



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Ecoconception des produits bois construction (Plan Bois IV)

Guide d'écoconception



Financé par :

CODIFAB

Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois




**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 4 |
| 1 Conduite d'une démarche d'écoconception | 5 |
| 1.1 Cadrage de la démarche | 6 |
| 1.2 Evaluation environnementale initiale | 6 |
| 1.3 Recherche de pistes d'écoconception | 6 |
| 1.4 Sélection parmi les pistes identifiées | 6 |
| 1.5 Communication | 7 |
| 2 Filière bois : Identification des postes impactants | 8 |
| 3 Développer l'utilisation de colles et résines biosourcées | 9 |
| 3.1 Colles pour bois de structure | 9 |
| 3.2 Colles pour panneaux | 10 |
| 3.2.1 Ecoconception d'une colle pour panneau de bois | 10 |
| 3.2.2 Exemples d'éco-conception de colles pour panneaux réussie | 12 |
| 3.3 Témoignage : Projet RESPIRE : développement de colle biosourcée pour panneaux par Evertree | 13 |
| 3.4 Gain CO ₂ potentiel en cycle de vie | 14 |
| 3.4.1 BLC | 15 |
| 3.4.2 CLT | 15 |
| 3.4.3 CP | 15 |
| 4 Améliorer la logistique des approvisionnements et livraisons | 16 |
| 4.1 Etat des lieux | 16 |
| 4.1.1 Approvisionnement des bois depuis la forêt | 16 |
| 4.1.2 Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation | 16 |
| 4.1.3 Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation | 17 |
| 4.2 Pistes et préconisations d'amélioration | 18 |
| 4.2.1 Animer la relation fournisseurs / transporteurs | 18 |
| 4.2.2 Harmonisation des tailles de palettes sur les produits standards | 18 |
| 4.2.3 Anticipation et communication sur les produits sur mesure | 19 |
| 4.2.4 Mise en place d'une procédure de contrôle | 19 |
| 4.2.5 Amélioration de la traçabilité de la gestion des stocks et des processus informatiques | 19 |
| 4.2.6 Conduite d'une étude de faisabilité transport pour les livraisons sur chantier | 20 |
| 4.2.7 Conception de conditionnements pour les composants additionnels/accessoires et amélioration de leur traçabilité | 20 |
| 4.2.8 Amélioration du taux de remplissage sur certains flux / clients | 20 |
| 4.2.9 Utilisation du transport multimodal pour le préacheminement des expéditions hors Europe continentale | 21 |
| 4.2.10 Optimisation de la planification des tournées | 21 |
| 4.2.11 Travail sur la provenance des matières premières | 21 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2.12 | Amélioration du taux de remplissage en expédition ; synergies avec les autres sites | 22 |
| 4.2.13 | Amélioration du taux de remplissage en réception et synergies avec les autres sites | 22 |
| 4.2.14 | Mise en place d'une gestion des stocks centralisée | 23 |
| 4.2.15 | Réflexion sur la complémentarité des sites et les zones de chalandise | 23 |
| 4.3 | Gain CO ₂ potentiel en cycle de vie | 23 |
| 4.3.1 | Charpente industrielle | 23 |
| 4.3.2 | Charpente traditionnelle | 24 |
| 4.3.3 | Mur à ossature bois | 24 |
| 4.3.4 | Fenêtre bois | 24 |
| 4.3.5 | Panneau de contreplaqué (pin maritime et résine phénolique) | 25 |
| 4.4 | Témoignage : Transport fluvial dans la construction bois : l'exemple de Cuiller Frères et Sogestran | 25 |
| 5 | Améliorer la performance énergétique et carbone des process | 27 |
| 5.1 | Principaux usages énergétiques | 27 |
| 5.1.1 | Moteurs électriques | 27 |
| 5.1.2 | Aspiration | 28 |
| 5.1.3 | Séchage | 29 |
| 5.1.4 | Air comprimé | 30 |
| 5.2 | Pour aller plus loin | 31 |
| 5.2.1 | Production d'énergie biomasse | 31 |
| 5.2.2 | Production d'énergie solaire photovoltaïque | 31 |
| 5.2.3 | Monitoring de l'énergie | 32 |
| 5.3 | Gain CO ₂ potentiel en cycle de vie | 33 |
| 5.3.1 | Charpente industrielle | 33 |
| 5.3.2 | Charpente traditionnelle | 33 |
| 5.3.3 | Poutre en I âme OSB | 34 |
| 5.3.4 | Fenêtre bois | 34 |
| 5.3.5 | Poutre en bois lamellé-collé (BLC) | 35 |
| 5.3.6 | Plancher solivage bois | 35 |
| 5.3.7 | Panneau lamellé-croisé (CLT) | 35 |
| 5.3.8 | Panneau de contreplaqué | 36 |
| 5.3.9 | Porte extérieure en bois | 36 |
| 5.4 | Témoignages | 37 |
| 5.4.1 | Projet Green Energy : installation de nouveaux sècheurs chez Swiss Krono | 37 |
| 5.4.2 | Réduire sa consommation énergétique en réorganisant le temps de travail : l'exemple de MDB | 38 |
| 6 | Annexes | 39 |
| | Annexe 1 : Les aides financières disponibles | 39 |
| | Annexe 2 : Certificats d'économies d'énergie | 40 |
| | Annexe 3 : Priorisation des actions de logistique et feuille de route | 41 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Les 5 étapes d'une démarche d'écoconception (adapté de EVEA)..... | 5 |
| Figure 2 – FlexiMale chargée sur une barge fluviale | 26 |
| Figure 3 – FlexiMale chargée sur le camion et saisie par un engin de manutention classique | 26 |
| Figure 4 – Graphique illustrant un exemple de suivi de rendement d'air comprimé (DELTACONSO EXPERT) ... | 33 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Identification des processus impactants par poste et par typologie de produit | 8 |
| Tableau 2 – Indicateurs de caractérisation du flux d'approvisionnement des bois depuis la forêt..... | 16 |
| Tableau 3 – Indicateurs de caractérisation du flux d'approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation vers le client final | 17 |
| Tableau 4 – Synthèse de l'action « Installation de moteurs électriques de classe IE4 » | 28 |
| Tableau 5 – Synthèse de l'action « Remplacement des organes de distribution »..... | 28 |
| Tableau 6 – Synthèse de l'action « Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs d'aspiration » | 29 |
| Tableau 7 – Synthèse de l'action « Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs de ventilation » | 30 |
| Tableau 8 – Synthèse de l'action « Production d'énergie solaire photovoltaïque » | 32 |
| Tableau 9 – Indicateurs de performance énergétique couramment utilisés | 32 |
| Tableau 10 - Synthèse de l'action « Monitoring de l'énergie » | 33 |
| Tableau 11 – Exemple de grille de priorisation pour la mise en place d'actions d'amélioration appliqué aux pistes d'amélioration logistique | 42 |

