RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

ETUDE D'ANALYSE DE CYCLE DE VIE DES BIOCHARS

Table des matières

1. Eléments de contexte et objectifs généraux 3
1.1. Les activités de l'ADEME 3
1.2. Contexte de l'étude 3
1.2.1 Contexte mondial et sectoriel 3
1.2.2 Contexte réglementaire et normatif applicable à la méthodologie ACV 7
1.3. Etat de l'art 9
2. Les attentes de l'ADEME vis-à-vis de la prestation 10
2.1 Finalités et objectifs 10
2.2 Communication prévue 11
3. Contenu détaillé de la prestation 12
3.1 Bibliographie 12
3.2 Méthodologie 12
3.2.1 Définition des objectifs et du champ de l'étude 12
3.2.2 Unité fonctionnelle 13
3.2.3 Les frontières du système 13
3.2.4 Collecte et inventaire 14
3.2.5 Traitement de la multifonctionnalité et des allocations 14
3.2.6 Analyse de sensibilité et d'incertitude 14
3.2.7 Indicateurs d'impact potentiel à caractériser 15
3.3 Revue critique 15
3.4 Compétences attendues 15
4. Organisation et pilotage de la prestation 16
4.1 Encadrement et suivi de la prestation 16
4.1.1. Comité de pilotage (COPIL) 16
4.1.2. Comité consultatif 17
4.2. Calendrier de réalisation des prestations 17
4.2.1 Durée de l'étude 17
4.2.2 Livrables 17
4.3 Publication des données d'inventaire 18
4.4 Partie forfaitaire et partie unitaire 19
4.5 Droits de propriété intellectuelle, confidentialité 19
5. Bibliographie (liste non exhaustive) 20

1. Eléments de contexte et objectifs généraux

1.1. Les activités de l'ADEME

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols… - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de la Transition énergétique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

https://www.ademe.fr/

1.2. Contexte de l'étude

1.2.1 Contexte mondial et sectoriel

Pour atteindre l'objectif mondial fixé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC[1]), une réduction efficace des émissions de gaz à effet de serre (GES) est nécessaire pour parvenir à la neutralité carbone.

Dans la stratégie européenne pour la bioéconomie (2025)[2], sont notamment mises en avant des stratégies autour de la valorisation de la biomasse secondaire non alimentaire et du stockage permanent du carbone biogénique[3].

Pour rappel, la biomasse est définie en droit français comme « **la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales, de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets, notamment les déchets industriels ainsi que les déchets ménagers et assimilés lorsqu'ils sont d'origine biologique »** Elle contribue à l'adsorption du CO_2 pendant sa croissance grâce à la photosynthèse.

[1] https://www.ipcc.ch/ Last report n° 6 in 2023. Report n° 7 in progress and scheduled for 2028
[2] https://commission.europa.eu/news-and-media/news/new-plan-unlock-bioeconomys-potential-2025-11-27_fr
[3] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-removals-and-carbon-farming/crcf-certification-methodologies_en

Cette ressource est clé aujourd'hui pour la fabrication des matériaux biosourcés[4] et pour la production de différents vecteurs d'énergie tels que le biogaz, la chaleur, l'électricité.

La hiérarchie des usages de la biomasse suivante (**Figure 1**) de la SNMB (Stratégie Nationale de Mobilisation de la Biomasse) propose les usages suivants :

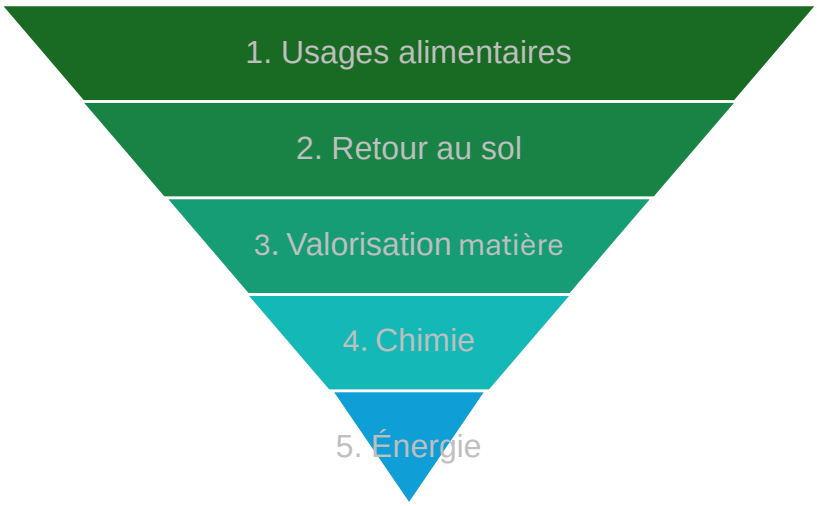


Figure 1. Hiérarchie des usages de la biomasse (SNMB)

Cette valorisation en cascade de la biomasse est un principe de bioéconomie qui consiste à optimiser l'utilisation de la matière organique en fonction des priorités (Figure 1 : 1. Usages alimentaires) jusqu'à la production d'énergie en tout dernier recours (Figure 1 : 5. Énergie).

La France s'est fixée des objectifs ambitieux dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) et de la loi de transition énergétique, notamment pour augmenter la part des énergies renouvelables. Les différents usages de la biomasse selon la **Figure 1** contribuent à une bioéconomie plus résiliente tout en ayant des impacts environnementaux spécifiques.

