



# ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES

## DE LA REDD+ AU LIBAN

Rapport final

Financé par :



SalvaTerra  
Mai 2014



## **Auteurs**

M. Jérôme MAURICE, M. Olivier BOUYER & M. Maden LE CROM (SalvaTerra SAS), M. Michel Bassil (consultant)

## **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+ au Liban 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 le Liban 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 annexes</b>	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>4</b>
<b>Liste des cartes</b>	<b>4</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>4</b>
<b>Acronymes</b>	<b>4</b>
<b>Résumé pour décideurs</b>	<b>6</b>
<b>Summary for policymakers</b>	<b>11</b>
<b>1. Descriptif du contexte national</b>	<b>16</b>
1.1. Contexte géographique	16
1.2. Situation des forêts	16
1.3. Fonctions des forêts	20
1.4. Valeur économique totale des forêts libanaises	22
1.5. Menaces sur la forêt	24
1.6. Orientations stratégiques du secteur forestier	26
<b>2. Cadre de l'étude</b>	<b>30</b>
2.1. Objectifs	30
2.2. Méthodologie	30
2.2.1. Logique d'ensemble	30
2.2.2. Définition de la forêt	31
2.2.3. Feux de forêt	31
2.2.4. Reboisement	32
2.2.5. Bois-énergie	33
2.2.6. Aménagement du territoire	33
2.3. Hypothèses de valorisation du carbone	34
<b>3. Feux de forêts</b>	<b>35</b>
3.1. Scénario de référence	35
3.2. Scénario REDD+	36
3.3. Conclusion	37
<b>4. Reboisement</b>	<b>38</b>
4.1. Scénario de référence	38
4.2. Scénario REDD+	39
4.3. Conclusion	40
<b>5. Bois énergie</b>	<b>42</b>
5.1. Scénario de référence	42
5.2. Scénario REDD+	42
5.3. Conclusion	43
<b>6. Aménagement du territoire</b>	<b>45</b>
6.1. Scénario de référence	45
6.2. Scénario REDD+	46
6.3. Conclusion	47
<b>7. Coûts de transaction</b>	<b>48</b>
7.1. Coûts d'élaboration de la feuille de route REDD+	48
7.2. Coûts de préparation à la REDD+ (mise en œuvre de la feuille de route REDD+)	48
7.3. Coûts de mise en œuvre de la REDD+	49
<b>Conclusion: Bilan coûts-bénéfices (horizon 2030) et recommandations</b>	<b>51</b>

<b>Bibliographie</b>	<b>53</b>
<b>Annexes</b>	<b>54</b>

## Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des personnes consultées .....	54
Annexe 2 : Tableur de données.....	55
Annexe 3 : Feux de forêts : Formule de calcul du différentiel d'absorptions nettes .....	60
Annexe 4 : Estimation des émissions de GES dues au feu.....	61
Annexe 5 : Détails du calcul de Valeur économique totale.....	63
Annexe 6 : Estimation des quantités de carbone séquestrées dans les reboisements .....	64
Annexe 7 : Estimation des quantités de carbone émises dans le scénario de référence "Aménagement du territoire" (scénario de référence).....	66
Annexe 8: Coûts de préparation observés dans les RPP de 41 pays, en milliers de US\$ .....	67
Annexe 9: Estimation des coûts de mise en œuvre du MRV au Liban pour les 10 prochaines années .....	69

## Liste des tableaux

Tableau 1: Synthèse des coûts unitaires de réduction d'émissions par stratégie REDD+.....	10
Tableau 2: Évolution du couvert forestier au Liban entre 2000 et 2010 (source : FAO, 2010) .....	16
Tableau 3 : Répartition des surfaces forestières par espèces dominantes (source : MoA et FAO, 2005).....	18
Tableau 4: Rythme de reboisement annuel entre 1999 et 2012 (Mitri et al., 2013) .....	19
Tableau 5: Caractéristiques générales de la forêt libanaise (FAO, 2010) .....	20
Tableau 6: Calcul de la valeur économique totale des forêts libanaises (adapté de Sattout et al. (2005)).....	23
Tableau 7 : Surfaces de forêts incendiées entre 1999 et 2012 (source: Mitri et al., 2013).....	35
Tableau 8: Feux de forêts - réductions d'émissions et coût unitaire du scénario REDD+ .....	37
Tableau 9 : Croissance urbaine et consommation de terres à l'horizon 2030 au Liban (adapté du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais).....	45
Tableau 10 : Synthèse des coûts de transaction estimés de manière préliminaire .....	50
Tableau 11 : Synthèse finale des coûts-bénéfices des scénarios REDD+ .....	51

## Liste des cartes

Carte 1 : Étages bioclimatiques du Liban (UNDP et MoE, 2011)) et cartographie des types forestiers (FAO et MoA, 2005).....	17
--	----

## Liste des figures

Figure 1: Coûts de préparation à la REDD+ rapportés à la surface totale de 39 pays engagés dans la préparation (adapté de CCNUCC, 2009).....	49
--	----

## Acronymes

€	euro
AFDC	Association for Forests, Development and Conservation
BaU	business as usual
BTP	bâtiment et travaux publics
CCNUCC	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDR	Conseil du développement et de la reconstruction

CEDRO	<i>Country energy efficiency and renewable energy demonstration project for the recovery of Lebanon</i>
CO2	dioxyde de carbone
EUR	euro
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FCPF	<i>Forest Carbon Partnership Facility</i>
FRA	<i>Forest Resources Assessment</i>
GCCA	<i>Global Climate Change Alliance</i>
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
ha	hectare
HAC	<i>High activity clay (type de sol)</i>
IGN	Institut géographique national
LAC	<i>Low activity clay (type de sol)</i>
LULUCF	<i>Land use, land use change and forestry</i>
M	million
m3	mètre cube
MDP	Mécanisme de développement propre
MENA	<i>Middle East and North Africa region</i>
MoA	Ministère de l'agriculture
MoE	Ministère de l'environnement
NARP	<i>National Afforestation/Reforestation Plan</i>
NRP	<i>National Reforestation Programme</i>
ONG	organisation non gouvernementale
ONGe	organisation non gouvernementale environnementaliste
PCFM	Partenariat de collaboration sur les forêts méditerranéennes
PFNL	produit forestier non ligneux
REDD+	Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts, conservation, gestion durable et accroissement des stocks de carbone forestier
SALMA	<i>Sustainable agricultural landscapes in marginal areas</i>
SDATL	Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais
tC/ha	tonne de carbone par ha
tCH	tonne de charbon
teqCO2	tonne de CO2 équivalent
tms	tonne de matière sèche
TTCR	taillis à très courte rotation
UNDP	<i>United Nations Development Program</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UN-REDD	<i>United Nations Collaborative initiative on REDD</i>
USD	dollar américain

## Résumé pour décideurs

---

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

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'apport 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 élaborant 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+ au Liban

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 le Liban, le passage en revue des principaux documents de référence (stratégies dans le domaine forestier ou secteurs connexes, rapport sur l'état des forêts, etc.) et des entretiens complémentaires ont permis d'identifier quatre axes REDD+ potentiels: **la lutte contre les feux de forêts, le reboisement, la production de bois énergie durable et l'aménagement du territoire**.

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 en essences locales, opérations sylvicoles d'amélioration forestière...) et, d'autre part, les réductions d'émission associées. Ces coûts unitaires sont comparés au prix de la tonne de carbone (teqCO<sub>2</sub>). Trois hypothèses de valorisation de la teqCO<sub>2</sub> par la REDD+ seront considérées : 5 USD/teqCO<sub>2</sub>, qui correspond aux valeurs les plus basses observées ces dernières années sur le marché européen du carbone, 10,1 USD/teqCO<sub>2</sub>, le prix observé en 2013 et 140 USD/teqCO<sub>2</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. **Dans cette étude, cette valeur a été estimée à 762 USD/ha en moyenne** (254 USD/ha en forêt feuillue, 1 597 USD/ha en forêt résineuse et 926 USD/ha en forêt mixte). 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.

### Axe stratégique n°1: Lutte contre les incendies de forêts

#### 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 : les surfaces incendiées sont stables dans le futur, faute de pouvoir dégager une tendance historique nette. Cette hypothèse est également reprise par Mitri et al. (2013) dans le cadre de la troisième communication nationale à la CCNUCC. Étant donné que la régénération naturelle est importante (à l'exception du pin pignon), et qu'il n'y a pas de reboisement post-incendies (ou alors sur de très petites surfaces) (M. Bassil, comm. pers.), les estimations seront basées sur l'**hypothèse d'une régénération naturelle uniquement**.
- Scénario REDD+ : mise en œuvre d'un **Plan national de lutte contre les feux de forêts** d'après les orientations de la Stratégie nationale de lutte contre les incendies de forêts. Les données chiffrées s'appuient sur le Plan de protection des forêts contre les incendies (TRAGSA, non daté).

#### Conclusion

Le surcoût lié à la mise en œuvre d'actions REDD+ en matière de lutte contre les incendies de forêts peut être estimé à **2 232 000 USD au minimum**. Les coûts unitaires de réduction d'émission associés sont relativement élevés (**32 USD/teqCO2** dans le meilleur des cas, lorsque les mesures de lutte sont efficaces), ce qui peut principalement s'expliquer par le fait que les **stocks de carbone forestier aérien sont faibles**. La principale raison évoquée pour expliquer ce faible matériel sur pied est l'absence ou la mauvaise gestion des peuplements.

Les bénéfices varient avec l'efficacité des mesures employées. Le **potentiel de réduction d'émissions serait égal à 70 200 teqCO2** dans le meilleur des cas (95% des surfaces incendiées réduites), soit un bénéfice carbone compris entre 351 000 USD (valeur plancher) et 98 M USD (valeur tutélaire du carbone). On estime que les **co-bénéfices** liés à la préservation de surfaces forestières représenteraient **jusqu'à 2,2 M USD** dans le meilleur des cas. Par ailleurs, la réduction des surfaces incendiées constitue également une baisse des dépenses d'intervention (environ 6 M USD/an), ce qui se traduit par des **économies dans le budget de l'État**.

### Axe stratégique n°2: Reboisement

#### Principe

Il existe un potentiel REDD+ lié au reboisement si la variation d'absorptions nettes de GES entre le scénario de référence et le scénario REDD+ impliquant des "mesures pour le renforcement des actions de reboisement" est positive. 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 : on pose l'hypothèse d'une **poursuite de la tendance historique** (232 ha/an) sur la période 2017 – 2030. Le choix des essences est évalué à partir des quantités de plants produits annuellement dans six pépinières libanaises (1 600 000 plants/an). En ce qui concerne les itinéraires techniques, on formule différentes hypothèses sur la densité de plantation en fonction des espèces. Enfin, concernant les coûts, on considère des reboisements avec préparation mécanique et irrigation, et deux entretiens annuels en année 1 et 2.

- Scénario REDD+ : **on s'appuie sur les objectifs du NARP** en termes de nombre d'arbres plantés (40 000 000 à l'horizon 2030). En l'absence de recommandations techniques précises dans le NARP, on pose des hypothèses en matière d'itinéraires techniques et de coûts (densité unique et coûts additionnels pour le suivi des plantations après 2 ans). On introduit le recours à **10% d'espèces à croissance rapide** dans le total des surfaces reboisées (*Casuarina sp.*, cyprès, *Eucalyptus camaldulensis*, etc.).

#### Conclusion

Le **surcoût** lié à la mise en œuvre d'action REDD+ en matière de reboisement peut être estimé à **213 M USD**. Il s'explique, d'une part, par le fait que les surfaces plantées sont multipliées par un facteur 11 entre les deux scénarios. D'autre part, les coûts des reboisements par ha sont plus élevés dans le scénario REDD+, afin de prendre en compte davantage d'opérations de suivi pour assurer la réussite des plantations. **Les coûts unitaires de réduction d'émission associés sont très élevés** (266 USD/teqCO<sub>2</sub> en 2030), ce qui peut principalement s'expliquer par le fait que la **productivité forestière est très faible**, et que **les coûts d'installation sont très élevés**. **La prise en compte d'espèces à croissance rapide permettrait de diminuer ces coûts unitaires**. Ces coûts unitaires devraient également diminuer à mesure que les plantations deviennent de plus en plus matures.

Les quantités de carbone séquestrées additionnelles seraient d'environ **798 900 teqCO<sub>2</sub>**. Ces quantités sont faibles au regard des efforts de reboisement, et s'expliquent par la faible productivité des plantations. La **valeur économique totale** additionnelle des actions REDD+ en matière de reboisement est évaluée à **218 M USD** sur la période 2017-2030. Par ailleurs, d'autres co-bénéfices n'ont pu être évalués (par exemple: la lutte contre l'érosion, la continuité écologique, la création d'emplois verts, etc.).

#### Axe stratégique n°3: Production de bois-énergie durable

##### Principe

Il existe un potentiel REDD+ lié à la production de bois-énergie s'il est possible de substituer du bois-énergie produit non-durablement par du bois-énergie produit durablement. On pose l'hypothèse que l'exploitation de bois-énergie non durable est à coût nul pour le producteur, mais qu'elle entraîne des émissions de GES. On estime par ailleurs que l'exploitation de bois énergie durable a un certain coût, et qu'elle permet de générer des réductions d'émissions. A ce potentiel "carbone" s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands conservés par une exploitation forestière durable.

##### Scénarios:

- Scénario de référence : la projection des quantités de bois-énergie non durables produites sur la période 2017 – 2030 s'appuie sur la **tendance historique 2000 – 2012** qui indique une légère baisse de la production totale de bois énergie (-1,5% sur la période). Par ailleurs, on émet l'hypothèse que la quantité de bois énergie non-durable est égale à la proportion de bois énergie produite illégalement (60% de la production totale).
- Scénario REDD+ : on pose l'hypothèse que la quantité de bois-énergie non durable du scénario de référence est produite de manière durable **à travers des opérations sylvicoles (élagages et éclaircies)**.

#### Conclusion

Le **surcoût** lié à la mise en œuvre d'action REDD+ en matière de production de bois-énergie durable peut donc être estimé à **7 777 500 USD**, uniquement pour produire la même quantité de bois énergie que dans le scénario de référence, mais de manière durable. Le coût unitaire de réduction d'émission serait alors de l'ordre de **56,9 USD/teqCO<sub>2</sub>**. Le potentiel de réduction d'émissions se situerait aux environs de **136 611 teqCO<sub>2</sub>** sur la période 2017 – 2030.

La **valeur économique totale préservée** par l'exploitation durable de bois énergie dans le scénario REDD+ peut être estimée à environ **440 600 USD**. Par ailleurs, les opérations d'élagage et d'éclaircies peuvent avoir un impact positif sur les efforts de lutte contre les incendies de forêts, bien que cet effet sur les réductions d'émissions soit difficilement quantifiable, ainsi que sur la qualité du peuplement résiduel.

## Axe stratégique n°4: Aménagement du territoire

### Principe

Il existe un potentiel REDD+ autour de la problématique de l'aménagement du territoire si la mise en œuvre de "mesures pour un aménagement du territoire durable" dans le scénario REDD+ permet de préserver des surfaces forestières, en particulier face aux problèmes posés par l'urbanisation. A ce potentiel "carbone" s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands générés par la préservation de surfaces forestières.

### Scénarios

- Scénario de référence : on pose l'hypothèse d'une poursuite de la tendance **historique des défrichements urbains** aux dépens de la forêt (225 ha/an d'après Mitri et al., 2013) sur la période 2017 – 2030. On s'appuie également sur les **orientations du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais** qui indique que 50% de la croissance urbaine devrait avoir lieu autour des grandes agglomérations (Beyrouth, Tripoli, Saïda, Baalbek, Nabatiyeh, etc.), le reste se répartissant sur l'ensemble du pays. Dans le cas de la croissance des grandes agglomérations, on calcule les émissions de GES en tenant compte des types forestiers (feuillus, résineux ou mixtes) de chaque province.
- Scénario REDD+ : **le scénario REDD+ "Aménagement du territoire" n'a pu être développé faute de données quantitatives sur les potentielles mesures REDD+ associées**, ces dernières n'étant pas véritablement identifiées. A des fins de discussion, sont présentées les **orientations** du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais qui se rapprochent le plus de mesures en faveur de la lutte contre la déforestation, **et qui pourraient constituer le socle d'une stratégie REDD+**.

### Conclusion

Certaines des mesures préconisées dans le SDATL rejoignent d'autres mesures déjà mentionnées dans les stratégies REDD+ présentées ci-dessus, à savoir, les actions de reboisement et plus généralement **les actions d'aménagement forestier intégrant la lutte contre les incendies de forêt et la récolte durable de bois-énergie**.

D'autres, en revanche, viennent compléter le dispositif. Elles concernent, d'une part, le renforcement de la **réglementation sur l'urbanisation**, et d'autre part, les **mesures pour limiter les impacts de l'agriculture irriguée à l'étage du cèdre**. Ces mesures n'étant pas détaillées, il n'est pas possible d'évaluer leur coût-bénéfice en termes de REDD+.

### Bilan et recommandations

Les conclusions de cette étude coûts-bénéfices portent sur trois éléments principaux : (i) le potentiel carbone des actions REDD+ en matière de lutte contre les feux de forêts, boisement/reboisement et bois-énergie ; (ii) les bénéfices socio-économiques et environnementaux liées aux actions REDD+ ; (iii) les positions envisageables pour le Liban dans le cadre des discussions régionales sur la REDD+.

Dans le meilleur des cas (scénario "feux de forêts" le plus efficace), le **coût d'abattement moyen** pour l'ensemble des mesures proposées s'élèverait à environ **222 USD/teqCO<sub>2</sub>** (voir Tableau 9), ce qui situe le Liban **au-dessus du benchmark international** en matière de coûts de réduction d'émissions. Avec le prix actuel de la tonne de carbone forestier (autour de 7,7 USD en 2012 sur le marché volontaire) le potentiel carbone stricto sensu des actions REDD+ présentées dans cette étude est faible. Même avec un prix tutélaire de la tonne de carbone autour de 135 USD/teqCO<sub>2</sub>, le potentiel carbone stricto sensu reste faible (voir Tableau 1).

Sans revenir sur les **incertitudes liées aux données disponibles**, et aux méthodologies de calcul des réductions d'émissions en évolution, **les coûts d'intervention particulièrement élevés en matière de reboisement ainsi que le faible matériel sur pied à l'hectare dans les forêts à l'échelle nationale figurent parmi les principales raisons de ce faible potentiel carbone** (le volume sur pied est parmi les plus faibles de la zone méditerranéenne, il est similaire à celui du Maroc et de la Libye – 36 m<sup>3</sup>/ha – et supérieur à celui de la Jordanie – 30 m<sup>3</sup>/ha – et de la Tunisie – 26 m<sup>3</sup>/ha).

Stratégie REDD+	Potentiel réduction d'émissions (teqCO2)	Surcoût (USD)	Coût unitaire de réduction d'émissions (USD/teqCO2)	% pris en charge par REDD+ (en fonction du prix à la teqCO2)		
				5 USD	10,1 USD	135 USD
<b>1 - Lutte contre les feux de forêts</b>	70 213	2 232 032	32	16%	32%	425%
<b>2 – Boisement reboisement</b>	798 885	212 898 680	266	2%	4%	51%
<b>3 - Bois énergie durable</b>	136 611	7 777 490	57	9%	18%	237%
<b>4 - Aménagement du territoire</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd

NB: les fourchettes de coûts (5 USD, 10.1 USD et 135 USD/teqCO2) correspondent respectivement au prix plancher, au prix moyen 2012 inflaté et au prix tutélaire (100 € d'après Stern, 2006).

**Tableau 1: Synthèse des coûts unitaires de réduction d'émissions par stratégie REDD+**

**Les bénéfices socio-économiques et environnementaux** des actions proposées (lutte contre les feux de forêts, reboisement et exploitation durable du bois énergie) sont estimés à environ **230 M USD** – à comparer au surcoût total des actions REDD+ estimé à **223 M USD** (les coûts de transaction sont quant à eux estimés entre 2,3 et 6,3 M USD). Les co-bénéfices des actions REDD+ proposés sont donc potentiellement très élevés, et **supérieurs dans l'ensemble aux surcoûts** des mesures proposées. Ces bénéfices sont également **sous-estimés**, compte tenu de la difficulté d'accéder à des données précises dans certains secteurs d'activité comme l'écotourisme, ou bien de la difficulté à chiffrer précisément certaines fonctions de la forêt (comme la protection des bassins versants).

En observant les chiffres du Tableau 9 on serait tenté de tirer des conclusions à l'échelle de chacune des filières. Cela dit, il serait préférable de considérer que les mesures proposées sont complémentaires les unes des autres (les actions en matière de lutte contre les feux de forêts bénéficiant aux reboisements, les opérations sylvicoles en matière de bois énergie bénéficiant à la lutte contre les feux de forêts, etc.), et donc de considérer ces résultats dans leur ensemble. En conclusion, au-delà des aspects purement "carbone", on peut souligner les importants cobénéfices potentiels des actions REDD+ étudiées.

Les cobénéfices potentiels de la REDD+ au Liban pourraient certes surpasser les coûts directs de la mise en œuvre de ce mécanisme. Mais les négociations sur la scène internationale sont encore trop peu avancées pour envisager un retour sur investissement sous forme de financements publics ou privés. **En clair, à court terme, personne n'est prêt à payer pour ces cobénéfices.**

**Le Liban pourrait prétendre à l'accès aux subventions internationales permettant de "se préparer à la REDD+."** Le processus de préparation permettrait d'analyser plus en profondeur l'intérêt d'un tel mécanisme pour le Liban, en conduisant des analyses plus poussées au plan politique et institutionnel. De plus, ces financements pourraient déboucher sur une **meilleure connaissance des ressources forestières, ainsi que des facteurs de déforestation et de dégradation.** Enfin, en phase de préparation à la REDD+, **les financements ne sont pas conditionnés aux résultats**, mais basés sur les moyens mis en œuvre.

## Summary for policymakers

---

### What is REDD + and what role can it play in Lebanon?

Deforestation and forest degradation are responsible for 12% of global greenhouse gas emissions. The mechanism for reducing emissions from deforestation and forest degradation, conservation, sustainable forest management and enhancement of carbon stocks (REDD+) under discussion since 2005 within the framework of the United Nations Convention on Climate Change (UNFCCC) aims to encourage the developing countries to reduce their greenhouse gas emissions and to increase removals of greenhouse gas emissions by forests sinks through results-based funding. **The amounts of funding depend on the amount of gas absorbed or not emitted.**

**Some countries are preparing to host the REDD+ mechanism once it becomes operational**, by developing their REDD+ strategies, building up and upgrading the necessary institutions, setting up their forest carbon stocks monitoring systems, etc. They are technically and financially supported by many development partners (FCPF, UN-REDD, GCCA, GIZ...).

Efforts on REDD+ have been focused primarily on the three rainforest basins: the South-East Asia, the Amazon and the Congo Basin, where REDD + was obvious (large carbon stocks in forests, significant deforestation rate). **In extratropical regions, and the MENA region in particular, the potential seems lower** because of lower forest carbon stocks and due to the fact that some drivers of deforestation and degradation have maintained despite conservation and sustainable forest management policies, sometimes ancient.

### Methodology of the costs-benefits analysis of REDD+ in Lebanon

Following a thorough study in Morocco on the costs and benefits of REDD+ and the interest of this country to move forward with the preparation phase for REDD+, it was considered appropriate **to initiate a sub-regional dialogue on REDD+ for MENA countries**. The first step is to conduct studies similar to that conducted in Morocco (although less ambitious, as performed in a shorter time), in other countries targeted by the project, namely Lebanon and Tunisia.

**The number of REDD + strategies analyzed was deliberately limited to four**. The review of the main reference documents (strategies in forestry and related sectors, report on the state of forests, additional interviews, etc.) led to the identification of four potential REDD+ strategic axes for Lebanon: **the fight against forest fires, reforestation, sustainable wood-energy production and sustainable land-use planning**.

For each axis, this study aims to estimate what part of the effort to reduce emissions could be supported by REDD+, by estimating **the cost of each emission reduction** in a given REDD+ scenario. These unit costs are obtained by estimating, on the one hand, the additional costs of REDD+ actions (e.g., creating firebreaks, reforestation with local species, silvicultural operations, etc.) and, on the other hand, the emission reductions associated. These unit costs are compared to the price of a ton of carbon (teqCO<sub>2</sub>). Three valuation assumptions will be considered: 5 USD/teqCO<sub>2</sub>, which corresponds to the lowest values observed in recent years on the European carbon market, 10.1 USD/teqCO<sub>2</sub>, which is the price observed in 2013, and 135 USD/teqCO<sub>2</sub>, which is the price that would be needed to achieve the targets for reducing emissions of European countries in 2030 (also called "shadow" value).

**The benefits of REDD+ are not only analyzed from the point of view of carbon stocks, but also from the point of view of their co-benefits**. Indeed, forests provide a number of socio-economic benefits (wood products, plants, hunting, tourism, etc.) and environmental services to society (water protection, fight against erosion, etc.). The total economic value of forests is the indicator used to monitor these benefits. **In this study, this value was estimated at 762 USD/ha on average** (254 USD/ha in broadleaved forests, 1 597 USD/ha in coniferous forests and 926 USD/ha in mixed forests). The working hypothesis is to consider that the conservation of standing forests and reforestation help increase the total economic value, while deforestation and degradation decrease the total economic value. The challenge is therefore to quantify the impacts of REDD+ measures on forest areas, and to assign it a monetary value.