Introduction

La réglementation environnementale RE2020 en France renforce une concurrence inter-matériaux sur le volet environnemental. Chaque filière de produits progresse et la filière bois doit également être dans cette dynamique, afin de rester en cohérence avec la performance de ses produits. Le bois dispose d'un intérêt environnemental reconnu des acteurs du bâtiment au travers d'un avantage objectif sur certains sujets comme le carbone. Les avancées des filières concurrentes visent à réduire cet avantage. Il est donc nécessaire de faire progresser la performance environnementale des produits bois construction, notamment au travers de l'écoconception.

L'étude APEBOIS, menée par FCBA pour le CODIFAB en 2019-2020 a permis d'identifier des pistes d'écoconception transverses aux différentes familles de produits bois construction. Au terme de cette étude, trois pistes d'écoconception ont été jugées prioritaires et ont été approfondies dans le cadre d'un nouveau projet : les colles biosourcées, l'amélioration des flux logistiques et la réduction des consommations énergétiques des procédés de fabrication. Pour chacune de ces pistes, le projet a consisté à déterminer leurs conditions techniques de mise en œuvre, leurs caractéristiques économiques et leur potentiel de progrès environnemental. Objectif final du projet, le présent rapport est un guide visant à diffuser collectivement aux entreprises les recommandations d'écoconception accessibles, pour favoriser leur mise en œuvre.

Ce guide se découpe en 5 chapitres. Le premier chapitre propose une méthodologie de mise en œuvre d'une démarche d'écoconception en entreprise. La section suivante détaille la phase préliminaire d'identification des postes impactants, réalisée dans le but de connaître la part que représente chaque poste dans l'impact du cycle de vie des produits de construction bois, afin d'identifier les postes prioritaires. Le troisième chapitre concerne l'enjeu du développement de colles biosourcées ; il détaille par typologie d'usage de colle (bois de structure et panneaux) les avancées, voire les solutions existantes à ce jour. Un témoignage est également à retrouver à cette section. Le chapitre suivant a trait à l'amélioration des flux logistiques en approvisionnements et livraisons. En réponse à cet enjeu, un cabinet d'études spécialisé a été mandaté pour réaliser plusieurs audits auprès d'entreprises de la filière. La compilation des résultats d'audits a permis l'établissement d'un état des lieux de l'existant, ainsi que la rédaction d'une liste de préconisations chiffrées économiquement et environnementalement. Enfin, le dernier chapitre de ce rapport traite le sujet de l'amélioration de la performance énergétique et carbone des entreprises. Un second cabinet d'études spécialisé a été mandaté pour la réalisation de diagnostics énergétiques de procédés, au terme desquels une feuille de route a été rédigée, comprenant entre autres des analyses énergétiques par usage, des pistes d'améliorations ou des informations sur les financements disponibles.