Cette étude s'intéresse à la valorisation de la biomasse dans le cadre d'un retour au sol (Figure 1 : 2. Retour au sol[5]). Elle s'impose nécessaire pour compléter les travaux autour des usages des biomasses disponibles, anticiper de cette façon les tensions d'approvisionnement actuelles en fonction des gisements disponibles dans le territoire et évaluer les impacts environnementaux associés pour ces usages potentiels.

[4] Un produit biosourcé est un produit partiellement ou entièrement issu de matières végétales, animales, de champignons ou des microorganismes (l'ensemble représentant la biomasse) ; dans le guide « Des produits biosourcés durables pour les acheteurs publics » Édition 2025

[5] On distingue deux types de retour au sol : 1) le retour au sol direct où les résidus sont restitués directement au sol (pas collectés) et 2) le retour au sol indirect (comme le biochar et le digestat)

La biomasse primaire (**Figure 2**) est la biomasse sous sa forme naturelle c'est-à-dire non transformée. Il y a trois types de biomasses : 1) biomasse agricole, 2) biomasse forestière et 3) biomasse aquatique.

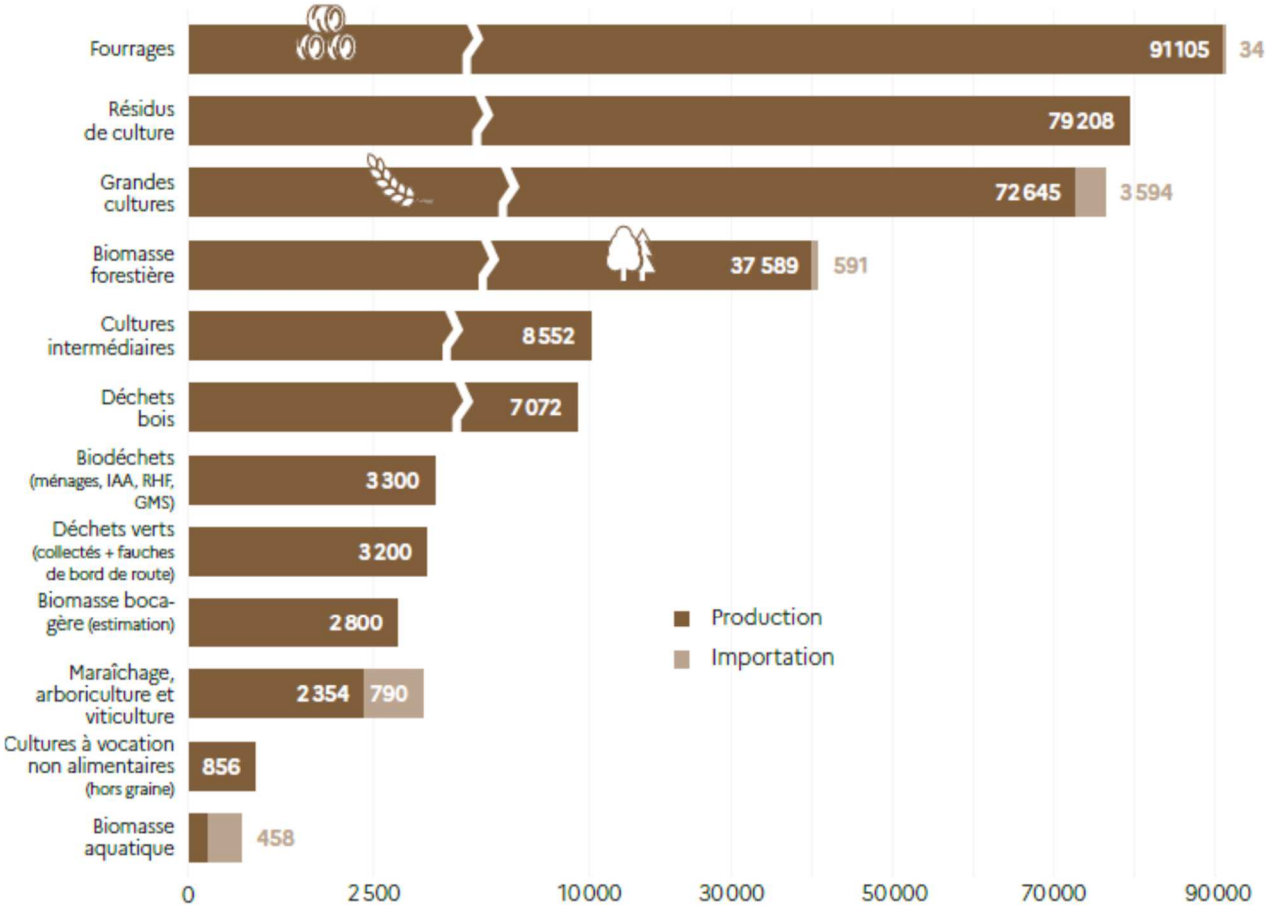


Figure 2. Répartition des ressources françaises en biomasse primaire et en déchets issus de la biomasse par type et origine (en milliers de tonnes de matière sèche par an, production ou importation) (Source : Chiffres Clés de la Biomasse ADEME 2025)[6]

[6] Chiffres Clés Biomasse 2025 https://librairie.ademe.fr/agriculture-alimentation-foret-bioeconomie/8871-chiffres-cles-biomasse-2025.html

La biomasse primaire agricole (**Figure 3**) est prépondérante avec un total de 255 Mt MS/an (82%), suivie par la biomasse forestière et bocagère avec un total de 40 Mt MS/an (13%). Les déchets (biodéchets, déchets verts collectés et fauches de bords de route, déchets bois) représentent 4% (14 Mt MS/an). La répartition de la production nationale de la biomasse agricole est la suivante :



Figure 3. Production nationale de biomasse végétale agricole (en milliers de tonnes de matière sèche par an)

La biomasse dite secondaire est celle issue de la transformation de biomasses primaires et concerne les produits et coproduits de l'élevage, des industries de transformation (agroalimentaire, bois, papier…) ainsi que les déchets issus de la biomasse (biodéchets, déchets bois, déchets verts).