Thus, the cost-benefit analysis of REDD+ compares, on the one hand, **the additional costs** associated with REDD+ actions, and, on the other hand, **the "carbon" benefits and the socio - economic and environmental co-benefits** resulting from these measures.

## Strategic axis #1: Fight against forest fires

### Principle

There is a REDD+ potential related to the fight against forest fires if the change in net GHG removals between a baseline scenario and a REDD+ scenario involving "measures against forest fires" is positive. At this "carbon" potential must be added the estimation of market and non-market goods and services preserved by maintaining forest areas not destroyed by fire.

### Scenarios

- Baseline: burnt areas are stable in the future, given the impossibility to identify a clear historical trend. This assumption is also taken by Mitri et al. (2013) as part of the Lebanese Third National Communication to the UNFCCC. Given that natural regeneration is significant (except for stone pine stands) and that there is no post-fire reforestation (or only on very small areas) (Bassil, comm. pers.), the estimates will be **based on the assumption that only natural regeneration occurs to restore the burnt forests.**
- REDD+ Scenario: implementation of a **National plan to fight against forest fires** according to the guidelines of the National strategy to fight forest fires. The figures are based on the forest protection plan against fires (TRAGSA, undated).

### Conclusion

The additional cost of implementing REDD+ actions in the fight against forest fires can be estimated at **USD 2,232,000** as a minimum. Unit costs associated are relatively high (**32 USD/teqCO<sub>2</sub>** in the best case), which can mainly be explained by the fact that **aboveground forest carbon stocks are low.** The main reason stated for these low stocks is the absence (or mismanagement) of forests.

Benefits vary with the effectiveness of the measures employed. **The emission reductions potential would be equal to 70,200 tCO<sub>2</sub>e** in the best case (95 % reduction in burnt areas), resulting in carbon earnings between 351 000 USD (lower price) and 98 million USD (shadow price). It is estimated that **the co-benefits** associated with the preservation of forest areas account for **up to USD 2,2 million** in the best case. Moreover, the reduction of burnt areas results in lower intervention costs (about 6 million USD/year), which can be translated into **savings in the State budget.**

## Strategic axis #2: Reforestation

### Principle

There is a REDD+ potential related to reforestation if the change in net GHG removals between a baseline and a REDD + scenario involving "measures for strengthening reforestation" is positive. At this "carbon" potential must be added the estimation of market and non-market goods and services generated by the additional forest plantations.

### Scenario

- Baseline scenario: **a continuation of the historical trend** (232 ha/year) is assumed over the 2017-2030 period. The choice of species is based on the quantity of seeds produced annually in six Lebanese nurseries (1.6 million plants/year). Regarding technical specifications, several assumptions are formulated on planting density, depending on the species. Finally, planting costs were calculated considering soil mechanical preparation and irrigation, plus two annual maintenances in year 1 and 2.
- REDD+ scenario: **this scenario is based on the NARP objectives** in terms of quantity of planted trees (40,000,000 in 2030). In the absence of specific technical recommendations in the NARP, assumptions were made on technical specifications and planting costs (unique planting density plus additional costs for monitoring plantations after 2 years). The use of **10% fast-growing species** in the total reforested areas is also introduced (*Casuarina sp*, Cypress, *Eucalyptus camaldulensis*, etc.).

### Conclusion

The **additional costs** of implementing reforestation actions can be estimated at **213 million USD.** It is explained, on the one hand, by the fact that the areas planted are multiplied by a factor 11 between

the two scenarios (baseline and REDD+). On the other hand, the reforestation costs per ha are higher in the REDD+ scenario, taken into account more operations to ensure the success of the plantations. **ER unit costs are very high** (266 USD/teqCO<sub>2</sub> in 2030), which can mainly be explained by the fact that **forest productivity is very low**, and the **installation costs are very high**. **The inclusion of fast-growing species would reduce unit costs**. These unit costs should also decrease as the plantations are becoming increasingly mature.

The amounts of additional carbon sequestered would be approximately **798,900 teqCO<sub>2</sub>**. These quantities are low compared to the reforestation efforts, and can be explained by the low productivity of the plantations. **The additional total economic value** of REDD+ actions in reforestation is estimated at **218 million USD** over the 2017-2030 period. In addition, other co-benefits could not be assessed (e.g. fight against erosion, ecological continuity, employment, etc.).

### **Strategic axis #3: Production of sustainable wood energy**

#### *Principle*

There is a REDD+ potential related to the sustainable production of wood energy if it is possible to substitute wood energy produced from non-sustainable sources by wood energy produced from sustainable sources. It is assumed that the use of unsustainable wood energy is zero cost for the producer, but results in GHG emissions. Moreover, the exploitation of sustainable energy has a cost for the producer, but it can generate emission reductions.

At this "carbon" potential is added the estimation of market and non-market goods and services maintained by sustainable forest management.

#### *Scenario*

- Baseline scenario: the projection of unsustainable wood energy production in the 2017-2030 period is based on the **historical trend (2000 – 2012)**, indicating a slight decrease in total wood energy production (-1.5% over the period). Furthermore, it is assumed that the amount of non-sustainable wood energy is equal to the proportion of wood energy illegally produced (60 % of total production).
- REDD+ scenario: it is assumed that the amount of non-sustainable wood energy in the baseline scenario is sustainably produced **through silvicultural operations in the REDD+ scenario (pruning and thinning)**.

#### *Conclusion*

**The additional costs** of implementing REDD+ actions to produce sustainable wood energy can be estimated at **7 777 500 USD**, only to produce the same amount of wood energy as in the baseline scenario, but sustainably. The emission reductions unit cost would be of **56,9 USD/teqCO<sub>2</sub>**. The potential emission reductions would be around **136 611 teqCO<sub>2</sub>** over the 2017 – 2030 period.

**The total economic value preserved** by the sustainable production of wood energy in the REDD+ scenario can be estimated at around **440 600 USD**. In addition, pruning and thinning operations can have a positive impact on efforts to fight against forest fires, although the effect on emission reductions is difficult to quantify, as well as the quality of the remaining forest stand.

### **Strategic axis #4: Land-use planning**

#### *Principle*

There is a REDD+ potential associated with land-use planning if the implementation of "measures for sustainable land-use planning" in the REDD+ scenario allows to preserve forest areas, in particular facing the urbanization challenge. At this "carbon" potential is added the estimation of market and non-market goods and services generated by the preservation of forest areas.

#### *Scenarios*

- Baseline scenario: a continuation of the **historical trend of urban expansion** at the expense of forest is assumed (225 ha/year according to Mitri et al., 2013) over the 2017-2030 period. It also relies on the **guidance of the Lebanese Master Plan for Land Use Planning** indicating that 50% of urban growth should occur around major cities (Beirut , Tripoli, Sidon , Baalbek , Nabatieh, etc.), the rest being spread across the country. In the case of large cities, GHG

emissions are calculated taking into account the forest types (deciduous, coniferous or mixed) in the relevant province.

- REDD+ scenario: **no REDD+ scenario could be developed due to the lack of quantitative data on potential measures associated with REDD+** in terms of land-use planning. For discussion purposes, the main **orientations** of the Lebanese Master Plan for Land Use Planning are highlighted. **They could form the basis of a REDD + strategy including land-use planning actions.**

### Conclusion

Some of the measures recommended in the Lebanese Master Plan for Land Use Planning join other measures already mentioned in the REDD+ strategies outlined above, i.e., reforestation, and more generally, **forest management actions involving the fight against forest fires and harvesting of sustainable wood energy.**

Others, however, complete the device. They concern, first, strengthening **regulations on urbanization**, and secondly, **measures to limit the impact of irrigated agriculture on the Cedar ecological zone.** These measures are not detailed, it is then not possible to assess their costs and benefits in terms of REDD+.

### Cost-benefit analysis and recommendations

The findings of this cost-benefit study focus on three main elements: (i) the "carbon" potential of some REDD+ actions: fight against forest fires, afforestation/reforestation and wood energy , (ii) the socio-economic and environmental benefits related to these REDD+ actions, (iii) the possible positions for Lebanon as part of regional discussions on REDD+.

In the best case (with most effective "forest fire"-related REDD+ scenario), **the average emission reduction unit cost** for all proposed measures would be approximately **222 USD/teqCO<sub>2</sub>** (see Table 9), which puts Lebanon **above the international benchmark** in terms of costs of emission reductions. With the current price of a ton of forest carbon (around 7,7 USD in 2012 on the voluntary market) the carbon potential *stricto sensu* of the REDD + actions presented in this study is low. Even with a "shadow" price around 135 USD/teqCO<sub>2</sub>, the carbon potential remains low (Table 1).

**There are uncertainties related to the available data** and to the methodologies for calculating the emission reductions. **But the particularly high intervention costs for reforestation and low growing stock per hectare of forest are among the main reasons to explain the low carbon potential found in this study** (standing volume in Lebanon is among the lowest in the Mediterranean area, it is similar to that of Morocco and Libya - 36 m<sup>3</sup>/ha - and higher than Jordan - 30 m<sup>3</sup>/ha - and Tunisia - 26 m<sup>3</sup>/ha).

REDD+ Strategy	Potential emission reductions (teqCO <sub>2</sub> )	Additional costs (USD)	ER unit cost (USD/teqCO <sub>2</sub> )	% covered by REDD+ (according to teqCO <sub>2</sub> prices)		
				5 USD	10,1 USD	135 USD
<b>1 – Fight against forest fires</b>	70 213	2 232 032	32	16%	32%	425%
<b>2 – Afforestation &amp; reforestation</b>	798 885	212 898 680	266	2%	4%	51%
<b>3 – Sustainable wood energy</b>	136 611	7 777 490	57	9%	18%	237%
<b>4 – Land-use planning</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd

NB: the prices (5 USD 10.01 USD 135 USD/teqCO<sub>2</sub>) correspond respectively to the lowest price, the inflated 2012 average price and the shadow price (100 € according to Stem, 2006).

**Table 1: Synthesis – Emission reductions unit costs for each REDD+ strategy**

**Socio- economic and environmental benefits** of the proposed actions (fight against forest fires, reforestation and sustainable use of wood energy) are estimated at approximately **230 million USD** - compared to the total additional costs of REDD+ actions estimated at **223 million USD**. Transaction costs are estimated between 2,3 and 6,3 million USD. Co-benefits of REDD+ actions proposed are potentially very high, and **higher than the additional costs of the proposed measures.** These

benefits are also **underestimated**, given the difficulty of accessing accurate data in certain sectors such as ecotourism, or quantifying precisely some forest functions (such as watershed protection).

By observing the figures in Table 9, it is tempting to draw conclusions across each sector. That said, it would be better to consider that the proposed measures are complementary to each other (actions of forest fire fighting benefit to reforestation success, silvicultural operations benefit to forest fire fighting, etc.) and therefore consider these results as a whole. In conclusion, beyond the "carbon" aspects of the REDD+ question, we can highlight the important potential co-benefits of these REDD+ actions.

Potential co-benefits of REDD+ could certainly exceed the direct costs of the implementation of this mechanism in Lebanon. But negotiations on the international scene are still far to consider a return on investment in the form of public or private funding. **In the short term, no one is willing to pay for these co-benefits.**

**Lebanon could claim access to international funding to "prepare for REDD+".** The preparation process would further analyze the interest of such a mechanism for Lebanon, conducting further analysis at the political and institutional level. In addition, these funds could lead to a **better knowledge of forest resources, as well as drivers of deforestation and degradation.** Finally, **these "preparation funding" are not conditioned to results**, but based on the implementation means.

## 1. Descriptif du contexte national

### 1.1. Contexte géographique

Le Liban s'étend sur une surface de 10 452 km<sup>2</sup> et compte environ 4,4 millions d'habitants, dont 87% vivent en zone urbaine (d'après les statistiques Banque mondiale<sup>1</sup>).

Le climat méditerranéen caractérise la majorité du pays avec des variations importantes de précipitations et de températures en fonction des zones bioclimatiques (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) : précipitations comprises entre 600 et 1000 mm sur la zone côtière et sur le plateau méridional, 1000 à 1400 mm dans les zones montagneuses, 200 à 600 mm dans la plaine entre le Mont Liban et l'ante-Liban (plaine de la Bekaa). La zone côtière présente un climat de type subtropical, avec des températures moyennes comprises entre 14°C (hiver) et 27°C (été). Les variations de température dans les zones de montagnes et dans la plaine de la Bekaa peuvent être extrêmes, certaines zones étant plutôt semi-arides ou sub-humides sèches (AFDC, 2007).

La plupart des sols sont d'origine calcaire. Les sols fertiles de la plaine côtière sont de type alluvionnaires, tandis que les sols de la Bekaa et des zones montagneuses sont plutôt des sols fersiallitiques (fertiles mais très sensibles à l'érosion). La plupart des régions connaissent des épisodes de pluies torrentielles causant de graves inondations et des glissements de terrain, contribuant fortement à la dégradation des sols (AFDC, 2007).

Bien qu'encore abondantes, les ressources en eau subissent de fortes pressions (demande en augmentation en raison de multiples usages concurrents, perturbation des cycles de recharge des aquifères, pollution des cours d'eau et des aquifères, etc.) si bien qu'un déficit pourrait se faire ressentir dans les dix prochaines années sans gestion concertée de cette ressource (AFDC, 2007; MoA, 2003).

### 1.2. Situation des forêts

Le rapport-pays FRA 2010 du Liban est l'une des principales sources d'information concernant la situation actuelle des forêts libanaises. Il s'appuie sur les données du dernier inventaire national, entrepris entre 1998 et 2004 avec l'appui de la FAO (FAO, 2005). Les chiffres sur la surface totale des terres du pays (1 044 906 ha) étant légèrement différents de ceux de FAOSTAT (1 023 000 ha, hors eaux intérieures), les données nationales sont corrigées par un facteur 0,97 dans le rapport-pays FRA 2010. Dans la suite de cette étude, nous retiendrons donc les données corrigées du rapport-pays FRA 2010.

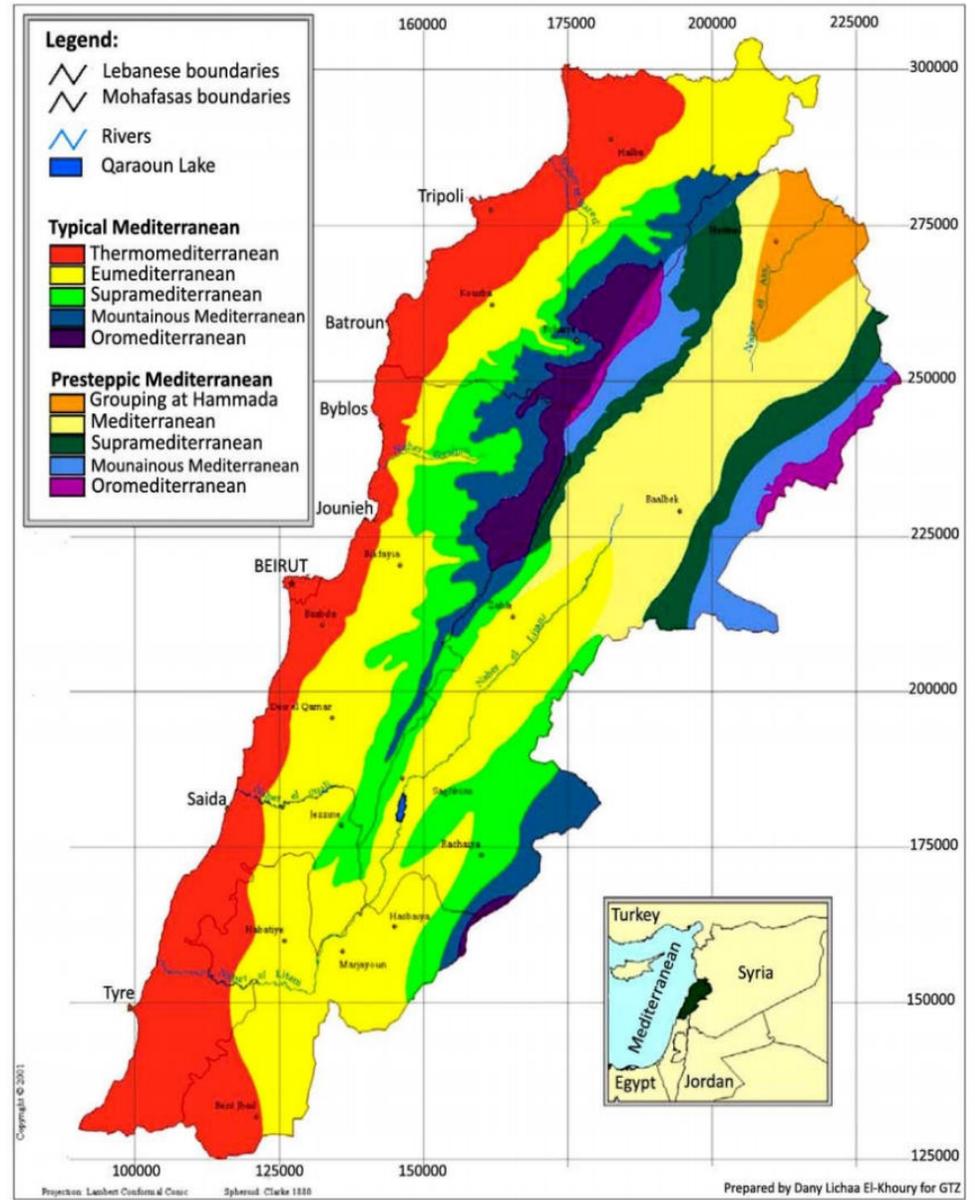
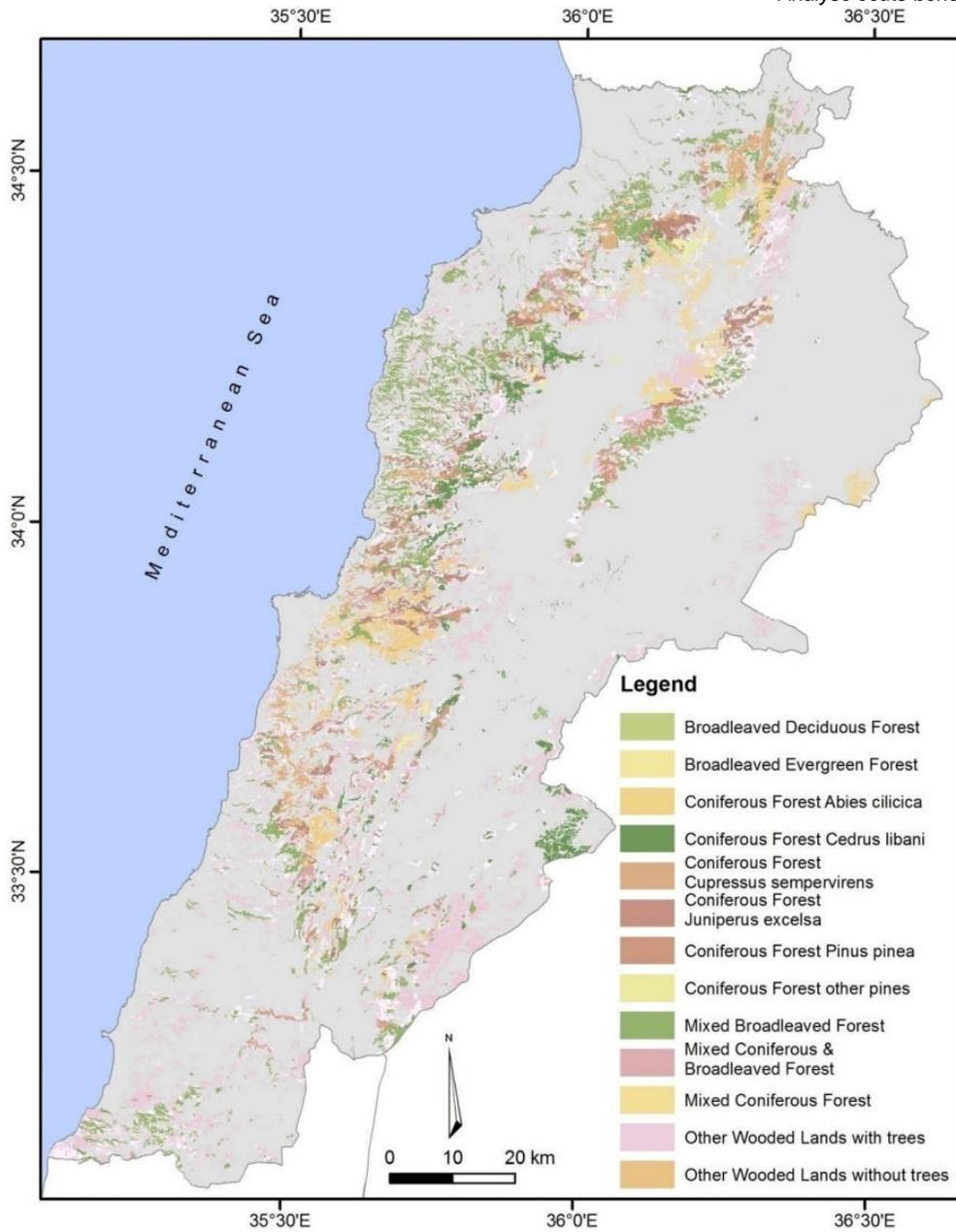
- **Couvert forestier**

En 2010, les forêts libanaises couvraient environ 136 900 ha, comme indiqué dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Surfaces	2000	2005	2010
Forêts (ha)	131 000	136 500	136 900
Couvert forestier (%)	12,6%	13,1%	13,2%

**Tableau 2: Évolution du couvert forestier au Liban entre 2000 et 2010 (source : FAO, 2010)**

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



Carte 1 : Étages bioclimatiques du Liban (UNDP et MoE, 2011) et cartographie des types forestiers (FAO et MoA, 2005)

Ces chiffres montrent une augmentation du couvert forestier entre 2000 et 2010 (+0,45%/an soit 590 ha/an en moyenne), à partager entre le reboisement et l'expansion naturelle des forêts après déprise agricole (exode rural, guerre, etc.). Cela dit, sur la même période, le rythme d'augmentation avant 2005 est de l'ordre de 1 100 ha/an, contre 80 ha/an en moyenne après 2005.

Bien que le couvert forestier soit en augmentation depuis la fin des années 1990, près de 32,5% des forêts libanaises ont disparu entre les années 1961 et 1987 (MoA, 2003), affectant en particulier les forêts de genévrier (MoE and UNDP, 2011).

- **Composition des forêts libanaises**

Les forêts libanaises sont 56,6 % feuillues, 31,2 % résineuses et 9,9 % mixtes (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les principales espèces de la forêt libanaise sont les suivantes : *Quercus cocciifera subsp. calliprinos* (chêne calliprinos), *Quercus infectoria*, *Quercus cerris var. pseudo cerris* (chêne chevelu), *Juniperus excelsa* (genévrier grec), *Cedrus libani* (cèdre du Liban), *Abies silicica* (sapin de Silicie), *Pinus pinea* (pin parasol), *Pinus halepensis* (pin d'Alep), *Pinus brutia* (pin brutia ou pin de Calabre) et *Cupressus sempervirens* (cyprès commun) (AFDC, 2007).

L'inventaire forestier national de 2005 a permis de quantifier les surfaces forestières pour les espèces les plus représentatives de la forêt libanaise (**Tableau 3**):

Espèce ou type forestier	Année	% Couv. Tot.
Cedrus libani	2005	1,58%
Abies cilicica	2005	1,20%
Curpressus sempervirens	2005	0,23%
Juniperus excelsa	2005	8,47%
Pinus spp.	2005	20,28%
Quercus spp.	2005	41,61%
Forêts ripariennes	2005	0,04%

**Tableau 3 : Répartition des surfaces forestières par espèces dominantes (source : MoA et FAO, 2005)**

Les forêts feuillues et mixtes sont considérées comme étant régénérées naturellement. Les espèces locales de résineux (*Pinus brutia*, *P. halepensis*, *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, *Juniperus spp.* and *Cupressus sempervirens*) sont soit plantées, soit régénérées naturellement. Les espèces introduites (*Pinus pinea*, *P. nigra*, *P. canariensis*, *Cupressus arizonica*, etc.) sont toutes issues de plantations et ne se régénèrent pas naturellement (FAO, 2010). Parmi ces dernières, *Pinus pinea* est utilisée depuis très longtemps, alors que *P. nigra* et *P. canariensis* ont été introduits plus récemment (dans les années 1960), sur de petites surfaces.

- **Reboisement**

D'après le Ministère de l'agriculture et la FAO (MoA and FAO, 2013), on dénombre près de 10 500 ha de forêts d'origine artificielle (dont 7 776 ha de *Pinus pinea* d'après FAO, 2010). Les premiers reboisements remontent à fort longtemps et ne sont pas datés. Entre 1918 et 1943, des reboisements de protection ont été réalisés pour fixer les dunes et protéger contre les glissements de terrain (surface inconnue). De 1960 à 1975, 2 000 ha de reboisement de terrains dégradés ont été réalisés dans le cadre du *Green Plan*. Pendant la vingtaine d'années de guerre qui secoua le Liban entre 1971 et 1991, quelques reboisements privés à base de *Pinus pinea* ont été réalisés (sur des surfaces très faibles). Après 1991, des campagnes à petite échelle menées par le MoA n'ont pas donné les résultats escomptés à cause du manque de moyens pour le suivi des plantations. Les ONG, les municipalités, et dans une moindre mesure le secteur privé, ont ensuite émergé comme parties-prenantes des actions reboisement auprès du Gouvernement et des bailleurs de fonds.

