plantations, ce qui n'a pas été le cas pour tous les types de boisement étudiés.

Cinq types de boisements ont été analysés : les reboisements forestiers, les boisements de fixation de dunes, les brise-vent, les plantations d'arbres à usages multiples et les plantations pastorales. Ces dernières ont été écartées du bilan car le peu d'information disponible laisse penser qu'elles ne répondent pas à la définition de la forêt.

Pour chacun de ces types de boisement, les coûts d'installation et d'entretien, les accroissements et les volumes de biomasse à maturité ont été estimés, permettant d'évaluer le coût d'abattement, c'est-à-dire le coût de séquestration d'une tonne de CO<sub>2</sub>.

Les reboisements forestiers sont les plus prometteurs du fait de leur stock de carbone plus élevé à terme que les autres types de plantations. Au prix actuel du carbone, seul ce type de boisement serait intégralement couvert par la REDD+.

La REDD+ pourrait couvrir intégralement les coûts de plantation et d'entretien des autres boisements, hors plantation pastorale, pour la valeur tutélaire du carbone.

Cependant, la REDD+ ne pourra probablement être qu'un cofinancement faible à moyen des boisements. Les boisements d'essences à croissance rapide présentent quant à eux un potentiel important pour la REDD+ ou en tant que projets MDP.

Par contre, la prise en compte des biens et services environnementaux justifie à elle seule toute action de reboisement car alors que les investissements pour le reboisement sont limités dans le temps, la valeur que représentent les biens et services fournis par les reboisements est infinie car produite tous les ans pour un temps en théorie illimité.

Aucune évaluation n'a été menée en Tunisie concernant le potentiel technique et social de reboisement à échelle nationale. De plus, les acteurs rencontrés soulignent la difficulté de trouver de nouvelles terres à reboiser dans le domaine de l'état et la méconnaissance du potentiel de reboisement sur terrains privés. L'analyse s'est donc limitée à l'échelle de l'hectare.

## **Aménagement forestier**

Les participants à l'atelier de lancement de l'étude ont demandé à ce que l'aménagement forestier fasse partie des axes stratégiques étudiés. L'aménagement peut en effet protéger et renforcer les stocks de carbone forestiers par la réduction du déficit pastoral, la lutte contre les incendies, les reboisements, etc. Cependant, l'impact carbone de ces aménagements est difficile à appréhender tant les données manquent et les situations varient d'une série forestière à une autre.

L'analyse théorique de l'impact des aménagements forestiers sur les forêts n'a pas pu être réalisée car trop importante pour une étude de l'envergure de celle-ci. La comparaison des différents gouvernorats en fonction de l'évolution de leurs stocks de carbone et de leur taux d'aménagement n'a pas permis de dégager de lien évident entre l'aménagement et les stocks de carbone. L'analyse s'est donc focalisée sur le calcul du seuil d'impact à partir duquel le coût des aménagements forestiers peut être couvert par la REDD+.

Pour une valeur du carbone basse (8,26 DT/tCO<sub>2</sub>e), le seuil est de 105%, c'est-à-dire que pour que son coût soit intégralement couvert par les bénéfices carbone, un aménagement devrait doubler les stocks de carbone d'une forêt (ce qui revient à doubler son stock de biomasse sur pied). Il est peu probable qu'un aménagement ait un tel impact.

Pour une valeur moyenne de 16,68 DT/tCO<sub>2</sub>e, ce seuil est réduit à 52%. Pour la valeur tutélaire du carbone, le seuil n'est plus que de 4%.

L'intégration dans le calcul de la valeur des biens et services fournis par les forêts diminue ces seuils de rentabilité. Ainsi, pour les valeurs basse, moyenne et tutélaire du carbone, un aménagement serait

rentabilisé dès lors qu'il permettrait une augmentation du stock de biomasse de respectivement 31%, 24% et 4%.

Cet axe stratégique mériterait des analyses plus approfondies, qui impliqueraient l'évaluation de l'ensemble des impacts directs et indirects à l'échelle nationale par la compilation de l'ensemble des PV d'aménagement, des échanges sur le terrain avec les gestionnaires de ces forêts, le croisement des informations issues des PV d'aménagement et de l'évaluation de leur mise en œuvre avec les données d'inventaire forestier au niveau des placettes issues du premier et du second inventaire forestier national.

## **Bilan**

Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau suivant :

	Réduction des surfaces de forêt incendiées	Boisement : 2017-2030 (hypothèse : stock atteint en 50 ans)	Boisement : long terme	Aménagement forestier	Réduction du surpâturage
Potentiel d'atténuation (tCO <sub>2</sub> e ou tCO <sub>2</sub> e/ha)	1 MtCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 48,3 tCO <sub>2</sub> e/ha Fixations de dunes et brise-vent : 21,3 tCO <sub>2</sub> e/ha Arbres à usages multiples : 9,6 tCO <sub>2</sub> e/ha	Boisements forestiers : 322 tCO <sub>2</sub> e/ha Fixations de dunes et brise-vent : 64 tCO <sub>2</sub> e/ha Arbres à usages multiples : 142 tCO <sub>2</sub> e/ha	Non estimé	32 tCO <sub>2</sub> e/ha
Coût de l'activité (DT ou DT/ha)	776 MDT	Boisements forestiers, fixations de dunes et brise-vent : 3 465 DT/ha Arbres à usages multiples : 3 286 DT/ha Ces calculs intègrent un taux de réussite de 70%		70,5 DT/ha/an 987 DT/ha sur la période 668 MDT si toutes les forêts sont concernées	108 à 289 DT/ha max 45 à 121 MDT sur 10 ans
Coût d'abattement (DT/tCO <sub>2</sub> e)	776 DT/tCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 72 DT/tCO <sub>2</sub> e Fixations de dunes et brise-vent : 361 DT/tCO <sub>2</sub> e Arbres à usages multiples : 154 DT/tCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 11 DT/tCO <sub>2</sub> e Fixations de dunes et brise-vent : 54 DT/tCO <sub>2</sub> e Arbres à usages multiples : 23 DT/tCO <sub>2</sub> e	Non estimé car impact carbone de l'aménagement inconnu	47 à 127 DT/tCO <sub>2</sub> e
Bénéfices carbone (DT ou DT/ha)	8 ; 16 ; 220 MDT	Boisements forestiers : 265 ; 536 ; 7 430 DT/ha Fixations de dunes et brise-vent : 53 ; 107 ; 1 477 DT/ha Arbres à usages multiples : 117 ; 236 ; 3 277 DT/ha	Boisements forestiers : 1 769 ; 3 574 ; 49 537 DT/ha Fixations de dunes et brise-vent : 352 ; 710 ; 9 846 DT/ha Arbres à usages multiples : 780 ; 1 576 ; 21 845 DT/ha	Non estimé	251 ; 507 ; 7 033 DT/ha
Intérêt potentiel de la REDD+	Cofinancement très faible de l'activité	Financement quasi-total des reboisements forestiers et arbres à usages multiples, mais sur le long terme. Les bénéfices carbone sur 2017-2030 seront faibles car les plantations seront jeunes en 2030. Le stockage de carbone et donc le coût d'abattement tiennent compte d'un taux de réussite des plantations de 70%.		Aux 3 prix du carbone envisagés la valorisation du carbone couvrirait les coûts de mise en œuvre des aménagements si ceux-ci permettent d'augmenter les stocks de carbone forestier d'au moins : 110% (doublement du stock) ; 55% (multiplication du stock par 1,5) ; 4% (augmentation faible). Cependant, les 70,5 DT/ha/an devraient être dépensés après 2030 pour maintenir les stocks, et les coûts augmenteraient donc, sans que les stocks de carbone s'accroissent en conséquence.	Couverture quasi-totale de l'ensemble des solutions proposées
Valeur des biens et services produits par un hectare de forêt (DT/ha/an)			163,4 DT/ha/an		
Bénéfices de la protection des biens et services (DT ou DT/ha)	11,2 MDT	254 DT/ha de forêts plantées sur la période considérée	En théorie infini	Dépendant de l'impact de l'aménagement, qui n'a pas été déterminé	181 DT/ha de forêts protégées sur la période considérée
Rentabilité de l'activité (investissements/bénéfices dus aux B&S)	Les biens et services protégés sur 2017-2030 ne permettent pas de rentabiliser l'action.	Les jeunes plantations produiront peu de biens et services et le cumul par hectare sur 2017-2030 (moyenne sur les plantations plantées entre 2017 et 2030) ne permettra pas de rentabiliser l'investissement. Le calcul de production de B&S tient compte d'un taux de réussite des plantations de 70%.	Valeur produite infinie sur le long terme, donc activité rentabilisée.	Les bénéfices de la valorisation des biens et services couvriraient les coûts de mise en œuvre des aménagements si ceux-ci permettent d'augmenter la valeur de ces biens et services de 9 DT/ha/an, soit 5,4% de la valeur actuelle.	Les bénéfices de la valorisation des biens et services couvriraient les coûts de la plupart des solutions analysées.
Valeur totale (DT ou DT/ha)	19 à 231 MDT	Valeurs du carbone (voir plus haut), augmentées de 254 DT/ha, ce qui ne change pas les conclusions.	En théorie infinie	Faisant l'hypothèse que l'augmentation de valeur des B&S est proportionnelle à l'augmentation des stocks de carbone, le coût des aménagements serait couvert par la valorisation de ce carbone et de ces B&S s'ils permettent une augmentation des stocks de carbone de : 5,2% ; 5% ; 2,3%	433 à 3 918 DT/ha

### Synthèse des coûts et bénéfices des activités REDD+ étudiées

Il y apparaît que la réduction du surpâturage est l'activité la plus efficace économiquement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Du fait des faibles stocks de carbone des forêts tunisiennes, la REDD+ ne peut être vu que comme une source de cofinancement des activités et pas une raison suffisante pour les mettre en œuvre. Les résultats sont évidemment très dépendants de la valorisation du carbone au moment des paiements aux résultats (2030 dans cet exercice), laquelle n'est actuellement pas prévisible.

Malgré cela, la prise en compte de la production de biens et services environnementaux justifie économiquement les actions de préservation ou reconstitution des forêts tunisiennes, d'autant que les investissements peuvent être limités dans le temps (notamment pour les reboisements), alors que la production de biens et services par les forêts est en théorie permanente en cas de gestion durable.

Les coûts de transaction (préparation à la REDD+ et suivi des surfaces et stocks de carbone forestiers), évalués à 38,5 MDT sur 10 ans au maximum, pourraient être bien inférieurs aux coûts de mise en œuvre des stratégies qui pourraient dépasser 1,5 milliards de DT rien que sur trois des quatre activités retenues.

## Limites

Ces résultats ont des limites importantes étant donné les incertitudes élevées et les hypothèses très fortes qu'il a fallu accepter pour les obtenir.

Ces limites ont été soulignées au cours de l'atelier de restitution de l'étude à Tunis, en janvier 2014. Cependant, les participants n'ont pas identifié de données complémentaires qui auraient pu permettre d'affiner ces estimations.

## Recommandations

Les échanges avec certains acteurs réunis au cours d'un atelier de restitution de l'étude ont débouché sur les recommandations suivantes :

- **Sur la mise à jour de la stratégie forestière** : mobilisation de la REDD+ comme complément de financement du plan d'action ; mise en valeur des opportunités de financement de la préparation à la REDD+ dans les documents de stratégie ; alignement de la stratégie avec les conventions de Rio, dont la CCNUCC ; développement des reboisements en terrains privés ; priorité à mettre sur la mise en œuvre des aménagements déjà rédigés.
- **Sur les analyses supplémentaires à produire** : développement d'un projet REDD+ intégré au niveau local couvrant plusieurs secteurs et intégrant un suivi des impacts socio-économiques et des tendances de développement local ; analyse comparée de forêts aménagées et non aménagées pour estimer le potentiel carbone de l'aménagement.
- **Sur le renforcement des capacités de la DGF** : améliorer la capitalisation de l'information, développer un système intégré de gestion de l'information ; renforcer les capacités de suivi des stocks de carbone forestier ; améliorer la connaissance des procédures d'accès aux financements REDD+ ; renforcer les capacités de négociation et de lobbying, au travers entre autres de la formation d'un groupe de lobbying avec les pays du PCFM (Tunisie, Maroc, Liban).
- **Sur la recherche de financements** : réaliser un bilan des opportunités pour la Tunisie ; mettre l'accent sur le lobbying avec le Maroc et le Liban ; préparer et soumettre un document de position commune au secrétariat de la COP CCNUCC ; travailler à une proposition de projet régional à soumettre aux bailleurs pour financement. Ne pas négliger les sources classiques de financement des forêts, la REDD+ ne couvrira pas tous les besoins. Le soutien international ne peut être la seule raison pour engager le pays dans ce type d'activités, qui sont justifiées par les biens et services qu'elles protègent.

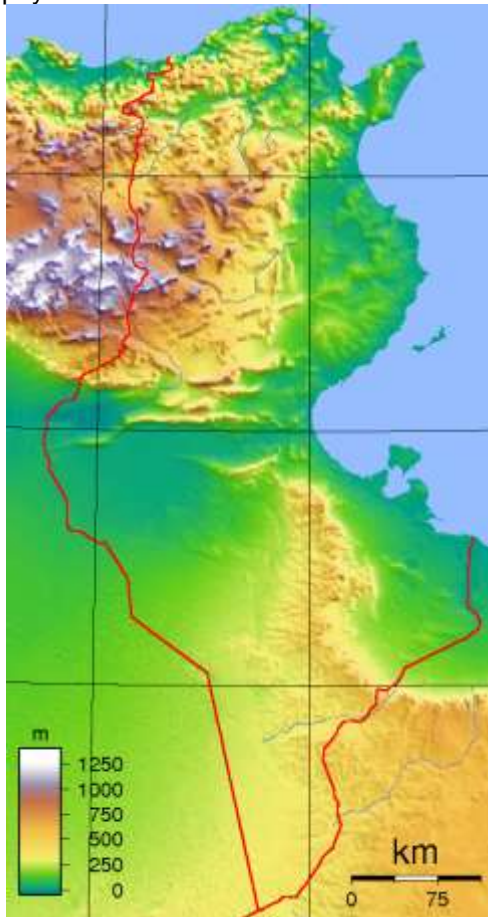
# 1. Descriptif du contexte national

## 1.1. Contexte géographique

La Tunisie s'étend sur une surface de 163 610 km<sup>2</sup> et compte environ 10,8 millions d'habitants, dont 33% vivent en zone rurale (d'après les statistiques Banque mondiale<sup>1</sup>).

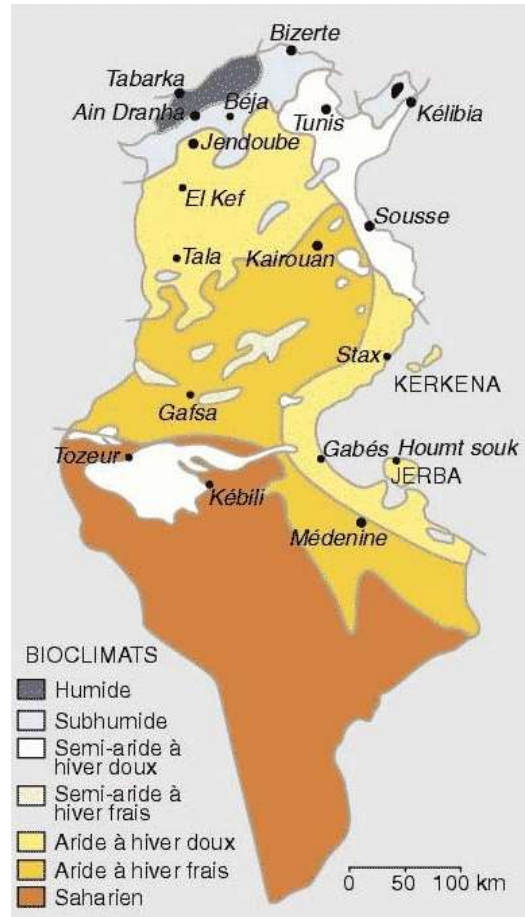
Deux caractéristiques majeures façonnent les forêts Tunisiennes :

Son relief et notamment la dorsale traversant le pays du centre-ouest au nord-est



Carte 1 : Relief en Tunisie (source : Hastings et al., 1999)

Son climat méditerranéen d'influence saharienne



Carte 2 : Bioclimats en Tunisie (source : Gounot et Le Houérou, 1988)

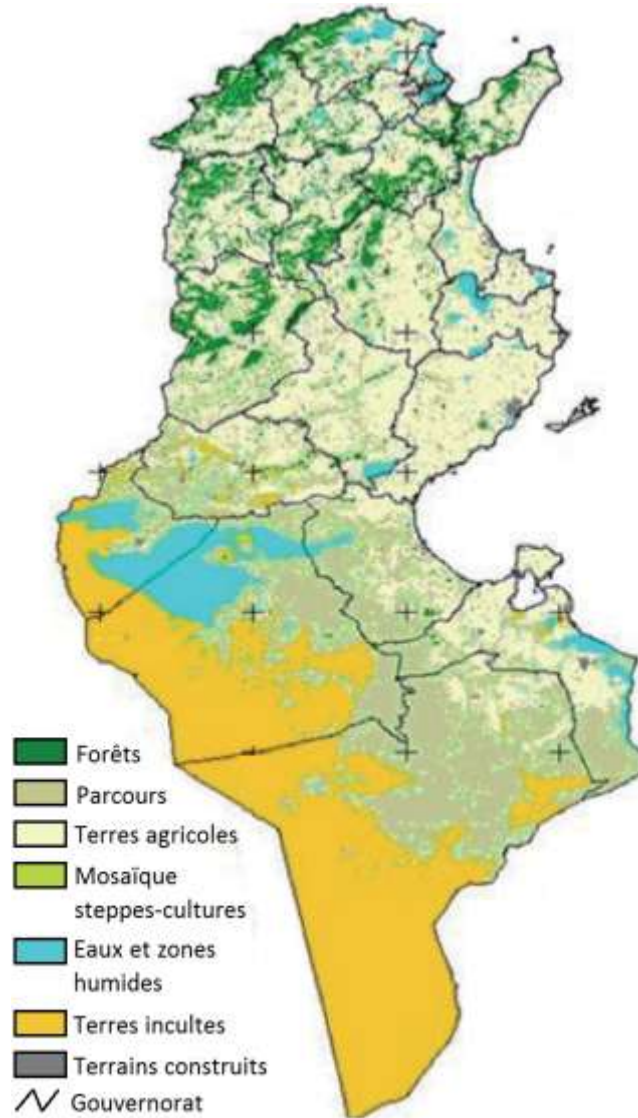
Ces caractéristiques distinguent deux ensembles : la Tunisie du nord représentée essentiellement par le Haut Tell, et la Tunisie sud, largement steppique et saharienne couverte d'importants espaces arides et désertiques par endroits (MARH/DGF, 2007).

C'est au Nord-ouest du pays, notamment dans les Mogods et la Kroumirie, que sont localisées les principales forêts de feuillus du pays (dont les forêts de chêne liège). Cette partie de la Tunisie, recouverte de forêts et de garrigues (dans les zones de relief), borde une grande vallée (Vallée de la Medjerda) qui renferme une partie importante des ressources en eau et en terres cultivables du pays (MARH/DGF, 2007).

<sup>1</sup> <http://donnees.banquemondiale.org/pays/tunisie>

## 1.2. Situation des forêts

La Tunisie dispose de deux Inventaires forestiers et pastoraux nationaux réalisés entre 1989 et 1994 (MAHR/DGF, 1995) puis 1998 et 2007 (MARH/DGF et al., 2010). Le rapport national pour le FRA 2010 (FAO, 2010) mentionne des « dates de référence » pour chacun de ces inventaires, respectivement 1993 et 2003. On prendra ces dates pour évaluer les rythmes annuels de changement d'usage des terres.