Il est mentionné dans le rapport Chiffres Clés Biomasse (2025) que :

> « *Les exportations de biomasse (primaire ou secondaire) sont parfois liées à un manque de débouchés technico-économiquement pertinents en France. Le développement des filières soutenables de valorisation de la biomasse sur le sol national pourrait conduire à une relocalisation des usages de ces ressources ».*

Le biochar est un solide carboné poreux, produit à partir de matières organiques (végétales ou animales) par pyrolyse — un procédé de décomposition thermique en absence d'oxygène. La biomasse secondaire constitue une ressource potentiellement importante pour la fabrication de nouveaux produits et pour de nouvelles voies de valorisation, les biochars font partie des pistes envisagées.

Le biochar et le marché français

Le biochar[7], selon sa composition, sa structure et implicitement ses propriétés peut être utilisé dans des domaines très variés. On a ainsi différents types de biochars selon l'application ciblée.

Comme amendement agricole, le biochar est envisagé pour i) séquestrer le carbone dans les sols sur le long terme (plusieurs centaines d'années), ii) pour améliorer la rétention de l'eau, et iii) optimiser la disponibilité des éléments fertilisants pour les cultures.

Ces effets varient selon le type de sol, la culture et le type de biochar, et doivent être évalués par des études spécifiques. Toutefois, il est important de noter que les applications ciblées doivent démontrer leurs avantages environnementaux mais aussi économiques avant leur commercialisation et leur adoption à grande échelle.

Selon l'étude de marché effectué par l'European Biochar Industry (EBI) Consortium[8], la capacité de production européenne de biochars en 2024 était de 84 kt et les projections pour 2025 étaient d'environ 114 kt. Ce rapport indique qu'environ 71% de la production est issue des pays suivants : l'Allemagne (25%), les pays nordiques (31%), l'Autriche et la Suisse (15%). Les « autres pays » (29%) qui augmentent leurs activités dans la filière biochar pendant cette période sont l'Espagne, la France et l'Angleterre.

Quelle biomasse pour la production de biochar ?

Dans cette étude, les gisements retenus sont spécifiquement : les résidus de culture, la biomasse secondaire de l'industrie du bois, les déchets bois, les biodéchets (ménages, IAA, RHF, GMS), et la biomasse aquatique (algues). Ce paramètre sur les « types de biomasse mobilisée » sera utilisé (% des différents types mobilisés) pour une analyse de sensibilité (cf partie 3.2.5) dans notre étude.

1.2.2 Contexte réglementaire et normatif applicable à la méthodologie ACV

Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode normée (ISO 14040 et ISO 14044) qui permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit ou d'un service sur l'ensemble de son cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa fin de vie (démolition, recyclage, etc.).

À quoi sert une ACV ?

L'analyse du cycle de vie (ACV) de la production de biochars[9] fait l'objet d'un intérêt croissant dans la littérature scientifique. L'ACV est la méthode de référence normalisée permettant de quantifier les impacts environnementaux de produits ou services. Elle

[8] European Biochar Market Report 2024-2025 - EBI. https://www.biochareurope.eu/resource/market-report-2024-2025

[9] Xiefei Zhu, Claudia Labianca, Mingjing He, Zejun Luo, Chunfei Wu, Siming You, Daniel C.W. Tsang, Life-cycle assessment of pyrolysis processes for sustainable production of biochar from agro-residues, Bioresource Technology, Volume 360, 2022, 127601, ISSN 0960-8524, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127601.

offre ainsi un cadre comparatif rigoureux pour notamment évaluer l'impact des différentes biomasses (intrants) et des technologies de conversion employées.

De plus, l'ACV s'impose comme un d'outil d'aide à la décision pour de nombreux acteurs (industriels, décideurs publics ou privés ...). Elle doit permettre d'orienter certains choix technologiques et/ou stratégiques.

L'ACV permet d'objectiver les impacts potentiels sur les écosystèmes, sur la santé humaine, sur les ressources et d'avoir une vision globale sur les transferts d'impacts éventuels.

Les 4 étapes clés d'une ACV (norme ISO 14040) sont :

1. La définition des objectifs et du champ de l'étude (c.à.d. le cadrage des hypothèses)
2. L'inventaire du cycle de vie
3. L'évaluation des impacts
4. L'interprétation

ACV attributionnelle

Cette étude s'appuie sur une analyse du cycle de vie (ACV) attributionnelle. L'ACV attributionnelle s'intéresse à la chaîne de valeur d'un produit ou d'un service donné. Le système est modélisé au sein d'une technosphère statique : les relations de causalité induites par les évolutions du marché ne sont pas prises en compte. Elle livre ainsi une photographie de l'empreinte environnementale d'une situation donnée à un instant T sans évaluer les conséquences d'une prise de décision.