Les données concernant les rythmes annuels de reboisement sont fragmentaires. D'après la FAO (2010), le rythme de reboisement serait de l'ordre de 278 ha/an pour la période 2005-2010 (hors

reboisement réalisés par les ONG et communautés de base). D'après une étude réalisée par l'Institut de l'environnement de l'Université de Balamand (Mitri et al., 2013 - à paraître), le rythme de reboisement serait de l'ordre de 232 ha/an entre 1999 et 2012 (voir **Tableau 4**).

Période/Année	Surface reboisée	
1999-2002	305	ha/an
2003-2007	278	ha/an
2008-2009	52	ha/an
2010	148	ha/an
2011	52	ha/an
2012	381	ha/an

**Tableau 4: Rythme de reboisement annuel entre 1999 et 2012 (Mitri et al., 2013)**

Le taux de réussite des reboisements est mal connu, en raison de l'absence de suivi post-plantation (aucun monitoring après 2-3 ans). Sur un essai de quatre plantations, AFDC (2007) relève un taux de mortalité de 20% à 30%.

- **Stock sur pied : bois, biomasse, carbone**

Selon la FAO (2010), le stock sur pied moyen en 2005 était de 35,6 m<sup>3</sup>/ha d'après l'inventaire de 2004 (en utilisant des facteurs de formes par défaut pour les catégories "feuillus" et "résineux", car il n'existe pas de facteurs spécifiques pour le Liban). Le stock sur pied moyen en 2010, égal à 37,2 m<sup>3</sup>/ha, a été estimé en utilisant un accroissement de 5% du stock sur pied, sur la base d'observations effectuées en Syrie et en Tunisie. Dix espèces représentaient plus de 98% du volume de bois sur pied en 2005, parmi lesquelles *Pinus pinea* (31%), *Pinus brutia* (26%), *Cedrus libani* (6,3%), *Juniperus excelsa* (5,8%), le reste étant essentiellement constitué de *Quercus sp.* (surtout *Q. calliprinos*), *Cupressus sp.* et *Abies cilicica*.

Pour convertir ces stocks de bois en biomasse, les densités sont utilisées pour certaines espèces si connues, dans le cas contraire, un facteur par défaut est utilisé (0,4 pour les résineux et 0,5 pour les feuillus). Un facteur d'expansion de biomasse par défaut est utilisé pour les résineux et les feuillus (respectivement 1,3 et 1,4), de même qu'un ratio shoot-to-root de 0,27 (forêts subtropicales sèches). Ainsi, le stock de biomasse sèche sur pied est estimé en moyenne à 25,9 t/ha en 2005, et 26,9 t/ha en 2010 (biomasse aérienne et souterraine) (FAO, 2010). Le bois mort n'est pas comptabilisé faute de données suffisantes (il n'existe qu'une étude sur le sujet, en peuplement de *Pinus brutia*).

D'après ce qui précède, le carbone contenu dans la biomasse aérienne et souterraine est calculé en utilisant un facteur de 0,47 tonne de carbone par tonne de biomasse sèche (soit 12,2 tC/ha en 2005 et 12,7 tC/ha en 2010). Le carbone du sol et de la litière est estimé quant à lui à partir des facteurs par défaut du GIEC pour les sols à prédominance HAC/LAC sous climat tempéré chaud et sec (profondeur moyenne de 30 cm) : 21,5 tC/ha (litière) et 37,2 tC/ha (sol). La profondeur des sols libanais étant inférieurs à 30 cm en moyenne, ces deux valeurs sont probablement surestimées.

Objet	Date	Valeur	Unité	Source
Bois total	2005	4 863 000	m3	FAO-FRA 2010
Bois total	2010	5 097 000	m3	FAO-FRA 2010
Bois total - Feuillus	2005	1 397 000	m3	FAO-FRA 2010
Bois total - Résineux	2005	3 466 000	m3	FAO-FRA 2010
Bois total - Feuillus	2010	1 458 000	m3	FAO-FRA 2010
Bois total - Résineux	2010	3 639 000	m3	FAO-FRA 2010
Biomasse aérienne et souterraine	2005	3 531 000	tms	FAO-FRA 2010
Biomasse aérienne et souterraine	2010	3 688 000	tms	FAO-FRA 2010
Biomasse bois mort	2010	1,5	tms/ha	FAO-FRA 2010

Objet	Date	Valeur	Unité	Source
Densité du bois (résineux)	2010	0,40		FAO-FRA 2010
Densité du bois (feuillus)	2010	0,50		FAO-FRA 2010
Facteur d'expansion de biomasse (résineux)	2010	1,30		FAO-FRA 2010
Facteur d'expansion de biomasse (feuillus)	2010	1,40		FAO-FRA 2010
Shoot to root ratio	2010	0,27		FAO-FRA 2010
Carbone aérien et souterrain, litière et sol	2005	9 670 570	tC	FAO-FRA 2010
Carbone aérien et souterrain, litière et sol	2010	9 767 360	tC	FAO-FRA 2010
Biomasse aérienne - Feuillus	2005	977 900	tms	calculé
Biomasse aérienne - Résineux	2005	1 802 320	tms	calculé
Biomasse aérienne - Feuillus (/ha)	2005	12,9	tms/ha	calculé
Biomasse aérienne - Résineux (/ha)	2005	41,7	tms/ha	calculé
Biomasse aérienne - Mixtes (/ha)	2005	27,3	tms/ha	calculé

**Tableau 5: Caractéristiques générales de la forêt libanaise (FAO, 2010)**

### 1.3. Fonctions des forêts

On peut noter d'emblée que les forêts feuillues et mixtes sont classées par la FAO en forêts à usages multiples (sauf si elles se trouvent dans des réserves/aires protégées) et que toutes les forêts résineuses sont classées en forêts de protection (à l'exception des peuplements de *Pinus pinea*, pour l'exploitation des PFNL). Cela dit, on note qu'il s'agit ici d'une fonction primaire, car en réalité toutes les forêts offrent des services multiples (biodiversité, eau, lutte contre l'érosion, etc.).

- **Fonctions de production :**

#### **Bois d'œuvre :**

L'exploitation du bois d'œuvre est interdite. Les principaux bénéfices directs tirés de la forêt sont issus de l'exploitation des PFNL et, dans une moindre mesure, du bois énergie.

#### **Produits forestiers non ligneux :**

Les peuplements de *Pinus pinea* sont classés en forêt de production, non pour le bois, mais pour les PFNL (pignons de pin) (FAO, 2010). En 2004, la production annuelle était de l'ordre de 264 tonnes de pignons (MoE and UNDP, 2011). La productivité annuelle des peuplements de *Pinus pinea* varie selon les sources, de 480 kg/ha/an (Sattout et al., 2005) à 900 kg/ha/an (AFDC, 2007). Ces différences peuvent s'expliquer par le fait que la productivité dépend de l'âge et de la densité du peuplement, qui est souvent assez élevée dans ce type de plantations. La valeur économique de la production de pignons représenterait 52,5 M EUR pour l'année 2000 (Sattout et al., 2005). D'après une communication du syndicat des ouvriers et producteurs de pignons de pins<sup>2</sup> (décembre 2013), la production pour 2013 serait de l'ordre de 1 200 à 1 300 tonnes de pignons, pour un prix proche de 50 USD/kg, soit une valeur totale d'environ 62,5 M USD.

L'espèce *Ceratonia siliqua* produit la caroube (50 kg/arbre), utilisée dans l'alimentation humaine, animale et en tant que plante médicinale. La production nationale était estimée à 3 300 tonnes en

<sup>2</sup> Le syndicat représente près de 600 ouvriers et producteurs de pignons. Leur estimation est basée sur tout leur volume de travail (les quantités mises aux enchères par les municipalités et la production privée).

2004 (MoE and UNDP, 2011). D'après Sattout et al. (2005), la valeur économique de la production de caroube représentait 0,6 M EUR en 2002.

Par ailleurs, il existe plus de 212 espèces aromatiques et médicinales répertoriées, dont l'exploitation est désormais contrôlée. Parmi celles-ci on trouve l'origan (*Origanum sp.*), la sauge (*Salvia sp.*), le laurier noble (*Laurus nobilis*), l'aneth (*Anethum graveolens*) ou encore l'artémoïse (*Artemisia arborescens*). Leur valeur annuelle représentait 18,6 M USD d'après le Ministère de l'Agriculture en 2007 (AFDC, 2007) et 29,6 M USD en 2009 (MoE and UNDP, 2011). La filière générerait 1 736 emplois par an (FAO, 2010).

La valeur de la production de miel était estimée en 2000 à 12,1 M EUR (Sattout et al., 2005). Cette production est partagée entre les terres cultivées, les vergers et les forêts dans lequel(le)s sont implanté(e)s les ruches. Ainsi, on peut estimer la part revenant aux forêts à environ un tiers du total, soit approximativement 4 M EUR en 2000.

En 1996, la population de chasseurs était estimée à 17 000 individus. En 2013, on estime qu'ils sont environ 20 000 à détenir une licence de chasse, et 40 000 à chasser sans licence<sup>3</sup>. Le coût d'une licence de chasse représente 150 USD. On estime à 2 M USD le montant déboursé pour les cartouches, et à 300 USD/chasseur/an les frais annexes (carburant, véhicule, accessoires...). La valeur économique totale de l'activité chasse représenterait ainsi près de 3,5 M USD.

Le pâturage dans les chênaies impliquerait de l'ordre de 350 000 chèvres et 150 000 moutons. Avant la guerre civile, les bergers payaient un droit d'accès au propriétaire : ce n'est plus le cas aujourd'hui. On peut noter que le pâturage en forêt et à proximité des forêts est une activité estivale. Traditionnellement, les bergers font transhumés leurs troupeaux vers la plaine côtière en hiver (AFDC, 2007). Sattout et al. (2005) estimaient la valeur économique du pâturage en forêt à 960 000 EUR.

#### **Bois-énergie :**

Le bois-énergie est produit à 79% en forêt feuillue (Mitri et al., 2013). Le Ministère de l'Agriculture attribue les licences d'exploitation du bois-énergie (70% en forêt), permettant d'évaluer la production légale de bois énergie à environ 12 700 m<sup>3</sup>/an en 2005 (FAO, 2010). Selon Mitri et al. (2013), autour de 18 950 m<sup>3</sup>/an ont été exploités sur la période 2000 – 2012, incluant l'exploitation illégale. Par ailleurs, dans le cadre de cette étude, nous avons estimé la production totale de bois-énergie à environ 18 300 m<sup>3</sup>/an en moyenne sur la période 2011 – 2013 (estimation réalisée à partir des données de MoA sur les licences d'exploitation accordées en taillis de chêne, moyennant quelques hypothèses sur l'exploitation illégale : tous les volumes exploités ne sont donc pas comptabilisés).

En réponse à une demande forte de la part des populations, l'autorisation d'exploiter le bois énergie dans les forêts feuillues a été réintroduite après 10 ans d'interdiction (1995-2005) générant des retombées fiscales pour l'État et créant quelques emplois (49 équivalent temps plein par an d'après FAO, 2010).

On estime qu'un ha de chênaie génère 200 tonnes de bois ou 50 tonnes de charbon, ce qui représenterait une valeur comprise entre 45 000 USD/ha pour le bois de chauffe (en valorisant le chêne à 225 USD/tonne, prix 2013 – M. Bassil, 2013, comm. pers.) et 75 000 USD/ha pour le charbon de bois (avec un taux de carbonisation de 25% à 30 %, et un prix du charbon à 1 500 USD/tonne<sup>4</sup> - M. Bassil, 2013, comm. pers.).

Enfin, d'après Sattout et al. (2005), la valeur économique du bois énergie représenterait au total 3,8 M EUR.

- **Fonctions de protection :**

---

<sup>3</sup> Ce chiffre est probablement sous-estimé, certaines associations spécialisées estiment que les demandes de permis dans le cadre de la future loi sur la chasse pourraient attendre 100 000.

<sup>4</sup> Le prix retenu (1 500 USD/tonne) est un prix de gros. Les prix au détail peuvent être jusqu'à 60% supérieurs en fonction de la qualité du charbon.

### Conservation de la biodiversité :

D'après la classification de la FAO (2010), les peuplements de *Cedrus libani* sont classés en conservation de la biodiversité, de même que l'ensemble des forêts des réserves naturelles et des aires protégées en général. En 2013, le Liban compte quatorze réserves naturelles, trois réserves de biosphère, dix-huit forêts protégées et dix-sept sites naturels/paysages protégés, quatre sites RAMSAR et cinq sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO (MoE and UNDP, 2011; MoE, 2006 et communication du MoE, décembre 2013). Environ 3 500 ha de forêts se trouveraient dans le réseau d'aires protégées (FAO, 2010).

Le Ministère de l'environnement est responsable de la gestion des réserves naturelles du pays (à travers des comités locaux), couvrant approximativement 23 147 ha de territoire (données disponibles pour seulement 10 d'entre elles : Horsch Ehdén (1 100 ha), Al-Shouf Vedars (16 000 ha), Bentaël (200 ha), Tannourine Cedar Forest (1 500 ha), Wadi Al Houjair (1 300 ha), Mashaa Chnaniir (27 ha), Karm Chbat (520 ha), Yammouni (1 600 ha). Les quatre réserves restantes (Kafra, Ramya, Debel et Beit Leef) ont été créées en 2011 (communication du MoE).

### Protection des sols et des ressources en eau :

Hormis les peuplements de Cèdre du Liban, de *Pinus pinea* et les forêts des réserves naturelles et des aires protégées, les peuplements résineux restants sont classés en protection des sols et des ressources en eau (d'après la classification FRA).

Il n'existe pas de donnée nationale permettant d'évaluer précisément le rôle des forêts sur la protection des ressources en eau au Liban, et la valeur économique associée à ce service. Cependant, Merlo and Croitoru (2005) l'estiment à 30,8 €/an en région méditerranéenne.

- **Autres fonctions :**

### L'écotourisme :

D'après Sattout et al. (2005), la valeur économique de l'écotourisme représentait au total 0,3 M EUR en 2005, mais l'auteur souligne que cette valeur est probablement sous-estimée. D'abord cantonné aux zones urbaines et côtières, l'écotourisme se développe dans les zones naturelles. Les forêts sont un atout majeur dans l'écotourisme à l'échelle nationale, et permettent de générer des revenus additionnels pour les populations rurales (AFDC, 2007). D'après des données communiquées par la Réserve naturelle de Tannourine, les revenus écotouristiques liés aux donations des visiteurs et aux ventes de produits s'élèvent à près de 60 000 USD sur la période 2010 – 2012. Les visiteurs de la Réserve de biosphère du Shouf ont quant à eux contribué à hauteur de 75 000 USD/an aux revenus de la Réserve entre 2008 et 2009 (GTZ, 2009). D'après une estimation réalisée au cours de cette étude, on suppose que le chiffre d'affaires des maisons d'hôtes et des couvents qui accueillent des visiteurs à proximité des zones naturelles représenterait 240 000 USD. Les revenus de l'ensemble des 14 réserves naturelles seraient quant à eux de l'ordre de 462 000 USD, auxquels s'ajoutent 140 000 USD de revenus liés à la commercialisation des produits à l'extérieur des réserves, et 150 000 USD liés à l'activité de restauration. De plus en plus de tours operators proposent des excursions dans les zones naturelles, mais ces revenus n'ont pas pu être établis (le secteur est en plein boom économique et il n'existe pas de données actualisées). Ainsi, on estime à environ 1 300 000 USD *au minimum* les revenus liés à l'écotourisme au Liban.

## 1.4. Valeur économique totale des forêts libanaises

Composante de la valeur	Quantité	u.	Prix	u.	Valeur (USD)
<b>Valeur d'usage direct</b>					
<b>PFNL</b>					
PFNL - pignons ( <i>Pinus pinea</i> )	1 250	t	50	USD/kg	62 500 000
PFNL - caroube ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) : molasse	800	t			810 000
PFNL - caroube ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) : graines	96	t			162 000
PFNL - plantes aromatiques					25 024 950

Composante de la valeur	Quantité	u.	Prix	u.	Valeur (USD)
PFNL - miel					6 684 282
PFNL - pâturage					1 464 480
<b>Chasse</b>					<b>3 500 000</b>
<b>Bois d'œuvre</b>	<b>n.d.</b>	<b>-</b>	<b>n.d.</b>	<b>-</b>	<b>n.d.</b>
<b>Bois énergie</b>	<b>18 950</b>	<b>m3</b>			
Bois énergie - feuillus	7 489	tms			
<i>Bois énergie - feuillus : bois de chauffe</i>	3 745	tms	225	USD/tms	842 546
<i>Bois énergie - feuillus : charbon</i>	936	tCH	667	USD/tCH	624 420
Bois énergie - résineux	1 589	tms	-		n.s.
<b>Récréation - écotourisme</b>					<b>1 300 000</b>
<b>Valeur d'usage indirect</b>					
<b>Protection des bassins versants</b>			47	USD/ha	6 432 301
<b>Valeur d'option, de legs, d'existence</b>					
<b>Protection/conservation biodiversité forestière</b>					1 327 185
<b>Externalités négatives</b>					
<b>Coûts de la lutte contre les incendies</b>					<b>-6 000 000</b>
<b>Coûts de la lutte phytosanitaire</b>					<b>-400 000</b>
<b>Autres (allergies, dommages causés par le feu, etc.)</b>					n.d.
<b>Valeur totale (USD)</b>					<b>104 272 165</b>

**Tableau 6: Calcul de la valeur économique totale des forêts libanaises (adapté de Sattout et al. (2005))**

Le calcul de la valeur économique totale des forêts se décompose comme la somme des (i) valeurs d'usages directs, résultant de l'utilisation immédiate des ressources forestières comme le bois, les PFNL, les activités récréatives, etc. ; (ii) valeurs d'usages indirects, bénéfiques résultant des services fournis par les écosystèmes forestiers (protection des bassins versants, purification de l'eau, etc.) ; (iii) valeurs d'option (ce sont les valeurs placées dans des usages futurs) ; (iv) valeurs de non usages, résultant du désir des individus de transmettre un patrimoine lié à la forêt (= valeur de legs), ou la valeur intrinsèque liée au seul fait de savoir qu'un bien existe (= valeur d'existence).

Les données présentées ci-dessus proviennent de plusieurs sources. L'ensemble des données utilisées sont répertoriées dans le tableau présenté en Annexe 2. Lorsque des données actualisées ont été trouvées au cours de l'étude, elles ont été privilégiées par rapport aux données de cette étude réalisée en 2005. Pour éviter les doubles-comptes, la valeur économique liée au carbone forestier n'est pas présentée dans ce tableau : en effet, celle-ci fait l'objet d'une discussion spécifique au niveau de chaque scénario individuel présenté au **Chapitre II**.

D'après ce tableau, on peut donc estimer la valeur économique totale des forêts libanaises en 2013 à près de 104 millions d'USD. Cette valeur ne prend pas en compte la composition des peuplements (résineux, feuillus ou mélangés). Or, la composition a un impact significatif sur la valeur économique totale : une futaie de pin pignon a en effet plus de valeur qu'un taillis de chêne, par rapport aux produits qu'on en extrait. En complément, on réalise donc la distinction entre forêts feuillues et résineuses comme suit :

- En forêt feuillue, on ne tient pas compte de la valeur économique liée à la production de pignons de pins. On obtient ainsi une valeur économique totale d'approximativement 21,8 millions d'USD en forêt feuillue.
- En forêt résineuse, on ne tient pas compte de la valeur économique liée à la production de bois énergie en forêt feuillue. On obtient ainsi une valeur économique totale d'approximativement 82,8 millions d'USD en forêt résineuse ;

Cette distinction, malgré les incertitudes qui l'accompagnent, sera utilisée dans la suite de cette étude, où il sera question de différencier la valeur économique des forêts en fonction des types de peuplements (résineux, feuillus ou mélangés) affectés par les différents facteurs de déforestation/dégradation. Ainsi, en considérant que les forêts mixtes sont composées à 50% de feuillus et à 50% de résineux, on obtient les valeurs unitaires suivantes :

- Valeur économique totale d'un ha de forêt feuillue : 254 USD/ha

- Valeur économique totale d'un ha de forêt résineuse : 1 597 USD/ha
- Valeur économique totale d'un ha de forêt mixte : 926 USD/ha

Le détail de ces calculs est fourni en Annexe 5.

## 1.5. Menaces sur la forêt

---

Les principaux facteurs de dégradation forestière sont les suivants :

- **Les feux de forêts** sont pour la plupart d'origine anthropique (préparation des champs en été malgré les interdictions, feux accidentels, etc.), ce à quoi s'ajoutent les faibles capacités d'intervention des autorités en cas d'incendies et, surtout, l'absence de gestion des forêts qui conduit à des niveaux de combustibles élevés. Ainsi, le sous-pâturage est, dans certaines régions, aussi responsable d'incendies (AFDC, 2007). D'après MoE and UNDP, (2011), les feux de forêts ont lieu principalement dans les chênaies et dans les forêts de *Pinus pinea* et *Pinus brutia*. Certains feux à répétition annihilent toute régénération naturelle, il faut alors procéder au reboisement. Par ailleurs, les feux contribuent à l'érosion des sols, en particulier en fin d'été lorsqu'ils sont suivis de fortes pluies (AFDC, 2007). Il n'y a pas de données concernant les feux planifiés. Ceux-ci sont utilisés dans les peuplements de *Pinus pinea* pour contrôler le sous-étage et faciliter la collecte des pignons de pins (FAO, 2010).
- La surface de forêt annuellement brûlée serait de l'ordre de 440 à 1 200 ha/an d'après AFDC, (2007) reprenant des estimations du MoA et du MoE pour la période 2004 – 2006. Elle serait de l'ordre de 1700 ha/an environ selon MoE and UNDP, (2011) pour la période 1998 – 2004, contre 400 ha/an environ selon Mitri et al., (2013) pour la période 1999 – 2012. Ces incohérences peuvent provenir du fait que plusieurs institutions (MoA, MoE, Défense civile...) tiennent leurs propres statistiques, avec des modes des méthodes d'estimations différentes. Le coût annuel de la lutte contre les feux de forêts était de l'ordre de 4,8 M EUR en 2001 d'après Sattout et al. (2005). Dans le cadre de cette étude, nous l'avons estimé à près de 6 M USD.
- D'après Mitri et al. (2013), les feux de forêts sont la première source d'émissions de GES du secteur LULUCF libanais (entre 60 et 400 000 teqCO<sub>2</sub>/an pour la période 1994 – 2012).
- **L'urbanisation** cause la fragmentation des écosystèmes forestiers et accentue l'érosion des sols ainsi que la pression sur les ressources ligneuses pour les besoins en bois de construction. En corollaire, l'exode rural entraîne également l'abandon de terres agricoles qui sont plus sensibles au feu (AFDC, 2007). Entre 1994 et 2012, environ 225 ha/an de forêts ont été converties pour les besoins de l'urbanisation (Mitri et al., 2013). Cela dit, d'après la FAO (2010), l'urbanisation se ferait surtout au détriment de la classe "autres terres boisées", et non des forêts (au sens de la définition de la FAO) ;
- Allant de paire avec l'urbanisation, **l'exploitation minière** (carrières de sables pour alimenter le marché de la reconstruction) cause aux forêts des dommages directs (disparition du couvert) et indirects (dégradation des sols, perturbation du régime hydrique, etc.), en plus des impacts paysagers. Il y en aurait près de 1 000 sur l'ensemble du pays (AFDC, 2007). D'après MoE and UNDP (2011), 25% des carrières existantes en 2005 se seraient développées aux dépens de terres forestières (forêts et autres terres boisées selon la définition FAO). Cependant, les surfaces impactées sont relativement modérées, les estimations à l'horizon 2030 faisant l'état d'une ouverture annuelle comprise entre 60 et 80 ha pour les besoins du secteur BTP (tout type de terrains confondus) (CDR, 2004).