Carte 3 : Occupation du sol, d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010)

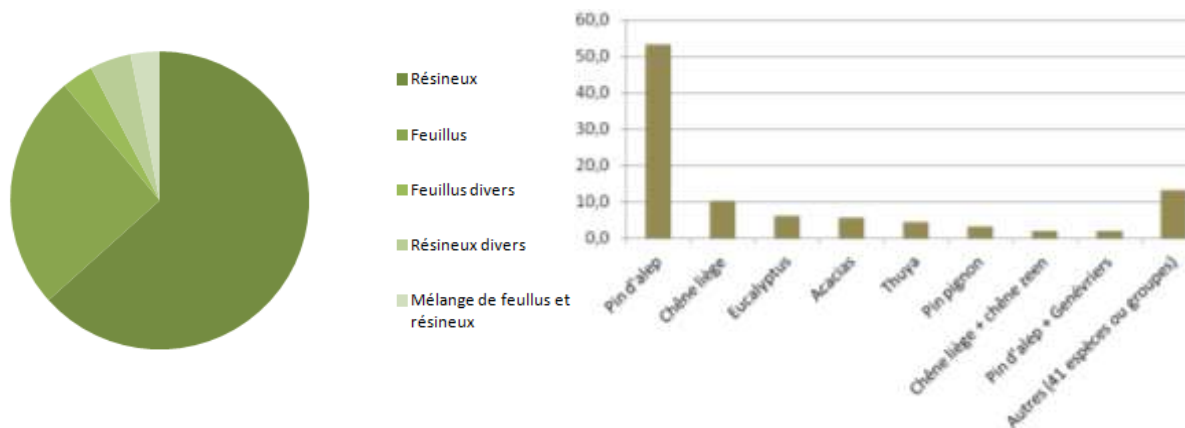
Le tableau suivant synthétise les données d'occupation des terres d'après le second inventaire forestier national (MARH/DGF, 2010).

Utilisation des terres	ha	%
<b>Superficies forestières</b>		
Arboretum	480	0,0
Boqueteau	1 908	0,0
Forêt de feuillus	140 209	0,9
Forêt de résineux	374 862	2,3
Forêt mixte	26 633	0,2
Garrigue arborée	34 383	0,2
Jeune peuplement	66 901	0,4
Maquis arboré	13 007	0,1
Plantation des berges, dunes	14 810	0,1
<b>Sous total</b>	<b>677 192</b>	<b>4,1</b>
<b>Autres formations forestières</b>		
Brise vent/haies	1 831	0,0
Clairières forestières	1 207	0,0
Garrigue non arborée	243 892	1,5
Terres incultes	131 855	0,8
Infrastructures forestières	8 610	0,1
Maquis non arboré	70 178	0,4
Plantation d'alignement	6 863	0,0
<b>Sous total</b>	<b>464 436</b>	<b>2,8</b>
<b>Autres terrains</b>		
Terrains construits	184 694	1,1
Cultures	4 503 112	27,5
Désert	4 555 957	27,8
Parcours + Mosaiques	5 213 830	31,8
Eaux et zones humides	800 778	4,9
<b>Sous total</b>	<b>15 258 372</b>	<b>93,0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16 400 000</b>	<b>100</b>

**Tableau 1 : Répartition de la superficie totale par catégorie d'utilisation (ha), d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010)**

Les forêts sont majoritairement résineuses, dominées par le pin d'Alep. Le chêne liège vient en seconde place.





**Figure 1 : Répartition de la superficie des formations et espèces forestières forestières (% du total), d'après les résultats du second inventaire forestier et pastoral national (source : MARH/DGF et al, 2010)**

La comparaison des deux inventaires forestiers nationaux permet d'évaluer l'évolution du couvert forestier. Cette comparaison est cependant à considérer avec prudence pour les raisons suivantes :

- Surface couverte différente : 11 Mha en 1995, 16,5 Mha en 2010. En 1995, une grande partie de Tataouine (3,4Mha) et de Kébili (1,5Mha) n'a pas été inventoriée. Il existe des différences de surface totale considérée pour tous les autres gouvernorats (-35 000 ha à +250 000 ha).
- Les deux inventaires utilisent des classifications différentes et les dénominations peuvent être variables dans le même IFN (terrains forestiers, formations forestières, forêts...)

Si Gader (non daté) mentionne une réduction de l'étendue de la végétation naturelle, due aux conditions climatiques défavorables caractérisées par des précipitations rares et irrégulières, à la surexploitation, au surpâturage et au défrichement illégal, les données d'inventaire montrent une augmentation du couvert forestier :

Dans le rapport national pour le FRA 2010 (FAO, 2010), la période 2000-2005 présente une augmentation nette de la superficie forestière de 87 758 ha et la période 2005-2010, une augmentation nette de 82 058 ha.

Les chiffres des inventaires forestiers nationaux montrent une augmentation des surfaces forestières :

- 1995 (date de référence 1993) : 635 888 ha de forêts, boqueteaux, maquis & garrigues arborés pour un total de 970 818 ha de « terrains forestiers »<sup>2</sup>
- 2010 (date de référence 2003) : 677 192 ha d'arboretums, boqueteaux, forêts de feuillus/résineux/mixtes, maquis et garrigues arborés, jeunes peuplements et plantations des berges et dunes pour un total de 1 141 628 ha de « superficies forestières »<sup>3</sup>.

Soit une augmentation de 41 304 ha, ou 4 130 ha/an. L'augmentation est inférieure aux estimations du FRA 2010 (+16 981 ha/an).

Les données du premier inventaire forestier et pastoral national sont jugées plus fiables que celles du second (AED consult, 2013).

<sup>2</sup> Incluant également les maquis et garrigues non arborés, les autres terrains forestiers (tranchés pare feu, pistes, clairières forestières, etc.) et les autres terrains (terrains nus, dunes, carrières, terrains rocheux)

<sup>3</sup> Inclut également les autres formations forestières (brise vent/haies, clairières forestières, garrigue non arborée, terres incultes, infrastructures forestières, maquis non arboré, plantation d'alignement)



Les données des reboisements passés nous ont été transmises par la DGF :

Campagne	Reboisements	TR (%)	Plantations Pastorales	TR (%)	Total Plantations
1993-94	6 638		5 463		12 101
1994-95	10 400	66	7 400		17 800
1995-96	17 400	81	17 500		34 900
1996-97	13 487	68	17 468		30 955
1997-98	14 539	77	16 974		31 513
1998-99	18 216	70	23 062	75	41 278
1999-00	16 460	70	19 036	77	35 496
2000-01	13 954	67	10 281	71	24 235
2001-02	7 800	50	7 525	65	15 325
2002-03	9 488	61	10 641	74	20 129
2003-04	9 295	71	5 963	70	15 258
2004-05	11 844	68	7 967	66	19 811
2005-06	15 093	68	5 949	66	21 042
2006-07	13 118	71	6 898	69	20 016
2007-08	9 472	60	6 038	61	15 510
2008-09	16 100	70	6 900	70	23 000

**Tableau 2 : Rythmes de reboisements en Tunisie de 1993 à 2009 (source : DGF)**

D'après le second inventaire forestier national, le volume sur pied est de 22,2 millions de m<sup>3</sup>, soit une moyenne de 33 m<sup>3</sup>/ha (677 192 ha considérés). Ces volumes sont des volumes géométriques.

Le rapport national pour le *Forest Resources Assessment* de 2010 (FAO, 2010) évalue le volume à 17,2 millions de m<sup>3</sup> sur la base des données du premier inventaire forestier national soit une moyenne de 26 m<sup>3</sup>/ha en forêt et 3,7 m<sup>3</sup>/ha sur les autres terres boisées.

Le rapport national pour le FRA 2010 (FAO, 2010) estime également la biomasse totale (incluant branches et racines), en utilisant pour cela la formule suivante :

Biomasse totale (en tonnes de matière sèche ou tms) = Volume x DB x FEB x (1+FER)

- DB = Densité du bois = 0,4
- FEB = Facteur d'expansion de biomasse = 1,35
- FER = Facteur d'expansion racinaire = 0,35

Les calculs de cette étude se basent sur des données plus détaillées des lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006), à savoir :

- Des valeurs de FEB pour les forêts méditerranéennes en fonction du type de peuplements (feuillus/résineux) en quatre classes de stocks :

	< 20 m <sup>3</sup> /ha	21-40 m <sup>3</sup> /ha	41-100 m <sup>3</sup> /ha	> 100 m <sup>3</sup> /ha
<b>Feuillus</b>	5	1,9	0,8	0,66
<b>Résineux</b>	6	1,2	0,6	0,55

**Tableau 3 : Facteurs d'expansion et de conversion de la biomasse par défaut, en tonnes de matière sèche par m<sup>3</sup> de bois, pour les forêts méditerranéennes (source : GIEC, 2006)**

- Un FER de 0,56 pour des forêts subtropicales sèches de stock inférieur à 20 m<sup>3</sup>/ha et de 0,28 pour les mêmes forêts supérieur à 20 m<sup>3</sup>/ha;

Sur la base des données du second inventaire forestier national, la biomasse totale est donc estimée à 43 millions de tms, soit 62 tms/ha.

En appliquant une valeur de fraction de carbone par défaut de 0,47 tC/tms (GIEC, 2006 pour l'arbre entier en zone subtropicale), on obtient un stock de carbone de 31 tC/ha ou 113,7 tCO<sub>2</sub>e/ha.

Le bois mort et la litière ne sont pas comptabilisés faute de données suffisantes. Les stocks de carbone du sol étant en règle général très importants, on ne peut les négliger. On utilise le chiffre évalué par le FRA 2010 pour le Maroc : 113,9 tO2e/ha.

Le stock total est donc estimé à 227,6 tCO2e/ha.

Le second inventaire forestier national fournit également des données sur les accroissements courants en volume des cinq années précédentes, calculés à l'échelle de la placette d'échantillonnage sur la base de prélèvements avec une tarière de Pressler. L'accroissement en volume est estimé à 525 400 m<sup>3</sup>/an, soit en moyenne 0,78 m<sup>3</sup>/ha/an.

Ces accroissements sont convertis en accroissement de biomasse aérienne grâce aux facteurs de conversion par défaut du GIEC (GIEC, 2006) :

	< 20 m <sup>3</sup> /ha	21-40 m <sup>3</sup> /ha	41-100 m <sup>3</sup> /ha	> 100 m <sup>3</sup> /ha
Feuillus	1,5	0,5	0,55	0,66
Résineux	1,5	0,4	0,45	0,54

**Tableau 4 : Facteurs d'expansion par défaut pour la conversion de l'accroissement annuel net en volume à l'accroissement annuel net en biomasse, pour les forêts méditerranéennes (source : GIEC, 2006)**

Les facteurs correspondant pour les racines ne sont pas disponibles. Si à tout moment on évalue le volume racinaire à 35% du volume aérien (facteur d'expansion racinaire de 0,35), on peut estimer l'accroissement en biomasse des racines à 35% de celui des parties aériennes.

	< 20 m3/ha	21-40 m3/ha	41-100 m3/ha	> 100 m3/ha
Feuillus	2,025	0,675	0,7425	0,891
Résineux	2,025	0,54	0,6075	0,729

**Tableau 5 : Facteurs d'expansion utilisés pour convertir les accroissements courants en volumes en accroissements courants en tms, branches et racines comprises**

Ainsi, l'accroissement total de biomasse est estimé à 439 296 tms/an, soit 0,66 tms/ha/an.

### 1.3. Fonctions des forêts

Les principales fonctions des forêts sont listées par le Guide forêts durables (MEDD/ANPE, 2005) :

#### **Fonction de conservation et de protection**

**Conservation de la biodiversité** : les forêts recèlent des endémiques tunisiennes, maghrébines, et méditerranéennes, et bien d'autres espèces rares ou très rares.

**Protection contre l'érosion et mise en valeur des terres** : le couvert forestier permet la réduction du ruissellement des eaux, la conservation des sols et de leur humus, la réduction très sensible de l'envasement des barrages, la protection des champs, des oasis, des routes, des canaux d'irrigation et des villages contre l'ensablement, la protection des cultures contre le vent, la lutte contre la désertification. Rouchiche et Abid (2003), estiment que les pertes annuelles en terres arables de l'ordre de 19.000 ha (10.000 ha par érosion hydrique, 8.000 ha par facteurs de désertification, 1.000 ha par inondations et par salinisation après irrigation). L'évaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes (FAO/NFPF et MARH/DGF, 2012) estime que la protection des sols contre l'érosion représente 23% du bénéfice provenant des forêts (en seconde place derrière la production de fourrage).

#### **Fonction de production**

Les forêts tunisiennes produisent du bois, du liège, de l'alfa, du miel, des essences de distillation, des produits de la chasse, du fourrage, du myrte, du romarin... La production de fourrage (120 millions

d'UF d'après MARH/DGF, 2010, sur un total de 304 millions d'UF<sup>4</sup>) serait en première place des bénéfiques provenant de la forêt, avec une part de 59% (FAO/NFPF et MARH/DGF, 2012).

### **Fonction récréative**

Les forêts tunisiennes constituent un lieu privilégié à la fois pour la récréation, le tourisme écologique et le tourisme de chasse.

### **Fonction socio-économique**

Une étude récente (FAO/NFPF, GIZ et MARH/DGF, 2012) estime à 733 613 le nombre d'utilisateurs de la forêt (excluant les nappes alfatières), soit 6,9% du total<sup>5</sup> dont 28 759 vivant dans la forêt et 704 854 à moins de 5km.

La population tunisienne est majoritairement jeune et confrontée au chômage (MARH/DGF, 2007). 8,3 % de la population rurale sont pauvres (MARH/DGF, 2007). Les taux de pauvreté seraient plus importants dans le Nord-ouest (région la plus forestière), suivi par le Centre Ouest et le Sud (ces trois régions cumulant 80% de la pauvreté). Dans ce contexte, la part du revenu forestier dans le revenu total des ménages est d'environ 40% en moyenne et jusqu'à 60% à Siliana (FAO/NFPF, GIZ et MARH/DGF, 2012).

Si la première fonction évoquée lors des discussions avec les forestiers tunisiens est la fonction de conservation et protection, la première contrainte soulignée est la nécessité de répondre aux attentes des populations forestières et péri-forestières.

## **1.4. Valeur économique totale des forêts tunisiennes**

---

La Tunisie a publié en juin 2012 une évaluation de la valeur économique des biens et services des écosystèmes forestiers, dans le cadre du programme de partenariat entre le Mécanisme pour les programmes forestiers nationaux (PFN) et la FAO (DGF, 2012).

Elle se base sur le concept de valeur économique totale permettant de prendre en compte des valeurs de bénéfiques non marchands (valeur d'usage indirect ou de non usage). Les coûts de la dégradation sont également pris en compte.

Ainsi, les valeurs suivantes sont intégrées dans l'étude :

- Bois vendu
- Bois collecté
- Produits forestiers non ligneux
- Production fourragère
- Chasse
- Récréation
- Contribution à la réduction de l'érosion,
- Impacts sur les ressources en eau,
- Impacts sur la qualité des eaux,
- Séquestration de carbone,
- Contribution à la biodiversité,
- Dégradation liée aux pressions humaines,
- Dégradation liée aux risques d'incendies.

---

<sup>4</sup> Les tableaux de résultats permettent de calculer un total de 304 millions d'UF par an mais le résumé du document mentionne 700 millions d'UF.

<sup>5</sup> La population totale est estimée à 10 705 000 habitants en 2012 par le site FAOSTAT (<http://faostat.fao.org/site/550/default.aspx#ancor>)

Deux sites ont été retenus pour leur représentativité bioclimatique, la diversité des biens et services fournis et la disponibilité des données, à savoir le bassin versant de Barbra et celui de Siliana. Ces études ont également permis d'approcher une valeur économique totale des forêts tunisiennes.

Sans tenir compte des parcours, la valeur économique totale des forêts tunisiennes est estimée à 204 000 MDT (0,3% du PIB), soit 172 DT/ha.

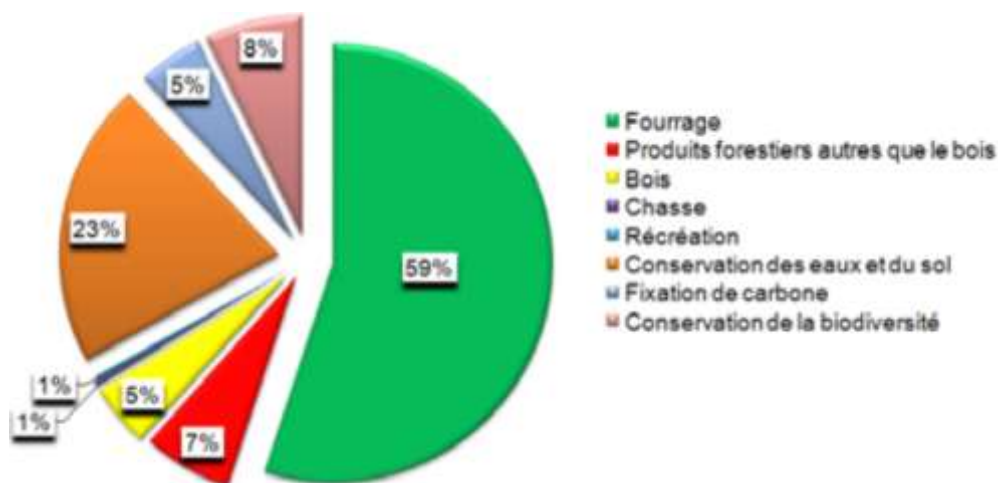


Figure 2 : Répartition de la valeur des bénéfices des forêts tunisiennes en 2010 (source : DGF, 2012)

Afin d'éviter les doubles comptes, nous utiliserons ici une valeur de 163,4 DT/ha, déduction faite des 5% de valeur de la fixation du carbone, que nous évaluons par ailleurs.

### 1.5. Menaces sur la forêt

Les principales menaces pour la forêt sont identifiées par MEDD/ANPE, 2005 :

- Vulnérabilité aux incendies

La première menace identifiée est la vulnérabilité aux incendies, en témoignent les surfaces annuellement brûlées, supérieures à 1000 ha annuellement (voir chapitre 4). La lutte contre les incendies est ainsi analysée comme un des axes REDD+ potentiels.

- Vulnérabilité aux attaques de parasites

Les espèces forestières sont exposées aux attaques d'insectes et de champignons. Les eucalyptus sont ravagés par le phoracantha, les chênes défoliés par le liparis et le pin d'Alep par la chenille processionnaire mais aussi par des champignons qui lui provoquent la pourriture du cœur. Les actions dans le secteur de la santé des forêts ont été proposées comme axe stratégique REDD+ à étudier, au cours de l'atelier de lancement de l'étude, mais n'a pas été retenu, au profit de l'axe « aménagement forestier ».

- Vulnérabilité aux défrichements et la mise en culture

Le document mentionne des facteurs de déforestation et dégradation des parcours : extension de la céréaliculture et des plantations arboricoles, l'olivier en particulier. Cette menace n'a pas été retenue au cours de l'atelier de lancement de l'étude par les acteurs participants comme axe stratégique REDD+ à étudier.

- Vulnérabilité à la surexploitation

Si l'exploitation forestière est identifiée comme un facteur de dégradation important de forêts pendant l'époque précoloniale et les deux guerres mondiales, les échanges avec des acteurs concernés<sup>6</sup> évoquent un impact actuellement faible de ce facteur.

Le surpâturage aurait par contre un impact néfaste important sur la végétation des terres de parcours (dont parcours forestiers). Le surpâturage est cité par Rouchiche et Abid (2003) comme le premier facteur de dégradation des forêts. La réduction du surpâturage est ainsi traitée dans cette étude comme axe d'intervention REDD+ potentiel.

- Vulnérabilité à l'érosion

La diminution de la couverture végétale expose les sols des forêts et des parcours aux risques de l'érosion hydrique et éolienne. Cette érosion revêt plusieurs formes dont les plus classiques sont l'érosion en nappes, l'érosion en griffes ou le ravinement, la déflation et l'ensablement. Quelle que soit sa forme, si elle ne fait pas disparaître en totalité ou en partie le sol, l'érosion diminue notablement sa fertilité et l'expose inexorablement aux méfaits de la désertification.

## 1.6. Orientations stratégiques du secteur forestier

### **D'après AED Consult (2013) :**

Les objectifs à long terme retenus pour la stratégie 2002-2011 découlent des choix stratégiques prioritaires qui ont été adoptés suite à une longue analyse, et qui s'articulent autour de :

- la conservation des sols et des eaux qui privilégie la fonction de protection de la forêt, sur les ressources en eau notamment ;
- le développement socio-économique des populations riveraines qui est placé en seconde priorité ;
- la production de bois, de liège et de PFNL qui a été placée en troisième priorité ;
- la protection de l'environnement qui viendra compléter la conservation des eaux et des sols et intégrer la conservation de la biodiversité ;
- le développement de la fonction récréative des forêts pour les populations urbaines et les touristes.