1.3. Etat de l'art [10]

Il existe différents types de pyrolyse (**Tableau 1**), notamment, la pyrolyse lente avec un temps de séjour plus long qui vise principalement à produire du biochar. La pyrolyse rapide est caractérisée par un chauffage rapide du bois et un temps de séjour court. Il faut noter que les rendements vont varier en fonction des biomasses utilisées et des conditions opératoires du procédé.

Tableau 1. Exemple de caractéristiques et rendements massiques des biochars en fonction des conditions opératoires de la pyrolyse[11]

Pyrolyse	**Conditions**	**Liquide (%)**	**Biochar (%)**	**Gaz (%)**
Rapide	T° ~ 500°C Temps de séjour ~1 s	75	12	13
Modérée	T° ~500°C Temps de séjour~10 – 20 s	50	20	30
Lente	T°~500°C Temps de séjour : 5-30 min	30	**35**	35
Gazéification	T°>750°C Temps de séjour : 10-20 s	5	10	85

La composition chimique, la structure et les propriétés finales du biochar dépendent du type et des caractéristiques de la biomasse utilisée pour les produire (sa composition, taille de particules, etc.) et des conditions de pyrolyse (le temps de séjour, la température, la vitesse de chauffe, le type de réacteur, et de son mode de fonctionnement : intermittent, semi continu, continu).

La biomasse (bois, plantes herbacées, algues, déchets organiques, etc.) est une structure hétérogène complexe composée de cellulose, de lignine et d'autres composants organiques (principalement C, H, N, S et O) et inorganiques qui peuvent représenter plus de 40 % du poids sec (masse anhydre).

La variation de la matière première de pyrolyse, même si elle provient nominalement d'une source unique, est probablement l'une des principales causes de variabilité du rendement et des propriétés du biochar.

[10] L'état de connaissances exhaustif peut être trouvé sur https://librairie.ademe.fr/energies/9046-les-biochars-note-d-experts.html
[11] Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Edité par Johannes Lehmann & Stephen Joseph (2015)

Le biochar est actuellement utilisé dans de nombreuses applications (**Figure 4**), notamment l'amendement des sols, le traitement de l'eau, etc. Les applications récemment mises en avant concernent la production de piles à combustible et de supercondensateurs, l'élimination du goudron, l'absorption des polluants (ex. filtration de l'eau).

Chaque application demande des propriétés structurales et physico-chimiques spécifiques, intimement liées aux biochars considérés. Ainsi, les propriétés du biochar doivent être adaptées à l'application ciblée, nécessitant au préalable une caractérisation détaillée du matériau.

L'institut ITHAKA[12] propose plus d'une cinquantaine d'applications envisagées selon les propriétés des biochars. La **Figure 4** est une représentation résumée et non-exhaustive :



Figure 4. Applications du biochar par secteur (GT Biochar de l'ATEE [13], 2024)

2. Les attentes de l'ADEME vis-à-vis de la prestation

2.1 Finalités et objectifs

La production de biochars à partir de différents types de biomasse (résidus de culture, biomasse secondaire de l'industrie du bois, déchets bois, biodéchets et biomasse aquatique) est une piste à étudier, et cette analyse du cycle de vie (ACV) permettra de quantifier les impacts liés à sa production. Les données de cette étude pourront constituer une base de référence pour les acteurs qui devront intégrer les étapes

[12] 55 Uses of Biochar by Hans-Peter Schmidt
https://www.ithaka-journal.net/en/ct/143-55-uses-of-biochar
[13] Enjeux et potentiels du développement de la filière biochar en France
https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/pdf-actualites/2024.06.27_Note-position-France-BIOCHAR_VF.pdf

d’usage et de fin de vie afin de démontrer l'intérêt environnemental de leurs produits biochars.

La disponibilité de la biomasse (quantité et nature) varie d'une région à une autre en raison du climat, du contexte socio-économique et des spécificités territoriales. Le processus de production de biochar devrait être adapté à la localisation pour un maximum de bénéfices environnementaux.

Dans une perspective de bioéconomie, la production des co-produits du système (bio-huile et gaz de synthèse) et la source d’énergie utilisée pour le réacteur de pyrolyse, devrait être intégrée à l'analyse du cycle de vie (ACV) de la production de biochar.

De plus, une réflexion pourra être menée quant à l’utilisation d’une plus grande proportion d'énergie renouvelable[14] dans la production de biochar.

Objectif général

Cette étude a comme objectif principal l’évaluation des impacts environnementaux associés à la production du biochar pour un usage en amendement au sol, depuis l'approvisionnement en biomasse (les résidus de culture, la biomasse secondaire de l’industrie du bois, les déchets bois, les biodéchets et la biomasse aquatique) jusqu’à la sortie d’usine. L’objectif est d’alimenter la base de données Base Empreinte[15].

Cette évaluation va contribuer à :

a) Connaître les impacts liés à la production de biochars (approvisionnement et procédé)
b) Disposer d'une brique réutilisable et adaptable pour les acteurs de la filière
c) Disposer d'éléments servant de base en vue de la mise en place d'une méthodologie d'évaluation environnementale des biochars
d) Alimenter la base de données Base Empreinte

2.2 Communication prévue

Les travaux menés dans le cadre de cette étude ont vocation à être publiés et mis à disposition d’un public large, non connaisseur, comme d’un public très averti. Il est nécessaire de mettre à disposition du public des éléments scientifiques et techniques relatifs aux impacts liés aux biochars.