- D'après Mitri et al. (2013), la conversion (non-agricole) des forêts est la seconde source d'émissions de GES du secteur LULUCF libanais (entre 10 et 170 000 teqCO<sub>2</sub>/an pour la période 1994 – 2012).
- **L'exploitation du bois énergie**, en particulier des forêts de chênes pour la production de charbon de bois, peut avoir un impact négatif lorsqu'elle est non durable. Cette exploitation est réglementée et contrôlée par les autorités libanaises (AFDC, 2007). D'après Mitri et al. (2013), l'exploitation du bois énergie est la troisième source d'émissions de GES du secteur LULUCF libanais (27 000 teqCO<sub>2</sub>/an pour la période 1994 – 2012).
- **Les problèmes phytosanitaires** sont également responsables d'une partie de la dégradation forestière (*Cephalcia tannourinensis* et la chenille processionnaire du pin pour citer les plus importants) (AFDC, 2007). D'après la FAO (2010), les perturbations dues aux insectes et maladies ont affecté 2 000 ha/an en moyenne entre 2003 et 2007. A noter ici qu'il ne s'agit pas d'hectares en plein, mais d'impacts diffus. Les opérations de lutte phytosanitaire ne sont pas conduites annuellement (par exemple, le dernier traitement contre *Cephalcia tannourinensis* a eu lieu en 2003). La lutte est essentiellement menée par voie aérienne avec l'aide des hélicoptères de l'armée libanaise. Le coût annuel des actions directes de lutte phytosanitaire (pulvérisation de produits en forêts par avion) représente environ 400 000 USD, assumés par le MoA et les municipalités principalement (estimation 2014) ;
- **Le surpâturage**, en particulier dans les pinèdes, les sapinières et les cédraies, peut également avoir un impact négatif sur le couvert forestier (AFDC, 2007; MoA, 2003). Les peuplements de *Juniperus excelsa* sont également identifiés comme fortement sensibles au surpâturage, du fait de leur lente régénération (MoE and UNDP, 2011). En 2010, la FAO indiquait que ces activités avaient en partie lieu dans la classe des "autres terres boisées" (au sens de la définition de la FAO) notamment suite à la promulgation de la loi 558/1997 interdisant le pâturage en forêt. D'après les entretiens menés avec plusieurs experts du Ministère de l'Agriculture, certaines zones du pays sont surpâturées, d'autres sous-pâturées... mais l'ampleur du phénomène serait restreint. A contrario, le déclin des activités pastorales des dernières décennies a favorisé le développement du sous-étage dans certaines forêts, ce qui a eu pour effet d'augmenter le risque d'incendies.
- **Les guerres** ont également eu un impact négatif sur le couvert forestier à travers les bombardements, en particulier au sud du Liban (AFDC, 2007). La guerre de 2006 a probablement eu pour effet d'augmenter la surface incendiée la même année, en particulier s'agissant des feux qui se sont déclarés avant le début de la saison régulière (Mitri et al., 2013).
- **La conversion agricole** n'est pas répertoriée comme facteur de déforestation/dégradation actuel (AFDC, 2007; Mitri et al., 2013).
- **L'exploitation illégale** : rapportée notamment dans les peuplements d'*Abies cilicica* (MoE and UNDP, 2011), est un facteur de pression réel mais sur des surfaces relativement peu étendues aujourd'hui. Historiquement, le Liban a été un gros pourvoyeur de bois pour tout le pourtour méditerranéen. Il n'existe pas de données permettant de quantifier les quantités de bois exploitées illégalement.

## 1.6. Orientations stratégiques du secteur forestier

---

Il existe à ce jour plusieurs documents de stratégies se rapportant au secteur forestier. L'ensemble forme un corpuscule de textes assez dense, dont nous proposons un résumé dans les lignes qui suivent. Leur analyse est en effet un préalable indispensable à la bonne compréhension de la situation actuelle.

Les compétences en matière de foresterie, de lutte contre les incendies de forêts, de protection des forêts, de contrôle forestier, etc. sont diluées entre plusieurs institutions : Ministère de l'agriculture – en particulier la Direction du développement rural et des ressources naturelles – , Ministère de l'environnement, Ministère de l'eau et de l'énergie, Conseil pour la reconstruction et le développement; Centre nationale de télédétection (*National Center for Remote Sensing*), Ministère de la défense, Ministère de l'intérieur, etc. (MoE and UNDP, 2011; MoE, 2006). En conséquence, la thématique forestière est traitée dans différents textes de lois, stratégies, plans et programmes d'actions sectoriels.

### - **Loi forestière (1949) et Code forestier (1991, 1996) :**

*Statut : en application.*

La loi forestière de 1949 organise la fonction et l'utilisation des forêts libanaises, et les classe en quatre groupes : les forêts de l'État, les forêts de l'État sur lesquelles les villages concernent un droit d'usage, les forêts des municipalités et des villages, les forêts individuelles. Elle instaure les pénalités en cas de délit. Elle fut complétée à plusieurs reprises. Nous citerons deux exemples : la loi 85 du 17 septembre 1991 interdit l'exploitation des forêts résineuses (la même année, la loi 9 prévoyait l'interdiction du pâturage dans la plupart des forêts pour les municipalités et villages qui en faisaient la demande). La loi 558 du 24 juillet 1996 établit un cadre légal pour la protection des forêts (création du Département de protection des forêts, définition des forêts protégées, principes de gestion de ces forêts, etc.).

Le corpuscule législatif est essentiellement tourné vers la réglementation de l'exploitation. Plusieurs travaux ont depuis suggérés un remaniement afin qu'il soit plus en phase avec les réalités d'aujourd'hui, notamment en matière d'aménagement des forêts (El Lakany, 2012).

### - **Plan d'action forestier national (1997) :**

*Statut : n'est pas en vigueur.*

Un Plan d'action forestier national a été élaboré en 1997 dans le cadre du projet de réhabilitation du Ministère de l'agriculture (Leb/90/001). Il s'agit d'une compilation de propositions pour tenter de réhabiliter le secteur forestier, alors que le pays était encore en pleine reconstruction à la sortie de la guerre civile. Il est présenté ici à titre d'information, car il n'est pas en vigueur.

Le premier axe concernait l'aménagement des ressources (i) forestières, pour une meilleure prise en compte de la multifonctionnalité des forêts, (ii) piscicoles, pour exploiter au mieux le potentiel de la faune piscicole, et mieux protéger les espèces endémiques, (iii) faunistiques (terrestres), afin de tenir compte des impératifs de protection de la faune dans la pratique de la chasse.

Le second axe concernait l'aménagement des sites protégés et ciblait, en particulier, l'exploitation rationnelle et la conservation des ressources génétiques forestières (*in et ex situ*) et la protection de la biodiversité.

Le troisième axe concernait la prévention des incendies de forêts, basé notamment sur (i) la prise en compte et la mesure du risque incendies, (ii) des actions de lutte orientées vers le combustible, le comburant principal (l'air), les mécanismes de transmission de chaleur, (iii) les équipements de lutte sur le terrain et la desserte pour accéder aux massifs forestiers, lors de patrouille ou d'interventions rapides, (iv) l'entretien des zones embroussaillées (mécanique, dent du bétail, brûlage dirigé) ainsi que les actions de prévention face à l'embroussaillage (sylviculture appropriée, gestion sylvopastorale...) et le réaménagement des zones incendiées.

Enfin, le quatrième axe proposait des orientations de politique forestière à court et moyen terme, reprenant en partie les propositions des axes précédents, et développant d'autres axes stratégiques (reboisement – dont la volonté d'atteindre 20% de couvert forestier à long terme, évolutions de la réglementation, actions de formation, inventaire forestier national, emplois, etc.).

- **Plan national de reboisement (depuis 2001) :**

*Statut : En cours de révision pour la période post-2011.*

Le MoE met en œuvre le Programme national de reboisement – NRP, acronyme anglais – depuis 2001 (phase 1 : 2001-2005, phase 2: 2005-2011). D'après MoE and UNDP (2011), 305 ha ont été réalisés jusqu'en 2003, et 361.5 ha supplémentaires jusqu'en 2009, essentiellement en espèces locales (cèdres, sapins de Cilicie, genévrier, pins et caroubier). L'objectif initial était de 18 000 ha (El Lakany, 2012). Bien que les phases initiales d'installation des plantations soient relativement bien suivies, il n'existe pas de données concernant le taux de survie des plantations à moyen terme.

En 2009, le MoE et UNDP ont lancé conjointement le projet "Sauvegarder et Restaurer les ressources forestières libanaises" (*Safeguarding and Restoring Lebanon's Woodland Resources*), afin de poursuivre et compléter les efforts entrepris dans le cadre du NRP. Son lancement était initialement prévu pour 2013 et avait pour vocation de lever les barrières institutionnelles, techniques et économiques inhibant entre autres les efforts de reboisement (MoE and UNDP, 2011).

- **Programme d'action national de lutte contre la désertification (2003)**

*Statut : adopté.*

Élaboré en 2003, le Programme d'action national de lutte contre la désertification proposait d'intervenir sur quatre piliers habilitants au niveau national (cadre légal et cadre institutionnel de la mise en œuvre dudit programme, aménagement du territoire et conditions-cadre socio-économiques) et sur six piliers sectoriels (gestion de l'eau, gestion des forêts, agriculture durable, gestion des terres marginales, conservation des sols et aires protégées).

En matière de gestion des forêts, le programme pointait les contraintes et facteurs de pression pesant sur le développement du secteur forestier libanais : législation et politique forestière inadéquates, manque de moyens techniques, financiers et humains pour accomplir la mission de protection et de gestion des forêts, fréquence trop élevée des incendies de forêts, surpâturage, moyens insuffisants pour lutter contre les problèmes phytosanitaires, urbanisation rapide et non-planifiée, conversion des forêts en terres agricoles et sensibilisation limitée du public en matière d'environnement.

Au total, le programme proposait près de 19 actions en matière de gestion forestière, que nous pourrions résumer en huit points : (i) actualisation et harmonisation des cadres politiques, légaux et institutionnels, y compris réformes en matière de gouvernance locale, (ii) renforcement des capacités de l'ensemble des parties-prenantes du secteur, (iii) développement d'un programme de reboisement visant à établir la couverture forestière à 20% en 30-40 ans, (iv) actions ciblées sur les facteurs de déforestation, (v) aménagement multifonctionnel des forêts et des aires protégées, (vi) conservation des ressources génétiques, (vii) actions en faveur de la recherche et (viii) sensibilisation du public.

Au final, ce programme d'action figure parmi les documents de stratégie les plus complets en matière de foresterie au Liban. D'après El Lakany (2012), il devrait servir de base à l'élaboration du nouveau Programme forestier national (voir ci-dessous).

- **Plan d'action national en faveur de la gestion des aires protégées (2006) :**

*Statut : adopté.*

Ce plan d'action national est articulé autour de neuf activités : (i) élaboration d'un "plan de conservation écologique", (ii) développement d'un nouveau système de classification des aires protégées, (iii) mise en place d'un cadre institutionnel propice à la gestion des aires protégées, (iv) renforcement des capacités pour la gestion des aires protégées, (v) gestion effective des aires

protégées (vi) élaboration d'une stratégie de financement durable pour la gestion des aires protégées, (vii) sensibilisation à l'environnement du public et élaboration d'une stratégie de communication (viii) promotion de l'écotourisme et gestion des visiteurs des aires protégées (ix) loi programmatique en faveur de la gestion des aires protégées. Plus d'une soixantaine de propositions y sont reprises, pour un montant total estimé à plus de 4,6 M EUR.

- **Stratégie de lutte contre les feux de forêts (2009) :**

*Statut : adoptée (Décision n°52/2009)*

Après la guerre de Juillet 2006, le Gouvernement libanais, les bailleurs de fonds et plusieurs ONG ont joint leurs forces pour mettre en place une stratégie de lutte contre les incendies de forêts.

La stratégie vise à réduire les risques de feux de forêts intenses et fréquents, ainsi qu'à favoriser un régime de feux durable. Un cadre de gestion des risques d'incendies a été développé, selon 5 axes : (i) Recherche, information et analyse; (ii) Modification du risque, incluant la réduction de la vulnérabilité des forêts et la prévention des feux particulièrement dommageables ; (iii) Préparation, incluant tous les moyens de prévention pour améliorer les interventions et la sécurité ; (iv) Réponse, incluant les moyens de lutte pour éteindre les feux ; et (v) Restauration, incluant la réhabilitation et la restauration écologique des forêts, ainsi que le soutien aux individus et aux communautés dans le court et moyen terme après incendie (Mitri et al., 2013).

Au final, cette stratégie donne toutefois plus d'éléments de lutte en réaction en cas d'incendies, plutôt que d'éléments de prévention en matière de gestion forestière (El Lakany, 2012).

- **Stratégie nationale bioénergie (2012) :**

*Statut : pas de statut officiel pour le moment.*

Cette stratégie place la biomasse issue des résidus d'exploitation forestière au premier rang des bioénergies à fort potentiel de développement au Liban, en particulier en matière de cogénération (UNDP-CEDRO, 2011). Plus précisément, deux sources d'approvisionnement en biomasse forestière sont identifiées et discutées<sup>5</sup> : (i) exploitation de 100% de la biomasse forestière (aérienne et souterraine), hors peuplements de cèdres et genévriers, sur la base d'une estimation de la possibilité biologique annuelle à l'échelle nationale, et (ii) exploitation des résidus de travaux sylvicoles (élagages) et éclaircies (20% de la production totale en volume des peuplements), hors peuplements de cèdres et genévriers, à l'échelle nationale. Sur ces deux sources d'approvisionnement forestières, la stratégie conclue que la première (exploitation de 100% de la biomasse renouvelable) n'est pas désirable, dans le sens où les moyens de contrôle forestier ne sont pas assez adaptés pour assurer que les volumes prélevés seront respectés. La seconde option (exploitation des résidus de travaux forestiers et éclaircies, soit 20% de la biomasse aérienne renouvelable "accessible") semble moins risquée, et générerait des co-bénéfices en matière de lutte contre les feux de forêts. La stratégie recommande d'envisager sa mise en œuvre dans le cadre d'une réflexion plus large sur l'aménagement des forêts, en renvoyant aux travaux en cours sur le Programme forestier national (voir ci-dessous). Par ailleurs, la stratégie identifie également le reboisement énergétique à base d'*Eucalyptus* comme source potentielle de biomasse.

- **Programme national d'afforestation et de reforestation (depuis 2013) :**

*Statut : Feuille de route élaborée, doit être présentée en Comité interministériel.*

L'objectif du Programme national d'afforestation et reforestation (*National Afforestation and Reforestation Programme* en anglais) est d'atteindre un couvert forestier de 20% en 2030 (+70 000 ha par rapport à la situation actuelle). Une feuille de route destinée a été développée pour atteindre cet objectif en terme de capacités techniques, de mobilisation de financements, etc. (MoA and FAO, 2013).

---

<sup>5</sup> Parmi dix filières potentielles.

Le MoA devrait coordonner l'ensemble du programme (via une Unité de gestion de programme dédiée), mais les reboisements seront réalisés par des acteurs variés : ONG, secteur privé, Municipalités, etc. Les populations seront associées sous la forme d' "Associations d'usagers des forêts". Les coûts totaux de ce programme sont estimés à 400 millions d'USD (MoA and FAO, 2013).

- **Programme forestier national (en cours) :**

*Statut : en cours de développement.*

D'après El Lakany (2012), le Programme forestier national en cours de développement doit permettre de faire converger ces différentes orientations stratégiques. Selon l'auteur, le Programme devrait être orienté autour de cinq piliers : (i) la production ligneuse et non-ligneuse, (ii) la conservation des services écosystémiques (biodiversité, conservation des sols et des ressources en eau, production de pâturage et autres usages locaux), (iii) l'intégration de la lutte contre les incendies de forêts et (iv) et lutte contre la désertification dans la gestion forestière courante, (v) le boisement, le reboisement et la restauration des terrains dégradés. Le Programme devrait en outre prendre en considération la nécessité de tenir compte des effets adverses du changement climatique sur les forêts, d'adapter les forêts au changement climatique et d'atténuer les émissions de GES.

Dans une communication datée du 14 septembre 2005, le Gouvernement du Liban propose huit lignes d'actions prioritaires pour doter le pays d'une stratégie forestière portant jusqu'en 2020 (Lebanon Gov., 2005) :

- Adopter une approche basée sur les écosystèmes (*ecosystem-based approach*) dans le cadre d'un aménagement intégré du territoire;
- Favoriser la participation et l'implication des populations rurales dans la gestion et la conservation des forêts ;
- Favoriser les investissements forestiers privés à travers des mécanismes financiers adéquats (subventions, services forestiers) ;
- Stimuler la diversité des marchés pour les produits et services forestiers ;
- Renforcer l'ancrage institutionnel du secteur forestier pour améliorer la coopération entre institutions et mettre progressivement en œuvre la décentralisation/déconcentration ;
- Mettre en place un système d'inventaire forestier national pour renseigner sur l'état de la ressource, les niveaux de dégradation, etc.
- Renforcer les capacités techniques des parties-prenantes dans tous les domaines du secteur forestier (technologies, biens et services, gestion forestière courante, 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 ;
- 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 le Liban.

### 2.2. Méthodologie

---

#### 2.2.1. Logique d'ensemble

---

Dans la section suivante, on pose les hypothèses à retenir en termes de définition de « forêt » et on liste les données / documents recueillis sur les inventaires forestiers.

Dans les 4 sections suivantes on présente les potentielles options stratégiques REDD+ sélectionnées sur la base de l'étude du contexte national et d'une série d'entretiens menés à Beyrouth en Novembre et Janvier 2014:

- Lutte contre les incendies de forêt
- Reboisement
- Aménagement du territoire/Développement urbain
- Bois énergie

- D'après ce qui précède, **les feux de forêts** sont la première menace sur la forêt libanaise. Entre 400 ha et 1200 ha de forêts sont brûlés annuellement (selon les sources). Plusieurs facteurs directs et indirects expliquent l'importance des feux : absence de gestion des forêts, en particulier du sous-étage, déclin pastoral, feux d'origine accidentels (feux agricoles), etc. Les feux sont également la première source d'émissions de GES du secteur LULUCF. En fonction de l'intensité des feux et du type de peuplement, la forêt se régénère seule, ou par plantation.
- **Le développement urbain** est la seconde menace sur la forêt libanaise, entraînant à une conversion directe et a priori définitive de la forêt, à raison d'environ 225 ha/an en moyenne.

L'urbanisation entraîne également la fragmentation des espaces forestiers, et donc des habitats associés. C'est la seconde source d'émissions de GES du secteur LULUCF.

- **L'exploitation du bois énergie** est citée comme la troisième source d'émissions de GES du secteur LULUCF. Cela dit, des analyses plus précises sont encore nécessaires pour évaluer la durabilité du prélèvement de bois énergie en forêt.
- **Le reboisement** est une activité pour laquelle il existe un ensemble de plans/programmes/initiatives nationales impliquant de nombreux acteurs (gouvernement, ONG, secteur privé, bailleurs...). C'est bien évidemment une source potentielle d'absorptions de GES.

L'ensemble des données utilisées pour les calculs et hypothèses faites dans ce rapport sont reprises en Annexe 2.

### 2.2.2. Définition de la forêt

Dans les sections suivantes, on présente les logiques de calculs pour chaque axe, et la situation de la collecte des données.

Deux sources : FAO (<http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>) et MDP (Accords de Marrakech (FCCC/CP/2001/13/Add.1)).

FAO :

- Terrain de plus de 0,5 ha
- Arbres de plus de 5m à maturité
- Taux de couverture supérieur à 10% à maturité

A l'exclusion des terrains à usage agricole ou urbain prédominant.

MDP :

- Terrain de plus de [0,05 à 1] ha
- Arbres de plus de [2 à 5] m à maturité
- Taux de couverture supérieur à [10 à 30] % à maturité

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

Choix pour l'étude :

- Au-delà des seuils (superficie > 1ha et arbres > 5m et couverture > 30%), nous considérerons dans cette étude qu'il s'agit de forêt,
- En deçà de ces seuils (superficie < 0,05ha ou arbres < 2m ou couverture < 10%), on considèrera qu'il ne s'agit pas de forêt,
- Dans les situations intermédiaires, on fera, si possible, plusieurs hypothèses. Les choix seront dépendants de la qualité des données.

### 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 : les surfaces incendiées sont stables dans le futur, faute de pouvoir dégager une tendance historique nette. Cette hypothèse est également reprise par Mitri et al. (2013) dans le cadre de la troisième communication nationale à la CCNUCC. Étant donné que la régénération naturelle est importante, et qu'il n'y a pas de reboisement post-incendies en

général (M. Bassil, comm. pers.), les estimations seront basées sur l'hypothèse d'une régénération naturelle uniquement.

- Scénario REDD+ : mise en œuvre d'un plan national de lutte contre les feux de forêts d'après les orientations de la Stratégie nationale de lutte contre les incendies de forêts. Les données chiffrées s'appuient sur le Plan de protection des forêts contre les incendies (TRAGSA, non daté).

### Logique de calcul

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

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

Les termes de cette formule sont détaillés dans l'Annexe 3. Étant donné l'absence de données nationales sur l'accroissement courant des peuplements en biomasse, une valeur d'accroissement moyen a été employée. Le différentiel d'absorptions nettes est alors égal au différentiel d'émissions brutes entre les deux scénarios (démonstration dans l'Annexe 3).

Cette simplification conduit certainement à surestimer les absorptions nettes lorsque l'incendie intervient dans des peuplements âgés, et inversement, à les sous-estimer dans les jeunes peuplements où l'accroissement courant maximal n'a pas été atteint.

#### 2.2.4. Reboisement

---

##### Principe

Il existe un potentiel REDD+ lié au reboisement si la variation d'absorptions nettes de GES entre le scénario de référence et le scénario REDD+ impliquant des "mesures pour le renforcement des actions de reboisement" est positive. 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 : on pose l'hypothèse d'une poursuite de la tendance historique (232 ha/an) sur la période 2017 – 2030. Le choix des essences est évalué à partir des quantités de plants produits annuellement dans six pépinières libanaises (1 600 000 plants/an). En ce qui concerne les itinéraires techniques, on formule différentes hypothèses sur la densité de plantation en fonction des espèces. Enfin, concernant les coûts, on considère des reboisements avec préparation mécanique et irrigation, et deux entretiens annuels en année 1 et 2.
- Scénario REDD+ : on s'appuie sur les objectifs du NARP en termes de nombre d'arbres plantés (40 000 000 à l'horizon 2030). En l'absence de recommandations techniques précises dans le NARP, on pose des hypothèses en matière d'itinéraires techniques et de coûts (densité unique et coûts additionnels pour le suivi des plantations après 2 ans). On introduit le recours à 10% d'espèces à croissance rapide dans le total des surfaces reboisées (*Casuarina sp.*, cyprès, *Eucalyptus camaldulensis*, etc.).

NB: en considérant que le rythme de reboisement futur suit la tendance historique (hypothèse également retenue par Mitri. et al. 2013) on considère dans le scénario REDD+ qu'aucun reboisement issu du NARP n'aura lieu dans le scénario de référence. Cette hypothèse est en effet discutable, mais plusieurs raisons expliquent ce choix. D'abord, ce plan de reboisement n'est pas le premier au Liban. Plusieurs programmes nationaux de reboisement se sont succédé au Liban, avec des résultats mitigés (traduits dans la tendance historique). De plus, à l'heure actuelle, le NARP est encore dans une phase préparatoire et aucun financement n'est acquis (au moment de la rédaction de cette

étude). On ne dispose pas des éléments techniques permettant de le différencier véritablement des autres plans, et d'estimer les surfaces qui seront effectivement réalisées avec succès sans le concours de financements de type REDD+. Cela dit, cette hypothèse peut être révisée aisément avec l'apport d'informations complémentaires, et ne change pas fondamentalement les conclusions pour ce pilier.

### **Logique de calcul**

On évaluera l'accroissement de la biomasse dans les différents types de plantations en fonction d'essences et densités de plantation. On en déduit l'augmentation des stocks de carbone et donc l'absorption de GES. Par ailleurs, la variation de surfaces reboisées permet de calculer un différentiel de valeur économique totale (bénéfice).

#### **2.2.5. Bois-énergie**

---

##### **Principe**

Il existe un potentiel REDD+ lié à la production de bois-énergie s'il est possible de substituer du bois-énergie produit non-durablement par du bois-énergie produit durablement. On pose l'hypothèse que l'exploitation de bois-énergie non durable est à coût nul pour le producteur, mais qu'elle entraîne des émissions de GES. On estime par ailleurs que l'exploitation de bois énergie durable a un certain coût, et qu'elle permet de générer des réductions d'émissions.

A ce potentiel "carbone" s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands conservés par une exploitation forestière durable.

##### **Scénarios**

- Scénario de référence : la projection des quantités de bois-énergie non durables produites sur la période 2017 – 2030 s'appuie sur la tendance historique 2000 – 2012 qui indique une légère baisse de la production totale de bois énergie (-1,5% sur la période). Par ailleurs, on émet l'hypothèse que la quantité de bois énergie non-durable est égale à la proportion de bois énergie produite illégalement (60% de la production totale).
- Scénario REDD+ : on pose l'hypothèse que la quantité de bois-énergie non durable du scénario de référence est produite de manière durable à travers des opérations sylvicoles (élagages et éclaircies).

##### **Logique de calcul**

On évaluera le coût de mobilisation de bois-énergie produit durablement à travers les opérations sylvicoles (élagages et éclaircies) ainsi que les réductions d'émissions de GES occasionnées par cette exploitation durable de biomasse. On en déduira le coût unitaire de réduction d'émission. Par ailleurs, on évaluera la valeur économique totale (bénéfice) préservée par l'exploitation durable (moyennant certaines hypothèses techniques présentées dans la section 5.2).

#### **2.2.6. Aménagement du territoire**

---

##### **Principe**

Il existe un potentiel REDD+ autour de la problématique de l'aménagement du territoire si la mise en œuvre de "mesures pour un aménagement du territoire durable" dans le scénario REDD+ permet de préserver des surfaces forestières. A ce potentiel "carbone" s'ajoute l'estimation des biens et services marchands et non-marchands générés par la préservation de surfaces forestières.