Sur cette base, neuf objectifs à long terme ont été définis pour la stratégie, ce sont :

- La maîtrise de l'action anthropique exercée sur les espaces forestiers;
- L'arrêt du processus de réduction et de dégradation des parcours steppiques ;
- La valorisation des ressources, consolidation des acquis et amélioration de la gestion du domaine forestier ;
- La protection de la biodiversité ;
- La satisfaction des besoins urbains en matière d'espaces verts et de forêts récréatives ;
- L'association des populations forestières à la gestion du domaine forestier ;
- La prise en charge par les usagers de la gestion des parcours collectifs ;
- L'apurement foncier du domaine forestier ;
- L'extension du couvert végétal (amélioration du taux de couverture) ;

Cette stratégie forestière est actuellement en cours de révision.

---

<sup>6</sup> Atelier à la Direction générale des forêts à Tunis le 14/11/2013, regroupant 30 personnes de différentes institutions : DGF, DG-ACTA, OEP, INAT, INRGREF, ONG Tunisie écologie, GIZ, etc.

## 2. Cadre de l'étude

---

### 2.1. Objectifs

---

Cette étude s'inscrit dans l'étude régionale intitulée "*Positionner les pays partenaires du Partenariat de collaboration sur les forêts méditerranéennes dans le débat international sur la REDD+ : quels sont les coûts-bénéfices de la REDD+ pour l'Algérie, le Liban, le Maroc, la Tunisie et la Turquie ?*".

Les objectifs de l'étude régionale sont les suivants :

- Positionner les pays partenaires du PCFM dans le débat international sur la REDD+ ;
- Initier et soutenir un dialogue politique intersectoriel sur la REDD+ au niveau national et au niveau régional ;
- Favoriser le dialogue politique intersectoriel, au sein des pays partenaires, sur les moteurs de déforestation et de dégradation au niveau ;
- Évaluer les coûts-bénéfices potentiels et la faisabilité de la REDD+ au niveau national, au sein des pays partenaires ;
- Passer en revue les opportunités qu'offre la REDD+ pour les pays partenaires ;
- Améliorer la préparation des pays partenaires pour de futures opportunités liées à la REDD+ ;
- Définir des positions communes entre les pays partenaires dans le cadre des négociations internationales sur la REDD+ (en tenant également compte du rôle de la conservation des forêts et des co-bénéfices dans la REDD+) ;
- Appuyer la préparation des pays partenaires dans les futures négociations internationales sur la REDD+ ;

La présente étude est donc un premier pas vers l'atteinte des objectifs pré-cités pour la Tunisie.

### 2.2. Méthodologie

---

Dans la section suivante, on pose les hypothèses à retenir en termes de définition de « forêt » et on présente succinctement les logiques de calcul pour chaque option stratégique REDD+.

Quatre options stratégiques REDD+ ont été sélectionnées sur la base de l'étude du contexte national et d'un atelier de lancement de l'étude à Tunis en novembre 2013 : la réduction du surpâturage, la lutte contre les incendies de forêt, les reboisements et l'aménagement forestier.

#### 2.2.1. Définition de la forêt

---

La définition de la forêt dans le cadre de la REDD+ n'est pas officiellement fixée. Elle pourrait cependant se fonder sur deux sources :

- La FAO (<http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>) définit une forêt comme étant un terrain de plus de 0,5 ha portant des arbres de plus de 5 m à maturité avec un taux de couverture supérieur à 10% à maturité, à l'exclusion des terrains à usage agricole ou urbain prédominant .
- Les Accords de Marrakech (FCCC/CP/2001/13/Add.1) définissant les modalités du MDP laissent quant à eux des plages de valeurs aux choix de chaque pays. Ainsi, ils définissent une forêt comme étant un terrain de plus de 0,05 à 1 ha, portant des arbres de plus de 2 à 5 m à maturité avec un taux de couverture supérieur à 10 à 30 % à maturité.

Pour le MDP, il semble que La Tunisie n'a pas fixé ces seuils (<http://cdm.unfccc.int/DNA/index.html>).

Dans le cadre de cette étude, les données obtenues n'avaient pas le niveau de détail nécessaire pour évaluer les terrains au regard de ces définitions. Ces définitions ont été mobilisées pour écarter les plantations pastorales de la catégorie de forêts. Pour les autres terrains, on considère comme forêt les terrains cités par le second inventaire forestier national comme « superficies forestières », à l'exception des « autres superficies forestières » mais incluant les brise-vent dans le cas des reboisements (voir chapitre 5). Sont ainsi inclus les arboretums, boqueteaux, forêts de feuillus/résineux/mixtes, maquis et garrigues arborés, jeunes peuplements, plantations des berges et dunes et brise-vent.

### 2.2.2. Réduction du surpâturage

---

#### Principe

Le surpâturage en forêt entraîne la consommation des jeunes plants, des glands et des pousses de l'année, ce qui peut ralentir voire stopper la régénération des forêts.

Ainsi, les peuplements forestiers se dégradent par mortalité naturelle des arbres les plus faibles, sans que le recrû ne permette de compenser ces pertes.

La réduction du surpâturage permettrait donc de maintenir les stocks de carbone forestier à leur niveau actuel, voire de renforcer les stocks des forêts déjà dégradées.

#### Scénarios

- Scénario de référence : la demande en fourrage forestier est fonction du cheptel, en augmentation d'après les chiffres de FAOSTAT, l'OEP et les discussions menées à Tunis. La production en fourrage forestier diminue entre les deux inventaires pastoraux nationaux. Il est cependant délicat de comparer ces deux inventaires, tant les productions fourragères sont dépendantes des conditions climatiques annuelles.
- Scénario REDD+ : la fourniture d'alternatives au fourrage forestier (autres fourrages ou orge) permettrait de combler la différence entre la demande en fourrage et la production forestière et de réduire ainsi le pâturage en forêt à un niveau acceptable. Les forêts pourraient ainsi se régénérer et les stocks de carbone forestier cesseraient de diminuer.

#### Logique de calcul

Dans l'idéal, l'estimation de l'impact du surpâturage sur les stocks de carbone forestier aurait été faite sur la base d'analyses diachroniques, c'est-à-dire en comparant l'évolution dans le temps de surfaces forestières présentant des caractéristiques (essences, structure, environnement socio-économique, climat, etc.) similaires mais avec différentes charges pastorales. Cette comparaison aurait permis d'établir une relation liant l'évolution des stocks de carbone forestier avec l'évolution du cheptel pâturant en forêt et de réaliser des projections. Malheureusement, aucune analyse diachronique n'a pu être trouvée en Tunisie ni dans des contextes proches.

La méthode adoptée se base donc sur l'hypothèse que le surpâturage bloque la régénération, le peuplement se dégradant alors par mortalité naturelle des arbres non compensée par le recrû.

Dans le scénario REDD+, le stock de carbone des forêts est maintenu au niveau du stock actuel, calculé sur la base des données du second inventaire forestier national.

Dans le scénario de référence, ce stock de carbone diminue de 1% chaque année du fait de la mortalité naturelle des arbres, non compensée par la régénération.

### 2.2.3. Feux de forêt

---

#### Principe



Il existe un potentiel REDD+ lié à la lutte contre les incendies de forêts si la variation d'absorptions nettes de GES entre le scénario de référence et le scénario REDD+ impliquant des "mesures pour lutter contre les feux de forêts" est positive. A ce potentiel "carbone" s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands conservés par le maintien des surfaces non détruites par le feu.

### Scénarios

- Scénario de référence : on calcule les surfaces incendiées à l'avenir en estimant que le nombre de départ évolue de manière tendancielle (tendance 1903-2011) et que la surface par incendie reste stable, à 15,6 ha en moyenne en forêt. La perte des accroissements futurs des arbres morts, aussi bien que le gain en accroissement de la régénération, sont pris en compte.
- Scénario REDD+ : réalisation des investissements nécessaires pour que la Tunisie atteigne les normes méditerranéennes en termes d'infrastructures, équipement et gardiennage pour la lutte contre les feux de forêt. D'après les discussions menées à Tunis, cette mise à niveau pourrait permettre de réduire la surface unitaire des incendies de forêt à 2 ha.

### Logique de calcul

On calculera le différentiel d'absorptions nettes entre le scénario de référence (noté BaU) et le scénario REDD+ comme suit :

$$\Delta \text{Emissions nettes} = \text{Emissions nettes REDD} - \text{Emissions nettes BaU}$$

Le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) fournit dans ses lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) la formule d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (GES, à savoir CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) dues aux incendies :

$$\text{Emissions (t de gaz)} = \text{surfaces brûlées (ha)} \times \text{stock de biomasse brûlée au sein de cette surface (tms/ha)} \times \text{facteur d'émission (t de GES par t de biomasse brûlée)}$$

On convertit les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O en tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>e) grâce au pouvoir de réchauffement global de ces gaz (respectivement 34 tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub> et 298 tCO<sub>2</sub>e/tN<sub>2</sub>O). Ainsi, on peut sommer l'effet sur le climat de ces trois gaz.

Pour les absorptions, la même publication recommande le mode de calcul suivant :

$$\text{Absorptions (t de gaz)} = \text{surfaces (ha)} \times \text{accroissement de la biomasse après incendie (tms/ha/an)} \times \text{fraction carbone (tC/tms)}$$

Pour chaque scénario, les émissions nettes sont égales à la différence entre les émissions et les absorptions.

### 2.2.4. Reboisement

---

#### Principe

Les boisements vont séquestrer du carbone grâce à l'assimilation du CO<sub>2</sub> par les arbres au cours de la photosynthèse. La quantité de carbone séquestrée va dépendre de la croissance des arbres et de leur densité. A ce potentiel carbone s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands générés par les plantations additionnelles.

#### Scénarios

- Scénario de référence : le scénario de référence doit se baser sur le rythme attendu de reboisement, sans action REDD+ spécifique. En Tunisie, la raréfaction des terrains publics



à reboiser et l'incertitude sur la disponibilité des terrains privés pour cette activité rendent actuellement difficile l'estimation de ce rythme. Il est estimé à 27 100 ha/an pour la période 2012-2020 par l'étude pour l'élaboration de la seconde communication nationale (GEREP Environnement, 2009).

- Scénario REDD+ : le scénario REDD+ doit se baser sur le rythme possible de reboisement, en considérant que les contraintes financières sont levées grâce à l'accès aux sources de financement REDD+ (fonds pour la préparation, les investissements ou paiements aux résultats). Malheureusement, aucune évaluation du potentiel technique et social de reboisement à échelle nationale n'a été réalisée, comme cela nous a été confirmé au cours des entretiens menés à Tunis.

Faute de pouvoir établir des scénarios de référence et REDD+ crédibles, nous limitons l'exercice à une évaluation des coûts et bénéfices par hectare reboisé.

### Logique de calcul

On évaluera l'accroissement de la biomasse dans les différents types de plantations. On en déduit l'augmentation des stocks de carbone et donc l'absorption de GES. Le mode de calcul est celui présenté dans le chapitre précédent et issu de GIEC, 2006, pour le cas des absorptions.

#### 2.2.5. Aménagement forestier

##### Principe

Les participants à l'atelier de lancement de l'étude ont demandé à ce que l'aménagement forestier fasse partie des axes stratégiques étudiés. L'aménagement peut en effet protéger et renforcer les stocks de carbone forestiers par la réduction du déficit pastoral, la lutte contre les incendies, les reboisements, etc.

##### Scénarios

- Scénario de référence : peu de forêts tunisiennes sont aménagées et les aménagements y sont très peu appliqués. On peut donc conclure à un impact actuel très faible de l'aménagement sur les forêts.
- Scénario REDD+ : d'après les participants à l'atelier de lancement de l'étude, un scénario REDD+ pourrait être l'augmentation du nombre d'aménagements forestiers mais surtout la mise en œuvre des aménagements existants. Cependant, l'impact d'un aménagement forestier sur les stocks de carbone forestier est difficile à estimer, tant les activités couvertes par un aménagement sont nombreuses et variables d'un aménagement à l'autre. De plus, quand certaines activités ont un impact positif sur les stocks de carbone forestiers (reboisements, aménagements réduisant les risques d'incendie et améliorant les capacités d'intervention, aménagement pastorale réduisant le déficit fourrager, etc.), d'autres ont un impact négatif sur ces stocks (défrichement pour l'ouverture des pistes, exploitation forestière réduisant les stocks<sup>7</sup>, exploitation de produits forestiers non ligneux pouvant dans certaines conditions réduire les capacités de régénération, comme les pignes, etc.)

### Logique de calcul

---

<sup>7</sup> On entend fréquemment que la sylviculture dynamise les peuplements. C'est le cas dans le sens ou dans certaines conditions, les accroissements des arbres laissés sur pied suite à une éclaircie augmentent (Khaldi, 2009). Cependant, Khaldi mentionne également qu'en Espagne, l'expérimentation sur pin sylvestre a montré que le volume total et l'accroissement en volume diminuaient avec l'intensité d'éclaircie. Le fait d'enlever des arbres annule l'impact positif sur l'accroissement des arbres restants. En fait, l'éclaircie permet d'améliorer la qualité mais pas la quantité produite (CRPF Aquitaine, non daté ; Pardé, 1964). En sortant plus d'arbres de la forêt, on diminue les stocks de carbone forestier.

Deux méthodes de calculs ont été envisagées :

- Evaluation de l'impact de l'aménagement par la sommation des impacts de chaque activité recommandée. Il s'agit pour chaque activité d'en estimer les impacts directs ou indirects sur les stocks de carbone forestier. Cette méthode s'est avérée impossible à mettre en œuvre dans la durée de l'étude du fait que les activités recommandées dans un plan d'aménagement sont très nombreuses, qu'elles sont variables d'un aménagement à l'autre sans qu'il y ait de norme quantifiée établie à échelle nationale et qu'une même activité peut avoir à la fois des impacts positifs et des impacts négatifs, directs et indirects. La quantité de données à traiter pour cette exercice dépasse les possibilités d'une telle étude.
- Evaluation de l'impact de l'aménagement par comparaison de forêts aménagées et non aménagées, toutes choses étant égales par ailleurs. La faible proportion des forêts aménagées, la faible mise en œuvre des aménagements et la difficulté du suivi des activités effectivement mises en œuvre (du fait que le budget est suivi par postes de dépenses et pas par activité) n'a pas permis d'obtenir les informations nécessaires.

Ainsi, l'analyse adopte une démarche différente, visant ;

- Dans un premier temps à savoir si les aménagements passés ont pu avoir un impact visible sur les stocks de carbone forestier. Les données obtenues ne permettent pas de distinguer cet impact.
- Dans un second temps à évaluer à partir de quel niveau d'impact l'aménagement est rentable en tant qu'activité REDD+. Il est probable qu'une fois ce seuil de rentabilité estimé, les forestiers pourront évaluer, sur la base de leur expérience, s'il est possible que les aménagements aient un impact qui dépasse ou non ce seuil.

### 2.3. Hypothèses de valorisation du carbone

---

Trois hypothèses de prix sont faites :

- Un prix de 5 US\$/tCO<sub>2e</sub> (8,26 DT) : ce prix correspond aux valeurs les plus basses observées ces dernières années sur le marché européen du carbone.
- Un prix observé plus récemment et globalement : Ecosystem Marketplace (2012) fournit des informations sur les marchés du carbone forestier. En 2011, le prix moyen des tonnes de CO<sub>2</sub> échangées sur les marchés d'engagement (en lien avec le protocole de Kyoto donc uniquement issus de projets de reboisement) et volontaires (sans lien avec le protocole de Kyoto) était de 9,2 \$US. On estime que ce prix suit le taux d'inflation mondial, de 5% en 2012 (CIA, 2012) pour atteindre 10,1 \$US/tCO<sub>2e</sub> en 2013, soit 16,68 DT.
- Un prix recommandé : mandatée par le Premier ministre français en 2008, une commission du Centre d'analyse stratégique a proposé un modèle d'évolution de la valeur tutélaire du carbone (c'est-à-dire une valeur recommandée pour l'atteinte des objectifs fixés) intégrant les engagements européens concernant les changements climatiques et des modèles économiques (Quinet, 2009). La valeur pour l'année 2030 est estimée à 100€/tCO<sub>2e</sub>, soit 224 DT ou 140 US\$.

Ces valeurs sont choisies pour explorer les bénéfices tirées des paiements aux résultats de la REDD+ en fonction de la valorisation du carbone. Les incertitudes élevées sur le prix auquel pourrait être valorisé ce carbone à l'avenir doivent inciter au conservatisme dans les hypothèses (choix du prix le plus bas afin de ne pas surévaluer les bénéfices potentiels).

### 3. Surpâturage

#### 3.1. Scénario de référence

*Situation initiale :*

En 1995, le cheptel pâturant en forêt était estimé à 1 225 600 têtes et les prélèvements en fourrages à 158 millions d'UF (El Euch, 1995). Le tableau suivant donne le détail du cheptel et des consommations par tête :

	% du nombre de têtes	Nombre de têtes	% des prélèvements	Prélèvements (UF/an)	Prélèvements (UF/tête/an)
Bovins	10	125 560	30	47 400 000	378
Ovins	59	740 804	44	69 520 000	94
Caprins	26	326 456	21	33 180 000	102
Equins	4,5	56 502	4,6	7 268 000	129
Camelins	0,5	6 278	0,4	632 000	101
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1 255 600</b>	<b>100</b>	<b>158 000 000</b>	<b>126</b>

**Tableau 6 : Répartition du bétail et de la consommation de pâturage en forêts (source : El Euc, 1995)**

Le site FAOSTAT permet de connaître le cheptel en 1995 et 2012 :

	1995	2012
Bovins	654 300	654 260
Ovins	6 221 500	6 802 420
Caprins	1 204 900	1 272 460
Equins	286 200	297 300
Camelins	232 000	237 000
<b>Total</b>	<b>8 598 900</b>	<b>9 263 440</b>

**Tableau 7 : Cheptel en 1995 et 2012 (source : FAOSTAT)**

Les données pour 2013 concernant les bovins, ovins et caprins sont cohérentes avec celles transmises par l'OEP pour 2013. Ainsi, par un produit en croix<sup>8</sup>, on évalue les prélèvements en forêt en 2013 :

	Nombre de têtes en forêt	Prélèvements (UF/tête/an)	Prélèvements en forêt (UF)
Bovins	125 552	378	47 397 102
Ovins	809 975	94	76 011 290
Caprins	344 761	102	35 040 437
Equins	58 693	129	7 549 883
Camelins	6 413	101	645 621
<b>Total</b>	<b>1 352 635</b>	<b>126</b>	<b>166 644 332</b>

**Tableau 8 : prélèvements estimés en forêt en 2013**

<sup>8</sup> Ceci revient à considérer que le cheptel se répartit en forêt et hors forêt de la même manière qu'en 1995 et que les consommations par tête sont les mêmes.

La production de fourrage par les forêts est estimée à 120 millions d'UF en moyenne sur 2005 et 2006 par le second inventaire pastoral national. Les prélèvements seraient, d'après notre estimation, de 166,6 millions d'UF (38,2% de surpâturage) et le déficit de production de 68,8 UF/ha de forêt<sup>9</sup>. A titre de comparaison, en 1995, El Euch estimait les besoins du cheptel en fourrage forestier à 158 millions d'UF, pour une production de 125 millions d'UF, soit 26,4% de surpâturage.

#### Projections :

Le surpâturage ne détruit pas de manière directe les peuplements forestiers mais entraîne des difficultés d'installation de la régénération naturelle, l'affaiblissement physiologique des peuplements par l'écimage et l'ébranchage, la perte de biodiversité et l'accélération de l'érosion.

D'après El Euch, 1995 : « *Les besoins du cheptel sont supérieurs aux potentialités existantes se répercutant négativement sur l'état général des forêts tunisiennes. La régénération naturelle des essences forestières est très rare. La charge étant importante, les jeunes plants sont consommés par le bétail* ».

Ainsi, on estime que dès qu'il y a surpâturage, le renouvellement du peuplement est impossible (confirmé par Nsibi, 2005) et que les forêts se dégradent donc par mortalité naturelle. On applique ici un taux de mortalité par an de 1% des tiges (Achard, 1997 dans les forêts sèches du Niger, WWF, 2002 dans les forêts d'Amérique du nord, Picard et Gourlet Fleury, 2008, dans le bassin du Congo). D'après Madelaine-Antain, 2009, le taux de mortalité suit un modèle exponentiel suivant.

$$\lambda = \ln (N_0/N_s)/t$$

Avec

$\lambda$  le taux de mortalité en %/an

$N_0$  la nombre d'individus à  $t_0$

$N_s$  le nombre de survivants à la fin de la période

$t$  la durée de la période en années

Ainsi,  $N_0/N_s = e^{\lambda t}$

Et  $N_s = N_0 / e^{\lambda t}$

Suivant cette fonction de mortalité, les forêts sont dégradées à 18,1 % par rapport à la situation initiale au bout de 20 ans. On considère donc qu'il n'y a pas de changement d'usage des terres d'ici à 2030.