Une revue critique de cette étude sera réalisée et elle devra avoir lieu en même temps que l’étude. Les données obtenues seront publiées dans la base de données Empreinte par l’ADEME. L’ensemble des livrables sera considéré comme public mis à disposition sur le site internet de l’ADEME et sur la plateforme GECO. L’ensemble des livrables est détaillé en 4.2.2. Parmi les livrables, un rapport final des travaux et des résultats sera proposé, de 10 à 15 pages max. Elle sera rédigée en français et en

[14] Énergie issue de sources naturelles inépuisables à l’échelle humaine et non fossiles, selon Art. L211-2 du Code de l’énergie (France) / Directive (UE) 2018/2001 (UE)
[15] https://base-empreinte.ademe.fr/

anglais. Un support de présentation de l'étude au format Power Point et PDF sera également mis à disposition de l'ADEME, rédigé en français et en anglais.

3. Contenu détaillé de la prestation

3.1 Bibliographie

La première phase de l'étude correspondra à une revue bibliographique. Cette dernière permettra notamment d'identifier les récentes analyses de cycle de vie relatives aux biochars. Elle viendra compléter la revue déjà réalisée. L'accès à des données de qualité (dont le degré d'incertitude est connu) auprès des industriels sera primordial et le partage de ces données avec l'ADEME indispensable. Afin de garantir la confidentialité de certains procédés, le prestataire retenu devra proposer un système, une méthode qui garantit le partage des données entre l'ADEME et les industriels.

3.2 Méthodologie

3.2.1 Définition des objectifs et du champ de l'étude

L'étude sera structurée autour de plusieurs tâches qui seront définies par le prestataire et pour lesquelles des éléments de réponse seront attendus.

Les différentes tâches possibles porteront, entre autres, sur cette liste qui est non exhaustive :

- La revue bibliographique détaillée en 3.1
- L'inventaire de l'ensemble des biomasses valorisées pour la production de biochars,
- L'inventaire des technologies de transformation de la biomasse en biochars actuelles et en cours de développement, en prenant en compte l'ensemble des intrants,
- L'inventaire des possibles choix de transport des matières premières et des biochars produits,
- Etablir un état des lieux de la filière production biochar au niveau national et mondial,
- Le choix et la caractérisation des indicateurs d'impact,
- L'évaluation des impacts,
- L'interprétation des résultats
- Contribution directe à la Base Empreinte (format csv), qui sera un livrable du projet : Base Empreinte - Format CSV imports - v0.7
- Revue critique

De plus, la méthodologie ACV sera également appliquée à des analyses de sensibilité, en comparaison du scénario principal, de manière à affiner la compréhension de l'influence des différents paramètres (voir 3.2.5) sur le bilan environnemental

3.2.2 Unité fonctionnelle

La présente étude a pour objet la réalisation d'une analyse de cycle de vie pour la production de biochar dont la finalité est l'amendement au sol [16]. L'unité fonctionnelle (UF) correspond à la performance quantifiée d'un système de produits, destinée à être utilisée comme unité de référence dans une ACV. Elle est le fondement crucial relatif aux entrées et aux sorties, fournissant un point de référence.

L'unité fonctionnelle (UF) de cette étude est :

> **Evaluer les impacts environnementaux de la fabrication d'une tonne de biochar avec un contenu de carbone de 85% et une surface spécifique de 400 m^2/g (BET) à partir de biomasses secondaires et pour un usage en amendement au sol.**

Si besoin, cette unité fonctionnelle pourra faire l'objet de discussion entre l'ADEME et le prestataire.

La méthodologie associée et employée pour déterminer le contenu de carbone est la norme ISO 16 948 et celle pour la surface spécifique est la norme ISO 9277.

3.2.3 Les frontières du système

Cette étude est une ACV cradle-to-gate prenant en compte l'approvisionnement en biomasse et sa transformation en biochar de qualité suffisante pour une finalité en tant qu'amendement au sol (voir Figure 5).

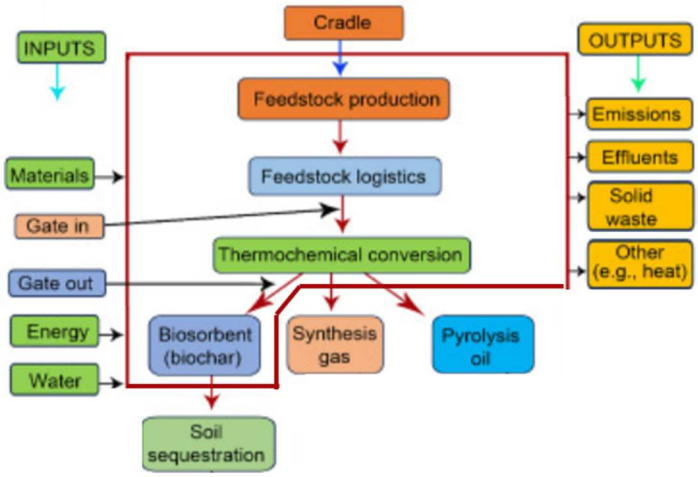


Figure 5. Les frontières du système du berceau à la porte (« cradle to gate ») applicables au biochar comme amendement des sols

[16] Il convient de prêter une attention particulière aux résidus de polluants présents dans les biochars destinés à un amendement au sol.