##### **Scénarios**

- Scénario de référence : on pose l'hypothèse d'une poursuite de la tendance historique des défrichements urbains aux dépens de la forêt (225 ha/an) sur la période 2017 – 2030. On

s'appuie également sur les orientations du Schéma national d'aménagement du territoire libanais qui indique que 50% de la croissance urbaine devrait avoir lieu autour des grandes agglomérations (Beyrouth, Tripoli, Saïda, Baalbek, Nabatiyeh, etc.), le reste se répartissant sur l'ensemble du pays. Dans le cas de la croissance des grandes agglomérations, on calcule les émissions de GES en tenant compte des types forestiers (feuillus, résineux ou mixtes) de chaque province.

- Scénario REDD+ : le scénario REDD+ "Aménagement du territoire" n'a pu être développé faute de données quantitatives sur les potentielles mesures REDD+ associées, ces dernières n'étant pas véritablement identifiées. A des fins de discussion, sont présentées les orientations du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais qui se rapprochent le plus de mesures en faveur de la lutte contre la déforestation, et qui pourraient constituer le socle d'une stratégie REDD+.

### **Logique de calcul (scénario de référence uniquement)**

On évaluera les surfaces déboisées par type forestier (feuillus, résineux et mixtes) à partir des orientations du SDATL, et on en déduira les émissions de GES associées ainsi que la valeur économique totale détruite.

## 2.3. Hypothèses de valorisation du carbone

Trois hypothèses de prix sont faites :

- Un prix de 5 USD/tCO<sub>2e</sub> : 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 USD/tCO<sub>2e</sub> en 2013.
- 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 environ 135 USD (variable selon le taux de change retenu).

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. Feux de forêts

#### 3.1. Scénario de référence

*Situation initiale* : Bien qu'il existe une fiche standard de collecte d'information sur les départs de feu, il n'existe pas encore de statistiques annuelles communes et uniques sur le nombre d'incendies et les surfaces parcourues annuellement par les feux de forêts au Liban. Dans le cadre de la préparation de la Troisième communication nationale à la CCNUCC, une étude récente (Mitri et al., 2013) a permis de reconstituer un historique des surfaces de forêts incendiées pour la période 1999 – 2012 :

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Surface (ha)	1 049	330	73	73	304	63	424
Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Surface (ha)	1 197	708	26	428	428	161	603
Surface annuelle moyenne incendiée						419	ha

**Tableau 7 : Surfaces de forêts incendiées entre 1999 et 2012 (source: Mitri et al., 2013)**

D'après la *Stratégie nationale de gestion des feux de forêt* (MoE, 2009), la plupart des feux sont d'origine humaine. Les agriculteurs y ont par exemple recours pour nettoyer les champs (chaumes, résidus agricoles) ou ouvrir d'anciennes friches reconquises par la forêt. Les départs de feu peuvent être occasionnés accidentellement (feux de débris, feux d'artifice, lignes électriques, promeneurs...) ou volontairement (par vengeance, dans le but de changer l'affectation des terres, etc.).

La lutte contre les incendies de forêts se heurte à plusieurs contraintes identifiées dans la stratégie nationale. La responsabilité de cette lutte est diluée entre plusieurs administrations (MoE, Défense civile, MoA, etc.) et la coordination d'ensemble n'est pas assurée. Les données sont collectées dans une fiche standard, mais sont traitées par différentes administrations séparément, ce qui complexifie la triangulation des résultats, en plus de multiplier les coûts de traitement. Il n'existe pas non plus de système d'alerte précoce, bien que des cartes d'évaluation des risques soient régulièrement publiées. Enfin, les moyens matériels et humains de cette lutte sont relativement faibles.

Les impacts des feux sur les écosystèmes forestiers et les conséquences socio-économiques, directes ou indirectes, ne sont pas encore exactement connus et mesurés : les enjeux de cette lutte n'apparaissent donc pas clairement aux yeux de tous les publics, et notamment des communautés.

Enfin, les plans d'aménagement forestier intègre encore peu la dimension écologique du feu (au sens de la dynamique naturelle de végétation) comme outil de gestion, les actions de lutte se faisant surtout en réaction à un incendie, et ne mobilisant pas l'éventail des actions possibles (planification, sensibilisation du public, prévention, système d'alerte précoce, gestion du combustible, etc.).

#### *Projections :*

Nous retiendrons l'hypothèse selon laquelle, dans le scénario de référence, la surface annuelle de forêts incendiées est égale à la moyenne annuelle historique sur la période 1997-2012, soit 419 ha/an (dont 81% de forêts feuillues). Cette hypothèse est également retenue par Mitri et al. (2013), dans le cadre de la préparation de la Troisième communication nationale à la CCNUCC, à la différence près que l'auteur utilise une moyenne cumulative.

Cette hypothèse – stabilisation des surfaces annuelles incendiées futures - est discutable dans la mesure où, dans le contexte d'une saison des feux s'allongeant et des températures extrêmes plus marquées, il est probable que le risque d'incendie augmente (Salloum et Mitri, 2013 in Mitri et al, 2013). Cependant, il est pour le moment délicat de quantifier ces phénomènes futurs, et cette tendance est difficilement démontrable pour la décennie passée : on lui préférera donc cette hypothèse conservatrice.

L'estimation des émissions brutes de GES futures liées aux feux de forêts est présentée en Annexe 4. Elle est basée sur l'équation 2.27 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) pour l'estimation des émissions de GES dues au feu, avec un niveau de Tier 1 (on suppose que les pools de litière et de bois mort sont nuls, sauf lorsqu'il y a un changement d'affectation des terres – en l'occurrence, on pose l'hypothèse que les terres forestières brûlées restent des terres forestières). Le combustible considéré est la biomasse aérienne totale, désagrégée par type de peuplement : feuillus, résineux et mixtes. Les données brutes et calculées concernant les stocks de biomasse sur pied présentées dans l'Annexe 4 sont tirées du dernier rapport-pays FRA en date (FAO, 2010). Ainsi, on estime les émissions brutes de GES futures liées aux feux de forêts à 6 421 teqCO<sub>2</sub>/an en moyenne, soit environ 89 900 teqCO<sub>2</sub> sur la période 2017-2030.

### 3.2. Scénario REDD+

---

#### *Hypothèses :*

La Stratégie de lutte contre les incendies de forêts (2009) suggère de modifier les pratiques de gestion forestière dans le but de diminuer l'inflammabilité des forêts et d'améliorer leur résistance aux feux. Les actions suivantes sont notamment identifiées dans la stratégie : élagages, éclaircies, brûlages préventifs, débroussaillage et mise en place de pare-feux, enrichissement, production de PFNL et de bois énergie, mise en place d'infrastructures de qualité (routes, tours d'observation, etc.).

Le scénario REDD+ décrit dans cette section s'inspire d'une orientation stratégique prioritaire pour laquelle il paraît réaliste d'évaluer le potentiel de réduction d'émissions, à savoir : l'installation de périmètres pare-feux autour des routes et chemins forestiers, ainsi que l'élagage des arbres contenus sur ces bandes. Deux travaux confirment cette orientation stratégique et permettent d'estimer le coût des actions associées : (i) le Plan général de protection contre les feux de forêts au Liban (TRAGSA, non daté) et (ii) Élaboration de plans de gestion de deux forêts en vue de la gestion durable et de la protection contre les incendies (GFA, 2012).

D'après le Plan général de protection contre les feux de forêts au Liban (TRAGSA, non daté), les coûts d'investissement de cette option technique s'élèveraient à 874 200 USD pendant 4 ans, et les coûts d'entretien à 135 800 USD/an les années suivantes, soit 2,2 M USD sur la période 2017 – 2030. Le Plan indique que pour cela, il serait nécessaire de procéder au nettoyage de 830,11 ha de végétation (incluant arbres, arbustes, herbacées... mais avec l'objectif de limiter les impacts environnementaux). En posant l'hypothèse que ces pare-feux sont ouverts à la fois en forêt et sur d'autres terres boisées<sup>6</sup>, on peut considérer que l'ouverture des pare-feux génère un déstockage de CO<sub>2</sub>. Les surfaces forestières représentent environ 56 % de l'ensemble forêts/autres terres boisées. En considérant que 56% des pare-feux sont ouverts en forêt, on estime les émissions générées par l'ouverture des pare-feux à environ 15 190 teqCO<sub>2</sub>.

A noter que d'autres coûts pourraient être pris en compte, notamment les coûts d'équipement (réservoirs d'eau, matériel d'intervention, tours d'observation, etc.) additionnels par rapport au scénario de référence. On aurait pu également considérer la création de pare-feux verts, sur lesquels l'objectif est de densifier la strate arborée pour faire disparaître le sous-étage et diminuer l'inflammabilité de la bande pare-feu. Ces pare-feux pourraient constituer un puits de carbone, et ainsi augmenter la balance de réduction d'émissions. Cette hypothèse n'est pas testée ici, les résultats présentés ci-dessous sont donc conservatifs.

#### *Projections :*

Le tableau suivant présente les projections en termes de réduction d'émissions (= variations d'absorptions nettes) en fonction de la diminution de surfaces brûlées annuelles. On peut donc évaluer l'efficacité des mesures préconisées suivant leur impact en termes de réduction d'émissions, sur la période considérée (2017 – 2030) :

---

<sup>6</sup> Selon la définition de la FAO

Réduction des surfaces incendiées	Émissions brutes (teqCO <sub>2</sub> ) dans le scénario REDD+	Réductions d'émissions par rapport au scénario de référence (teqCO <sub>2</sub> )	Coût unitaire de réduction d'émission (USD/teqCO <sub>2</sub> )
95%	19 685	70 213	32
80%	33 170	56 728	39
60%	55 149	38 749	58
40%	69 129	20 769	107
20%	87 108	2 790	800
5%	100 593	- 10 695	nd

Tableau 8: Feux de forêts - réductions d'émissions et coût unitaire du scénario REDD+

### 3.3. Conclusion

#### Coûts :

Le surcoût lié à la mise en œuvre d'action REDD+ en matière de lutte contre les incendies de forêts peut être estimé à 2 232 000 USD au minimum, uniquement pour la réalisation des travaux préconisés dans le Plan de lutte contre les incendies de forêts, et qui rejoignent les orientations de la Stratégie de lutte contre les incendies de forêts.

Les coûts unitaires de réduction d'émission associés sont relativement élevés, ce qui peut principalement s'expliquer par le fait que les stocks de carbone forestier aérien sont faibles. Bien qu'il existe également une incertitude sur la qualité des données, la principale raison évoquée pour expliquer ce faible matériel sur pied est l'absence ou la mauvaise gestion des peuplements.

Par ailleurs, comme expliqué précédemment, on estime que ces coûts sont sous-estimés (ne sont prises en compte que les actions liées à l'ouverture de pare-feux, et pas l'ensemble de la stratégie de lutte contre les incendies de forêts).

#### Bénéfices :

- Émissions évitées :

Selon l'efficacité des mesures mises en œuvre, le potentiel de réduction d'émissions serait égal à 70 213 teqCO<sub>2</sub> dans le meilleur des cas (95% des surfaces incendiées réduites). En dessous d'un seuil certain seuil d'efficacité des mesures (entre 5% et 20%), il est possible qu'il n'y ait aucun potentiel de réduction d'émissions.

- Valeur économique totale :

Dans ce qui précède (**Section 1.4**), on a pu évaluer la valeur économique totale d'un ha de forêt feuillue, résineuse et mixte. Ainsi, en fonction de l'efficacité des mesures présentées ci-dessus, les bénéfices liés à la préservation de surfaces forestières additionnelles dans le cadre de la lutte contre les incendies représenteraient jusqu'à 2,2 M USD dans le meilleur des cas. En dessous d'un certain seuil d'efficacité, les mesures pourraient se traduire par une perte de valeur économique totale (liées aux surfaces défrichées additionnelles).

- Autres bénéfices

La baisse du nombre d'incendies permettrait par ailleurs de faire des économies en matière de frais d'intervention. En considérant que le budget annuel de lutte contre les feux de forêts est d'environ 6 M USD, et qu'il est directement proportionnel aux surfaces incendiées, les économies réalisées grâce à une de la surface incendiée seraient comprises entre 300 000 USD et 5,7 M USD, en fonction de l'efficacité des mesures.

## 4. Reboisement

---

### 4.1. Scénario de référence

---

#### *Situation initiale*

De nombreuses initiatives de reboisement existent ou ont existé au Liban. En matière de reboisement, le MoA a mandat pour mener les efforts nationaux du secteur, mais les agents d'exécution sont nombreux (entités gouvernementales et non-gouvernementales). Dans les années 1960, des reboisements ont été réalisés à travers le Green Plan, autorité alors sous tutelle du MoA. A partir de 2001, le MoE est en charge du Plan national de reboisement (NRP en anglais). A partir de 2013, le MoA a développé avec la FAO la feuille de route du Programme national d'afforestation et de reforestation (acronyme NARP en anglais), dont la coordination sera assurée par le MoA.

Au moment de la rédaction de cette étude, le NARP se présente sous la forme d'une feuille de route qui doit être validée en Comité interministériel (MoA et FAO, 2013). Le NARP prévoit d'atteindre l'objectif de 20% de couvert forestier en 2030 (+70 000 ha ou 40 000 000 d'arbres). La feuille de route propose des moyens pour atteindre ces objectifs, en particulier en termes de capacités techniques et financières, deux points noirs à l'heure actuelle au Liban sur la question du reboisement. Le MoA va coordonner les activités du NARP, mais les reboisements devraient être réalisés par des acteurs variés : ONG, secteur privé, municipalités, etc. Les populations seront associées sous la forme d'"Associations d'usagers des forêts". Au total, le budget s'élève à environ 400 M USD pour 70 000 ha (5 700 USD/ha, incluant les opérations techniques, le renforcement de capacités, etc.). La recherche de financements devrait débuter une fois que l'unité de gestion du programme sera mise en place.

Par ailleurs, d'autres projets ou initiatives en matière de reboisement ont été mises en œuvre dans le pays. Par exemple, le projet "*Sustainable agricultural landscapes in marginal areas*" (SALMA) est une initiative en cours de développement de la Banque mondiale visant notamment à réaliser 2 000 ha de plantations forestières sur des terrains mis à disposition par l'État, des municipalités ou des organisations religieuses (waqf). Ces plantations – forestières et agroforestières – permettront de générer, d'une part, des retombées économiques pour les populations locales à travers l'exploitation des PFNL, et d'autre part, des services environnementaux liés à la protection des bassins versants. Les services forestiers du MoA fourniront les plants, et les municipalités fourniront le matériel de plantation. Le financement de la Banque mondiale (12 M USD sur 3 ans) doit permettre de couvrir les coûts de main d'œuvre, d'irrigation et de protection des plantations.

D'autres initiatives sont à signaler, parmi lesquelles l'Initiative pour le reboisement au Liban (*Lebanon Reforestation Initiative*, 12 M USD), lancée en 2010 par l'USAID et l'US Forest Service pour une durée initiale de cinq ans. L'objectif de l'initiative est de fournir une assistance technique et un support institutionnel adéquat pour appuyer des actions de reboisement en espèces locales et pour la protection contre les incendies, générer des emplois dans des zones fortement dégradées ou socio-économiquement défavorisées, et proposer des évolutions institutionnelles (lois, règlements, etc.) en matière de reboisement dans les années à venir. Plusieurs ONG réaliseront les reboisements dans le cadre de ce programme, notamment l'*Association for Forest Development and Conservation* (AFDC).

En effet, l'AFDC figure parmi les ONG les plus importantes au Liban. Cette ONG nationale a appuyé la réalisation de centaines d'hectares de reboisement depuis sa création à Ramlieh en 1993. L'association a mis en place plus de six pépinières dans le pays, produisant chaque année plusieurs millions de plants. Elle réalise également des campagnes d'information et de sensibilisation. En 2009, elle a contribué à l'élaboration de la Stratégie nationale de lutte contre les feux de forêts.

Comme indiqué dans la **Section 1.2**, le rythme de reboisement annuel au Liban serait de l'ordre de 232 ha/an entre 1999 et 2012 (Mitri et al. 2013). Une partie des reboisements est réalisée en Pin pignon (*Pinus pinea*) qui présente des caractéristiques écologiques et socio-économiques très intéressantes dans le contexte rural libanais. Les autres reboisements sont effectués en espèces locales, parmi lesquelles : les chênes (*Quercus calliprinos*, *Q. infectoria*), le sapin de Cilicie (*Abies cilicica*), le cèdre du Liban (*Cedrus libani*), le cyprès (*Cupressus sempervirens*), les genévriers

(*Juniperus excelsa*, *J. oxycedrus*), le caroubier (*Ceratonia siliqua*), le laurier (*Laurus nobilis*), le pistachier (*Pistacia palaestina*), les érables (*Acer syriacum*, *A. tauricolum*), etc.

Il n'existe pas de données précises sur les surfaces annuelles plantées pour chaque espèce, ni sur la surface moyenne des reboisements. Nous devons donc poser un certain nombre d'hypothèses. A partir des données communiquées par AFDC concernant ses 6 pépinières (1 600 000 plants produits annuellement) on estime à environ 85% la proportion de plants résineux produits annuellement (pin pignon, cèdre du Liban, sapin de Cilicie, cyprès, etc.) contre 15% pour la production de plants feuillus (*Q. calliprinos*, *Q. infectoria*, caroubier, etc.). Parmi les plants résineux, le pin pignon représenterait la quasi-totalité de la production (plus de 90%). Pour les plants feuillus, le caroubier représenterait 2/3 de la production totale.

D'après Messat (2011), les densités *minimales* de plantation par espèces varient de la manière suivante :

- Pour les résineux - pin pignon : 625 à 1100 arbres/ha ; genévriers : 250 arbres/ha ; cyprès : 500 à 1000 arbres/ha ; autres résineux (cèdre, sapin, etc.) : 1100 arbres/ha. Dans ce qui suit, on retiendra une densité moyenne de 1100 arbres à l'ha (3m x 3m) pour le pin pignon et 625 arbres/ha (4m x 4m) pour les autres espèces résineuses.
- Pour les feuillus - caroubier : 1100 arbres/ha ; chênes : 500 à 1100 arbres / ha ; autres feuillus : 250 à 400 arbres / ha. Dans ce qui suit, on retiendra une densité moyenne de 1100 arbres/ha (3m x 3m) pour le caroubier, 625 arbres/ha (4m x 4m) pour les chênes et 400 arbres/ha (5m x 5m) autres espèces feuillues.

Les coûts de reboisement avec préparation mécanique du sol, irrigation et entretiens annuels sur deux ans, varient quant à eux de 3 675 USD/ha (*Q. calliprinos* en plantation à vocation sylvopastorale) à 7 300 USD/ha (plantation mixte de *P. brutia* et *P. pinea* d'espacement 3m x 3m avec haies brises vents). La densité de reboisement et les opérations complémentaires (ex: construction de barrières à bétail ou de haies brises vents) sont les principaux facteurs de coûts. En moyenne, des plantations d'espacement 3m x 3m, 4m x 4m et 5m x 5m coûtent respectivement environ 5 500 USD, 4 000 USD et 3 200 USD, hors opérations complémentaires (Messat, 2011).

Concernant le taux de réussite des reboisements. AFDC (2007) rapporte un taux de réussite de 70% à 80% en moyenne sur 4 sites pilotes, dans les années qui suivent l'établissement des plantations, ce qui est un résultat très faible. Cela dit, il s'avère qu'il n'y a pas de suivi à long terme des plantations, et que les taux de réussite pourraient être beaucoup plus faibles. Dans ce qui suit, on émettra donc l'hypothèse que les surfaces sont détruites à 50% au bout de 3 ans dans le scénario de référence. Cette hypothèse se base sur le fait qu'en l'absence de suivi, le risque que les plantations périssent par le feu ou par la dent du gibier (ou du bétail) sont très élevés dans le jeune âge.

Dans ce qui suit, on émettra également l'hypothèse que les reboisements sont effectués sur des terrains à usage non-forestiers uniquement (au sens de la définition de la forêt par la FAO). Cette hypothèse se base sur le fait qu'il n'y a pas (ou très peu) de reboisement après incendie de forêts et pas non plus de plantations d'enrichissement en forêt.

### Projections

En posant comme hypothèse que les surfaces reboisées dans le futur suivront la tendance historique (232 ha/an), on estime que ces reboisements permettraient de stocker 39 600 teqCO<sub>2</sub> sur la période 2017 – 2030. Le coût de ces reboisements (3 248 ha au total) est estimé à environ 17,1 M USD (voir Annexe 6 pour le détail des calculs). La valeur économique totale générée par les reboisements dans le scénario de référence est estimée à 34 M USD sur la période 2017 – 2030.

## 4.2. Scénario REDD+

---

### Hypothèses

Le scénario REDD+ "reboisement" s'appuie en grande partie sur les recommandations de la feuille de route du NARP libanais. Cependant, elle comporte peu d'éléments de faisabilité technique et économique. Il n'y a pour le moment que peu de recommandations techniques précises, aussi est-il

nécessaire de poser les hypothèses suivantes (toutes les hypothèses sont rassemblées dans l'Annexe 6).

Afin de maximiser le potentiel de séquestration de carbone des plantations, la densité unique de plantations proposée est de 1100 arbres/ha (espacement 3m x 3m). Dans la réalité cette densité peut varier en fonction des espèces, des stations et des itinéraires techniques.

L'objectif du NARP est d'atteindre 70 000 ha de plantations forestières ou 40 000 000 d'arbres en 2030. Cet objectif peut paraître ambitieux compte tenu de la trajectoire historique du Liban et du retard pris pour le lancement du programme. Pour atteindre *a minima* l'objectif de planter 40 000 000 arbres, avec la densité retenue ci-dessus (1100 arbres/ha), il serait nécessaire de reboiser 36 000 ha. On pose par ailleurs l'hypothèse d'une augmentation graduelle des surfaces reboisées annuellement entre l'année 2017 (500 ha/an) et 2021 (3000 ha/an, rythme de croisière).

Le NARP propose de reboiser avec des espèces locales, sans apporter plus de précisions. Dans la suite, on considérera que les proportions de feuillus et de résineux sont proches de l'équilibre (respectivement 40% et 60% des surfaces), mais que davantage d'espèces résineuses seront plantées en raison de leurs valeurs socio-économiques plus élevées.

Par ailleurs, au sein de chaque catégorie, nous suggérons d'introduire 5% d'espèces à croissance rapide adaptées au contexte méditerranéen (*Casuarina sp.* et cyprès dans le cas des résineux, *Eucalyptus camaldulensis* dans le cas des feuillus). Cette hypothèse rejoint une des pistes évoquées dans la Stratégie nationale bioénergie (UNDP-CEDRO, 2011) qui propose de réaliser des taillis à très courte rotation (TTCR) pour la production de biomasse. Compte tenu des incertitudes technico-économiques et socio-environnementales liées à ce type de plantation au Liban, nous proposons de considérer un itinéraire technique de type taillis simple en rotation de 15 ans.

Les accroissements annuels moyens retenus sont identiques au scénario de référence (1,1 m<sup>3</sup>/ha/an en taillis feuillus et 2,9 m<sup>3</sup>/ha/an en futaie pour les résineux, IGN, 2013). Concernant les espèces à croissance rapide, on retiendra un accroissement moyen annuel de 15 m<sup>3</sup>/ha/an dans de bonnes conditions de croissance.

Concernant les coûts de reboisement dans le scénario REDD+, on s'appuie sur les coûts présentés dans le scénario de référence, auxquels on ajoute deux entretiens dans les 10 premières années de la plantation (soit un total de 6 390 USD/ha pour une plantation à l'espacement 3m x 3m, avec préparation mécanique du sol et irrigation). On estime enfin le taux de réussite des plantations à 95%.

#### Projections

On estime que ces reboisements permettraient de stocker 838 500 teqCO<sub>2</sub> sur la période 2017 – 2030. Le coût de ces reboisements (36 000 ha au total) est estimé à environ 230 M USD (voir Annexe 6 pour le détail des calculs). La valeur économique totale générée par les reboisements dans le scénario REDD+ est estimée à 252 M USD sur la période 2017 – 2030.

### 4.3. Conclusion

---

#### Coûts :

Le surcoût lié à la mise en œuvre d'action REDD+ en matière de reboisement peut être estimé à 213 M USD. Il s'explique, d'une part, par le fait que les surfaces plantées sont multipliées par un facteur 11 entre les deux scénarios. D'autre part, les coûts des reboisements par ha sont plus élevés dans le scénario REDD+, afin de prendre en compte davantage d'opérations de suivi pour assurer la réussite des plantations.

Les coûts unitaires de réduction d'émission associés sont très élevés (266 USD/teqCO<sub>2</sub> en 2030), ce qui peut principalement s'expliquer par le fait que la productivité forestière est très faible, et que les coûts d'installation sont très élevés. A titre d'exemple, si 100% des surfaces étaient reboisées avec des espèces à croissance rapide, le coût unitaire de la teqCO<sub>2</sub> serait divisé par 6. Cependant, les plantations venant progressivement à maturité, ce coût unitaire devrait diminuer dans le temps. En effet, en 2030, le coût unitaire de réduction d'émissions dans les plantations réalisées en 2017 s'élève à 136 USD/teqCO<sub>2</sub> (ce qui reste bien au-dessus du benchmark international).