Les stocks de carbone de la biomasse, du bois mort et de la litière sont estimés être émis dans l'atmosphère dès qu'intervient la dégradation. Les lignes directrices du GIEC sur l'évaluation des émissions dues à la perte de carbone des sols des forêts précisent que dans les pays où les taux de perturbation sont constants dans le temps, le fait de considérer que toutes les pertes de carbone ont lieu dans l'année de la perturbation donne des résultats assez proches des véritables variations des stocks de carbone. On fait donc cette approximation.

Le stock de carbone moyen des forêts tunisiennes est de 227,6 tCO<sub>2</sub>e/ha (branches, racines et sols compris). Ainsi, 2,28 tCO<sub>2</sub>e/ha/an sont émises en 2014 par une forêt surpâturée.

La réalisation de projections en valeur absolue nécessiterait de connaître la répartition du surpâturage au sein des forêts tunisiennes. En effet, si le déficit fourrager est réparti sur l'ensemble des forêts, les émissions seront égales à 2,28 \* 669 818 = 1 527 185 tCO<sub>2</sub>e/an, alors que si certaines forêts ne sont pas surpâturées, les émissions annuelles seront diminuées, même pour un prélèvement identique. En fait, avec ce mode de calcul, un surpâturage de 1% entraîne les mêmes émissions qu'un surpâturage de 200%, mais le coût de la lutte est plus important dans le second cas. Or, cette information sur la répartition du surpâturage n'a pu être trouvée.

<sup>9</sup> La surface forestière de production considérée dans le second inventaire pastoral national est de 669 818 ha.

### 3.1. Scénario REDD+

Afin de protéger les forêts, les stratégies peuvent intégrer l'apport de fourrage complémentaire. Le tableau suivant résume les coûts des mesures pour fournir les 68,8 UF/ha nécessaires à protéger 1 ha de forêt :

	Coût annuel de production de l'UF <sup>10</sup>	Coût annuel pour protéger un ha (68,8 UF)	Coût pour l'évitement de l'émission d'1tCO <sub>2</sub> e (DT)
Plantation d'acacia	0,23	16	7
Plantation de cactus	0,119	8	4
Plantation de Medicago arborea	0,144	10	4
Plantation d'atriplex	0,228	16	7
Resemis d'herbacées	0,112	8	3
Achat d'orge	0,3	21	9

Tableau 9 : coût d'évitement de l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> par surpâturage, en fonction des activités

### 3.2. Conclusion

Les coûts de l'ensemble des solutions pourraient être intégralement couverts par les bénéfices en termes d'émissions évitées, pour le prix du carbone minimal observé en 2013 (8,26 DT/tCO<sub>2</sub>e), hormis l'achat d'orge.

De ces coûts, on peut déduire le gain provenant de la protection des biens et services hors carbone fournis par les forêts. Ces bénéfices sont estimés pour un hectare de forêt à 163,4 DT/an. On peut faire l'hypothèse qu'ils seraient diminués de 1% par an dans le cas d'un blocage de la régénération des forêts. 1,6 DT/ha/an seraient ainsi préservés par la REDD+, en plus des 2,28 tCO<sub>2</sub>e/ha/an. Une valeur de 0,7 DT/tCO<sub>2</sub>e s'ajoute donc au bilan.

Il est à noter que le coût d'évitement de l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> augmentera au cours du temps : les ressources fourragères sont en diminution (on prend ici la tendance 1995-2005) et le cheptel en augmentation (on prend l'hypothèse d'une croissance annuelle d'1%, classiquement utilisée). Le déficit en 2030 serait ainsi de 131 UF/ha, alors que les émissions n'augmentent pas (1% du stock annuellement). Ainsi, les coûts pour réduire les émissions seront multipliés par 1,9 d'ici 2030.

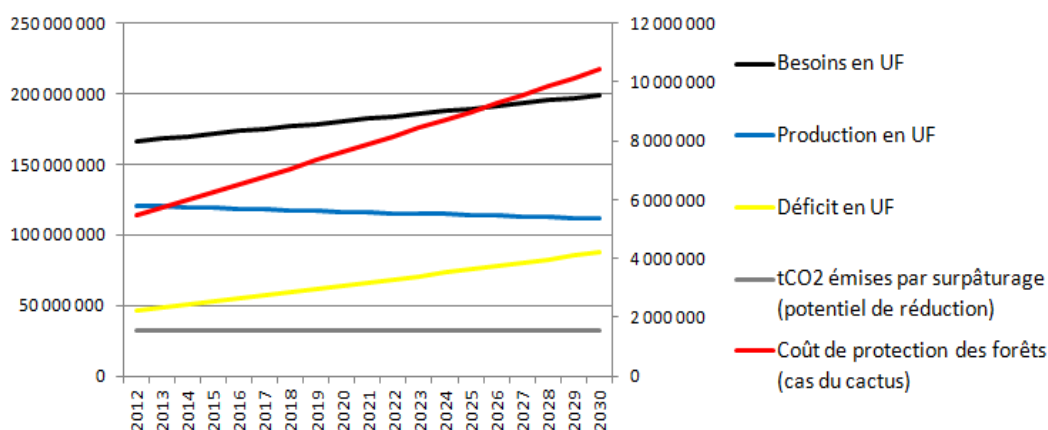


Figure 3 : Evolution des besoins en UF, production d'UF, déficit en UF, émissions dues au surpâturage et coût de l'atténuation

<sup>10</sup> Tirés d'un document d'évaluation du programme d'amélioration pastorale 1990-2001 de l'OEP.

On peut enfin estimer en 2014 le coût de protection de l'ensemble des forêts tunisiennes, dans l'hypothèse où la répartition du surpâturage et des déficits fourragers serait homogène, ce qui est une hypothèse très forte.

	Coût annuel pour la protection de l'ensemble des forêts (DT)	Coût annuel pour protéger un ha (68,8 UF)	Coût pour l'évitement de l'émission d'1tCO <sub>2</sub> e (DT)
Plantation d'acacia	9 322 076	16	7
Plantation de cactus	4 823 161	8	4
Plantation de Medicago arborea	5 836 430	10	4
Plantation d'atriplex	9 241 014	16	7
Resemis d'herbacées	4 539 446	8	3
Achat d'orge	12 159 229	21	9

**Tableau 10 : Coût total des différentes solutions de réduction du surpâturage**

Ainsi, sur 10 ans, la lutte contre le surpâturage par le biais de ces sources de fourrage alternatives aurait un coût de 45 à 121 MDT.

## 4. Réduction des surfaces incendiées

### 4.1. Scénario de référence

#### Situation initiale

Le Plan national de protection des forêts (non daté) fournit des données sur les incendies en Tunisie de 1955 à 2004, qui sont complétées par des données fournies par le Centre national de protection des forêts en novembre 2013.

On peut ainsi reproduire l'évolution du nombre d'incendies et de leur surface.

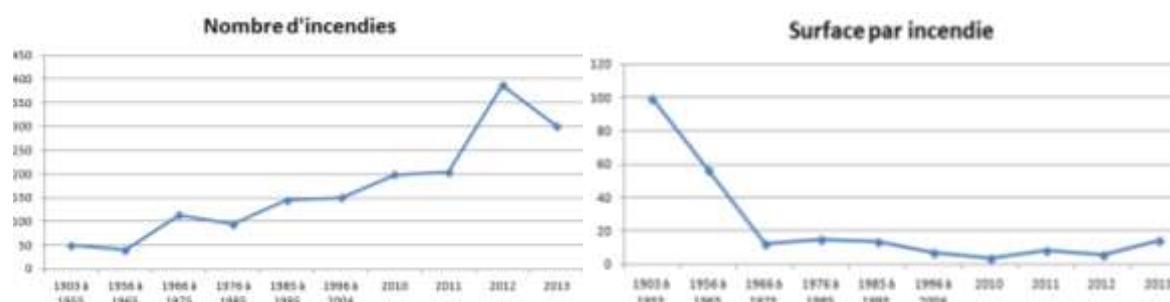


Figure 4 : Evolution du nombre d'incendies et de leurs surfaces moyennes de 1903 à 2013 (source : Centre national de protection des forêts, 2013)

Ainsi, malgré un nombre de départs en augmentation, les surfaces totales incendiées ont été réduites de manière importante de 1903 à 2010 grâce à l'efficacité des actions de prévention (infrastructures telles que les tranchées pare-feu, les points d'eau...), d'alerte (postes vigies créés et agents engagés) et d'intervention.

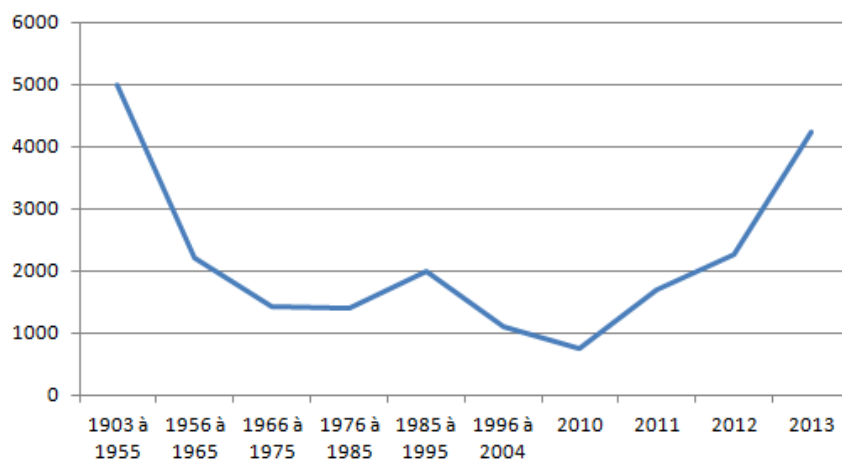


Figure 5 : Evolution des surfaces incendiées de 1903 à 2013 (source : Centre national de protection des forêts, 2013)

L'augmentation récente des surfaces incendiées s'expliquerait principalement par la révolution tunisienne de 2011 et d'actes de vandalisme qui l'ont suivie. Cette période mise à part, le Plan national de protection des forêts estime que les incendies sont dus pour 92,2% à l'imprudence (jet de mégots de cigarette, chauffage, récolte de miel, carbonisation, battue de chasse, préparation de thé) et ont pour 3,8% des origines criminelles et pour 4% des origines naturelles.

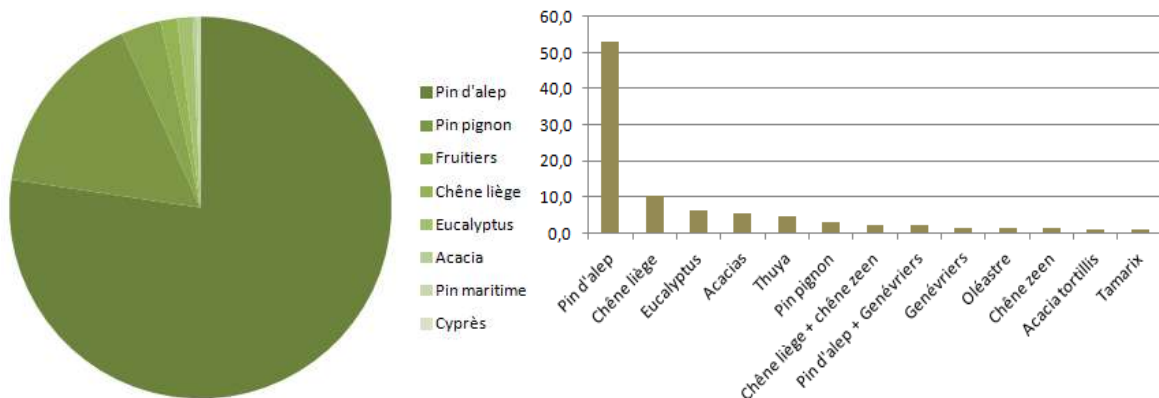
Les données de 2010 à 2013 permettent d'estimer la répartition des incendies entre les différents types de végétation :



Végétation	Part du nombre d'incendies (%)	Part de la surface (%)	Surface moyenne par incendie (ha)
Forêt	44	83	15,6
Maquis	34	15	3,6
Litière	18	1,5	0,7
Herbacées	4	0,5	1

**Tableau 11 : Répartition des incendies, en nombre et surface, par types de végétation (source : Centre national de protection des forêts, 2013)**

Grâce à cette même source de données, on identifie les essences forestières les plus touchées par les incendies et on peut comparer ces proportions à l'importance des essences dans les forêts tunisiennes, connue grâce au second inventaire forestier national :



**Figure 6 : Essences forestières les plus touchées par les incendies (secteur) et principales essences des forêts tunisiennes (barres) (source : Centre national de protection des forêts, 2013 et MARH/DGF, 2010)**

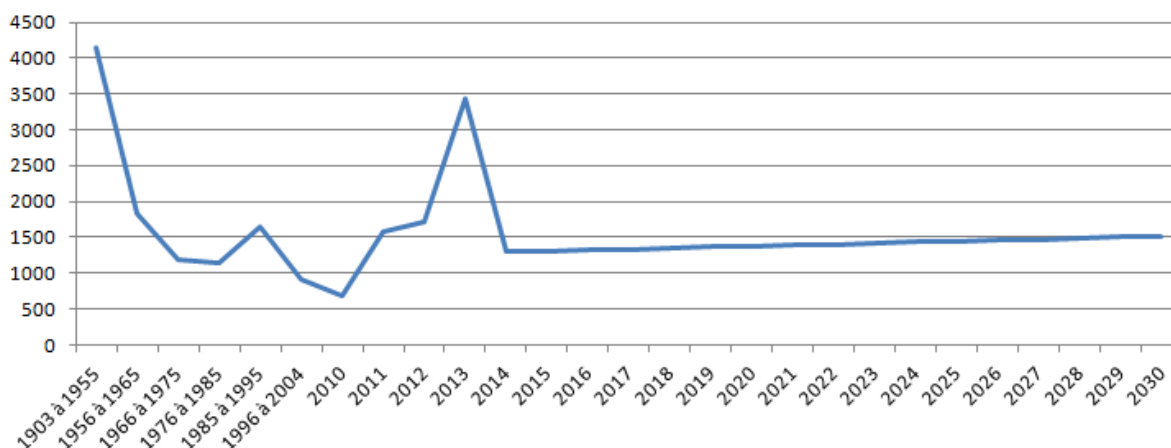
Le pin pignon est concentré dans les gouvernorats de Beja, Bizerte, Jendouba et Nabeul, fortement peuplés (ces gouvernorats concentrent 55% des usagers de la forêt en Tunisie d'après DGF, 2012), ce qui explique qu'il soit autant concerné par les incendies, malgré des surfaces faibles au niveau national.

### Projections

Les peuplements subiront les incendies de manière différente en fonction des essences qui les composent. Chiriaco et al. (2013) estiment le pourcentage des arbres périssant pendant ou après un incendie au Portugal :

- Pin d'Alep, pins divers (nous y incluons le pin pignon et le pin maritime) et résineux divers (nous y incluons le cyprès) : 70%
- Eucalyptus et feuillus divers (nous y incluons les fruitiers) : 50%
- Chêne liège : 30%

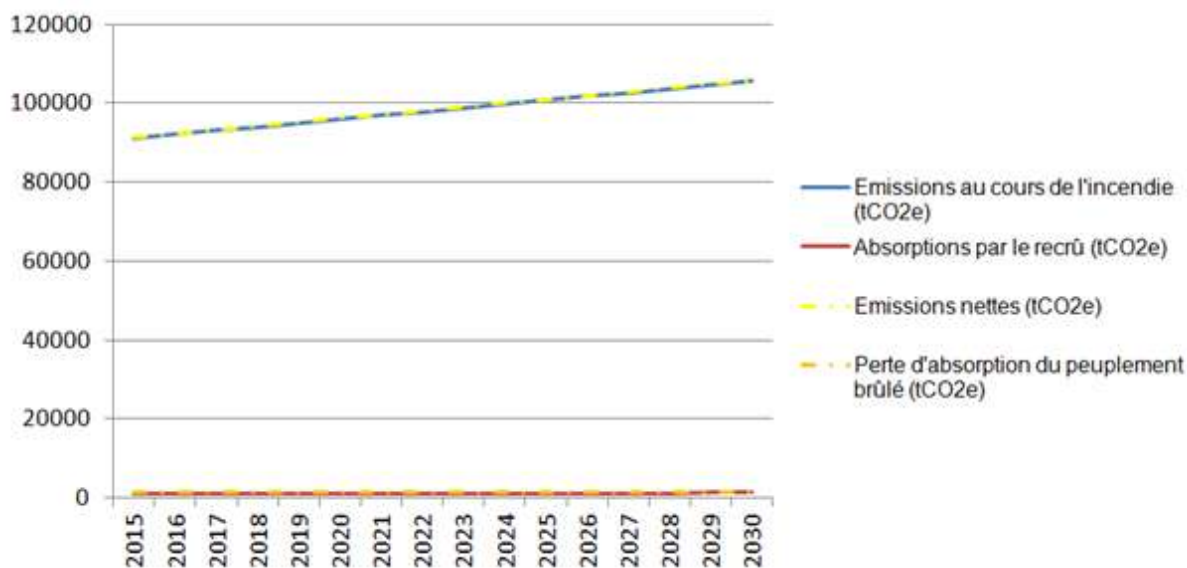
Pour estimer les surfaces futures brûlées dans un scénario de référence, on considèrera que la surface par incendie en forêt est maintenue à 15,6 ha (moyenne 2010-2013 pour les forêts) et que le nombre d'incendie augmente de manière tendancielle, en se basant sur la tendance 1903-2011 pour l'ensemble des incendies (on enlève les années 2012-2013 pour lesquelles le nombre d'incendie était exceptionnel) et considérant que les incendies se répartiront de la même manière qu'actuellement entre forêts, maquis, herbacées et litières et, au sein des forêts, entre essences. Les surfaces annuelles incendiées annuellement atteindraient ainsi 1 515 ha de forêts en 2030.



**Figure 7 : Projection des surfaces de forêts incendiées annuellement dans le scénario de référence**

En fonction des essences, l'incendie peut être suivi d'une régénération (pin d'Alep notamment) ou de rejets (chêne liège) importants, variables en fonction de la sévérité de l'incendie, sa durée, l'âge du peuplement, etc. Un facteur de recrû pourrait ainsi être défini entre 0% (aucun recrû) et 100% (recrû tendant à reconstituer le peuplement initial sans intervention humaine). En première approche, faute de données, ce facteur a été fixé à 100% pour toutes les essences. Les résultats obtenus montrent que cette hypothèse n'a que peu d'influence sur les conclusions, car la prise en compte des absorptions par le recrû dans le scénario de référence et le scénario REDD+ a un impact négligeable.

Enfin les stocks considérés sont ceux de la biomasse aérienne et souterraine, la litière et le bois mort, comme recommandé par le GIEC. On calcule donc les émissions sur la base des stocks moyens de carbone dans les différents types de peuplements, sur la base des données du second inventaire forestier national et de la démarche présentée au chapitre 1.2.



**Figure 8 : Calcul des émissions nettes dues aux incendies de forêt dans le scénario de référence**

## 4.2. Scénario REDD+

### Hypothèses

Les activités REDD+ consistent à réaliser les investissements nécessaires pour combler le déficit entre la situation de 2010 et les normes appliquées dans les pays du bassin méditerranéen en termes

d'équipement, infrastructures et gardiennage. D'après le Centre national de protection des forêts (Mr Samir Belhaj Salah), il s'agit de :

- La création de 5 100 km de pistes, au coût unitaire de 80 000 DT/km, soit un total de 408 MDT.
- L'aménagement des 8 000 km de pistes existants (par élargissement) et des 5 100 km à créer pour la création de bandes débroussaillées de sécurité, une alternative aux tranchées pare-feu. Le coût de création des bandes est de 2 500 DT/km, à l'installation. Ainsi, le coût pour ce poste est de 32,75 MDT  $((5100+8000)*2500)$ .
- La création de 800 puits à 40 000 DT/puits, soit un total de 32 MDT.
- L'entretien des infrastructures, pour 500 DT/km/an, pour les 13 100 km de pistes/bandes débroussaillées de sécurité et les 7300 km de tranchées pare-feu existantes, soit 142,8 MDT sur 14 ans  $((13100+7300)*500*14)$ .
- Le paiement des salaires de 9 333 nouveaux gardiens, pour passer du chiffre actuel de 4000 (1 pour 500 ha) à 13 333 (1 pour 500 ha). Considérant un coût de 500 DT/gardien/mois<sup>11</sup> pendant 2 mois par ans, le total sur 2017 à 2030 serait de 131 MDT.
- L'acquisition des équipements manquants pour 30 MDT.