1 Conduite d'une démarche d'écoconception

La figure ci-dessous illustre les 5 étapes d'une démarche d'éco-conception.

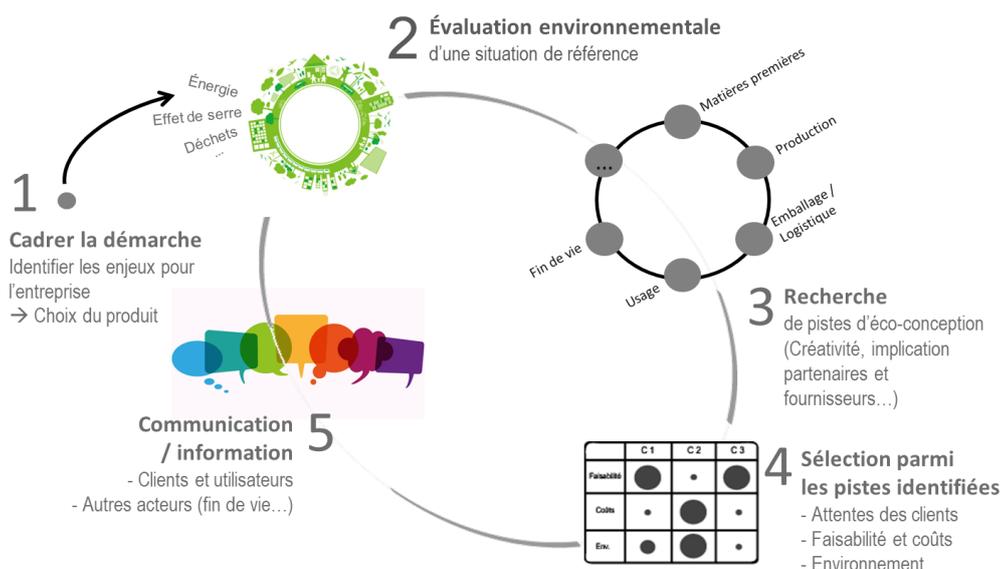


Figure 1 : Les 5 étapes d'une démarche d'écoconception (adapté de EVEA)

1.1 Cadrage de la démarche

Cette étape consiste à identifier :

- l'équipe qui va travailler sur le projet : une implication large permet d'éviter les blocages et augmente les chances de succès, chacun peut identifier des freins qu'il est important de lever et chacun peut être apporteur de solutions d'écoconception qu'il est intéressant de partager ;

- le porteur de projet, souvent un poste technique et transversal ;

- le produit pilote sur lequel l'entreprise va travailler, il peut s'agir d'un produit nouveau pour lequel l'entreprise part d'une « feuille blanche » ou bien au contraire d'un produit bien connu pour lequel seules des améliorations sont envisagées ;

- l'ambition d'écoconception : en fonction de la situation, il peut s'agir d'une simple amélioration (dimensionnelle, substitution de matière), d'un changement de mode de production, voire d'un changement de business model (passage de la vente de produit à la location de services). Plus l'ambition est importante, plus le temps d'écoconception est long et les risques élevés, mais les bénéfices sont alors aussi plus importants ;

- les enjeux : identifier les enjeux pour l'entreprise permet de limiter les risques et de saisir les opportunités ; les enjeux peuvent être notamment réglementaires ou normatifs (anticiper les évolutions), économiques, concurrentiels (mettre en avant l'entreprise et ses produits), internes (améliorer la communication en entreprise, fédérer les équipes) ;

- les outils / méthodes : il existe divers outils pour faire de l'écoconception, des outils assez simples d'utilisation comme des checklists, ou des outils plus complexes comme la réalisation d'Analyses de cycle de vie. Le choix de l'outil et des méthodes (suivi d'une norme de référence, suivi des critères d'attribution d'un écolabel) dépend des choix de l'équipe, du souhait d'être autonome ou de sous-traiter (par exemple l'évaluation environnementale initiale) et de l'ambition du projet.

1.2 Evaluation environnementale initiale

Cette étape consiste en la réalisation de l'évaluation environnementale initiale du produit existant s'il s'agit d'une amélioration, ou bien du prototype s'il s'agit d'un nouveau produit.