*Bénéfices :*

- Émissions évitées :

Les quantités de carbone séquestrées additionnelles seraient d'environ 798 900 teqCO<sub>2</sub>. Ces quantités sont faibles au regard des efforts de reboisement, et s'expliquent par la faible productivité des plantations.

- Valeur économique totale :

Dans ce qui précède (**Section 1.4**), on a pu évaluer la valeur économique totale d'un ha de forêt feuillue d'une part et résineuse d'autre part. La valeur économique totale additionnelle du scénario REDD+ "Reboisement" est évaluée à 218 M USD.

- Autres bénéfices

L'augmentation du couvert forestier est de nature à favoriser la protection des bassins versants contre l'érosion, contribue à lutter contre la désertification et favorise la biodiversité en renforçant la continuité des écosystèmes. Ces éléments ne sont que partiellement intégrés dans le calcul de valeur économique totale. Par ailleurs, les reboisements sont créateurs d'emplois.

## 5. Bois énergie

---

### 5.1. Scénario de référence

---

#### *Situation initiale*

Comme indiqué plus haut (**Section 1.3**), environ 18 950 m<sup>3</sup>/an ont été exploités sur la période 2000 – 2012 pour les besoins énergétiques des populations rurales, à 79% en forêt feuillue, en incluant l'exploitation illégale (Mitri et al., 2013). La même source indique que la récolte de bois énergie figure parmi les principales sources d'émissions du secteur forestier avec les feux de forêts et l'urbanisation.

En utilisant des données d'accroissement issus de l'Inventaire forestier national français pour le département du Var (zone méditerranéenne : 1,1 m<sup>3</sup>/ha/an en taillis feuillus, 2,9 m<sup>3</sup>/ha/an en futaie résineuse et 2,0 m<sup>3</sup>/ha/an en forêts mixtes - mélange futaie/taillis - IGN, 2013), on estime que l'accroissement annuel des forêts libanaises serait de l'ordre de 243 700 m<sup>3</sup>/an, dont près de 85 200 m<sup>3</sup>/an en forêt feuillue. Ainsi, à partir de ces données préliminaires, il semblerait que les besoins en bois énergie soient en théorie amplement couverts par la production biologique, même en excluant de ce calcul les forêts interdites à l'exploitation (cédraies, genévraies, etc.), d'autant plus qu'il n'y a pas d'autres prélèvements ligneux (les prélèvements de bois d'œuvre ne sont pas quantifiés).

Cependant, il serait utile d'approfondir cette estimation en tenant compte des conditions d'exploitation réelles (accessibilité, faisabilité technico-économique) et de la durabilité de l'exploitation. En effet, à ce stade, on manque cruellement d'informations sur le niveau de durabilité de l'exploitation actuelle du bois énergie. La littérature indique qu'une partie de la production est réalisée en taillis de chêne (FAO, 2005), modalité de gestion durable courante dans la zone méditerranéenne basée sur le prélèvement périodique de l'accroissement naturel, mais il n'est pas possible de quantifier les cas dans lesquels ces prélèvements sont supérieurs à l'accroissement naturel.

Compte tenu du fait que 60% de l'exploitation est illégale, on posera comme hypothèse que cette proportion de bois est produite de manière non-durable. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où une exploitation peut être illégale et pourtant présenter des caractéristiques durables au sens biologique du terme.

#### *Projections*

D'après Mitri et al. (2013), la production de bois énergie est en légère baisse sur la période 2000 – 2012 (-1,5% sur la période). Au cours de la même période, le Liban a connu une croissance démographique importante (+3,1 %/an en moyenne), en milieu urbain comme en milieu rural (+2,0 %/an en moyenne pour ce dernier). De prime abord, il paraît difficile d'expliquer la tendance de production de bois énergie par le facteur démographique. Le facteur technologique permettrait de l'expliquer en partie (équipement des ménages aisés en unités de chauffage central au mazout, chaudières à résidus d'huilerie, etc.). Par ailleurs, il y aurait des flux de bois-énergie entrant en provenance de Syrie, mais ceux-ci ne sont pas quantifiés.

On estime que cette tendance de production de bois énergie devrait se poursuivre dans le futur, indépendamment de la croissance de la population. En projetant cette tendance historique sur la période 2017-2030, la production totale de bois énergie non durable au cours de la période est estimée à 189 200 m<sup>3</sup>, soit l'émission d'environ 166 203 teqCO<sub>2</sub>, en posant l'hypothèse que 60% du bois est produit de manière non-durable (car illégalement).

### 5.2. Scénario REDD+

---

#### *Hypothèses*

Ce scénario REDD+ est en grande partie basé sur l'hypothèse que le développement des filières énergétiques renouvelables va bénéficier au secteur forestier. En effet, un des objectifs annoncé par

le Gouvernement libanais est de couvrir 12% des besoins énergétiques totaux du pays en ayant recours à des énergies renouvelables.

La Stratégie nationale bioénergies du Liban (UNDP-CEDRO, 2011) suggère ainsi de tirer partie du potentiel énergétique des résidus d'exploitation forestière en mobilisant davantage de bois énergie issus d'élagages et d'éclaircies. Ces auteurs estiment qu'il serait envisageable de mobiliser durablement jusqu'à 100 000 tms/an pour l'approvisionnement de chaudières et d'unités de cogénération (électricité/chaleur). En effet, ceci répondrait à la fois à des besoins industriels (chaleur/refroidissement, vapeur d'eau) et domestiques (chaudières individuelles/collectives et réseaux de chaleur).

Ce chiffre est basé sur estimation régionale de l'accroissement forestier. Il est très théorique car aucune étude de faisabilité technique n'a été réalisée : les systèmes de commercialisation ne sont pas structurés, les quantités exactes disponibles sont inconnues (accessibilité des zones, conditions d'exploitation...) et il existe de fortes disparités régionales. Les auteurs soulignent toutefois que cette option pourrait être explorée dans la région de Beyrouth, du Nord Liban et du Mont Liban.

Par ailleurs, le coût d'une opération d'élagage ou d'une éclaircie est très variable, selon la nature de l'opération, le type de peuplement, les conditions d'accessibilité, etc. La mobilisation de volumes additionnels de bois requiert par ailleurs des investissements (équipements, routes, ressources humaines). Afin de simplifier la réflexion, on posera comme hypothèse que le coût moyen d'exploitation d'un m<sup>3</sup> de bois est égal à 50 USD/m<sup>3</sup>.

#### *Projections*

Pour substituer le bois énergie produit non durablement par du bois énergie issue d'opérations sylvicoles (élagages et éclaircies), il serait nécessaire de mobiliser 74 500 tms sur la période 2017-2030. Le coût total serait d'environ 7 777 500 USD.

### 5.3. Conclusion

---

#### *Coûts*

Le surcoût lié à la mise en œuvre d'action REDD+ en matière de production de bois-énergie durable peut donc être estimé à 7 777 500 USD, uniquement pour produire la même quantité de bois énergie que dans le scénario de référence, mais de manière durable. Le coût unitaire de réduction d'émission serait alors de l'ordre de 56,9 USD/teqCO<sub>2</sub>.

#### *Bénéfices*

- Émissions évitées

D'après les hypothèses posées précédemment, le potentiel de réduction d'émissions se situerait donc aux environs de 136 611 teqCO<sub>2</sub> sur la période 2017 – 2030.

- Valeur économique totale

La production totale de bois énergie non durable au cours de la période 2017 – 2030 est estimée à 155 550 m<sup>3</sup>, soit l'équivalent de 4 581 ha de forêts feuillues et 375 ha de forêts résineuses. En tenant compte du fait que cette exploitation non durable n'a pas lieu sur des surfaces en plein mais est diffuse, on considère que les forêts exploitées ne perdent pas l'ensemble de leurs fonctions sociales et environnementales, mais seulement une partie. A titre d'exemple, on fixe arbitrairement cette perte de valeur économique totale à 25%. La valeur économique totale préservée par l'exploitation durable de bois énergie dans le scénario REDD+ peut donc être estimée à environ 440 600 USD.

- Autres bénéfices

Du point de vue du gestionnaire forestier, les opérations d'élagages et – dans une moindre mesure - d'éclaircies sont rarement justifiées dans des peuplements de faible qualité, car elles constituent un investissement qui n'est pas toujours rentable à terme. Elles peuvent le devenir lorsque des produits

peuvent être commercialisés et lorsque les co-bénéfices de l'opération sont suffisamment élevés (par exemple : prévention contre les incendies, amélioration de la qualité du peuplement résiduel pour la production de bois d'œuvre, etc.). En l'occurrence, les opérations d'élagage et d'éclaircies peuvent avoir un impact positif sur les efforts de lutte contre les incendies de forêts, bien que cet effet sur les réductions d'émissions soit difficilement quantifiable, ainsi que sur la qualité du peuplement résiduel.

## 6. Aménagement du territoire

### 6.1. Scénario de référence

#### Situation initiale :

Comme indiqué précédemment (**Section 1.5**), entre 1994 et 2012, environ 225 ha/an de forêts ont été converties pour les besoins de l'urbanisation (Mitri et al., 2013). Dans ce qui suit, nous considérerons que ces 225 ha/an ne concernent que des forêts au sens de la FAO. Cela dit, cette hypothèse pourrait être affinée, car d'après la FAO (2010), l'urbanisation se ferait en partie au détriment de la classe "autres terres boisées", et non des forêts au sens de la définition donnée par la FAO.

Nous essaierons de déterminer le type de forêts affectées par l'urbanisation. Pour cela, nous nous appuyerons sur le Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais, qui fixe les grandes orientations en matière d'urbanisation au Liban.

D'après le Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais (CDR, 2004), plusieurs tendances caractériseront le développement urbain au Liban à l'horizon 2030 :

- Sur le plan démographique, une croissance de la population jusqu'à 5,2 millions d'habitants, une relative stagnation du taux de population urbaine (fin de l'exode rural), une diminution de la taille moyenne des ménages (de 4,8 en 1997 à 4,2 habitants/ménages en 2030) ;
- Sur le plan géographique, la surface urbanisée devrait passer de 600 km<sup>2</sup> en 1998 à 884 km<sup>2</sup> en 2030, soit une extension annuelle des zones urbaines d'environ 890 ha/an. Cette extension se ferait pour moitié autour de pôles urbains bien ciblés, et l'autre moitié répartie en zone rurale (voir \*Estimé à partir des hypothèses précédentes : 50% de croissance urbaine dans les grandes agglomérations ; 225 ha/an de forêts défrichées pour le développement urbain (Mitri et al. 2013)
- Tableau 9).

Aire urbaine/Agglomération	Croissance en surface – Horizon 2030	Croissance urbaine annuelle aux dépens des forêts (agglomérations)*	Croissance urbaine aux dépens des forêts (autres villes et villages)*
Beyrouth	+5 500 ha	51,1 ha/an	
Tripoli	+1 800 ha	16,7 ha/an	
Baalbek	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Zahlé-Chtaura	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Nabatiyeh	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Saïda	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Sour	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Jbaïl	+600 ha à 1 000 ha	7,4 ha/an	
Autres villes et villages (environ 1 000)	+12 000 ha à 15 000 ha		112,5 ha/an
<b>Total</b>	<b>22 900 à 28 300 ha</b>	<b>112,5 ha/an</b>	<b>112,5 ha/an</b>

\*Estimé à partir des hypothèses précédentes : 50% de croissance urbaine dans les grandes agglomérations ; 225 ha/an de forêts défrichées pour le développement urbain (Mitri et al. 2013)

**Tableau 9 : Croissance urbaine et consommation de terres à l'horizon 2030 au Liban (adapté du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais)**

#### Projections :

En tenant compte de la répartition des grands types forestiers (feuillus, résineux et mixtes) au sein de chaque province, on peut faire une estimation approximative des quantités de GES émises par la croissance urbaine aux dépens des forêts, au niveau de chaque pôle urbain. Cette estimation est incertaine étant donné qu'il n'existe pas d'inventaire forestier national à jour et que les sources de données sont divergentes sur les surfaces forestières à considérer. En ce qui concerne les émissions émises par le défrichement dans les autres villes et villages (plutôt en zone rural), on émet l'hypothèse

qu'elles se répartissent uniformément sur l'ensemble du territoire (c'est à dire, que les surfaces de forêts feuillues, résineuses et mixtes détruites sont proportionnelles à leur représentativité nationale).

En posant comme hypothèse que les surfaces déboisées dans le futur pour le développement urbain suivront la tendance historique (225 ha/an), on estime que ces déboisements généreraient 123 800 teqCO<sub>2</sub> sur la période 2017 – 2030. Le détail des calculs est fourni en Annexe 7. La valeur économique totale détruite correspondante est évaluée à 2 059 500 USD.

## 6.2. Scénario REDD+

---

Il n'a pas été possible de développer un scénario REDD+ "Aménagement du territoire" dans le cadre de cette étude.

En effet, pour le moment, il n'existe pas de solution testée sur le terrain ayant fourni des retours d'expériences suffisants pour pouvoir élaborer une stratégie REDD+ en matière de protection des forêts vis-à-vis de la pression urbaine.

Une approche en termes de coût d'opportunité est également très difficile à réaliser de manière quantitative. Les opérations immobilières sont opaques et il n'est pas possible de déterminer les coûts/bénéfices de ces opérations. Dans un contexte de forte densité de population (plus de 1 300 hab/km<sup>2</sup> sur le littoral), un projet immobilier peut être rentabilisé en quelques années à peine, si bien que même les forêts de pin pignon ne sont pas épargnées par le défrichement.

Toutefois, certaines orientations stratégiques proposées dans le cadre du Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais pourraient constituer le socle d'une stratégie REDD+ en matière d'aménagement du territoire. Mais à ce jour, il n'existe pas de données quantitatives sur l'impact potentiel de ces activités en termes de réduction de la déforestation, d'où l'impossibilité d'en étudier le potentiel REDD+ et les coûts-bénéfices. Ces orientations sont donc présentées ci-dessous à des fins de discussion.

### *Trame verte et bleue, continuité écologique des espaces naturels :*

L'objectif consiste à mettre en place un schéma global des espaces à vocation naturelle, permettant de s'assurer que les écosystèmes, notamment forestiers, réalisent leurs fonctions de protection de l'eau, de lutte contre l'érosion, de protection de la biodiversité et de développement socio-économique.

Dans ce schéma, certains éléments seulement pourraient présenter un potentiel REDD+, qu'il conviendrait d'approfondir :

- (i) La création d'un corridor écologique à l'étage du Cèdre et du genévrier (entre 1 500 et 1 900 m), afin de favoriser la régénération du Cèdre, dans des zones mises sous pression par l'agriculture sous irrigation – arboriculture, vignobles, cultures potagères saisonnières - et le développement des stations de sport d'hiver. Le reboisement est une des pistes sérieusement évoquée. D'autres mesures en lien avec les projets agricoles seraient envisageables, mais il serait nécessaire de mieux comprendre l'impact de ces projets sur le couvert forestier des cédraies pour déterminer des mesures REDD+ potentielles dans le secteur agricole. Par ailleurs, la seule mesure préconisée en matière de construction d'infrastructures pour les sports d'hiver concerne la réalisation d'études d'impact environnementales. Il serait nécessaire d'étudier le type de mesures d'atténuation proposées dans ces études d'impact environnementales (mesures d'atténuation des risques environnementaux, compensations environnementales, etc.) pour mettre en évidence un éventuel potentiel REDD+.
- (ii) La recherche de la continuité écologique dans trois zones d'interface forêt/habitat (dans l'étage du pin sur le versant ouest du Mont Liban, au sein des "coupures vertes" dans les zones de Ras Chaaqa et entre Bayada et Ras Naquoura sur le littoral ainsi que dans l'étage du sapin de Cilicie au Nord Liban). Les mesures préconisées sont essentiellement de nature réglementaire pour "*sauvegarder le caractère naturel des vallées*" (par exemple, prise en compte du paysage dans les constructions futures, interdiction de construire sur des pentes supérieures à 30%, interdiction de construire dans des zones boisées, etc.). En complément, sont mentionnées les actions de reboisement et la nécessité que les autorités en charge du

domaine forestier public "mettent en place des modes de gestion qui permettent d'entretenir la forêt" (sans préciser lesquels).

Les actions menées en haute montagne, où les espaces forestiers sont clairsemés et le matériel sur pied très faible (et contenant de ce fait peu de carbone) ne présentent a priori pas un potentiel REDD+ élevé.

#### *Parc National (Nord Liban et Hermel) et Parcs naturels régionaux*

- Création d'un grand Parc national dans Nord Liban et le Hermel, englobant les espaces forestiers de la Qornet-Sawda, de Karm-Chbat, de Qammouaa et de Fissane. L'objectif serait d'y assurer une urbanisation et un développement économique (stations de sport d'hiver notamment) équilibré, en imposant des contraintes environnementales strictes.
- Création de Parcs naturels régionaux dans plusieurs régions du Liban (la Qadisha, le Nahr Jaouz, le Nahr Ibrahim, le Nahr Beyrouth, la chaîne et la vallée du Barouk, Bisri et Awali, etc.). Les municipalités seraient des partenaires privilégiés dans ces projets, qui viseraient également un développement économique équilibré, mais avec des contraintes environnementales moins strictes que pour le Parc national.

Dans les deux cas (Parc national et Parcs naturels régionaux), ces contraintes environnementales additionnelles ne sont cependant pas indiquées dans le SDATL. Cela dit, on peut penser qu'elles rejoignent celles préconisées pour la "Trame verte et bleue", à laquelle participeront *de facto* ces nouveaux Parcs.

### 6.3. Conclusion

Certaines des mesures préconisées dans le SDATL rejoignent d'autres mesures déjà mentionnées dans les stratégies REDD+ présentées ci-dessus, à savoir, les actions de reboisement et plus généralement les actions d'aménagement forestier.

D'autres, en revanche, viennent compléter le dispositif. Elles concernent, d'une part, le renforcement de la réglementation sur l'urbanisation, et d'autre part, les mesures pour limiter les impacts de l'agriculture irriguée à l'étage du cèdre. Ces mesures n'étant pas détaillées, il n'est pas possible d'évaluer leur coût-bénéfice en termes de REDD+.

## 7. Coûts de transaction

---

L'élaboration d'une stratégie REDD+ est fondée sur la collecte de données encore inexistantes au Liban (notamment des données quantitatives sur les facteurs de déforestation et de dégradation, ainsi que la localisation des points chauds de déforestation et de dégradation). Les axes stratégiques envisagés doivent être le fruit d'une réflexion multisectorielle.

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>7</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 USD. Ainsi, les coûts d'élaboration d'une feuille de route peuvent être estimés à 200 000 USD.

### 7.2. Coûts de préparation à la REDD+ (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 8. 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 ;
- 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 ;

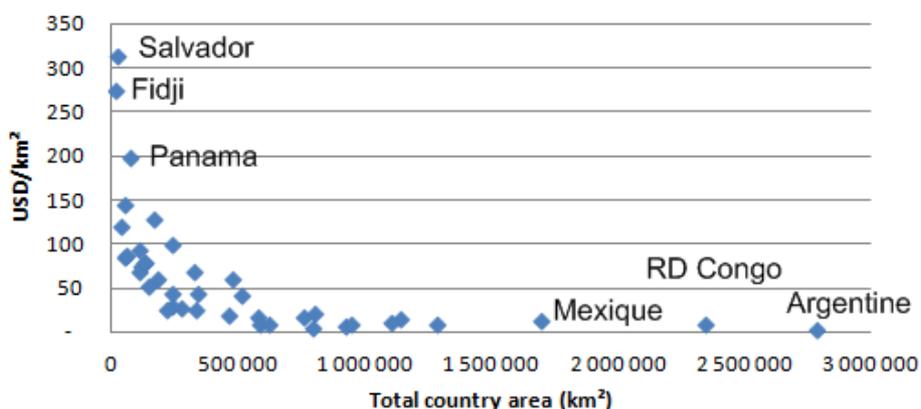
---

<sup>7</sup> Proposition de mesures pour l'état de préparation

- 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 M USD, avec un maximum de 28,9 M USD (Cameroun) et un minimum de 4,2 M USD (Pakistan). 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 M USD (SalvaTerra, 2012).

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 engagés dans la préparation à la REDD+<sup>8</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 1: Coûts de préparation à la REDD+ rapportés à la surface totale de 39 pays engagés dans la préparation (adapté de CCNUCC, 2009)**

Dans le cas du Liban (10 452 km<sup>2</sup>), l'application de ces ratios permettrait de manière très préliminaire les coûts de préparation à la REDD+ entre 890 000 USD et 3,2 M°USD.

**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.**

### 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 :

<sup>8</sup> Adapté de CCNUCC (2009): 41 pays moins 2 (Indonésie et Vanuatu), ceux-ci ne disposant pas de données suffisantes.

- Les coûts de suivi, de rapportage et de vérification (MRV) 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+. Les coûts sont estimés pour 25 pays dans une publication de la CCNUCC (CCNUCC, 2009). Ils sont dépendants de la qualité ciblée et des systèmes existants dans le pays. Le choix de prendre en compte ou non la dégradation forestière a une influence majeure sur les coûts. Dans le cas du Liban, ce suivi est indispensable pour prendre en compte des facteurs importants comme les incendies de forêt. Ainsi, on considère les coûts des systèmes incluant ce suivi. Le niveau des capacités préexistantes dans le pays est également un important facteur de coût, de même que la disponibilité des données de télédétection. Une première estimation des coûts de mise en œuvre du MRV au Liban pour les dix prochaines années est présentée en Annexe 9 (adaptée de CCNUCC, 2009). On estime ainsi ces coûts entre 1,2 et 2,9 M USD. Cette estimation doit être considérée avec précaution, étant donné qu'elle est basée sur (i) des coûts de monitoring "carbone" issus de 23 pays tropicaux, (ii) des coûts de traitement des images (équipements et ressources humaines) évalués à dire d'experts.
- 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, estimés entre 2,3 et 6,3 M USD au total.

Poste de dépense	Coût estimé
<b>Feuille de route REDD+</b>	200 000 USD
<b>Préparation à la REDD+</b>	890 000 à 3,2 M°USD
<b>MRV</b>	1,2 à 2,9 M USD (sur 10 ans)

**Tableau 10 : Synthèse des coûts de transaction estimés de manière préliminaire**

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.

Les analyses faites ici montrent que les coûts de transaction pourraient être bien inférieurs aux coûts de mise en œuvre des stratégies (estimés à 223 M USD, voir Tableau 11 ci-dessous).

## Conclusion: Bilan coûts-bénéfices (horizon 2030) et recommandations

### Bilan coûts-bénéfices à l'horizon 2030

Les conclusions de cette étude coûts-bénéfices à l'horizon 2030 portent sur trois éléments principaux : (i) le potentiel carbone des actions REDD+ en matière de lutte contre les feux de forêts, boisement/reboisement et bois-énergie ; (ii) les bénéfices socio-économiques et environnementaux liées aux actions REDD+ ; (iii) les positions envisageables pour le Liban dans le cadre des discussions régionales sur la REDD+.

Dans le meilleur des cas (scénario "feux de forêts" le plus efficace), le coût d'abattement moyen pour l'ensemble des mesures proposées s'élèverait à environ 222 USD/teqCO<sub>2</sub> (voir Tableau 11), ce qui situe le Liban au-dessus du benchmark international en la matière. Avec le prix actuel de la tonne de carbone forestier (autour de 7,7 USD en 2012 sur le marché volontaire) le potentiel carbone *stricto sensu* des actions REDD+ présentées dans cette étude est faible. Même avec un prix tutélaire de la tonne de carbone autour de 140 USD/teqCO<sub>2</sub>, le potentiel carbone *stricto sensu* reste faible. Sans revenir sur les incertitudes liées aux données disponibles, et aux méthodologies de calcul des réductions d'émissions en évolution, les coûts d'intervention particulièrement élevés en matière de reboisement ainsi que le faible matériel sur pied à l'hectare dans les forêts à l'échelle nationale figurent parmi les principales raisons de ce faible potentiel carbone (le volume sur pied est parmi les plus faibles de la zone méditerranéenne, il est similaire à celui du Maroc et de la Libye – 36 m<sup>3</sup>/ha – et supérieur à celui de la Jordanie – 30 m<sup>3</sup>/ha – et de la Tunisie – 26 m<sup>3</sup>/ha).

Scénario REDD+	Feux de forêts	Boisement Reboisement	Bois énergie
Surcoût scénario REDD+ (USD)	<b>2 232 032</b>	<b>212 898 680</b>	<b>7 777 490</b>
Réduction d'émissions (teqCO <sub>2</sub> )	70 213	798 885	136 611
Coût unitaire RE (USD/teqCO <sub>2</sub> )	32	266	57
Déforestation évitée (ha)	398		4 956
Reforestation nette (ha)		32 752	
Valeur économique totale générée hors carbone (USD)	2 189 480	217 722 496	440 453
Valeur carbone (USD) – 10 USD/teqCO <sub>2</sub>	702 132	7 988 849	1 366 108
Bénéfices totaux scénarios REDD+ (USD)	<b>2 891 612</b>	<b>225 711 345</b>	<b>1 806 562</b>
Bilan coûts-bénéfices	659 580	12 812 665	5 970 928
Réductions d'émission total (teqCO <sub>2</sub> )		1 005 709	
Surcoût total scénarios REDD+ (USD)		222 908 202	
Coût unitaire moyen RE (USD/teqCO <sub>2</sub> )		222	
Bénéfices totaux scénarios REDD+ (USD)		230 409 518	
Coûts de transaction estimés (USD)		2 290 000 à 6 300 000	

**Tableau 11 : Synthèse finale des coûts-bénéfices des scénarios REDD+**

Les bénéfices socio-économiques et environnementaux des actions proposées (lutte contre les feux de forêts, reboisement et exploitation durable du bois énergie) sont estimés à environ 230 M USD – à comparer au surcoût total des actions REDD+ estimé à 223 M USD (hors coûts de transaction, estimés entre 2,3 et 6,3 M°USD).