Le coût est donc de 776 MDT pour les 14 ans considérés. Ces investissements représentent 55 MDT/an sur cette période mais sont amortis sur une période plus longue. La durée d'amortissement n'est pas connue.

Ces investissements devraient en théorie permettre de réduire la surface unitaire des incendies en forêts à 2 ha (valeur discutée en atelier de restitution de la présente étude. On considère que les effets seront progressifs, sur 5 ans (2017-2022).

Mise à part cette surface par incendie, les hypothèses restent les mêmes que dans le scénario de référence.

### Projections

Les projections sont réalisées avec cette nouvelle valeur de surface par incendie :

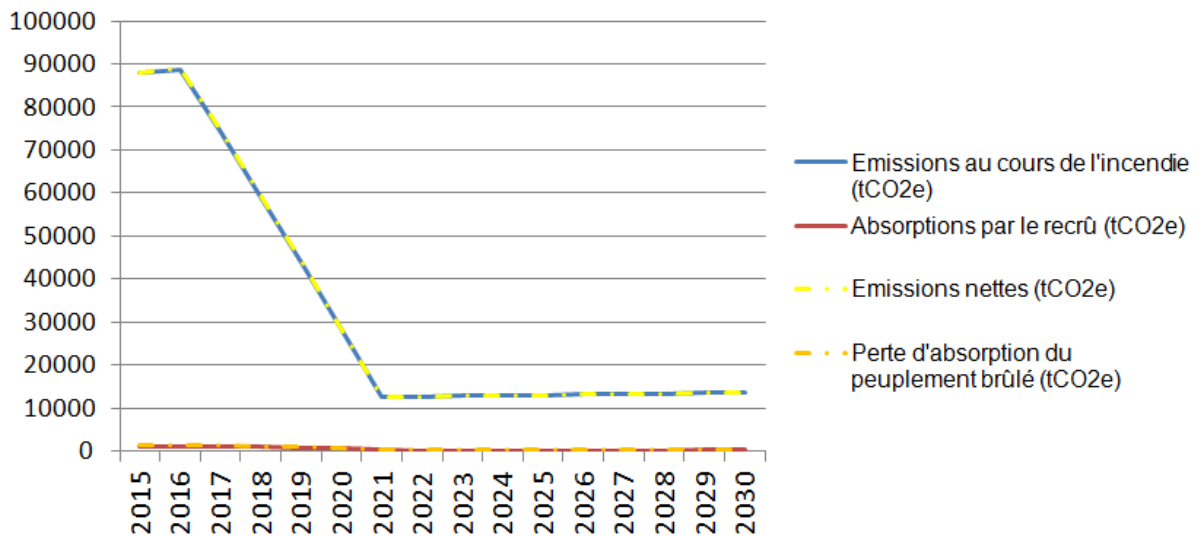


Figure 9 : Calcul des émissions nettes dues aux incendies de forêt dans le scénario REDD+

<sup>11</sup> D'après le S. Belhaj Salah

La REDD+ permettrait ainsi de sauvegarder 10 418 ha de forêt et 1 million de tCO<sub>2e</sub>. La valorisation de ces réductions générerait des bénéfices respectifs de 8,3 MDT, 16,7 MDT et 224 MDT pour les valeurs du carbone de 8,26 DT/tCO<sub>2e</sub>, 16,68 DT/tCO<sub>2e</sub> et 224 DT/tCO<sub>2e</sub> sur la période 2017-2030.

### 4.3. Conclusion

---

Les bénéfices tirés de la valorisation du carbone (8,3 MDT à 224 MDT selon les hypothèses de prix) sont bien en deçà des coûts calculés pour la réalisation des investissements nécessaires à l'atteinte des normes méditerranéennes en termes d'infrastructures, équipement et gardiennage. Il est important de noter que la valeur de protection des biens et des personnes contre le risque que représente un incendie de forêt n'est pas prise en compte et qu'elle justifie à elle seule la mise en œuvre des actions de lutte contre les incendies.

On a fait l'hypothèse que les terrains incendiés étaient régénérés naturellement. Si cette hypothèse n'a qu'un impact limité sur les résultats en termes d'émissions nettes dans les deux scénarios, elle suppose que les biens et services écosystémiques sont réduits par l'incendie mais sont produits à nouveau par le peuplement régénéré.

Ainsi, on peut estimer que la production des biens et services suit l'évolution du stock de biomasse. On l'a vu dans les scénarios de référence et REDD+, l'accroissement des peuplements après incendie a un impact négligeable sur le bilan d'émissions nettes.

On estime donc que c'est le cas également pour la production des biens et services par les peuplements régénérés.

On comptabilise donc dans le bilan des coûts et bénéfices l'évitement de la perte de production des biens et services par les surfaces qui auraient brûlé dans le scénario de référence et sont conservées dans le scénario REDD+.

Comme les peuplements seront à terme reconstitués (on considère qu'il n'y a pas de changement d'usage des terres de forêt à non-forêt), il s'agit d'un gain en valeur limité dans le temps.

Sur la période 2017-2030, 15 224 ha de forêt seraient protégées par rapport au scénario de référence. Le stock d'arbre non-brûlé générerait une valeur de 11,2 MDT, ne permettant pas de rentabiliser l'activité.

## 5. Reboisement

---

### 5.1. Scénario de référence

---

#### *Situation initiale*

Les boisements vont séquestrer du carbone grâce à l'assimilation du CO<sub>2</sub> par les arbres au cours de la photosynthèse. La quantité de carbone séquestrée va dépendre de la croissance des arbres et de leur densité. Elle est directement liée au volume sur pied (quantité de CO<sub>2</sub> stockée = volume \* densité \* fraction carbone \* 44/12).

Les **boisements forestiers** sont constitués principalement d'eucalyptus, pin maritime, pin pignon, pin d'alep, cyprès et chêne liège (Rouchiche et Abid, 2003).

L'évolution des surfaces plantées nous a été communiquée par la DGF :

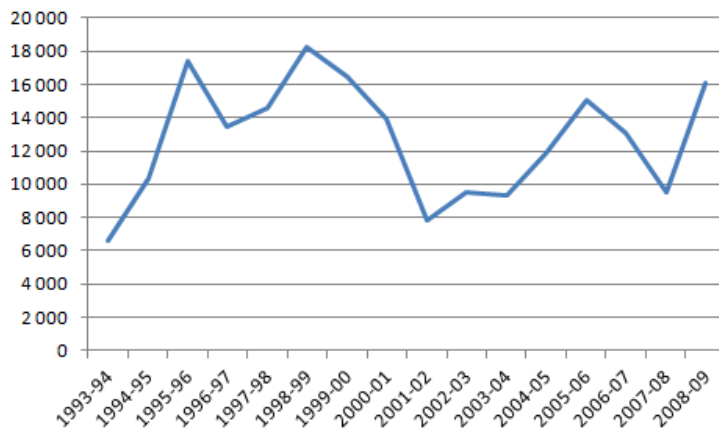


Figure 10 : Evolution des boisements forestiers de 1993 à 2009 (source : DGF)

De nombreuses sources d'information concernant le coût d'installation de ces peuplements ont été trouvées :

- Les estimations de la DGF pour 2013, sont de 1250 DT/ha en plantation manuelle et 1400 DT/ha en plantation mécanique (source : document « TAGHOUTI Estimation\_coûts appliqués en 2013 DGF-PGIF » transmis par la DGF),
- En 2010, ces coûts étaient estimés à 1000 DT/ha (source : document « Réalisations 2007-2012 de la DGF » transmis par la DGF),
- Dans le cadre des projets MDP<sup>12</sup> identifiés en Tunisie, les coûts sont estimés entre 712 DT/ha et 1000 DT/ha (GEREP Environnement, 2009),
- Un autre document de la DGF fait des estimations de 676 DT/ha à 1298 DT/ha pour une moyenne de 960 DT/ha (source : document « Coût reviens ha reboisement » transmis par W. Yacoubi),
- Enfin, les données sur les coûts de la stratégie forestière permettent de faire une estimation à 1143 DT/ha (AED Consult, 2013).

---

<sup>12</sup> Mécanisme de développement propre du Protocole de Kyoto

On considèrera un coût moyen de 1325 DT/ha, correspondant à la moyenne des prix estimés par la DGF en 2013.

A ces coûts d'installation s'ajoutent des coûts d'entretien, estimés à 300 DT/ha/an d'élagage et 200 DT/ha/an d'entretien divers (source : document « Réalisations 2007-2012 de la DGF » transmis par la DGF). Cependant, le document ne précise pas de nombre d'interventions au cours de la durée de vie des peuplements. On fait l'hypothèse d'un dégagement, un dépressage, deux éclaircies et un élagage, sur la base d'itinéraires techniques pour le pin, soit un coût d'entretien de 1100 DT/ha sur la durée de vie du peuplement.

Les données sont plus difficiles à trouver concernant les accroissements des boisements forestiers et sont surtout très variables :

- Le traitement des données du second inventaire forestier national donne un accroissement courant moyen de 1,34 m<sup>3</sup>/ha/an pour l'ensemble des peuplements naturels et plantés, incluant les branches et racines.
- Un projet MDP de reboisement en chêne liège estime l'accroissement moyen à 1,4 m<sup>3</sup>/ha/an sur 30 ans (GEREP environnement, 2009), sans préciser de quel volume il s'agit.
- Deux autres projets MDP estiment quant à eux des accroissements moyens de 27 à 30 m<sup>3</sup>/ha/an sur 20 ans (GEREP environnement, 2009), sans préciser l'essence ni le volume considéré.
- Les données par défaut du GIEC donnent des valeurs de 13 tms/ha/an (32,5 m<sup>3</sup>/ha/an) pour les eucalyptus, 8 tms/ha/an (20 m<sup>3</sup>/ha/an) pour les pins, 4 à 20 tms/ha/an (10 à 50 m<sup>3</sup>/ha/an) pour les autres essences.
- L'étude prospective du secteur forestier (Gader et Daly-Hassen, non daté) estime les accroissements pour le chêne liège à 1,4 m<sup>3</sup>/ha/an, pour le chêne zeen à 3,1 m<sup>3</sup>/ha/an et pour l'eucalyptus à 0,92 à 3,6 m<sup>3</sup>/ha/an, sans préciser de quel volume il s'agit.

Face à cette difficulté d'obtention de données fiables pour les différentes essences, sans connaître ni les volumes concernés (total ? commercial ? bois fort ?...), ni les classes d'âge pour lesquelles les accroissements sont valables et ne sachant pas toujours si les données concernent des reboisements forestiers, on se base sur les valeurs par défaut du GIEC pour l'estimation des volumes sur pied à maturité. Ainsi, on estimera que les peuplements de feuillus ont un stock de biomasse aérienne à maturité de 70 tms/ha et les pins, un stock à maturité de 60 tms/ha<sup>13</sup>.

Ainsi, en utilisant le facteur d'expansion racinaire de 0,35 tiré du rapport national pour le FRA 2010 (FAO, 2010), on obtient des stocks de biomasse respectifs de 94,5 et 81 tms/ha à maturité pour les forêts plantées de feuillus et pins.

La conversion en équivalents CO<sub>2</sub> donne 173 tCO<sub>2</sub>e/ha pour les feuillus (2 fois la moyenne nationale) et 149 tCO<sub>2</sub>e/ha pour les pins (1,7 fois la moyenne nationale). La moyenne est de 161 tCO<sub>2</sub>e/ha.

On fait l'hypothèse que le stock de carbone du sol est équivalent (comme c'est le cas en forêt naturelle : 113,9 tCO<sub>2</sub>e/ha dans le sol pour 113,7 tCO<sub>2</sub>e/ha dans la biomasse). Ainsi, le stock moyen à maturité, carbone du sol inclus, est estimé à 322 tCO<sub>2</sub>e/ha.

Le taux de réussite des plantations est évalué à 70% (source : document « evolution\_reboisement national 1992-2009 » transmis par la DGF). On estime ainsi que le stock moyen obtenu pour un hectare planté est de 225,4 tCO<sub>2</sub>e (322\*0,7).

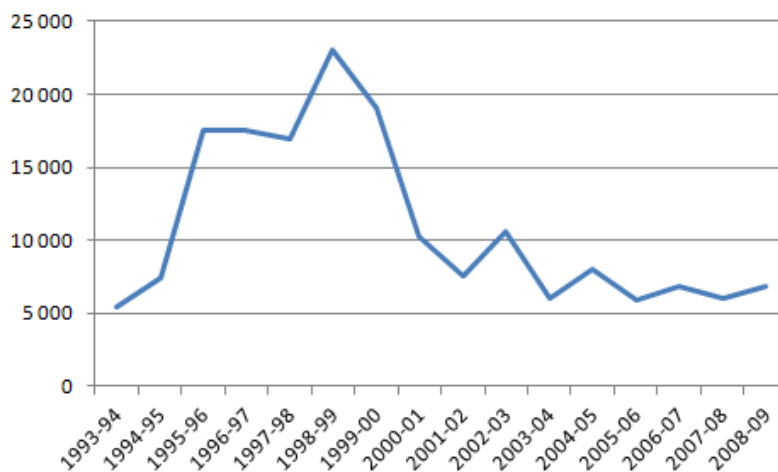
---

<sup>13</sup> Biomasse aérienne des plantations de forêt, données pour les forêts sèches subtropicales d'Afrique, peuplements > 20 ans.

**Le coût de la séquestration est donc de 2425 DT pour 225,4 tCO<sub>2</sub>e, soit 11 DT/tCO<sub>2</sub>e.**

Les **boisements pastoraux** sont constitués d'*Atriplex halimus*, *Atriplex numularia*, *Medicago arborea*, *Acacia cyanophylla*, *Parkinsonia culeata*, *Ceratonia siliqua*, *Proposis Juniflora*, *Acacia Salicina* (DGF, 2007). Seuls les acacias et le *Proposis* peuvent dépasser 3 m.

L'évolution des surfaces plantées nous a été communiquée par la DGF :



**Figure 11 : Evolution des boisements pastoraux de 1993 à 2009 (source : DGF)**

Le coût des plantations peut être évalué d'après les sources suivantes :

- Le document de diagnostic pour la révision de la stratégie forestière (AED Consult, 2013) affiche une estimation de 210 millions de DT pour 210 000 ha, soit 1000 DT/ha,
- L'évaluation du programme d'aménagement pastoral de l'OEP donne des estimations de 235 DT/ha à 849 DT/ha pour une moyenne de 688 DT/ha en ce qui concerne les plantations d'acacia,
- Un document de la DGF fait des estimations de 1000 DT/ha à 1090 DT/ha pour une moyenne de 1068 DT/ha (source : document « Coût reviens ha reboisement » transmis par W. Yacoubi),
- En 2010, ces coûts étaient estimés à 1000 DT/ha (source : document « Réalisations 2007-2012 de la DGF » transmis par la DGF).

Par ailleurs, on dispose de données sur le coût des entretiens : 69 DT/ha/an pendant 15 à 18 ans pour une plantation d'acacia (source : évaluation du programme d'amélioration pastorale de l'OEP) ou 113 DT/ha/an de plantation et entretiens pendant 15 ans (Ben Salem, 2006).

Le taux de réussite des plantations est évalué à 70% (source : document « evolution\_reboisement national 1992-2009 » transmis par la DGF).

Les stocks de carbone ou de biomasse dans ces plantations n'est pas connu. De plus, seule une partie des essences plantées répond à la définition d' « arbre ». Ainsi, il est peu probable que ces terrains répondent à la définition de forêt exposée au chapitre 2.2.1. Nous ne les incluons donc pas dans l'analyse.

Les **boisements de fixation de dune** sont installés sur le littoral (succession *Acacia puispinus* / *Casuarina*, eucalyptus), en espace continental (*Prosopis*, eucalyptus, arbustes) et dans les espaces interdunaires (eucalyptus, arbustes) (DGF, 2007).

Le coût de ces plantations est estimé à 6500 DT/ha dans un projet MDP en Tunisie (GEREP Environnement, 2009). Il est probable que ce coût important intègre des coûts inhérents au montage du projet MDP. Ce projet mentionne un accroissement de 0,64 m<sup>3</sup>/ha/an en moyenne sur les 10 premières années.

Aucune information n'a été trouvée sur les coûts d'entretien et les stocks de biomasse à maturité de ces plantations.

Les **brise-vent** sont principalement constitués d'acacia, *Arundo donax*, *Casuarina*, cyprès, eucalyptus, olivier, peuplier et Prosopis (DGF, 2007).

Aucune information n'a été trouvée sur les coûts, les accroissements et les stocks de biomasse de ces plantations.

Les **reboisements agroforestiers**, ou d' « arbres à usages multiples » concernent en premier lieu l'olivier mais également des fruitiers rustiques (figuier, caroubier, vigne, cognassier et cerisier notamment) et des essences semi-forestières (noyer, pacanier et châtaignier notamment) (GEREP Environnement, 2009).

Le coût de ces plantations est estimé à 2100 DT/ha dans un projet MDP en Tunisie (GEREP Environnement, 2009). Il est probable que ce coût important intègre des coûts inhérents au montage du projet MDP. Un autre coût de 1200 DT/ha en 2010 est cité dans un document de la DGF (document « Réalisations 2007-2012 de la DGF » transmis par la DGF).

Le projet MDP identifié mentionne un accroissement de 1,4 m<sup>3</sup>/ha/an en moyenne sur les 10 et les 30 premières années (GEREP Environnement, 2009).

Aucune information n'a été trouvée sur les coûts d'entretien et les stocks de biomasse à maturité de ces plantations.

Pour ces trois derniers types de reboisements, on complète les informations manquantes sur la base des informations obtenues pour les boisements forestiers. Le tableau suivant fait la synthèse des hypothèses utilisées :



	Reboisement forestier	Fixation de dunes	Brise-vent	Arbres à usages multiples	Plantation pastorale
<b>Essences</b>	Eucalyptus, pin maritime, pin pignon, pin d'alep, cyprès, chêne liège	Acacia, Proposis, Casuarina, Eucalyptus, arbustes	Acacia, Arundo donax, Casuarina, Cupressus, Eucalyptus, Olea, Populus, Prosopis	Oliviers, fruitiers rustiques, essences semi-forestières	Acacia et Proposis pouvant dépasser 5 m. Sinon, arbustes < 3 m ou cactus
<b>Coût d'installation à l'hectare</b>	1325 DT	6500 DT*	1325 DT	1200 DT	1068 DT
<b>Coût d'entretien à l'hectare</b>	300 DT/an d'élagage (hypothèse : 1) et 200 DT/an d'entretien (hypothèse : un dégagement, un dépressage, 2 éclaircies)	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	69 DT/an pendant 15 à 18 ans pour une plantation d'acacia
<b>Accroissement moyen avant 20 ans</b>	Très variable. 1,7 m3/ha/an pour les forêts au niveau national (volume total)	0,64 m3/ha/an	?	1,4 m3/ha/an	?
<b>Taux de réussite</b>	70%	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	Hypothèse : comme les reboisements forestiers	70%
<b>Stock à maturité (incluant les racines)</b>	Données par défaut du GIEC pour la biomasse aérienne puis extrapolation au stock total : 322 tCO2e/ha	64 tCO2e/ha**	64 tCO2e/ha**	142 tCO2e/ha**	Hypothèse : hors forêt (<10% de couvert)
<b>Coût de la séquestration (DT/tCO2e)</b>	11	54	54	23	

**Tableau 12 : Synthèse des informations recueillies sur les boisements**

\* Valeur pour un projet MDP, il est probable que le coût intègre d'autres charges propres au MDP. On prendra le coût des reboisements forestiers.

\*\* Hypothèse : stock à maturité calculé sur la base des données du GIEC pour les reboisements forestiers, considérant que le rapport est le même entre les accroissements et les volumes à maturité des différents types de peuplements.