3.2.4 Collecte et inventaire

Les données directes issues d'applications à grande échelle doivent toujours être privilégiées par rapport aux données indirectes ou aux données issues d'études à plus petite échelle.

En général, les données reflétant les conditions locales réelles sont privilégiées, mais il est difficile de collecter des données pour toutes les unités de traitement. Des sources de données et des informations similaires, issues de la littérature et des bases de données pertinentes, constituent des alternatives envisageables. Il faudra être attentif de ne pas compléter les données manquantes par des données provenant d'autres pays lors de l'analyse du cycle de vie (ACV). Si besoin, la collecte et la sélection de données pourra faire l'objet de discussions entre l'ADEME et le prestataire.

Par ailleurs, les questionnaires, les entretiens et les enquêtes de terrain représentent des méthodes prometteuses pour obtenir les données d'ACV. La collecte de données de terrain, combinée aux statistiques officielles, vont permettre de traiter les incompatibilités du système.

3.2.5 Traitement de la multifonctionnalité et des allocations

Dans le cas des résidus agricoles, leur prélèvement prive la parcelle de deux apports : 1) les éléments minéraux que le résidu contient et 2) la fraction de son carbone qui rejoint l'humus stable.

Un scénario de substitution, devra quantifier ces deux effets et les imputer à la ressource prélevée. Le prestataire pourra s'appuyer sur le travail déjà réalisé dans l'ACV biocarburants de l'ADEME (en cours).

3.2.6 Analyse de sensibilité et d'incertitude

En termes d'analyse de sensibilité et d'analyse d'incertitude, le candidat explicitera dans son offre les méthodes qu'il propose d'employer en matière d'analyse de sensibilité locale et globale, et de propagation de l'incertitude. Les méthodes qui seront employées auront une place primordiale pour départager les candidats et offres.

En ce qui concerne l'incertitude, s'appuyer uniquement sur la méthode Monte-Carlo permettra aux candidats d'avoir la notation la plus faible sur ce critère. Une évaluation en différentiel sera vue comme un élément très positif : le porteur indiquera comment il propose de suivre les préconisations de l'étude réalisée par le LIST pour ScoreLCA sur le sujet. D'autres méthodologies d'analyse d'incertitude pourront être utilisées, comme celles décrites dans le projet INCER-ACV soutenu par l'ADEME.

Des analyses de sensibilité seront réalisées au cours de cette étude telles que : 1) la mixité à partir de différents types de biomasses, 2) le mix énergétique, 3) le type de technologie (valorisation de co-produits), 4) la distance d'approvisionnement ainsi que d'autres paramètres qui seront discutés avec l'ADEME et déterminés avec le comité de pilotage.

Ils pourront concerner : les méthodes d'allocation, les types d'intrants et rendement de conversion, le changement d'échelle entre les données disponibles seulement à l'échelle démonstrateur aujourd'hui ou les données réelles à l'échelle industrielle.

Les résultats seront mis en perspective avec ceux obtenus dans la littérature.

3.2.7 Indicateurs d'impact potentiel à caractériser

Selon ISO 14044, la sélection des catégories d'impacts, des indicateurs de catégorie et des modèles de caractérisation à utiliser dans la méthodologie d'analyse de l'inventaire du cycle de vie doit :

- être cohérente par rapport à l'objectif de l'étude
- être justifiée et cohérente avec les objectifs et le champ de l'ACV
- refléter un ensemble complet de problèmes environnementaux relatifs au système de produits étudié, en tenant compte des objectifs et du champ de l'étude

Le choix des indicateurs et de la méthode de calcul associé est primordial car cela conditionne les conclusions et recommandations de l'étude ACV qui est réalisée.

Dans le cas général, il est exigé d'utiliser la méthode de caractérisation Impact World +, qui permet notamment de calculer des indicateurs dits « End Point » ou de dommages potentiels sur l'environnement. Ces indicateurs sont peu robustes en eux-mêmes, mais ils permettent une mise en relief des résultats midpoint de l'étude, que d'autres méthodes ne permettent pas ou pas avec une base scientifique. Il s'agit donc de la meilleure façon disponible de hiérarchiser les enjeux midpoint, en gardant beaucoup de recul et de regard critique sur les Endpoint employés.

Les résultats en dommages potentiels seront utilisés par le candidat pour l'aider dans son analyse des principaux impacts midpoint. Des indicateurs pourront être proposés par le prestataire. Dans tous les cas, les indicateurs de flux seront systématiquement présentés à part, notamment dans les graphiques, et les doubles comptages associées seront systématiquement rappelés.

3.3 Revue critique

Une revue critique sera réalisée en conformité avec les normes en vigueur ISO 14040 et 14044. La revue sera prioritairement externe avec rapport de revue critique publique. Les frais relatifs à cette revue critique seront pris en charge par l'ADEME et ne sont donc pas à prendre en compte dans le cadre de la présente prestation, hormis ceux relatifs à la prise en compte des commentaires du comité de revue.