Les co-bénéfices des actions REDD+ proposés sont donc potentiellement très élevés, et supérieurs dans l'ensemble aux surcoûts des mesures proposées. Ces bénéfices sont également sous-estimés, compte tenu de la difficulté d'accéder à des données précises dans certains secteurs d'activité comme l'écotourisme, ou bien de la difficulté à chiffrer précisément certaines fonctions de la forêt (comme la protection des bassins versants).

En observant les chiffres du Tableau 11, on serait tenté de tirer des conclusions à l'échelle de chacune des filières. Cela dit, il serait préférable de considérer que les mesures proposées sont

complémentaires les unes des autres (les actions en matière de lutte contre les feux de forêts bénéficiant aux reboisements, les opérations sylvicoles en matière de bois énergie bénéficiant à la lutte contre les feux de forêts, etc.), et donc de considérer ces résultats dans leur ensemble. En conclusion, au-delà des aspects purement "carbone", on peut souligner les importants cobénéfices potentiels des actions REDD+ étudiées.

#### *Recommandations.*

Les cobénéfices potentiels de la REDD+ pourraient certes surpasser les coûts directs de la mise en œuvre de ce mécanisme au Liban. Mais les négociations sur la scène internationale sont encore trop peu avancées pour envisager un retour sur investissement sous forme de financements publics ou privés. En clair, à court terme, personne n'est prêt à payer pour ces cobénéfices.

Le Liban pourrait prétendre à l'accès aux subventions internationales permettant de "se préparer à la REDD+". Le processus de préparation permettrait d'analyser plus en profondeur l'intérêt d'un tel mécanisme pour le Liban, en conduisant des analyses plus poussées au plan politique et institutionnel. De plus, ces financements pourraient déboucher sur une meilleure connaissance des ressources forestières, ainsi que des facteurs de déforestation et de dégradation. Enfin, en phase de préparation à la REDD+, les financements ne sont pas conditionnés aux résultats, mais basés sur les moyens mis en œuvre.

Les positions envisageables pour le Liban dans le cadre des discussions régionales sur la REDD+ pourraient être les suivantes :

- Du fait des faibles stocks de carbone des forêts libanaises, la REDD+ ne peut être vu que comme une source de cofinancement des activités (exemple: Programme national d'afforestation et de reforestation, Stratégie de lutte contre les incendies de forêts...) 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.
- La prise en compte de la production de biens et services environnementaux justifie économiquement les actions de préservation ou reconstitution des forêts libanaises, d'autant plus 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. Par ailleurs, soulignons ici que la valeur économique totale générée par les forêts libanaises est sous-estimée dans le cadre de cette étude, du fait du manque de données actualisées sur certains secteurs d'activités (écotourisme et protection des bassins versants par exemple).
- Il serait possible de tirer partie des possibilités de financement de la préparation à la REDD+ pour mettre sur pied des outils de surveillance, rapportage et vérification (inventaire forestier national notamment). Ces outils sont indispensables pour lever les incertitudes sur le potentiel "carbone" des forêts libanaises, étant donné le manque d'informations détaillées sur les caractéristiques dendrométriques de celles-ci. Par ailleurs, le Liban devra nécessairement se doter d'un inventaire forestier national performant afin de mettre en œuvre et suivre son futur programme forestier national.

## Bibliographie

---

- AFDC, 2007. State of Lebanon's forests 2007. Association for forests, development and conservation, WWF Italy, ROSS programme of the Italian cooperation, Beyrouth.
- CCNUCC, 2009. Costs of implementing methodologies and monitoring systems relating to estimates of emissions from deforestation and forest degradation, the assessment of carbon stocks and greenhouse gas emissions from changes in forest cover, and the enhancement of forest carbon stocks. Technical Paper. FCCC/TP/2009/1.
- CDR, 2004. Schéma directeur d'aménagement du territoire libanais. Conseil de développement et de reconstruction, Beyrouth.
- El Lakany, H., 2012. Review and analysis of Lebanese forest related documents with a view of gap identification. Ministry of Agriculture, GIZ, Beyrouth.
- FAO, 2005. National forest and tree assessment and inventory (TCP/LEB/2903) - Final report. Food and agriculture organization ; Ministry of Agriculture, Rome.
- FAO, 2010. FRA 2010 - Country report, Lebanon. Food and agriculture organization, Rome.
- GIEC, 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Chapitre 5: Terres cultivées. préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (eds). Publié : IGES, Japon.
- GTZ, 2009. Shouf Biosphere Reserve - Ecotourism strategy.
- IGN, 2013. Résultats standards des campagnes d'inventaire forestier dans le Var (2008 - 2012).
- Lebanon Gov., 2005. Future of Lebanon forests. Government of Lebanon, Beyrouth.
- Merlo, M., Croitoru, L., 2005. Valuing Mediterranean forests : Towards Total Economic Value. CABI International, Wallingford UK/Cambridge MA.
- Messat, S., 2011. Consultation report on afforestation and reforestation in Lebanon.
- Mitri, G., Jazi, M., Al Daia, R., Abou Dagher, M., Bou Kamel, H., 2013. National Greenhouse Gas Inventory Report and Mitigation Analysis for the LULUCF sector in Lebanon - Final report. Institute of Environment/University of Balamand, Biodiversity Program, MoE/UNDP, Beyrouth.
- MoA, 2003. National Action Programme to combat Desertification in Lebanon. Ministry of Agriculture, Beyrouth.
- MoA, FAO, 2013. National Afforestation/Reforestation Programme - 40 million forest trees planting programme : Roadmap 2030. A practical guide to 7% increase of the forest cover in Lebanon. Ministère de l'agriculture, Direction du développement rural et des ressources naturelles, Beyrouth.
- MoE, 2006. National action plan for protected areas. Ministry of environment, Beyrouth.
- MoE, 2009. Lebanon's national strategy for forest fire management. Republic of Lebanon, Ministry of Environment, Beyrouth.
- MoE, UNDP, 2011. Vulnerability, adaptation and mitigation chapters of Lebanon's second national communication - Climate risks, vulnerability and adaptation assessment (final report), in: Lebanon's Second National Communication. Ministry of Environment, Beyrouth, p. 44.
- SalvaTerra, 2012. Étude des coûts et avantages du mécanisme REDD+ pour le Maroc. GIZ/HCEFLCD.
- Sattout, E., Talhouk, S., Kabbani, N., 2005. Chapitre 5 : Lebanon, in: Valuing Mediterranean Forests : Towards Total Economic Value. Maurizio Merlo and Lelia Croitoru, pp. 161-175.
- Stern, N., 2006. Stern Review on The Economics of Climate Change. HM Treasury, Londres.
- UNDP-CEDRO, 2011. The national bioenergy strategy for Lebanon. UNDP - Country efficiency and renewable energy demonstration project for the recovery of Lebanon, Beyrouth.

## Annexes

### Annexe 1 : Liste des personnes consultées

Nom	Fonction
Dr. Nabil Nemer	Head of Agriculture Department KASLIK University
Mrs. Zeina Tamim	Head of Service Grazing and Public Gardens Ministry of Agriculture
Mrs. Lea Kaai	Land Use and Land Use Change and Forestry LCLCLUF Project
Miss Lara Samaha	Head of Department Nature Reserves Ministry of Environment
Dr. Garo Harotunian	Reforestation project Coordinator
Mr. Nizar Hani	Director of Shouf Cedar Nature Reserve
Mr. Vahaken	LCLCLUF Project Director
Mr. Raymond Khoury	Head of Bentaël Nature Reserve Committee
Mr. Ziad El Zein	Public Relation Officer (Ministry of Power) Lebanese Center for Energy Conservation
Mr. Sarkis Farah	Team Leader (Ministry of Power) Lebanese Center for Energy Conservation
Dr. Rana El Zein	Lebanese University
Dr. Elsa Sattout	NDU University
Mrs. Solange Saadeh	FAO Lebanon – Program Assistant
Dr. Georges Mitri	Balamand University
Eng. Chalita Tanios	Tannourine Cedar Forest Nature Reserve
Mr. Elias Neaymeh	Syndicat des producteurs du pignon
Mrs. Pascal Milan	Head of Administrative Service Rural Development Directorate
Mr. Kozhaya Hanna	NGO member
Mr. Antonio Youssef	Expert in Rural Development and Desertification
Miss Zeina Haddad	Sustainable tourism Management (Ministry of Tourism)
Mr. Georges Abou Moussa	Operation Room – Civil Defense
Dr. Maya Nehme	Lebanon Reforestation Initiative
Eng. Sandra Saba	Director of Ehden Nature Reserve
Dr. Maya Nehme	Outplanting Component Manager – Lebanese Reforestation Initiative
Eng. Josef Bechara	Lebanese Reforestation Initiative
Mr. Georges Fakhri	Head of Administrative office Ministry of Energy and Water
Miss Bassima El Khatib	SPNL

## Annexe 2 : Tableur de données

Catégorie	Donnée	Objet	Date	Valeur	Unité	Source	Commentaire
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2010	278	ha	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total	2005	4 863 000	m3	FAO-FRA 2010	hors ONG et communautés de base
Forêt	Volume	Bois total	2010	5 097 000	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Pinus pinea	2005	1 507 530	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Cedrus libani	2005	306 369	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Pinus brutia	2005	1 264 380	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Quercus cerris	2005	923 970	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Juniperus excelsa	2005	282 054	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Autres espèces	2005	578 697	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Feuillus	2005	1 397 000	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Résineux	2005	3 466 000	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Feuillus	2010	1 458 000	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Volume	Bois total - Résineux	2010	3 639 000	m3	FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne et souterraine	2005	3 531 000	tms	FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne et souterraine	2010	3 688 000	tms	FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Biomasse bois mort	2010	1,5	tms/ha	FAO-FRA 2010	valabe en peuplement de Pinus brutia
Forêt	Biomasse	Densité du bois (résineux)	2010	0,40		FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Densité du bois (feuillus)	2010	0,50		FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Facteur d'expansion de biomasse (résineux)	2010	1,30		FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Facteur d'expansion de biomasse (feuillus)	2010	1,40		FAO-FRA 2010	
Forêt	Biomasse	Shoot to root ratio	2010	0,27		FAO-FRA 2010	forêts subtropicales sèches
Forêt	Carbone	Carbone aérien et souterrain, litière et sol	2005	9 670 570	tC	FAO-FRA 2010	
Forêt	Carbone	Carbone aérien et souterrain, litière et sol	2010	9 767 360	tC	FAO-FRA 2010	
Forêt	Production annuelle	Bois total - accroissement en volume (rythme annuel)	2005-2010	46 800	m3/an	FAO-FRA 2010	Delta 2010 - 2005 - basé sur observations en Tunisie et Syrie
Forêt	Surface	Forêts	2005	136 500	ha	FAO-FRA 2010	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2006-2007	2 000	ha/an	FAO-FRA 2010	
Feux	Emissions GES	Emissions de GES dues aux incendies (min)	1994-2012	60	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Feux	Emissions GES	Emissions de GES dues aux incendies (max)	1994-2012	400	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Urbanisation	Emissions GES	Emissions de GES dues à l'urbanisation (min)	1994-2012	10	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Urbanisation	Emissions GES	Emissions de GES dues à l'urbanisation (max)	1994-2012	170	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Bois énergie	Emissions GES	Emissions de GES dues à la collecte de bois de feu	1994-2012	27	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Forêt	Absorptions GES	Absorptions de GES dues au reboisement (min)	1994-2012	-80	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Forêt	Absorptions GES	Absorptions de GES dues au reboisement (max)	1994-2012	-7	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Forêt	Absorptions GES	Absorptions de GES dues à la reconquête forestière	1994-2012	-2300	x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Forêt	Surface	Surfaces affectées par les maladies, insectes, ravageurs	2003-2007	2 000	ha/an	FAO-FRA 2010	Perturbations diffuses, pas en plein
Forêt	Surface	Surfaces affectées par les tempêtes, la neige, les vents	2003-2007	1 530	ha/an	FAO-FRA 2010	Perturbations diffuses, pas en plein
Forêt	Surface	Forêts	2010	136 900	ha	FAO-FRA 2010	
Forêt	Surface	Forêts	2005	136 500	ha	FAO-FRA 2010	
Forêt	Surface	Forêts - Pinus pinea	2010	7 776	ha	FAO-FRA 2010	
Urbanisation	Surface	Pays	2010	1 040 000	ha	FAO-FRA 2010	Donnée FAOSTAT = référence FRA 2010
Conservation	Surface	Aires protégées	2013	23 147	ha	MoE	Manque la donnée pour 4 réserves naturelles sur 14
Bois énergie	Production annuelle	Production totale de bois-énergie	2005	18 143	m3/an	FAO-FRA 2010	
Forêt	Production annuelle	Bois énergie en forêt	2005	12 700	m3/an	FAO-FRA 2010	
Bois énergie	Production annuelle	% d'exploitation illégale	2005	60%		FAO-FRA 2010	Appliqué au volume accordé par licences d'exploitation
Bois énergie	Production annuelle	Rendement massique de carbonisation	2005	25%		FAO-FRA 2010	
Bois énergie	Emplois	ETP générés par an	2010	49	ETP	FAO-FRA 2010	ETP : Equivalent temps plein
PFNL	Emplois	ETP générés par an	2010	1 736	ETP	FAO-FRA 2010	ETP : Equivalent temps plein
Urbanisation	Population	Population totale	2012	4 424 888	hab	Banque mondiale	
Urbanisation	Population	Population rurale (en % de la pop. totale)	2012	12,6%		Banque mondiale	
Forêt	Surface	Surface - Cedrus libani	2005	1,58%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Abies cilicica	2005	1,20%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Cupressus sempervirens	2005	0,23%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Juniperus excelsa	2005	8,47%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Pinus spp.	2005	20,28%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Quercus spp.	2005	41,61%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface - Forêts ripariennes	2005	0,04%	% couvert for.	MoA et FAO 2005	
Forêt	Emplois	Emplois (% de la population)	2011	0,02%	% emploi tot	MoE et UNDP 2011	
Forêt	Valeur	Valeur économique totale	2005	131,5	M USD	MoE et UNDP 2011	issu de Sattout et al. (2005)
Forêt	Valeur	Contribution PIB national	2001	0,93%	% PIB national	MoE et UNDP 2011	issu de Sattout et al. (2005)
PFNL	Production annuelle	Production de cônes de pins	2004	1 200	t	MoE et UNDP 2011	issu de MoA (2004)
PFNL	Production annuelle	Ratio pignons de pins/cônes de pins	2006	22%		MoE et UNDP 2011	issu de Masri et al. (2006)
PFNL	Valeur	Prix - pignons de pins	2006	22	USD/kg	MoE et UNDP 2011	Syndicate of pine growers of Lebanon
PFNL	Valeur	Valeur économique - production de pignons de pins	2004	5,8	M USD	MoE et UNDP 2011	
PFNL	Production annuelle	Production de caroube (C. siliqua)	2004	3 300	t	MoE et UNDP 2011	issu de MoA (2004)

Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban

PFNL	Valeur	Valeur économique - plantes aromatiques	2009	29,6 M USD	MoE et UNDP 2011	issu de MoA (2009)
PFNL	Production annuelle	Production de miel	2007	1 070 t	MoE et UNDP 2011	issu de MoA (2007) (pas uniquement forêt)
PFNL	Valeur	Valeur économique - Miel	2007	14,7 M USD	MoE et UNDP 2011	issu de MoA (2007) (pas uniquement forêt)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2004	585 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	1998	1 500 ha	MoE et UNDP 2011	Lecture graphique
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	1999	1 500 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2000	3 250 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2001	2 000 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2002	1 250 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2003	1 250 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2005	500 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2006	800 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2007	4 200 ha	MoE et UNDP 2011	issu de MoE (2007); AFDC (2007); MoE/LEDO (2001)
Forêt	Surface	Perte de couvert forestier	1965-1998	33% % couvert for.	MoE et UNDP 2011	issu de Jomaa et al. (2007)
Urbanisation	Surface	Surface de carrières dans Forêts et OWL	2005	25% % Surf. Tot. Carr.	MoE et UNDP 2011	issu de Darwish et al. (2008)
Urbanisation	Surface	Surface de carrières totale	2005	195 283 ha	MoE et UNDP 2011	issu de Darwish et al. (2008)
Conservation	Valeur	Budget annuel Aires Protégées	2011	300 000 USD	MoE et UNDP 2011	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	1999	1 049 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2000	330 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2001	73 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2002	73 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2003	304 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2004	63 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2005	424 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2006	1 197 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2007	708 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2008	26 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2009	428 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2010	428 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2011	161 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées	2012	603 ha	Mitri et al. 2013	
Urbanisation	Surface	Surface de carrières totale	2012	526 700 ha	Mitri et al. 2013	issu de MoE (2009)
Forêt	Surface	Diminution de surface forestière	1998-2010	-9% % couvert for.	Mitri et al. 2013	issu de MoE et UNEP (2013)
Forêt	Absorptions GES	Diminution des Absorptions de GES (forêt et couvert végétal)	1994-2012	-21,8 x 1000 tCO2e/an	IoE-UoB 2013	
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1994	171 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1995	172 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1996	173 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1997	174 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1998	vide	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	1999	262 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2000	456 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2001	29 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2002	29 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2003	54 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2004	153 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2005	362 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2006	307 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2007	148 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2008	313 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2009	200 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2010	200 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2011	604 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Forêt	Surface	Surface de forêts converties	2012	308 ha	Mitri et al. 2013	on peut obtenir le % de feuillus/résineux convertis
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2000	19 074 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2001	19 063 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2002	19 051 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2003	19 040 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2004	19 028 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2005	19 017 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2006	18 896 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2007	18 900 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2008	18 900 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2009	18 900 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2010	18 866 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2011	18 833 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013

Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban

Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie	2012	18 790 m3	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	1999-2002	305 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2003-2007	278 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2008-2009	52 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2010	148 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2011	52 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Surface	Afforestation (rythme)	2012	381 ha/an	Mitri et al. 2013	issu de FAO 2010, MoE 2013, AFDC et LRI (comm pers)
Forêt	Carbone	ration carbone/matière sèche		0,50 tC/tms	IoE-UoB 2013	issu de IPCC GPG 2006
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2000	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2001	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2002	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2003	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2004	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2005	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2006	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2007	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2008	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2009	79% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2010	80% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2011	80% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - % de production en feuillus	2012	78% % de prod. Totale	IoE-UoB 2013	issu de FAOSTAT 2013
Bois énergie	Valeur	Valeur économique - Bois de chauffe	2000	1,9 M EUR	Sattout et al. 2005	
Bois énergie	Valeur	Valeur économique - Charbon	2000	1,9 M EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique totale - Pignons de pins	2000	52,5 M EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Surface	Surface productive - Pignons de pins	2005	5 400 ha	Sattout et al. 2005	
PFNL	Production annuelle	Productivité - Pignons de pins (P. Pineae)	2005	480 kg/ha	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Prix - pignons de pins	1996	20,3 EUR/kg	Sattout et al. 2005	issu de Darwish et al. (2006)
PFNL	Production annuelle	Productivité (potentielle) - Pinus pinea		1 200 kg/ha	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique - plantes aromatiques	2005	16,7 M EUR	Sattout et al. 2005	issu de Darwish et al. (2006)
PFNL	Valeur	Valeur économique - miel	2000	12,1 M EUR	Sattout et al. 2005	issu de FAO, 2000 (sans distinction forêt/vergers)
Pâturage	Valeur	Valeur économique - Fourrage (pâturage en forêt)	2005	0,96 M EUR	Sattout et al. 2005	fourrage inclus dans PFNL
PFNL	Valeur	Valeur économique - Caroube	2005	0,6 M EUR	Sattout et al. 2005	G. Zein 2002
PFNL	Valeur	Valeur économique - Caroube (molasse)	2005	0,5 M EUR	Sattout et al. 2005	G. Zein 2002
PFNL	Production annuelle	Production - Caroube (molasse)	2005	800 t	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique - Caroube (graines)	2005	0,1 M EUR	Sattout et al. 2005	G. Zein 2002
PFNL	Production annuelle	Production - Caroube (graines)	2005	96 t	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique - chasse (totale)	2005	12 M EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique - chasse (légal)	2005	6 M EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Valeur économique - chasse (illégal)	2005	6 M EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Production annuelle	Chasse - nombre de chasseurs légaux	2005	200 000	Sattout et al. 2005	
PFNL	Production annuelle	Chasse - nombre de chasseurs illégaux	2005	400 000	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Chasse - prix d'un permis de chasse	2005	30 EUR	Sattout et al. 2005	
PFNL	Valeur	Chasse - valorisation (sans permis de chasse)	2005	15 EUR	Sattout et al. 2005	
Ecotourisme	Valeur	Valeur économique - écotourisme	2005	0,3 M EUR	Sattout et al. 2005	Donnée sous-estimée d'après l'auteur
Autre	Valeur	Valeur économique - existence/option	2005	9,6 M EUR	Sattout et al. 2005	Donnée sous-estimée d'après l'auteur
Feux	Valeur	Coût - lutte contre incendies	2001	4,8 M EUR	Sattout et al. 2005	issu de AFDC, 2001
Feux	Valeur	Coût - lutte contre incendies (/ha)	2001	4 000 EUR/ha	Sattout et al. 2005	issu de AFDC, 2001
Risques phytosanitaires	Valeur	Coût - lutte contre problèmes phytosanitaires	2000	72 000 EUR	Sattout et al. 2005	issu de Nader, 2000 - coûts partiels
PFNL	Valeur	Valeur économique - Pignons de pins (/ha/an)	2007	25 200 EUR/ha/an	AFDC, 2007	
PFNL	Valeur	Valeur économique - plantes aromatiques	2009	18,6 M USD	AFDC, 2007	Donnée MoA
Bois énergie	Production	Bois énergie - production d'un ha de feuillus (bois de chauffe)	2010	200 t/ha	AFDC, 2007	
Bois énergie	Production	Bois énergie - production d'un ha de feuillus (charbon de bois)	2010	50 t/ha	AFDC, 2007	
Bois énergie	Valeur	Prix - bois de chauffe (feuillus)	2006	150 USD/t	AFDC, 2007	
Bois énergie	Valeur	Prix - bois de chauffe (feuillus)	2013	225 USD/t	Bassil, comm. Pers.	
Bois énergie	Valeur	Prix - charbon de bois (feuillus)	2006	667 USD/t	AFDC, 2007	
Bois énergie	Production annuelle	Bois énergie - production (résineux)	2010	4 000 t/an	AFDC, 2007	
Bois énergie	Valeur	Prix - charbon de bois (feuillus)	2013	1 500 USD/t	Bassil, comm. Pers.	
Bois énergie	Valeur	Prix - bois de chauffe (résineux)	2010	5 USD/kg	AFDC, 2007	impossible
Bois énergie	Valeur	Prix - bois de chauffe (résineux)	2013	0 USD/kg	Bassil, comm. Pers.	pas de prix car les résineux sont mal appréciés
Urbanisation	Population	Population totale	2030	5 200 000 hab	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Taille des ménages	1997	4,8 personnes/ménage	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Taille des ménages	2030	4,2 personnes/ménage	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Total parc logements	1996	1 063 000	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Total parc logements	2030	1 560 000	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Surface urbanisée	1998	600 km <sup>2</sup>	CDR, 2004 (SDATN)	

Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban

Urbanisation	Population	Surface urbanisée	2030	884 km²	CDR, 2004 (SDATN)	
Urbanisation	Population	Acct annuelle surface urbanisée	2030	888 ha/an	CDR, 2004 (SDATN)	tout type d'occupation des sols confondus
Urbanisation	Carrières	Rythme d'ouverture annuel	1998-2030	60-80 ha/an	CDR, 2004 (SDATN)	donc non significatif par rapport aux autres causes DD
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	1999	870 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2000	217 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2001	54 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2002	54 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2003	252 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2004	53 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2005	348 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2006	1 013 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2007	568 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2008	17 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2009	312 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2010	312 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2011	134 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - feuillus	2012	548 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	1999	123 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2000	54 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2001	6 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2002	6 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2003	31 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2004	5 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2005	37 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2006	127 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2007	83 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2008	7 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2009	60 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2010	60 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2011	15 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - résineux	2012	38 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	1999	56 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2000	59 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2001	13 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2002	13 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2003	21 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2004	4 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2005	39 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2006	58 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2007	56 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2008	3 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2009	56 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2010	56 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2011	13 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - mixte	2012	17 ha	Mitri et al. 2013	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - %feuillus 1997-2012	2012	81%	calculé	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - %résineux 1997-2012	2012	11%	calculé	
Feux	Surface	Surface de forêts brûlées - %mixtes 1997-2012	2012	8%	calculé	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne - Feuillus	2005	977 900 tms	calculé	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne - Résineux	2005	1 802 320 tms	calculé	
Forêt	Surface	Surface Feuillus	2005	76 055 ha	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface Résineux	2005	43 268 ha	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface Mixtes	2005	15 050 ha	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface Feuillus %	2005	56,6%	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface Résineux %	2005	32,2%	MoA et FAO 2005	
Forêt	Surface	Surface Mixtes %	2005	11,2%	MoA et FAO 2005	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne - Feuillus (/ha)	2005	12,9 tms/ha	calculé	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne - Résineux (/ha)	2005	41,7 tms/ha	calculé	
Forêt	Biomasse	Biomasse aérienne - Mixtes (/ha)	2005	27,3 tms/ha	calculé	
Feux	Coût	Coût Plan prévention (pares-feux)	non daté	874 214 USD sur 4 ans	TRAGSA, non daté	
Feux	Coût	Coût Plan prévention (pares-feux / entretiens)	non daté	135 782 USD après 4 ans	TRAGSA, non daté	
Eau	Valeur	Valeur économique - protection de l'eau	2005	30,80 EUR/ha	Merlo et Croitoru, 2005	
Risques phytosanitaires	Valeur	Coût - lutte contre problèmes phytosanitaires (MoA)	2013	400 000 USD	M. Bassil, comm pers	coûts partiels
Biodiversité	Valeur	Financements en faveur de la conservation biologique	2005	8,7 M EUR (1996-2005)	Sattout et al. 2005	
Biodiversité	Valeur	Financements en faveur de la conservation biologique	2005	0,87 M EUR/an	Sattout et al. 2005	

*Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban*

Ecotourisme	Valeur	Valeur économique - donations (réserve de Tannourine)	2012	19 748 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
Ecotourisme	Valeur	Valeur économique - donations (réserve de Tannourine)	2011	13 367 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
Ecotourisme	Valeur	Valeur économique - donations (réserve de Tannourine)	2010	11 849 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
	Valeur	Valeur économique - ventes de produits (réserve de Tannourine)	2012	7 160 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
	Valeur	Valeur économique - ventes de produits (réserve de Tannourine)	2011	5 018 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
	Valeur	Valeur économique - ventes de produits (réserve de Tannourine)	2010	2 970 USD	Tannourine Cedar forest Nature Reserve
	Valeur	Valeur économique - contributions (RB du Shouf)	2008	60 706 USD	GTZ, 2009
	Valeur	Valeur économique - contributions (RB du Shouf)	2009	90 000 USD	GTZ, 2009

### Annexe 3 : Feux de forêts : Formule de calcul du différentiel d'absorptions nettes

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

Dans chaque scénario, les absorptions nettes sur la période de temps considéré sont calculées comme suit :

$$\text{ Absorptions nettes } (An) = \text{ Absorptions brutes } (Abr) - \text{ Emissions brutes } (Ebr)$$

Avec :

$$\text{ Absorptions brutes } (Abr) =$$

$$\text{ Abs. du peuplement non brûlé } (Anb) + \text{ Abs. de la régénération naturelle } (Ab)$$

Où :

$$Anb = \text{ Surface non brûlée } (Snb) \times \text{ Accroissement peuplement non brûlé } (ACCTnb)$$

$$Ab = \text{ Surface brûlée } (Sb) \times \text{ Accroissement régénération } (ACCTb)$$

D'où :

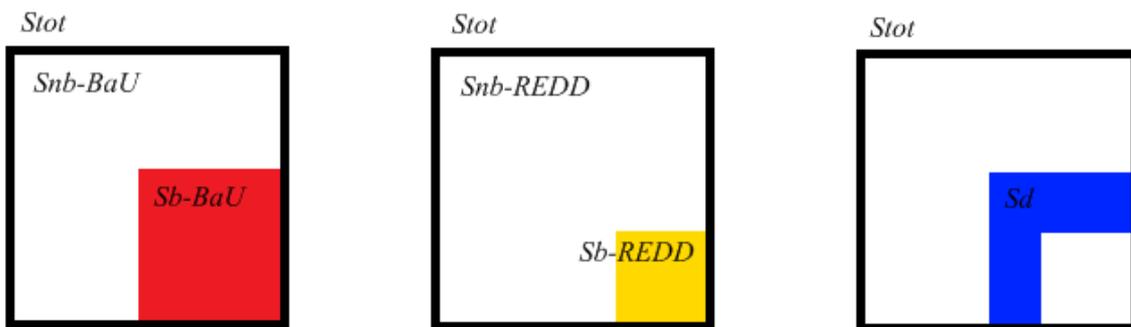
$$An = Snb \times ACCTnb + Sb \times ACCTb - Ebr$$

La variation d'absorptions nettes entre le scénario REDD+ (noté 1) et le scénario de BaU (noté 2) peut donc s'écrire :

$$\Delta An = (SnbREDD - SnbBaU) \times ACCTnb + (SbREDD - SbBaU) \times ACCTb + (EbrBaU - EbrREDD)$$

En posant  $Sd = SbREDD - SbBaU$  (voir figure ci-dessous) cette formule devient :

$$\Delta An = Sd \times (ACCTnb - ACCTb) + (EbrBaU - EbrREDD)$$



Dans le cas particulier où  $ACCTnb = ACCTb$ , c'est-à-dire qu'on emploie un accroissement annuel moyen qui ne permet pas de différencier l'accroissement de la régénération et du peuplement non perturbé, on obtient l'égalité suivante :

$$\Delta An = EbrBaU - EbrREDD$$

Dans ce cas, il suffit donc de calculer la différence d'émissions brutes entre les deux scénarios pour obtenir la variation d'absorptions nettes et en déduire le potentiel "carbone".

## Annexe 4 : Estimation des émissions de GES dues au feu

Equation 2.27 : estimation des émissions de GES dues au feu			$P_{feu} = S \times Mb \times Cf \times G_{fe} \times 10^{-3}$		
<b>Scénario de référence :</b>					
<b>Calculs</b>					
			<i>Hypothèses/Sources</i>		
S	419	ha/an	calculé à partir de Mitri et al., 2013		
feuillus	339	ha/an			
résineux	47	ha/an			
mixtes	33	ha/an			
<b>Mb</b>					
Mbiomasse			calculé à partir de FAO, 2010 et FAO et MoA, 2005		
feuillus	12,9	tms/ha	faible mais cohérent avec la donnée $V_{moy} = 35,6 \text{ m}^3/\text{ha}$		
résineux	41,7	tms/ha			
mixtes	27,3	tms/ha			
<b>Mbois mort et litière</b>					
	0		Tier 1, forêt reste forêt (GIEC, 2006)		
<b>Cf</b>					
	0,45		Tableau 2.6 "Toutes les autres forêts tempérées" (GIEC, 2006)		
<b>Gfe</b>					
			Tableau 2.5 "Forêt extratropicale" (GIEC, 2006)		
CO2	1 833	g/kg ms brûlée			
CO	78	g/kg ms brûlée			
CH4	6,1	g/kg ms brûlée			
N2O	0,06	g/kg ms brûlée			
Nox	1,1	g/kg ms brûlée			
<b>Résultats</b>					
PCO2	5 945,5	tCO2/an	soit		
PCO	253,0	tCO/an			
PCH4	19,8	tCH4/an	415,4	teqCO2/an	
PN2O	0,2	tPN2O/an	60,3	teqCO2/an	
PNOx	3,6	tPNOx/an			
<b>PeqCO2</b>			<b>6 421,3</b>	<b>teqCO2/an</b>	
			89 898	teqCO2/an	2017-2030
<b>Scénario REDD+ :</b>					
<b>Calculs</b>					
			<i>Hypothèses/Sources</i>		
S	20,95	ha/an	calculé à partir de Mitri et al., 2013		
feuillus	17	ha/an			
résineux	2	ha/an			
mixtes	2	ha/an			
<b>Mb</b>					
Mbiomasse			calculé à partir de FAO, 2010 et FAO et MoA, 2005		
feuillus	12,9	tms/ha	faible mais cohérent avec la donnée $V_{moy} = 35,6 \text{ m}^3/\text{ha}$		
résineux	41,7	tms/ha			
mixtes	27,3	tms/ha			
<b>Mbois mort et litière</b>					
	0		Tier 1, forêt reste forêt (GIEC, 2006)		
<b>Cf</b>					
	0,45		Tableau 2.6 "Toutes les autres forêts tempérées" (GIEC, 2006)		
<b>Gfe</b>					
			Tableau 2.5 "Forêt extratropicale" (GIEC, 2006)		
CO2	1 833	g/kg ms brûlée			
CO	78	g/kg ms brûlée			
CH4	6,1	g/kg ms brûlée			
N2O	0,06	g/kg ms brûlée			
Nox	1,1	g/kg ms brûlée			
<b>Résultats</b>					
PCO2	297,3	tCO2/an	soit		
PCO	12,6	tCO/an			
PCH4	1,0	tCH4/an	20,8	teqCO2/an	
PN2O	0,0	tPN2O/an	3,0	teqCO2/an	
PNOx	0,2	tPNOx/an			
<b>PeqCO2</b>			<b>321,1</b>	<b>teqCO2/an</b>	
			4 495	teqCO2/an	2017-2030

Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban

Année de l'incendie	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023-2030
Coûts REDD+ / Pares feux	218 553	218 553	218 553	218 553	135 782	135 782	1 086 255
Variation d'absorptions nettes	<b>85 403</b>						
Coût unitaire	26,1						
Ouverture pares-feux	830,1	ha					
Ouverture pares-feux en forêt	464,9	ha					
tms/ha forêt	16,0	tms/ha					
Total émissions forêt	13 653	teqCO2					
Total VET détruite	354 070	USD					
Ouverture pares-feux en ATB	365,2	ha					
tms/ha ATB	2,3	tms/ha					
Total émissions ATB	1 537	teqCO2					
<b>Efficacité des mesures</b>	<b>95%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>40%</b>	<b>20%</b>	<b>5%</b>	
Surface non brûlée	398	335	251	168	84	21	
Surface non brûlée - feuillus	322	271	204	136	68	17	
Surface non brûlée - résineux	44	37	28	19	9	2	
Surface non brûlée - mixtes	31	26	20	13	7	2	
Valeur éco. (USD/an)	181 682	152 995	114 747	76 498	38 249	9 562	
VET (2017-2030) brute	2 543 549	2 141 936	1 606 452	1 070 968	535 484	133 871	
VET (2017-2030) nette	2 189 480	1 787 867	1 252 383	716 899	181 414	- 220 199	

## Annexe 5 : Détails du calcul de Valeur économique totale

Calcul de la valeur économique totale (VET) des forêts libanaises						
	Surface de référence :		136 900 ha			
Composante	Quantité	u.	Prix	u.	Valeur (USD)	Commentaire
<b>Valeur d'usage direct</b>						
<b>Produits ligneux</b>						
Bois d'œuvre						Absence de données
Bois énergie	18 950	m3				Production : Moyenne 2000 - 2012 (FAOSTAT)
Bois énergie - feuillus	7 489	tms				Hypothèse : 50% bois de chauffe / 50% charbon
Bois énergie - feuillus : bois de chauffe	3 745	tms	225	USD/tms	842 546	Prix 2013 (comm. pers. M. Bassil)
Bois énergie - feuillus : charbon	936	tCH	667	USD/tCH	624 420	Prix 2013 (comm. pers. M. Bassil)
Bois énergie - résineux	1 589	tms	-			Pas de prix pour le bois de chauffe résineux
<b>PFNL</b>						
PFNL - pignons ( <i>Pinus pinea</i> )	1 250	t	50	USD/kg	62 500 000	Source : Syndicat des producteurs de pignons de pin
PFNL - caroube ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) : molasse	800	t			810 000	VET-2002 d'après Sattout et al (2005) ramenée en USD 2013
PFNL - caroube ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) : graines	96	t			162 000	VET-2002 d'après Sattout et al (2005) ramenée en USD 2013
PFNL - plantes aromatiques					25 024 950	VET-2006 d'après Sattout et al (2005) ramenée en USD 2013
PFNL - chasse					3 500 000	M. Bassil, comm pers (2013)
PFNL - pâturage					1 464 480	VET-2005 d'après Sattout et al (2005) ramenée en USD 2013
PFNL - miel					6 684 282	VET-2000 d'après Sattout et al (2005) ramenée en USD 2013
<b>Récréation</b>						
Récréation - écotourisme					1 300 000	M. Bassil, comm pers (estimation 2013, probablement sous-estimée)
<b>Valeur d'usage indirect</b>						
Protection des bassins versants			47	USD/ha	6 432 301	VET-2005 d'après Merlo et Croitoru (2005) ramenée en USD 2013
<b>Valeur d'option, de legs, d'existence</b>						
Financements en matière de conservation biologique					1 327 185	VET-2005 d'après Merlo et Croitoru (2005) ramenée en USD 2013
<b>Externalités négatives</b>						
Coûts de la lutte contre les incendies					- 6 000 000	M. Bassil, comm pers (2013)
Coûts de la lutte phytosanitaire					- 400 000	Coûts partiels, uniquement MoA (M. Bassil, comm. pers.)
Autres (allergies, dommages causés par le feu, etc.)						Absence de données
<b>Valeur totale (USD)</b>					<b>104 272 165</b>	
<b>Valeur/ha (USD)</b>					<b>762</b>	
Valeur feuillus (USD)					21 619 566	N'est pas prise en compte la valeur liée aux pignons de pins
Valeur résineux (USD)					82 652 599	N'est pas prise en compte la valeur liée au bois-énergie (feuillus)
Surface feuillus (ha)					77 485	
Surface résineux (ha)					44 082	
Surface mixtes (ha)					15 333	
<b>Valeur ha feuillus (USD/ha)</b>					<b>254</b>	
<b>Valeur ha résineux (USD/ha)</b>					<b>1 597</b>	
<b>Valeur ha mixtes (USD/ha)</b>					<b>926</b>	

## Annexe 6 : Estimation des quantités de carbone séquestrées dans les reboisements

Hypothèses du scénario de référence				Source
<b>Surfaces reboisées</b>				
Rythme de reboisement annuel	232	ha/an	Mitri et al. 2013	
% Résineux	85%		estimation	
Pinus pinea	90%		estimation	
Autres résineux	10%		estimation	
% Feuillus	15%		estimation	
Ceratonia siliqua	67%		estimation	
Autres feuillus	33%		estimation	
<b>Densités de plantation</b>				
- Pinus pinea	1 100	arbres/ha	adapté de Messat, 2011	
- Autres résineux	625	arbres/ha	adapté de Messat, 2011	
- Ceratonia siliqua	1 100	arbres/ha	adapté de Messat, 2011	
- Chênes	625	arbres/ha	adapté de Messat, 2011	
- Autres feuillus	400	arbres/ha	adapté de Messat, 2011	
<b>Coût technique d'un reboisement</b>				
- d'écartement 3m x 3m (1100 arbres/ha)	5 500	USD/ha	Messat, 2011	
- d'écartement 4m x 4m (625 arbres/ha)	4 000	USD/ha	Messat, 2011	
- d'écartement 5m x 5m (400 arbres/ha)	3 200	USD/ha	Messat, 2011	
<b>Accroissements moyens</b>				
- Résineux (futaie)	2,9	m3/ha/an	IGN, 2013	
- Feuillus (taillis)	1,1	m3/ha/an	IGN, 2013	
<b>Stockage annuel moyen</b>				
- Pinus pinea	311,6	teqCO2	calculé	
- Autres résineux	34,6	teqCO2	calculé	
- Ceratonia siliqua	20,8	teqCO2	calculé	
- Autres feuillus	10,4	teqCO2	calculé	
<b>Autres paramètres</b>				
Taux de survie	50%		estimation	
Densité du bois (résineux)	0,40		FAO, 2010	
Densité du bois (feuillus)	0,50		FAO, 2010	
Ratio tms/teqCO2	1,83			
Facteur d'expansion de biomasse Rés	1,30		FAO, 2010	
Facteur d'expansion de biomasse Feuill	1,40		FAO, 2010	
Facteur d'expansion racinaire	0,27		FAO, 2010	
Hypothèses du scénario REDD+				Source
<b>Surfaces reboisées</b>				
Rythme de reboisement annuel	variable	ha/an	Mitri et al. 2013	
% Résineux	60%		hypothèse	
Résineux	95%		hypothèse	
Autres résineux (cr rapide)	5%		hypothèse	
% Feuillus	40%		hypothèse	
Feuillus	95%		hypothèse	
Autres feuillus (cr rapide)	5%		hypothèse	
<b>Densités de plantation</b>				
- Résineux	1 100	arbres/ha	hypothèse	
- Autres résineux (cr rapide)	1 100	arbres/ha	hypothèse	
- Feuillus	1 100	arbres/ha	hypothèse	
- Autres feuillus (cr rapide)	1 100	arbres/ha	hypothèse	
xxx				
<b>Coût technique d'un reboisement</b>				
- d'écartement 3m x 3m (1100 arbres/ha)	6 390	USD/ha	Messat, 2011	
- d'écartement 4m x 4m (625 arbres/ha)	nd	USD/ha	Messat, 2011	
- d'écartement 5m x 5m (400 arbres/ha)	nd	USD/ha	Messat, 2011	
<b>Accroissements moyens</b>				
- Résineux (futaie)	2,9	m3/ha/an	IGN, 2013	
- Feuillus (taillis)	1,1	m3/ha/an	IGN, 2013	
- Résineux (TCR)	15	m3/ha/an	hypothèse	
- Feuillus (TCR)	15	m3/ha/an	hypothèse	
<b>Autres paramètres</b>				
Taux de survie	95%		hypothèse	
Densité du bois (résineux)	0,40		FAO, 2010	
Densité du bois (feuillus)	0,50		FAO, 2010	
Ratio tms/teqCO2	1,83			
Facteur d'expansion de biomasse Rés	1,30		FAO, 2010	
Facteur d'expansion de biomasse Feuill	1,40		FAO, 2010	
Facteur d'expansion racinaire	0,27		FAO, 2010	



**Annexe 7 : Estimation des quantités de carbone émises dans le scénario de référence "Aménagement du territoire" (scénario de référence).**

Gouvernorat	Surface (ha)	Ville	Surface forêt (ha)	sFeuillus	sRésineux	sMixtes
Beyrouth	2 039	Beyrouth	0,39	0,39	-	-
Mont Liban	203 214	Beyrouth	48 059	35 452	8 272	4 335
		Jbaïl				
Liban Nord	204 385	Tripoli	41 389	30 661	7 560	3 168
Bekaa	427 813	Baalbek	26 798	13 598	9 227	3 973
		Zahlé-Chtaura				
Nabatiyé	111 478	Nabatiyeh	8 953	8 531	194	228
Liban Sud	96 271	Saïda	11 701	10 192	938	570
		Sour				
<b>Total</b>	<b>1 045 200</b>		<b>136 900</b>	<b>98 433</b>	<b>26 192</b>	<b>12 274</b>
				72%	19%	9%

Croissance urb (ha)		CSF urbaine	sF	sR	sM	teqCO2F	teqCO2R	teqCO2M	Urbain
									<b>Total teqCO2</b>
5500	45%	51,1	43	10	5	1 019	770	264	<b>2 053</b>
800	7%	7,4							
1800	15%	16,7	12	3	1	292	233	64	<b>590</b>
800	7%	7,4	8	5	2	178	391	110	<b>679</b>
800	7%	7,4							
800	7%	7,4	7	0	0	167	12	9	<b>189</b>
800	7%	7,4	13	1	1	305	91	36	<b>433</b>
800	7%	7,4							<b>3 943</b>
12 100		112,5	83,2	19,6	9,7				

	F	R	M	Total
Surfaces déforestées	146,9	55,8	22,3	225
VET détruite (USD/an)	37 291	89 189	20 625	147 105
VET détruite (USD)	522 071	1 248 652	288 751	2 059 473

**Annexe 8: Coûts de préparation observés dans les RPP de 41 pays, en milliers de US\$**

Pays	Composantes											
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d	3	4a	4b	6	Total
<b>Argentine</b>	1 780	676		180	3 255	480	535	765	1 515	360	-	9 546
<b>Bhoutan</b>	630	616	329	275	340	265	105	485	1 499	60	8	4 612
<b>Burkina Faso</b>	930	-	2 427	-	1 650	200	115	610	870	560	300	7 662
<b>Cambodge</b>	1 495	600		30	1 240	2 575	175	550	4 040	200	-	10 905
<b>Cameroun</b>	5 275	971	9 020	1 165	1 830	2 094	536	1 590	5 950		480	28 911
<b>Chili</b>	820	1 120	1 070	1 835	2 625	1 410	1 090	1 415	2 030		265	13 680
<b>Colombie</b>	2 140	900	3 450	800	1 200		735	4 177	4 600	330	140	18 472
<b>Congo</b>	2 490	1 520		400	8 590	300	425	655	765	355	-	15 500
<b>Costa Rica</b>	809	410		145	1 790	150	155	642	248		-	4 349
<b>Côte d'Ivoire</b>	3 678	53	2 307	1 314	9 864	1 261	564	838	1 863	506	-	22 247
<b>Ethiopie</b>	780	1 920		660	4 860	1 345	480	2 670	1 170		230	14 115
<b>Fidji</b>	1 108	453	307	270	180	295	427	709	960	141	165	5 015
<b>Ghana</b>	1 443	824		200	1 015	165	177	2 490	590		430	7 334
<b>Guatemala</b>	382	491	1 343	527	2 119	870	185	1 375	2 780	107	25	10 204
<b>Guyana</b>	460	605		85	540	390	340	480	2 850		85	5 835
<b>Honduras</b>	1 422	516	1 172	78	300	255	185	1 023	2 986	571	-	8 508
<b>Indonésie</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kenya</b>	2 084	612		240	4 533	410	175	1 366	740	80	60	10 300*
<b>Laos</b>	1 688	760		60	4 515	1 804	660	85	12 665	1 280	-	23 517*
<b>Libéria</b>	1 540	513	407	1 085	1 830	185	300	455	845	190	280	7 630
<b>Madagascar</b>	779	629		192	387	130	210	1 615	1 446		165	5 554
<b>Mexique</b>	750	1 150		420	6 500	420	600	1 175	12 000		-	23 015
<b>Mozambique</b>	1 649	783	450	380	2 411	570	300	1 698	9 700		100	18 041*

*Analyse coûts-bénéfices de la REDD+ au Liban*

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

**Annexe 9: Estimation des coûts de mise en œuvre du MRV au Liban pour les 10 prochaines années**

NB: unit cost: US\$/ha, total cost: US\$/forest area	Minimum cost		Comment	Maximum cost		Comment	Country cost estimates for monitoring forest C stocks							
	Unit	Total		Unit	Total		Country	Forest area	Cost (US\$/inv)	Cost (US\$/inv/ha)				
<b>==&gt; Cost factors for monitoring land use changes</b>														
Data acquisition (archive for 3 historical dates) (GOFC-GOLF, 2008)	-	-	Landsat (5TM / 7ETM+), 30 m resolution	0,007	21 949	SPOT-5 HRVIR, 10-20 m resolution	Bolivia	58 470 000	333 000			0,006		
Technical equipment and MRV office ressources (TP on costs of MRV, 2009)		120 000					Brazil	477 698 000	2 995 000			0,006		
External expert support for capacity-building (MOLLICONE et al., 2003, HARDCASTLE and BAIRD, 2008)		120 000	10 000 US\$/month during first year		360 000	30 000 US\$/month during first year	Colombia	60 728 000	399 000			0,007		
Internal capacity-building (HARDCASTLE and BAIRD, 2008)		100 000	3 technical staff training at MSc level		140 000	idem	Costa Rica	2 391 000	110 000			0,046		
Human resources for data analysis (for 10 years) (HARDCASTLE and BAIRD, 2008)	85 000	850 000	Rec. costs = 25% of inital costs	216 667	2 166 667	Rec. costs = 33% of inital costs	Guyana	15 104 000	112 000			0,007		
							Mexico	64 238 000	144 000			0,002		
<b>TOT.</b>		<b>1 190 000</b>		<b>TOT.</b>	<b>2 838 616</b>		Peru	68 742 000	466 000			0,007		
<b>==&gt; Cost factors for monitoring forest C stocks</b>							Venezuela	47 713 000	333 000			0,007		
IPCC tier 3 based on sampling strata, with degradation MR (HARDCASTLE and BAIRD, 2008)	0,002	614	5-year period for C stocks monitoring	0,067	18 455	5-year period for C stocks monitoring	Cambodia	10 447 000	110 000			0,011		
							Indonesia	88 495 000	666 000			0,008		
<b>TOT.</b>		<b>614</b>		<b>TOT.</b>	<b>18 455</b>		Malaysia	20 890 000	133 000			0,006		
<b>==&gt; Cost factors for monitoring land use &amp; forest C</b>							Myanmar	32 222 000	110 000			0,003		
							Papua NG	29 437 000	200 000			0,007		
<b>G TOT.</b>		<b>1 190 614</b>		<b>G TOT.</b>	<b>2 857 071</b>		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>	





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)