## Projections

Le rythme passé de reboisement forestier et pastoral est en moyenne de 23 648 ha/an sur 1993-2009 et 18 761 ha/an sur 2000-2009.

Les objectifs de la stratégie nationale de développement du secteur forestier à l'horizon 2016 (2012-2016) sont le reboisement de 250 000 ha, soit un rythme de 50 000 ha/an. L'étude pour l'élaboration de la seconde communication nationale (GEREP Environnement, 2009) estime que cet objectif ne pourrait être atteint qu'en 2020, soit un rythme de boisement de 27 100 ha/an.

Il est à noter que les services forestiers expriment leur difficulté à trouver de nouvelles terres à reboiser et donc à maintenir des rythmes élevés de boisement.

Aucune évaluation des surfaces de terres disponibles n'a été réalisée, il est donc impossible d'anticiper les futurs rythmes de boisement.

## 5.2. Scénario REDD+

---

Le scénario REDD+ consisterait à augmenter les investissements dans les reboisements pour augmenter le rythme de plantations. En effet, seules les plantations additionnelles à celles du scénario de référence seraient des activités REDD+.

Cependant, la détermination des rythmes de plantation dans le scénario de référence n'est pas réalisée. De plus, aucune évaluation du potentiel technique et social de reboisement à échelle nationale n'a été réalisée, comme cela nous a été confirmé au cours des entretiens menés à Tunis.

Ainsi, faute de pouvoir fixer des rythmes de boisement pour des scénarios de référence et REDD+, nous limitons la réflexion aux coûts et bénéfices par hectare reboisé.

Il est cependant important de rappeler que les boisements qui bénéficieront des financements REDD+ seront très probablement ceux réalisés au-delà du rythme de référence.

## 5.3. Conclusion

---

Il semble que la REDD+ pourrait couvrir intégralement les coûts de plantation et d'entretien des boisements forestiers et des plantations d'arbres à usage multiple au prix actuel du carbone et des autres boisements, hors plantation pastorale, pour la valeur tutélaire du carbone.

Concernant la valeur économique des biens et services écosystémiques fournis par les boisements, on peut faire trois remarques :

- Les biens et services fournis par des reboisements ne sont pas connus, on fait l'hypothèse qu'ils sont les mêmes que pour les forêts naturelles.
- Pendant la durée de 13 ans pour laquelle sont réalisées les projections, les peuplements seront en croissance et une faible proportion aura atteint un stade suffisamment avancé en 2030 pour fournir des biens et services en quantité importante. On fait l'hypothèse que l'évolution de la production de biens et services est en lien direct avec l'évolution des stocks de carbone. De manière arbitraire, on fixe à 50 ans l'âge à partir duquel la forêt produit l'ensemble des biens et services. Ainsi, si le rythme de reboisement est stable sur 2017-2030, un hectare planté produira en moyenne 254 DT de biens et services sur cette période.
- A la différence des autres axes analysés, on a ici un changement d'affectation des terres, de non-forêt à forêt. Ainsi, les biens et services écosystémiques sont créés et sont potentiellement produits indéfiniment si la forêt n'est pas déboisée. Ainsi sur le long terme, la valeur des reboisements est infinie. Leur prise en compte justifie donc tous les boisements.

## 6. Aménagement forestier

---

### 6.1. Analyse de l'impact de l'aménagement sur les stocks de carbone forestier

---

*Situation initiale :*

L'impact d'un aménagement forestier pourrait s'évaluer en décomposant les activités et en évaluant leurs impacts respectifs. Ces impacts sont synthétisés dans le tableau de la page suivante.

L'évaluation de l'ensemble des impacts directs et indirects à l'échelle nationale nécessiterait la compilation de l'ensemble des PV d'aménagement, des échanges sur le terrain avec les gestionnaires de ces forêts<sup>14</sup>, le croisement des informations issues des PV d'aménagement et de l'évaluation de leur mise en œuvre avec les données d'inventaire forestier au niveau des placettes issues du premier et du second inventaire forestier national.

Cette analyse n'était pas envisageable dans le cadre d'une étude de l'envergure de celle-ci.

---

<sup>14</sup> Indispensable car le suivi budgétaire n'impute pas les dépenses en fonction des activités prévues dans les PV d'aménagement.

Activité	Impact positif		Impact négatif	
	Direct	Indirect	Direct	Indirect
Ouverture des routes, pistes, places de dépôt, etc.		Réduction des surfaces incendiées (rapidité d'intervention, morcellement des massifs)	Déboisement sur la surface concernée	Accès facilité pour le pâturage, l'exploitation illégale, augmentation de la fréquentation et risques d'incendies augmenté
Exploitation des PFNL : semences (glands, pignes)	Augmentation de la capacité de régénération si l'aménagement permet une rationalisation des prélèvements par rapport à une situation sans aménagement.	Activité génératrice de revenus permettant de réduire le pâturage, les prélèvements de bois	Réduction de la capacité de régénération si prélèvements trop importants	
Exploitation des PFNL : autres		Activité génératrice de revenus permettant de réduire le pâturage, les prélèvements de bois		
Développement socio-économique non axé sur le bois ou les PFNL		Activité génératrice de revenus permettant de réduire le pâturage, les prélèvements de bois		
Reboisement, régénération, redensification	Augmentation du stock de biomasse			
Exploitation forestière		Incitation à la préservation des ressources	Réduction du stock de biomasse	
Aménagement pastoral	Augmentation du stock de biomasse si des arbres sont plantés	Réduction de la pression sur les semis (mais impact limité si e cheptel s'accroît en conséquence)		
Lutte contre les maladies	Préservation du stock de biomasse			
Adaptation des peuplements aux conditions du milieu et aux changements de conditions	Réduction des pertes de biomasse			

Tableau 13 : Quelques impacts de l'aménagement sur les stocks de carbone forestier

Ainsi, nous avons cherché à identifier à l'échelle nationale quel a pu être l'impact de l'aménagement forestier entre les deux inventaires forestiers nationaux.

Les données obtenues sur les aménagements proviennent d'un document transmis par M. Mensi Salah de la DGF, détaillant, au niveau de la série forestière, la dernière période d'aménagement.

Sur la base de ces données, on évalue les surfaces disposant d'un PV d'aménagement entre les deux dates des IFN. On considère pour cela que les données du premier inventaire sont valables pour l'année 1995, date de publication et celles du second, pour l'année 2008 (fin des travaux de terrain). On évalue également les surfaces disposant d'un PV d'aménagement au cours de la période de même durée précédent 1995 (1982-1995). Les résultats des inventaires ne permettent de réaliser l'analyse qu'à l'échelle du gouvernorat, pas à celle de la série.

On peut ainsi chercher s'il existe un lien entre l'évolution des stocks de carbone entre les deux inventaires forestiers et le pourcentage de la surface aménagée<sup>15</sup> par deux analyses :

1. L'analyse de l'évolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction du pourcentage de la surface aménagée pendant cette période :

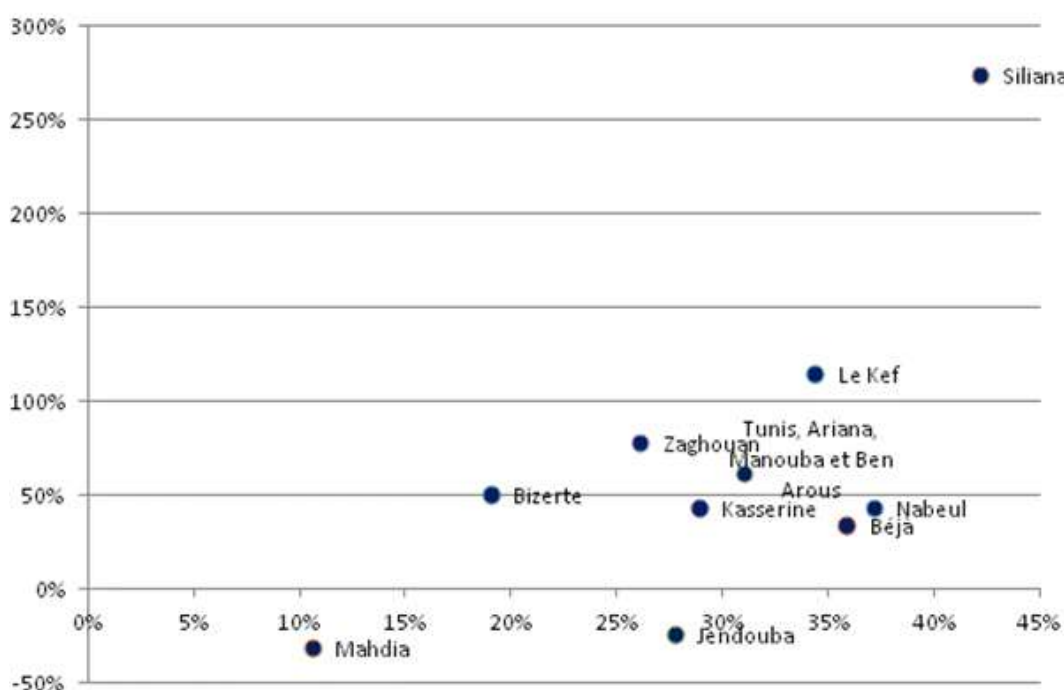
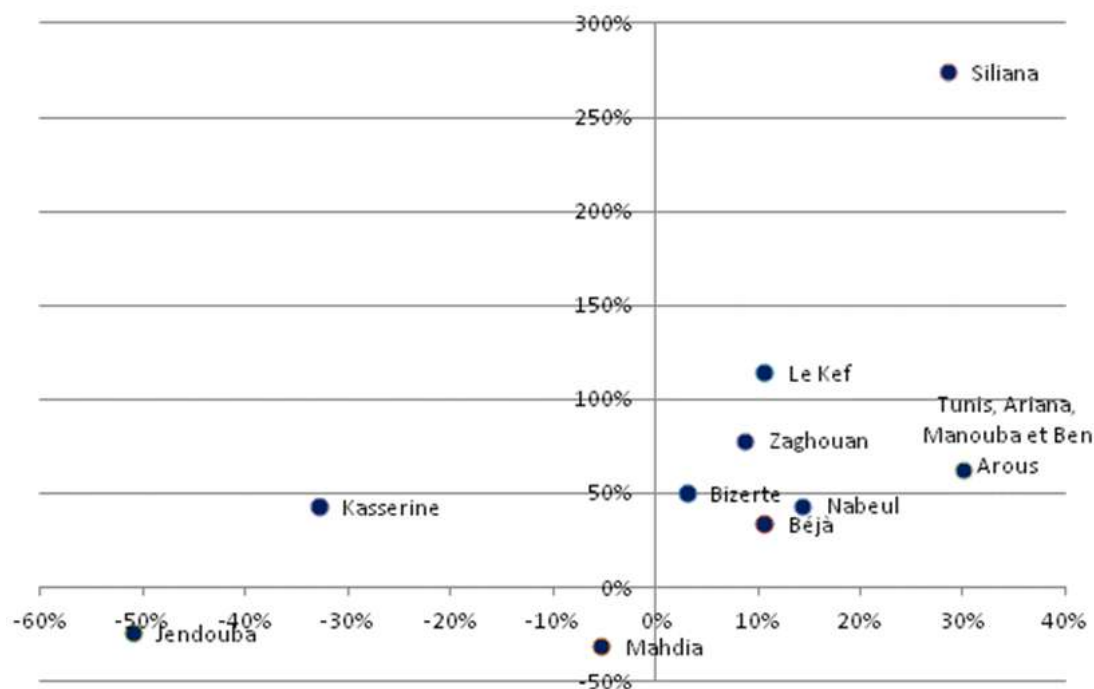


Figure 12 : Evolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction du pourcentage de la surface aménagée pendant cette période

Il semblerait que plus le pourcentage d'aménagement est élevé et plus l'augmentation des stocks de carbone par hectare entre 1995 et 2008 est importante.

2. L'analyse de l'évolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction de l'évolution du pourcentage de la surface aménagée entre 1982-1995 et 1995-2008 :

<sup>15</sup> Pourcentage sur 1995-2008 = (Superficie aménagée x Durée de validité de l'aménagement entre 1995 et 2008) / [Surface totale de forêts dans le gouvernorat x (2008-1995)]



**Figure 13 : Evolution du stock de carbone entre 1995 et 2008 en fonction de l'évolution du pourcentage de la surface aménagée entre 1982-1995 et 1995-2008**

Le cas de Kasserine mis à part, on observe une augmentation des volumes dans les gouvernorats présentant une augmentation du taux d'aménagement.

Malgré ces observations, il est impossible de conclure sur l'impact des aménagements pour les raisons suivantes :

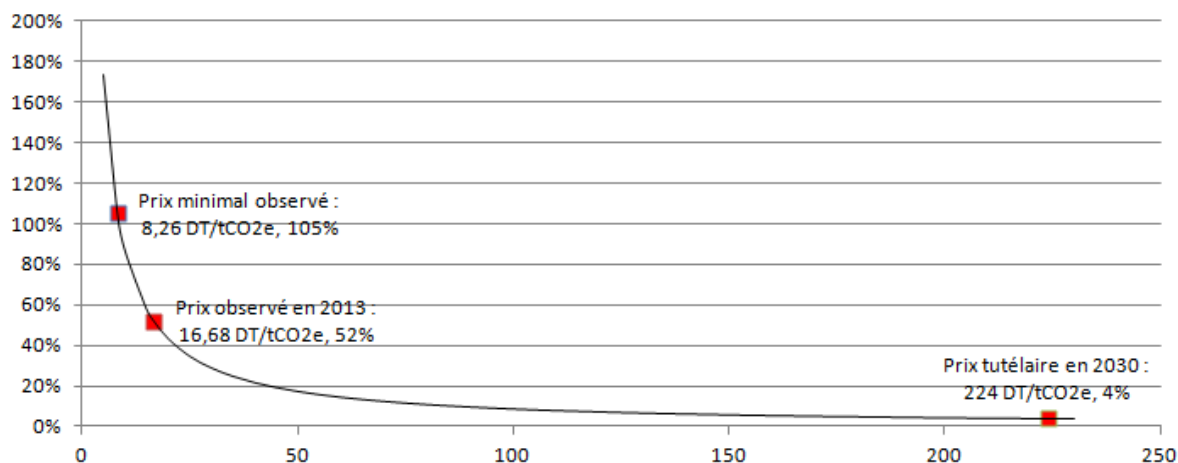
- Les données utilisées sur les aménagements entre 1982 et 1995 sont incomplètes car si une surface aménagée pendant cette période a été réaménagée pendant la période suivante, seule le second aménagement apparaît dans le tableau de données obtenu de la DGF.
- L'analyse ne tient pas compte du taux de mise en œuvre des PV d'aménagement, celui-ci étant très faible (de 10 à 30% d'après les entretiens menés à Tunis). Aucune information fiable n'est disponible sur ces taux de mise en œuvre, a fortiori de manière localisée.
- L'augmentation relative des stocks entre 1995 et 2008 est largement supérieure à l'augmentation relative des taux d'aménagement sur cette période (d'autant plus si l'on prend en compte le faible taux de mise en œuvre), ce qui incite à penser qu'une cause plus importante que le développement des aménagements expliquerait l'augmentation des stocks de carbone.
- Enfin, la corrélation observée n'implique pas nécessairement la relation de cause à effet, il peut y avoir une causalité commune (les forêts sont plus facilement aménagées là où il y a le moins de pression ?).

## 6.2. Intérêt de la REDD+ pour l'aménagement forestier

Afin d'évaluer le potentiel que représente l'aménagement forestier pour la REDD+, ou plutôt l'opportunité que pourrait représenter la REDD+ pour l'aménagement forestier, on peut se poser la question du niveau d'impact nécessaire pour que le coût de l'aménagement soit rentabilisé par la valorisation du carbone préservé.

Le rapport d'évaluation de la SNDSFP décennale 2002-2011 (AED Consult, 2013) permet d'évaluer à 70,5 DT/ha/an le coût de mise en œuvre d'un aménagement intégré (141 millions pour 200 000 ha pendant 10 ans). On considèrera une hypothèse de mise en œuvre des activités de 2017 à 2030, soit 14 ans, ce qui donne un coût de 987 DT/ha.

On peut ainsi évaluer à partir de quelle augmentation de stock, en % du stock moyen, de 113,7 tCO<sub>2</sub>e/ha<sup>16</sup>, la REDD+ compense les coûts de l'aménagement en fonction du prix du carbone.



**Figure 14 : Impact nécessaire de l'aménagement sur les stocks de carbone (en pourcentage du stock sans aménagement) pour compenser le coût de l'aménagement, en fonction de la valorisation de la tonne de carbone (DT/tCO<sub>2</sub>e)**

L'intérêt de cette évaluation est que les forestiers tunisiens peuvent probablement estimer, sur la base de leur expérience et des cas qu'ils connaissent, si un aménagement forestier :

- a la capacité de doubler les stocks de biomasse d'une forêt par rapport à une situation sans ménagement (cas des +105% d'impact pour que la valeur de 8,26 DT/tCO<sub>2</sub>e couvre les coûts de mise en œuvre de l'aménagement),
- a les capacités d'augmenter de moitié ces stocks (cas des +52% d'impact pour que la valeur de 16,68 DT/tCO<sub>2</sub>e couvre les coûts de mise en œuvre de l'aménagement),
- a les capacités d'augmenter légèrement les stocks (cas des +4% d'impact pour que la valeur de 224 DT/tCO<sub>2</sub>e couvre les coûts de mise en œuvre de l'aménagement).

Malheureusement, cette discussion menée au cours de l'atelier de restitution de l'étude à Tunis n'a pas amené les forestiers à se prononcer sur ces seuils.

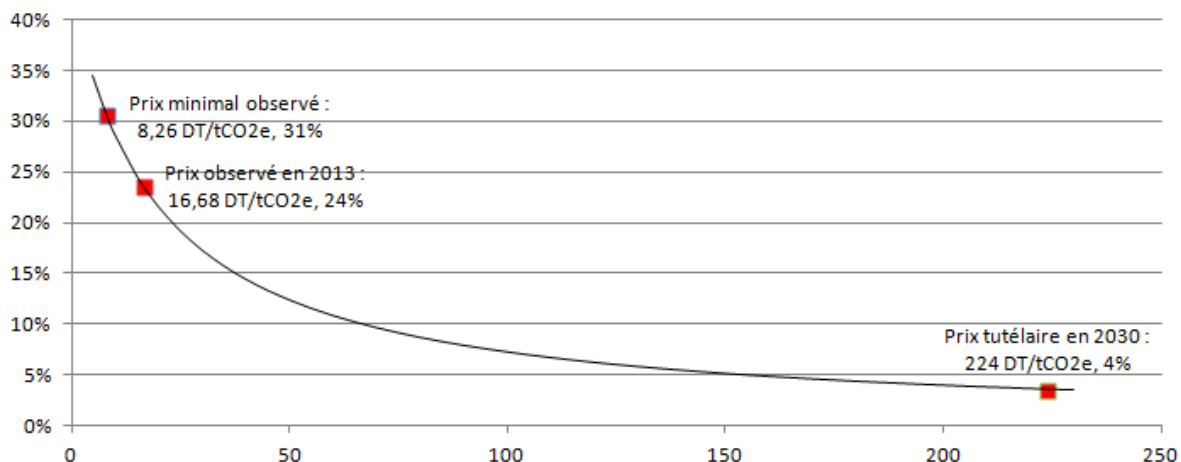
### 6.3. Conclusion

Les seuils d'impact semblent importants pour les valeurs basses du carbone analysées (8,26 DT/tCO<sub>2</sub>e et 16,68 DT/tCO<sub>2</sub>e).

Avec un stock de carbone moyen de 113,7 tCO<sub>2</sub>e/ha et une valeur de biens et services fournis (hors carbone) de 163,4 DT/ha, on peut estimer que pour chaque tonne de carbone préservée, une valeur de production annuelle de biens et services écosystémiques équivalent à 1,44 DT/tCO<sub>2</sub>e serait également préservée (163,4/113,7). On estime cette valeur générée sur 14 ans (2017-2030).

<sup>16</sup> On ne considère pas le carbone du sol car si les variations de stock peuvent être détectées lors de changements d'usage des terres, il est peu probable que les mesures soient significatives dans le cas de la mise en œuvre d'aménagements forestiers.

Ainsi, on peut réviser l'impact nécessaire pour que l'aménagement soit rentabilisé en ajoutant 20,16 DT ( $1,44 \times 14$ ) aux valeurs du carbone évaluées.