3.4 Compétences attendues

Le prestataire devra mettre en avant plusieurs compétences nécessaires à la bonne réalisation de cette étude :

- Connaissances méthodologiques et haut niveau d'expertise pour la réalisation d'analyses de cycle de vie, en particulier dans le secteur de la biomasse et de la pyrolyse

- Connaissance de la filière biochar, au niveau national et international, en particulier les chiffres clés de la biomasse et les procédés de transformation (pyrolyse)
- Cadrage, dimensionnement et priorisation des travaux selon les objectifs de l'étude
- Compétences rédactionnelles et esprit de synthèse

4. Organisation et pilotage de la prestation

4.1 Encadrement et suivi de la prestation

L'étude est conduite et coordonnée par la Cellule Bois, Biosourcés et Biocarburants (C3B) de l'ADEME, au sein de la DBER (Direction Bioéconomie et Energies Renouvelables).

Le prestataire soumettra à l'ADEME pour approbation l'ensemble des résultats et documents produits pour la réalisation de l'ACV. Il assurera le secrétariat des réunions : ordre du jour minuté, rédaction et diffusion des comptes-rendus et des présentations Power Point.

Plusieurs comités suivront cette étude, de plus ou moins près en fonction de leur niveau d'expertise et leur implication dans l'étude :

- Un comité de pilotage, à vocation technique, garantissant la tenue des délais, l'organisation des réunions et de la répartition des tâches, etc.
- Un comité consultatif, plus large
- Un comité de revue critique composé d'experts indépendants de l'étude

4.1.1. Comité de pilotage (COPIL)

L'étude sera pilotée par l'ADEME qui s'appuiera sur un comité de pilotage réunissant des représentants de l'ADEME et des chercheurs spécialisés dans le domaine. La composition du COPIL sera définie par l'ADEME. Ce comité a une vocation technique : suivi du déroulé des travaux, choix des hypothèses et orientation de la collecte des données vers les industriels / acteurs de la filière.

Avant chaque réunion du comité de pilotage, un document de préparation de la réunion et de description de l'avancée des travaux (sous format Power Point) sera remis par courriel au moins 7 jours avant la tenue de la réunion au représentant de l'ADEME pour discussion et validation, avant envoi au comité de pilotage au minimum 3 jours avant la tenue de la réunion. Pour chacune de ces réunions, la présentation devra être faite par toute ou partie des personnes ayant réalisé et participé à l'étude. Ce document de préparation de la réunion (ordre du jour minuté) décrira l'avancée des travaux et mettra en avant les éléments à débattre. Il sera discuté et amendé lors des réunions.

Les comptes-rendus des réunions des comités de pilotage seront diffusés par le prestataire dans les 15 jours qui suivent la réunion. Ces comptes-rendus auront été préalablement validés par les membres du comité.

Ce comité de pilotage se réunira le nombre de fois nécessaire et au moins pour les occasions suivantes :

- Une réunion de lancement
- Des réunions intermédiaires tous les 3 mois pour débattre des avancées de l'étude
- Une réunion finale de présentation des résultats lors de la remise du rapport final provisoire. Cette réunion sera l'occasion de présenter les résultats et de discuter le rapport final provisoire transmis par le prestataire en amont de la réunion

Des réunions téléphoniques ou en visio mensuelles avec l'ADEME permettront d'assurer le suivi de l'étude en complément des réunions avec le comité de pilotage (la fréquence de ces réunions pourra cependant évoluer en fonction des besoins et de l'avancée des travaux).

4.1.2. Comité consultatif

Il sera composé de représentants d'organismes divers : ADEME, monde académique, filières professionnelles et instituts techniques.

Ce comité se réunira a minima 2 fois, au démarrage de l'étude ainsi qu'à l'issue des travaux.

4.2. Calendrier de réalisation des prestations

4.2.1 Durée de l'étude

La durée de réalisation de l'étude est fixée à **12 mois** à partir de la date de notification du marché (9 mois de réalisation et 3 mois de relecture et validation finale, sans inclure les remarques du rapport de revue critique). La valorisation des données dans la base de données Base Empreinte sera incluse dans la durée contractuelle de réalisation des travaux.

Le prestataire devra présenter un planning des opérations sous la forme d'un diagramme de Gantt (avec un découpage par phase) et positionner les dates clés de présentation des résultats par phase. Le prestataire devra garantir le respect des délais qu'il propose. Un rapport intermédiaire incluant les premiers résultats sera fourni à T0 + 6 mois.

Lors du déroulement de l'étude, en cas de dérive du planning sans raison d'un motif impérieux, le prestataire devra en informer dans les plus brefs délais l'ADEME et apporter des solutions.

4.2.2 Livrables

La langue de travail sera le français et si besoin l'anglais pour certains documents scientifiques.

La prestation conduira à la production des documents suivants :

- Un rapport final provisoire en français (T0 + 9 mois) de 15 à 20 pages : le contenu précis sera proposé par le prestataire. Ce rapport contiendra la bibliographie, la méthode de questionnement et de collecte des données, l'ensemble des résultats obtenus, les limites et contraintes rencontrées, les bases de données et les outils de simulation. Il sera accompagné de l'ensemble des fichiers numériques intégrant des éléments de l'étude et d'une présentation ppt synthétique associée.
- Une synthèse en français et en anglais, de 3 à 5 pages
- Un diaporama en français et en anglais d'une quinzaine de slides présentant les hypothèses, la méthode et les principaux résultats de manières succincte
- L'ensemble des bases de données de l'inventaire de cycle de vie
- L'ensemble des graphiques au format Excel

Tous les livrables seront transmis dans un format informatique modifiable (Word, Powerpoint, Excel, …).