**Figure 15 : Impact nécessaire de l'aménagement sur les stocks de carbone (en pourcentage du stock sans aménagement) pour compenser le coût de l'aménagement, en fonction de la valorisation de la tonne de carbone (DT/tCO<sub>2e</sub>) et tenant compte des biens et services produits**

Ces impacts semblent plus atteignables. Pour une forêt dont le volume moyen est de 33m<sup>3</sup>/ha (en volume géométrique, dans le second IFN), il faudrait que l'aménagement lui permette d'atteindre un volume de 41m<sup>3</sup>/ha pour qu'il soit rentabilisé au prix intermédiaire du carbone (16,68 DT/tCO<sub>2e</sub>) par les bénéfices carbone et les autres biens et services écosystémiques fournis. Au travers de la protection contre les incendies, de l'aménagement pastoral, du reboisement et d'autres actions, il ne semble pas impossible qu'un aménagement puisse avoir un tel effet.



## 7. Coûts de transaction

---

Les activités couvertes par cette analyse ont été sélectionnées de manière participative avec des représentants de la Direction générale des forêts. L'élaboration d'une stratégie REDD+ devra cependant être fondée sur la collecte de données actuellement inexistantes au sein de la DGF (notamment des paramètres quantitatifs et de localisation sur les facteurs de déforestation et dégradation) et d'une large concertation trans-sectorielle sur les solutions envisagées.

Cet exercice de collecte de données, d'analyses et de concertation s'inscrit dans un cadre plus large de préparation à la REDD+, permettant d'identifier les modalités de la concertation nationale, de clarifier les aspects institutionnels et légaux de la REDD+, d'identifier les capacités à renforcer, les outils à créer ou renforcer (notamment en matière de suivi des forêts et des impacts), les projets pilotes à mettre en œuvre, les modalités d'évaluation et suivi des impacts socio-environnementaux de la REDD+, etc.

La préparation à la REDD+ commence classiquement par l'élaboration d'une feuille de route, dont la mise en œuvre permettra en quelques années d'atteindre un niveau de préparation suffisant à la participation effective du pays au futur mécanisme REDD+. Ainsi, cette feuille de route est un plan de travail accompagné d'une évaluation des coûts de la préparation.

On peut ainsi identifier des coûts relatifs à l'élaboration de la feuille de route REDD+ puis sa mise en œuvre.

### 7.1. Coûts d'élaboration de la feuille de route REDD+

---

La feuille de route peut se présenter sous différentes formes mais le document de type *Readiness Preparation Proposal*<sup>17</sup> (RPP) est une feuille de route largement reconnue au niveau international, notamment par deux initiatives importantes sur la REDD+, à savoir le *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF) et la *United Nations collaborative initiative on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in developing countries* (UN-REDD). Cette feuille de route est d'ailleurs une étape nécessaire pour bénéficier de financements de ces deux initiatives.

Les dépenses concernent principalement des ateliers de consultation et des études, accompagnés de renforcement de capacités. Ces coûts sont financés en premier lieu par le FCPF, pour un montant fixe d'environ 200 000 US\$. Ainsi, les coûts d'élaboration d'une feuille de route peuvent être estimés à 200 000 US\$, soit environ 314 000 DT.

### 7.2. Coûts de préparation ou coûts de mise en œuvre de la feuille de route REDD+

---

L'évaluation des coûts de préparation ne peut être faite de manière fiable qu'au travers le travail d'analyse réalisé lors de l'élaboration de la feuille de route, impliquant un processus de concertation large et la participation d'un nombre important d'experts.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, ces coûts ne peuvent être qu'approchés. Pour ce faire, une synthèse des coûts évalués dans les feuilles de route REDD+ (RPP) de 41 pays a été réalisée et est placée en **annexe I**. Les coûts sont détaillés pour chaque composante du RPP, à savoir :

- Composante 1a : organisation institutionnelle pour la phase de préparation de la stratégie
- Composante 1b : consultation des acteurs et partage d'information pour l'élaboration de la feuille de route
- Composante 1c : consultation des acteurs et partage d'information pour la mise en œuvre de la feuille de route

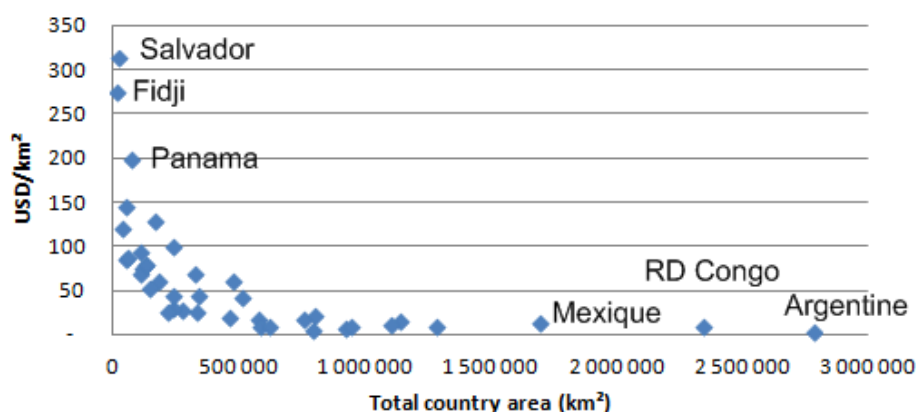
---

<sup>17</sup> Proposition de mesures pour l'état de préparation

- Composante 2a : état des lieux des forêts, évaluation des causes de dégradation et déforestation, de la loi forestière, des politiques sectorielles, de la gouvernance du secteur
- Composante 2b : élaboration de stratégies REDD+ sur la base du diagnostic établi et validation par les parties prenantes
- Composante 2c : cadre juridique, institutionnel, financier et de gouvernance, concernant notamment le droit du carbone, le recours au fonds forestier national ou à un fonds dédié pour la mise en œuvre et les décrets à promulguer
- Composante 2d : prise en compte des impacts socio-environnementaux des stratégies, par l'évaluation environnementale et sociale stratégique
- Composante 3 : évaluation de l'évolution future de la situation des forêts en l'absence de stratégie REDD+ (scénario de référence), pouvant faire intervenir la modélisation
- Composante 4a : conception d'un système national de suivi, rapportage et vérification des émissions de GES dues aux forêts (MRV, pour *Monitoring, Reporting and Verification*).
- Composante 4b : conception d'un système national de suivi des impacts socio-environnementaux des stratégies mises en œuvre
- Composante 6 : cadre de suivi et évaluation

En moyenne, les coûts de préparation sont évalués à 11,8 MUS\$ (18,6 MDT), avec un maximum de 28,9 MUS\$ (45,4 MDT - Cameroun) et un minimum de 4,2 MUS\$ (6,6 MDT - Pakistan).

Les coûts de préparation sont très variables d'un pays à l'autre, et les facteurs de variation sont difficiles à identifier. Le graphique suivant montre le rapport entre la surface totale du pays (en km<sup>2</sup>) et le ratio "coûts de préparation / surface totale du pays" (en USD/km<sup>2</sup>) pour 39 pays<sup>18</sup>. On constate une forte variabilité des coûts unitaires, en particulier pour les pays de plus petites dimensions (de 85 à 313 USD/km<sup>2</sup> pour les pays inférieurs à 100 000 km<sup>2</sup>).



**Figure 16 : Coûts de préparation à la REDD+ rapportés à la surface totale de 39 pays engagés dans la préparation**

Dans le cas de la Tunisie (163 610 km<sup>2</sup>), l'application des coûts unitaires observés dans les pays de 100 000 à 200 000 km<sup>2</sup> permettrait d'estimer de manière très préliminaire les coûts de préparation à la REDD+ entre 8,5 et 21,2 MUS\$ (13,4 à 33,3 MDT).

Au Maroc, une analyse de l'état d'avancement du pays sur chacune des composantes a permis d'estimer en première approche que le coût de la préparation pourrait être légèrement inférieur à la moyenne, probablement inférieur à 10 MUS\$ (15,7 MDT) (SalvaTerra, 2012).

Dans le cas de la Tunisie, le même exercice donne une première estimation entre 12,8 et 19,8 MUS\$ (18,8 à 31 MDT – voir tableau ci-dessous), mais la durée de la mission n'a permis de recueillir que des informations qualitatives sur l'état de préparation du pays.

**Rappelons ici que l'exercice d'élaboration de la feuille de route REDD+ est indispensable pour évaluer ces coûts de préparation de manière plus précise.**

<sup>18</sup> 41 pays moins 2 (Indonésie et Vanuatu), ceux-ci ne disposant pas de données suffisantes.

Composante	Coûts observés en milliers de \$US			Situation en Tunisie	Coût estimé pour la Tunisie
	Moy	Min	Max		
1a	1 388	160	5 275	Les modalités de gestion de la préparation à la REDD+, notamment les organes décisionnels et de concertation, restent à définir. Les compétences des institutions à mobiliser sont bonnes. Les coûts devraient être dans la moyenne, voire inférieurs.	1 à 1,5 M\$US
1b et 1c	1 849	256	9 991	Les consultations n'ont pas démarré, tout est à faire. Les coûts dépendront de la population, du niveau de complexité de l'organisation sociale du pays (les consultations doivent permettre de recueillir les opinions de tous les groupes d'acteurs) mais également de l'ambition que se fixera le pays en matière de consultation. Du fait de contraintes sociales importantes mentionnées par certains interlocuteurs, concernant les activités de sécurisation foncière et de reboisement, on estime que le coût sera élevé.	2 à 5 M\$US
2a	456	30	1 835	Les surfaces forestières sont connues au travers de deux IFN mais les divergences méthodologiques entre ces deux IFN empêche de tirer des conclusions sur les variations de couvert et stocks de biomasse. La connaissance des stocks de carbone des forêts reste parcellaire, focalisée sur les essences à vocation de production de bois d'industrie. Quelques publications scientifiques existent sur d'autres types de forêts. Les facteurs de dégradation et déforestation sont connus mais la quantification de leurs impacts est inexistante. Les coûts de l'état des lieux devraient se situer dans la moyenne des coûts observés.	Aux alentours de 500 000 \$US
2b	2 314	142	9 864	Les stratégies de protection et restauration des forêts sont connues, documentées et mises en œuvre depuis plusieurs décennies pour certaines d'entre-elles. L'impact de certaines actions (aménagement sylvopastoraux, aménagement forestier, ...) est cependant à évaluer en termes d'émissions de GES. Les coûts devraient être inférieurs à la moyenne.	Aux alentours de 2,5 M\$US
2c	775	76	3 375	Le cadre spécifique à la REDD+ est à créer entièrement mais les stratégies à mettre en œuvre bénéficient déjà d'outils juridiques. Les coûts devraient être inférieurs à la moyenne.	Moins de 900 000 \$US
2d	434	43	1 955	La Tunisie dispose d'outils pour la mise en œuvre d'études d'impact environnementales et sociales mais ne pratique pas d'évaluation environnementale et sociale stratégique (EESS). Le cadre de l'EESS doit donc entièrement être élaboré.	Aux alentours de 1 M\$US
3	1 180	85	4 177	Aucune initiative n'a été identifiée dans ce sens. La modélisation de certains processus nécessitera des données actuellement non disponibles et des études, notamment dans le cas de l'évaluation des impacts du surpâturage sur les forêts.	1,5 à 4 M\$US
4a	2 835	144	12 665	Le système actuel de suivi des forêts par photographies aériennes ne permet pas de mise à jour fréquente. Le recours aux images satellite est rare. Le suivi de la dégradation des forêts, entraînera des coûts importants.	2 à 3 M\$US
4b	367	57	1 280	Le système est inexistant et le HCEFLCD travaille à la mise en place d'un système d'information géographique forestier qui pourrait remplir ce rôle.	Aux alentours de 1 M\$US
6	310	8	3 470	Ce volet sera très dépendant des autres composantes. On lui attribue ici le coût moyen observé.	Aux alentours de 400 000 \$US
<b>TOTAL</b>	<b>11 836</b>	<b>4 189</b>	<b>28 911</b>	La somme des coûts donne un résultat entre 12,8 et 19,8 M\$US, soit une moyenne de 16,3 M\$US, légèrement supérieurs à la moyenne observée, du fait de la complexité de certains facteurs de dégradation tel le surpâturage.	<b>13 - 20 M\$US</b>

Tableau 14 : Coûts de préparation

### 7.3. Coûts de mise en œuvre de la REDD+

---

Cette étude a approfondi l'évaluation des coûts directs de déploiement de quelques stratégies proposées. La mise en œuvre des stratégies sera accompagnée de coûts indirects qui n'auraient pas lieu sans participation au mécanisme REDD, en particulier :

**Les coûts de suivi, de rapportage et de vérification des surfaces de forêts et stocks de carbone**, soit l'animation du système MRV élaboré au cours de la mise en œuvre de la feuille de route REDD+.

La Stratégie nationale de développement du secteur forestier et pastoral 2002-2011 (SNDSFP) a budgété 4 MDT pour la réalisation des inventaires forestier et pastoral, sur 5 Mha, soit un coût de 800 DT pour 1000 ha, intégrant des forêts mais également des parcours. Pour 677 192 ha, le coût serait de 541 654 DT.

Les coûts de suivi des surfaces de forêts et stocks de carbone forestiers peuvent également être évalués sur la base d'une publication de la CCNUCC sur les coûts du MRV (CCNUCC, 2009).

Ainsi, on évalue des coûts minimaux et maximaux pour 10 ans :

- Sur la base des coûts observés dans 23 pays en ce qui concerne le suivi des stocks. Le choix de prendre en compte ou non la dégradation forestière a une influence majeure sur les coûts. Dans le cas de la Tunisie, ce suivi est indispensable pour prendre en compte des facteurs importants comme le surpâturage et les incendies de forêt. Ainsi, on considère les coûts des systèmes incluant ce suivi.
- En détaillant les postes de dépense en ce qui concerne le suivi des surfaces.

On peut ainsi estimer le coût du MRV entre 1,2 et 3,3 MUS\$ (1,9 à 5,1 MDT) pour 10 ans.

Le détail est donné dans le tableau à la page suivante :

NB : coût unitaires en US\$/ha et coût total en US\$	Coût minimum			Coût maximum		
	Unitaire	Total	Commentaires	Unitaire	Total	Commentaires
<b>==&gt; Facteurs de coûts pour le suivi des surfaces</b>						
Aquisition des données (3 dates) (GOFC-GOLF, 2008)	-	-	Landsat (5TM / 7ETM+), 30 m de résolution	0,007	343 581	SPOT-5 HRVIR, 10-20 m de résolution
Equipement techniques et installations (CCNUCC, 2009)		120 000			150 000	
Expertise technique pour le renforcement de capacités (Mollicone et al., 2003, Hardcastle et Baird, 2008)		120 000	10 000 US\$/mois pendant 1 an		360 000	30 000 US\$/mois pendant 1 an
Renforcement de capacités en interne (Hardcastle et Baird, 2008)		100 000	Formation de 3 experts		140 000	idem
Ressources humaines pour l'analyse des données (10 ans) (Hardcastle et Baird, 2008)	85 000	850 000	Réactualisation = 25% des coûts initiaux	216 667	2 166 667	Réactualisation = 33% des coûts initiaux
<b>TOTAL</b>		<b>1 190 000</b>			<b>3 160 248</b>	
<b>==&gt; Facteurs de coûts pour le suivi des stocks de carbone</b>						
Inventaire suivant les directives du GIEC, Tier 3, avec suivi de la dégradation (Hardcastle et Baird, 2008)	0,002*	3 036	inventaires reconduits tous les 5 ans	0,067*	91 288	inventaires reconduits tous les 5 ans
<b>TOTAL</b>		<b>3 036</b>			<b>91 288</b>	
<b>==&gt; Coût pour le suivi des surfaces et stocks pendant 10 ans</b>						
<b>TOTAL</b>		<b>1 193 036</b>			<b>3 251 536</b>	

\* Voir détail en annexe II

Tableau 15 : Coûts du MRV sur une période de 10 ans

**Le coût de la charge de travail supplémentaire due à la participation au mécanisme.** En ce qui concerne l'élaboration de la feuille de route et sa mise en œuvre, les évaluations faites intègrent ces coûts. Les coûts de coordination notamment apparaissent dans le budget de la composante 1a et le coût de développement des solutions techniques (MRV et scénario de référence) sont pris en compte dans les composantes 3 et 4. Dans le cas de la mise en œuvre des stratégies REDD+, la charge de travail n'est pas influencée car les activités proposées sont le renforcement d'activités existantes, sauf dans le cas du suivi des forêts et impacts, discuté plus haut (les chiffres donnés intègrent ces coûts).

Le tableau suivant fait la synthèse de ces coûts de transaction :

Poste de dépense	Coût estimé
Feuille de route REDD+	314 000 DT
Préparation à la REDD+	13 - 33 MDT
MRV	190 000 – 510 000 DT/an

**Tableau 16 : Synthèse des coûts de transaction**

En conclusion, on peut rappeler que ces coûts de transaction ne peuvent s'évaluer de manière fiable qu'au travers un exercice d'élaboration d'une feuille de route REDD+, bien au-delà des ambitions de cette étude.

Malgré cela, les analyses faites ici montrent que les coûts de transaction (max. 38,5 MDT sur 10 ans) pourraient être bien inférieurs aux coûts de mise en œuvre des stratégies qui pourraient dépasser 1,5 milliards de DT rien que sur trois des quatre activités retenues<sup>19</sup>.

Ainsi, les coûts de transaction n'auront qu'un impact faible sur les coûts d'abattement. Cet impact ne peut cependant pas être calculé en US\$/tCO<sub>2</sub>e car :

- pour les boisements, le surpâturage et l'aménagement forestier, l'évaluation du potentiel d'atténuation n'a pu être réalisée qu'en relatif (tCO<sub>2</sub>e/ha) et non en absolu (tCO<sub>2</sub>e) l'analyse n'inclut que quatre activités alors que les coûts de transaction pèsent sur les coûts d'abattements d'un plus grand nombre d'activités.

## **Conclusion : Bilan coûts-bénéfices et recommandations**

Les résultats de l'étude sont synthétisés dans le tableau de la page suivante.

Il y apparaît que la réduction du surpâturage est l'activité la plus efficace économiquement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Du fait des faibles stocks de carbone des forêts tunisiennes, la REDD+ ne peut être vu que comme une source de cofinancement des activités et pas une raison suffisante pour les mettre en œuvre. Les résultats sont évidemment très dépendants de la valorisation du carbone au moment des paiements aux résultats (2030 dans cet exercice), laquelle n'est actuellement pas prévisible.

Malgré cela, la prise en compte de la production de biens et services environnementaux justifie économiquement les actions de préservation ou reconstitution des forêts tunisiennes, d'autant que les investissements peuvent être limités dans le temps (notamment pour les reboisements), alors que la production de biens et services par les forêts est en théorie permanente en cas de gestion durable.