La mise en forme de tous les livrables doit répondre à la charte graphique de l'ADEME de façon à être directement diffusable par l'ADEME, notamment via son site Internet. La charte graphique à respecter sera fournie au prestataire par l'ADEME dès la signature du marché liant le prestataire à l'ADEME. Cette charte est susceptible de modifications durant la validité du marché.

L'ensemble des résultats sera propriété de l'ADEME.

4.3 Publication des données d'inventaire

Une des principales valeurs ajoutées d'une ACV est la collecte de nouvelles données. Pour que ces données soient réutilisées – et réutilisables facilement, il n'est pas suffisant de publier l'inventaire, il est également nécessaire de soumettre ces données aux porteurs de bases d'inventaire, afin que les utilisateurs de logiciels d'ACV y aient accès pour de futurs travaux.

Afin de fournir un niveau suffisant de transparence (cf. ISO), permettant à la fois d'assurer une reproductibilité minimale de l'étude, et donc par exemple sa mise à jour dans le temps, et de contribuer à l'augmentation des connaissances :

- L'inventaire sera rendu public dans le rapport d'étude, conformément à l'ISO ; le niveau de désagrégation de l'inventaire sera déterminé en cours d'étude avec les partenaires en fonction du niveau de confidentialité des données collectées, et avec l'objectif de le maximiser ;
- L'ensemble des données sera intégré à la base Empreinte de l'ADEME, par l'ADEME (https://base-empreinte.ademe.fr/).

4.4 Partie forfaitaire et partie unitaire

Une Analyse de Cycle de Vie est par nature incrémentale : le niveau d'approfondissement de l'inventaire ne peut par exemple pas être totalement anticipé, et des collectes de nouvelles données spécifiques peuvent apparaître nécessaires en cours d'étude (cf. ISO).

Pour répondre aux besoins apparaissant en cours d'étude, l'annexe financière est construite avec une partie forfaitaire et une partie unitaire permettant de s'ajuster aux besoins.

- La partie forfaitaire inclut notamment les points suivants :
  - ✓ Définition des objectifs et du champ de l'étude
  - ✓ Unité fonctionnelle
  - ✓ Les frontières du système
  - ✓ Collecte et inventaire
  - ✓ Quantification des impacts environnementaux
  - ✓ L'analyse de sensibilité concernant les éléments suivants : 1) la mixité à partir de différents types de biomasse, 2) le mix énergétique, 3) le type de technologie (valorisation de co-produits), 4) distance d'approvisionnement
  - ✓ Indicateurs d'impact potentiel à caractériser
- La partie unitaire concernera notamment :
  - ✓ La collecte d'une donnée supplémentaire (2 données max)
  - ✓ La réalisation d'une analyse de sensibilité complémentaire (3 analyses max)
  - ✓ La réalisation d'un scénario alternatif complémentaire (2 scénarios max)
  - ✓ La tenue d'un COPIL supplémentaire (1 COPIL max)

4.5 Droits de propriété intellectuelle, confidentialité

Le prestataire technique est mandaté par l'ADEME et par elle seule. **Toutes les réunions et les informations collectées seront tenues confidentielles par le prestataire**.

Tous les résultats seront la propriété de l'ADEME. L'acceptation par le prestataire de ce cahier des charges implique de sa part la cession totale à titre gratuit de tous ses droits, intellectuels ou autres sur l'ensemble de cette prestation et des livrables et s'assure de tous droits d'utilisation libre des informations par l'ADEME.

La totalité des résultats de la présente étude seront la propriété de l'ADEME qui s'engage à ne pas divulguer d'informations confidentielles recueillies auprès des entreprises et des collectivités.

5. Bibliographie (liste non exhaustive)

Organisation internationale de normalisation. (2006). Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre (Norme ISO n° 14040:2006). https://www.iso.org/fr/standard/37456.html

ISO (2006). ISO 14044:2006 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie- Exigences et lignes directrices. Organisation internationale de normalisation.

https://base-empreinte.ademe.fr/

https://www.ipcc.ch/ Last report n° 6 in 2023. Report n° 7 in progress and scheduled for 2028

https://commission.europa.eu/news-and-media/news/new-plan-unlock-bioeconomys-potential-2025-11-27_fr

https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-removals-and-carbon-farming/crcf-certification-methodologies_en

Chiffres Clés Biomasse 2025 https://librairie.ademe.fr/agriculture-alimentation-foret-bioeconomie/8871-chiffres-cles-biomasse-2025.html

European Biochar Market Report 2024-2025 - EBI.
https://www.biochareurope.eu/resource/market-report-2024-2025

Xiefei Zhu, Claudia Labianca, Mingjing He, Zejun Luo, Chunfei Wu, Siming You, Daniel C.W. Tsang, Life-cycle assessment of pyrolysis processes for sustainable production of biochar from agro-residues, Bioresource Technology, Volume 360, 2022, 127601, ISSN 0960-8524, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127601.

https://librairie.ademe.fr/energies/9046-les-biochars-note-d-experts.html

Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Edité par Johannes Lehmann & Stephen Joseph (2015)

55 Uses of Biochar by Hans-Peter Schmidt
https://www.ithaka-journal.net/en/ct/143-55-uses-of-biochar

Enjeux et potentiels du développement de la filière biochar en France
https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/pdf-actualites/2024.06.27_Note-position-France-BIOCHAR_VF.pdf