<sup>19</sup> 776 MDT pour la lutte contre les incendies, jusqu'à 668 MDT pour l'aménagement, au maximum 45 à 121 MDT pour le surpâturage, coût total inconnu pour les reboisements car surfaces disponibles inconnues

	Réduction des surfaces de forêt incendiées	Boisement : 2017-2030 (hypothèse : stock atteint en 50 ans)	Boisement : long terme	Aménagement forestier	Réduction du surpâturage
Potentiel d'atténuation (tCO <sub>2</sub> e ou tCO <sub>2</sub> e/ha)	1 MtCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 48,3 tCO <sub>2</sub> e/ha Fixations de dunes et brise-vent : 21,3 tCO <sub>2</sub> e/ha Arbres à usages multiples : 9,6 tCO <sub>2</sub> e/ha	Boisements forestiers : 322 tCO <sub>2</sub> e/ha Fixations de dunes et brise-vent : 64 tCO <sub>2</sub> e/ha Arbres à usages multiples : 142 tCO <sub>2</sub> e/ha	Non estimé	32 tCO <sub>2</sub> e/ha
Coût de l'activité (DT ou DT/ha)	776 MDT	Boisements forestiers, fixations de dunes et brise-vent : 3 465 DT/ha Arbres à usages multiples : 3 286 DT/ha Ces calculs intègrent un taux de réussite de 70%		70,5 DT/ha/an 987 DT/ha sur la période 668 MDT si toutes les forêts sont concernées	108 à 289 DT/ha max 45 à 121 MDT sur 10 ans
Coût d'abattement (DT/tCO <sub>2</sub> e)	776 DT/tCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 72 DT/tCO <sub>2</sub> e Fixations de dunes et brise-vent : 361 DT/tCO <sub>2</sub> e Arbres à usages multiples : 154 DT/tCO <sub>2</sub> e	Boisements forestiers : 11 DT/tCO <sub>2</sub> e Fixations de dunes et brise-vent : 54 DT/tCO <sub>2</sub> e Arbres à usages multiples : 23 DT/tCO <sub>2</sub> e	Non estimé car impact carbone de l'aménagement inconnu	47 à 127 DT/tCO <sub>2</sub> e
Bénéfices carbone (DT ou DT/ha)	8 ; 16 ; 220 MDT	Boisements forestiers : 265 ; 536 ; 7 430 DT/ha Fixations de dunes et brise-vent : 53 ; 107 ; 1 477 DT/ha Arbres à usages multiples : 117 ; 236 ; 3 277 DT/ha	Boisements forestiers : 1 769 ; 3 574 ; 49 537 DT/ha Fixations de dunes et brise-vent : 352 ; 710 ; 9 846 DT/ha Arbres à usages multiples : 780 ; 1 576 ; 21 845 DT/ha	Non estimé	251 ; 507 ; 7 033 DT/ha
Intérêt potentiel de la REDD+	Cofinancement très faible de l'activité	Financement quasi-total des reboisements forestiers et arbres à usages multiples, mais sur le long terme. Les bénéfices carbone sur 2017-2030 seront faibles car les plantations seront jeunes en 2030. Le stockage de carbone et donc le coût d'abattement tiennent compte d'un taux de réussite des plantations de 70%.		Aux 3 prix du carbone envisagés la valorisation du carbone couvrirait les coûts de mise en œuvre des aménagements si ceux-ci permettent d'augmenter les stocks de carbone forestier d'au moins : 110% (doublement du stock) ; 55% (multiplication du stock par 1,5) ; 4% (augmentation faible). Cependant, les 70,5 DT/ha/an devraient être dépensés après 2030 pour maintenir les stocks, et les coûts augmenteraient donc, sans que les stocks de carbone s'accroissent en conséquence.	Couverture quasi-totale de l'ensemble des solutions proposées
Valeur des biens et services produits par un hectare de forêt (DT/ha/an)			163,4 DT/ha/an		
Bénéfices de la protection des biens et services (DT ou DT/ha)	11,2 MDT	254 DT/ha de forêts plantées sur la période considérée	En théorie infini	Dépendant de l'impact de l'aménagement, qui n'a pas été déterminé	181 DT/ha de forêts protégées sur la période considérée
Rentabilité de l'activité (investissements/bénéfices dus aux B&S)	Les biens et services protégés sur 2017-2030 ne permettent pas de rentabiliser l'action.	Les jeunes plantations produiront peu de biens et services et le cumul par hectare sur 2017-2030 (moyenne sur les plantations plantées entre 2017 et 2030) ne permettra pas de rentabiliser l'investissement. Le calcul de production de B&S tient compte d'un taux de réussite des plantations de 70%.	Valeur produite infinie sur le long terme, donc activité rentabilisée.	Les bénéfices de la valorisation des biens et services couvriraient les coûts de mise en œuvre des aménagements si ceux-ci permettent d'augmenter la valeur de ces biens et services de 9 DT/ha/an, soit 5,4% de la valeur actuelle.	Les bénéfices de la valorisation des biens et services couvriraient les coûts de la plupart des solutions analysées.
Valeur totale (DT ou DT/ha)	19 à 231 MDT	Valeurs du carbone (voir plus haut), augmentées de 254 DT/ha, ce qui ne change pas les conclusions.	En théorie infinie	Faisant l'hypothèse que l'augmentation de valeur des B&S est proportionnelle à l'augmentation des stocks de carbone, le coût des aménagements serait couvert par la valorisation de ce carbone et de ces B&S s'ils permettent une augmentation des stocks de carbone de : 5,2% ; 5% ; 2,3%	433 à 3 918 DT/ha

**Tableau 17 : Synthèse des coûts et bénéfices des activités REDD+ étudiées.**

Les coûts de transaction (max. 38,5 MDT sur 10 ans) pourraient être bien inférieurs aux coûts de mise en œuvre des stratégies qui pourraient dépasser 1,5 milliards de DT rien que sur trois des quatre activités retenues.

Ces résultats ont des limites importantes étant donné les incertitudes élevées et les hypothèses très fortes qu'il a fallu accepter pour les obtenir.

Ces limites ont été soulignées au cours de l'atelier de restitution de l'étude à Tunis, en janvier 2014. Cependant, les participants n'ont pas identifié de données complémentaires qui auraient pu permettre d'affiner ces estimations.

Quatre types de recommandations ont été discutés en atelier de restitution de l'étude et sont rapportées ici :

### ***Recommandations concernant la mise à jour de la stratégie forestière***

La REDD+ est à intégrer dans la réflexion sur la future stratégie forestière comme complément de financement du plan d'action, qui reste à élaborer. Les besoins en financement de cette stratégie ne sont pas cependant pas encore connus.

Des opportunités sont à portée de la Tunisie pour le financement de la préparation à la REDD+ au travers de financements comme ceux du *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF) ou l'UN-REDD et la stratégie doit chercher à mettre en valeur ces opportunités.

La stratégie a vocation à s'aligner avec les conventions de Rio, dont la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

Les reboisements ont un coût d'abattement élevé relativement à d'autres axes stratégiques REDD+ mais génèrent des bénéfices indirects très importants du fait de leur production de biens et services écosystémiques. Les participants à l'atelier ont appelé l'administration à intensifier ses efforts de développement des reboisements en terrain privé, qui pourraient être facilités et en partie financés par la REDD+

La mise en œuvre des aménagements déjà rédigés doit également être une priorité. Le potentiel carbone serait cependant à préciser pour estimer dans quelle mesure la REDD+ pourrait faciliter cette mise en œuvre.

La stratégie forestière, comme les réflexions sur la REDD+, doivent s'élargir au delà du secteur forestier. Les participants ont ainsi appelé au développement de projets REDD+ au niveau de la forêt ou de la série forestière.

### ***Recommandations concernant des analyses supplémentaires à produire***

Les participants ont exprimé leur intérêt quand au développement d'un projet REDD+ intégré au niveau local couvrant plusieurs secteurs et intégrant un suivi des impacts socio-économiques et des tendances de développement local.

Concernant l'impact de l'aménagement forestier, une analyse comparée de deux séries forestières comparables, l'une étant aménagée et l'autre non, pourrait permettre de préciser le potentiel carbone de l'activité. Les participants ont recommandé des analyses au niveau de la série, sur 3 ou 4 types de peuplements. Ce travail à l'échelle de la série viendrait en complément des travaux en cours aux niveaux national (GIZ), et local (AFD).

### ***Recommandations concernant le renforcement des capacités de la DGF***

Des besoins ont été identifiés concernant :

- La capitalisation de l'information et le développement d'un système intégré de gestion de l'information au sein de la DGF. Il est à noter que l'équipe travaillant sur la mise à jour de la



stratégie a souligné que le manque de données et la difficulté d'accès aux données existantes rendait délicate la production de scénarios prospectifs.

- Le suivi des stocks de carbone forestier, à l'échelle projet notamment.
- Les procédures d'accès aux financements REDD+ (rédaction de fiches de projet et prise de contact avec les bailleurs).
- Les négociations et le lobbying, au travers, entre autres, de la formation d'un groupe de lobbying avec les pays du PCFM (Tunisie, Maroc, Liban).

### ***Recommandations concernant la recherche de financements***

La recherche de financement pourrait être initiée par un bilan des opportunités pour la Tunisie (fonds bilatéraux, multilatéraux, marchés du carbone, etc.). La formation d'un groupe de lobbying avec le Maroc et le Liban devrait faciliter l'accès aux financements. La préparation et la soumission d'un document de position commune au secrétariat de la Conférence des parties à la CCNUCC permettrait d'augmenter la visibilité de la région MENA sur la scène des négociations et des financements REDD+. Les pays partenaires pourraient travailler à une proposition de projet régional à soumettre aux bailleurs pour financement.

Les sources classiques de financement des forêts ne devraient cependant pas être négligées, car la REDD+ ne couvrira pas tous les besoins. De plus, la valorisation des biens et services des forêts justifient à elle seule la plupart des activités étudiées le soutien international ne peut donc être la seule raison pour engager le pays dans ce type d'activités.

## Bibliographie

---

- Achard, 1997 : Pastoralisme et écosystèmes forestiers contractés du sud du Niger : ressources fourragères et impact du pâturage sur la forêt. In : Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens. Paris : J. Libbey Eurotext, 1997, p. 15-24. Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Forestiers Contractés : Atelier, Niamey (NER), 1995/11/20-25. ISBN 2-7420-0193-X.
- AED consult, 2013. Elaboration de la stratégie nationale de développement et de gestion durable des forêts et des parcours (2012-2021) et d'un plan d'action – Rapport des études de la phase I : Evaluation de la SNDSFP décennale 2002-2011 et diagnostic de l'état des lieux. GIZ/projet régional Silva Mediterranea-PCFM ; MARH/DGF. Rapport provisoire reçu le 20/11/2013.
- Ben Salem, L., 2006. Les réserves fourragères sur pieds. Place et rôle dans les systèmes pastoraux. OED-DDRFP-DP.
- CIA, 2012. The World Factbook. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- CRPF Aquitaine, non daté. Les éclaircies, principes et modalités. URL : [http://www.crpfaitaquitaine.fr/docs/fiches-techniques/23\\_eclaircies.pdf](http://www.crpfaitaquitaine.fr/docs/fiches-techniques/23_eclaircies.pdf)
- DGF, non date. Plan national de protection des forêts.
- DGF, 2007. Guide technique du reboisement en Tunisie.
- DGF, 2012. Evaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes – Note de Synthèse. National Forest Programme Facility – FAO / DGF. 11 p
- Ecosystem Marketplace, 2012. Leveraging the Landscape State of the Forest Carbon Markets 2012.
- Ei Euch F., 1995. Le sylvopastoralisme en Tunisie, Cahiers Options Méditerranéennes. Systèmes Sylvopastoraux pour un Environnement, une Agriculture et une Economie Durables : 161-164.
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 – Rapport national – Tunisie.
- FAO/NFPF et MARH/DGF, 2012. Evaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes.
- FAO/NFPF, GIZ et MARH/DGF, 2012. La population forestière en Tunisie. un référentiel économique et social national.
- Gader, G. et Daly-Hassen, H, non daté. L'étude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) – Tunisie.
- GEREP Environnement, 2009. Etude d'élaboration de la seconde communication nationale de la Tunisie au titre de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques - Phase II : Identification, description et analyse des mesures et activités menées, en cours de réalisation et planifiées à l'échelle nationale, contribuant à l'atténuation, l'évitement et la séquestration des émissions de gaz à effet de serre. Rapport définitif. MEDD-DGEQV/PNUD.
- GOFC-GOLD, 2008. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting. GOFC-GOLD Report version COP13-2. Alberta: Natural Resources Canada.
- Gounot M, Le Houérou HN. Carte bioclimatique de la Tunisie (1 feuille 1/2 000 000, 1959). Montpellier : CEPE, 1988 ; (réédition couleur 1/1 000 000).
- Hardcastle P.D., Baird D., 2008. Capability and cost assessment of the major forest nations to measure and monitor their forest carbon for Office of Climate Change. Penicuik: LTS International.

- Hastings, David A., Paula K. Dunbar, Gerald M. Elphinstone, Mark Bootz, Hiroshi Murakami, Hiroshi Maruyama, Hiroshi Masaharu, Peter Holland, John Payne, Nevin A. Bryant, Thomas L. Logan, J.-P. Muller, Gunter Schreier, and John S. MacDonald, eds., 1999. The Global Land One-kilometer Base Elevation (GLOBE) Digital Elevation Model, Version 1.0. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center, 325 Broadway, Boulder, Colorado 80305-3328, U.S.A.
- Khaldi, A. 2009. Etude de la croissance et des productions du pin pignon (*Pinus pinea* L.) en relation avec les facteurs écologiques, sylvicoles et génétiques en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut National Agronomique de Tunisie.
- Madelaine-Antain, 2009 : Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes : variabilité inter et intraspécifique de la croissance des arbres et trajectoires de développement en forêt dense humide sempervirente, dans les Ghâts occidentaux de l'Inde. Thèse de doctorat. SUPAGRO/INRA.
- MAHR/DGF, 1995. Résultats du premier inventaire forestier national en Tunisie.
- MARH/DGF, 2007. Programme de développement durable de la subéraie Tunisienne. Document de synthèse (Draft). FAO.
- MARH/DGF, MDN/CNCT, MESRS/DGRS, 2010. Inventaire des forêts par télédétection. Résultats du deuxième inventaire forestier national.
- MEDD/ANPE, 2005. Guide forêts durables.
- Nsibi, R., 2005 Sénescence et rajeunissement des Subéraies de Tabarka - Ain Draham avec approches écologiques et biotechnologiques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Faculté des Sciences de Tunis. 170 p.
- Pardé, J., 1964. Intensité des éclaircies et production ligneuse. Revue Forestière Française [ISSN 0035-2829], 1964, N° 12; p. 936-945. ENGREF Nancy.
- Picard, N., Gourlet Fleury, S., 2008 : Manuel de référence pour l'installation de dispositifs permanents en forêt de production dans le Bassin du Congo. COMIFAC.
- Quinet, A., 2009. La valeur tutélaire du carbone - Rapport de la commission présidée par Alain Quinet. Rapports et documents N°16-2009. Centre d'analyses stratégiques.
- Rouchiche, S. et Abid, H, 2003. Rôle des plantations forestières et des arbres hors forêts dans l'aménagement forestier durable : République de Tunisie - Rapport par pays. Document de travail FP/27F.
- SalvaTerra, 2012. Étude des coûts et avantages du mécanisme REDD+ pour le Maroc. GIZ/HCEFLCD.
- WWF, 2002 : Le bois mort, un attribut vital de la biodiversité de la forêt naturelle, une lacune des forêts gérées.

## Annexe I : Coûts de préparation à la REDD+

Pays	Composantes											
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d	3	4a	4b	6	Total
Argentine	1 780	676		180	3 255	480	535	765	1 515	360	-	9 546
Bhoutan	630	616	329	275	340	265	105	485	1 499	60	8	4 612
Burkina Faso	930	-	2 427	-	1 650	200	115	610	870	560	300	7 662
Cambodge	1 495	600		30	1 240	2 575	175	550	4 040	200	-	10 905
Cameroun	5 275	971	9 020	1 165	1 830	2 094	536	1 590	5 950		480	28 911
Chili	820	1 120	1 070	1 835	2 625	1 410	1 090	1 415	2 030		265	13 680
Colombie	2 140	900	3 450	800	1 200		735	4 177	4 600	330	140	18 472
Congo	2 490	1 520		400	8 590	300	425	655	765	355	-	15 500
Costa Rica	809	410		145	1 790	150	155	642	248		-	4 349
Côte d'Ivoire	3 678	53	2 307	1 314	9 864	1 261	564	838	1 863	506	-	22 247
Ethiopie	780	1 920		660	4 860	1 345	480	2 670	1 170		230	14 115
Fidji	1 108	453	307	270	180	295	427	709	960	141	165	5 015
Ghana	1 443	824		200	1 015	165	177	2 490	590		430	7 334
Guatemala	382	491	1 343	527	2 119	870	185	1 375	2 780	107	25	10 204
Guyana	460	605		85	540	390	340	480	2 850		85	5 835
Honduras	1 422	516	1 172	78	300	255	185	1 023	2 986	571	-	8 508
Indonésie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kenya	2 084	612		240	4 533	410	175	1 366	740	80	60	10 300*
Laos	1 688	760		60	4 515	1 804	660	85	12 665	1 280	-	23 517*
Libéria	1 540	513	407	1 085	1 830	185	300	455	845	190	280	7 630
Madagascar	779	629		192	387	130	210	1 615	1 446		165	5 554

Mexique	750	1 150		420	6 500	420	600	1 175	12 000		-	23 015
Mozambique	1 649	783	450	380	2 411	570	300	1 698	9 700		100	18 041*
Népal	451	2 406		106	185**	261	140	1 355	2 090	440	241	7 675
Nicaragua	833	332	903	305	4 730	240	309	380	1 720		282	10 273
									144	95		
Nigeria	1 828	320	665	295	1 015	843	510	465	1 552	150	95	8 000
Ouganda	195	5 932		630	1 318	415	305	665	530	530	97	10 617
Panama	500	-	2 500	-	-	1 500	500	300	7 900		-	15 000
Pakistan	1 200	659	386	100	142	380	67	521	606	57	71	4 189
PNG	400	80	600	870	1 230	1 230	950	1 120	2 470	-	-	8 950*
Pérou	3 170	2 516		241	825	1 836	124	2 512	1 223	71	116	12 636
RCA	1 234	70	203	321	2 640	76	43	945	1 067		-	6 599
RDC	3 215	2 365		433	1 921	3 375	1 020	980	7 810	1 000	-	22 119
Rép. Dominicaine	242	120	325	363	763	511	576	800	3 065	350	-	7 115
Salvador	750	489	568	467	450	300	465	1 240	1 077	630	150	6 586
Suriname	1 677	8 480		863	1 810	1 225	1 955	3 673	1 192		375	21 250
Tanzanie	843	1 244	365	-	950	520	105	1 555	1 049		3 470	10 101
Thaïlande	2 745	2 250	2 153	659	6 107	601	954	1 276	4 897		72	21 714
Togo	1 164	163	375	185	394	100	212	1 201	1 065		130	4 989
Vanuatu	160	-	-	-	-	-	-	328	1 558	-	-	-
Vietnam	786	950		235	1 870	460	198	1 000	3 120		230	8 849
Min	160	53	203	30	142	76	43	85	144	57	8	4 189
Max	5 275	8 480	9 020	1 835	9 864	3 375	1 955	4 177	12 665	1 280	3 470	28 911
Moyenne	1 388	1 203	1 424	456	2 314	775	434	1 180	2 835	367	310	11 836

\* Calculs corrigés

\*\*Considérant la récolte et l'analyse des données historiques sur la déforestation et la dégradation, prévue dans la composante 2b mais non reprise dans le tableau de consolidation du budget (composante 5).

**Tableau 18 : Coûts de préparation observés dans les RPP de 41 pays, en milliers de US\$**

## Annexe II : Coûts du suivi des stocks de carbone forestier dans 23 pays

Pays	Surface de forêts	Coût de l'inventaire (US\$)	Coût de l'inventaire (US\$/ha)
Bolivia	58 470 000	333 000	0,006
Brazil	477 698 000	2 995 000	0,006
Colombia	60 728 000	399 000	0,007
Costa Rica	2 391 000	110 000	0,046
Guyana	15 104 000	112 000	0,007
Mexico	64 238 000	144 000	0,002
Peru	68 742 000	466 000	0,007
Venezuela	47 713 000	333 000	0,007
Cambodia	10 447 000	110 000	0,011
Indonesia	88 495 000	666 000	0,008
Malaysia	20 890 000	133 000	0,006
Myanmar	32 222 000	110 000	0,003
Papua NG	29 437 000	200 000	0,007
Thailand	14 520 000	110 000	0,008
Viet Nam	12 931 000	110 000	0,009
Cameroon	21 245 000	133 000	0,006
Congo	22 471 000	166 000	0,007
DR of Congo	133 610 000	899 000	0,007
Equ. Guinea	1 632 000	110 000	0,067
Gabon	21 775 000	166 000	0,008
Ghana	5 517 000	159 000	0,029
Liberia	3 154 000	110 000	0,035
Sierra Leone	2 754 000	110 000	0,040
		<b>MIN</b>	<b>0,002</b>
		<b>MAX</b>	<b>0,067</b>
		<b>MEAN</b>	<b>0,015</b>
		<b>SD</b>	<b>0,012</b>
		<b>MEAN+SD</b>	<b>0,027</b>

Tableau 19 : Coûts de suivi des stocks de carbone forestiers dans 23 pays (source : CCNUCC, 2009)



Mai 2014

SAS SalvaTerra

6 rue de Panama

75018 Paris I France

Tel : +33 (0)6 66 49 95 31

Email : [info@salvaterra.fr](mailto:info@salvaterra.fr)

Skype : o.bouyer.salvaterra

Web : [www.salvaterra.fr](http://www.salvaterra.fr)