Cette évaluation est réalisée à l'aide de l'outil d'évaluation retenu.

L'évaluation initiale va permettre d'identifier où sont les impacts importants du produit afin d'essayer de les réduire. Les leviers d'écoconception sont au croisement des postes impactants du produit et des marges de manœuvre accessibles.

Le travail présenté au chapitre 2 de ce guide correspond à cette étape pour les produits de construction bois. Celui-ci a été réalisé sur la base de FDES collectives, c'est-à-dire pour des produits de construction bois moyens. Il pourrait, si besoin, être réalisé de manière plus spécifique sur un produit particulier.

1.3 Recherche de pistes d'écoconception

À la suite de la présentation des résultats de l'évaluation environnementale initiale, l'ensemble de l'équipe projet se réunit pour proposer des solutions améliorant le bilan environnemental du produit. Des personnes extérieures comme des fournisseurs, des clients, des partenaires peuvent aussi être conviés.

A cette étape, il ne faut pas brider les idées pour des raisons économiques ou autre. En effet, si on évoque le choix d'un remplacement par une matière plus onéreuse, cette solution une fois mise en œuvre pourrait s'avérer au global moins chère car permettant d'autres économies au moment de la mise en œuvre ou de l'usage.

Pour chacune des options envisagées, il faudra collecter les informations permettant d'évaluer ces solutions par les outils d'évaluation environnementale utilisés pour l'évaluation environnementale initiale.

1.4 Sélection parmi les pistes identifiées

Il s'agit là d'évaluer les différentes options d'écoconception envisagées, afin de déterminer, du point de vue environnemental, la solution la plus prometteuse.

Lorsque plusieurs solutions s'avèrent intéressantes, elles peuvent être mises en œuvre en simultanée. Si un choix devient nécessaire au travers de solutions non cumulables, d'autres critères de décision peuvent entrer en ligne de compte : facilité de mise en œuvre, coût etc...

1.5 Communication

Cette étape est facultative et dépend de la stratégie de l'entreprise. Certaines entreprises choisissent de communiquer pour mettre en avant leur image et leurs produits, d'autres préfèrent ne pas communiquer pour acquérir un savoir-faire et des réflexes en matière d'éco-conception sans éveiller la concurrence.

Il existe 3 types de communications environnementales : les auto-déclarations, les écolabels et les communications basées sur des résultats d'ACV.

Dans tous les cas, la communication doit être pertinente, exacte, utile pour celui à qui elle s'adresse. Elle doit également être vérifiable ; on doit avoir des preuves des allégations environnementales annoncées.

Une auto-déclaration est une allégation environnementale faite sous la responsabilité du fabricant qui l'appose sur son produit. La norme ISO 14021 définit des termes et des logos couramment employés dans les communications environnementales afin que ces derniers soient utilisés à bon escient. Depuis 2013, les fabricants de produits de construction ne peuvent plus faire d'auto-déclaration sans faire aussi une FDES (Fiche de déclaration environnementale et sanitaire).

Pour certains produits, des écolabels existent. En France, les programmes d'écolabels les plus connus sont l'écolabel français et l'écolabel européen¹. Pour apposer un écolabel sur un produit, il faut respecter un cahier des charges intégrant des caractéristiques techniques et environnementales. Cette démarche est validée par un auditeur indépendant, c'est une démarche payante.

Les communications basées sur des résultats d'ACV sont par exemple les FDES pour les produits de construction et les PEP (profils environnementaux de produits pour les produits électriques et électroniques) . Ces deux communications sont basées sur des résultats d'ACV et sont réalisées selon les normes EN 15804+A2 (1) et NF EN 15804+A2/CN (2) et sont vérifiées par un vérificateur habilité du programme INIES².

¹ <https://www.ecolabels.fr/>

² INIES est une base de données regroupant les FDES et les PEP (<https://www.inies.fr/>)

2 Filière bois : Identification des postes impactants

Dans le but de connaître la part de chaque poste (colle/logistique/énergie) dans l'impact du cycle de vie des produits de construction bois, une phase préliminaire d'identification des processus impactants a été réalisée. Ce travail s'est basé sur les modélisations et données issues des projets de réalisation de FDES collectives de produits de construction bois passés. Les produits étudiés sont les suivants :

- Charpentes,
- Murs ossature bois,
- Poutres en I,
- Fenêtres,
- Poutres lamellé collé,
- Planchers,
- CLT,
- Contreplaqué,
- Portes extérieures.

Les étapes du cycle de vie considérées vont de l'extraction des matières premières jusqu'au transport des produits finis vers le chantier. Une reprise des modélisations existantes a été nécessaire pour plusieurs raisons :

- Le découpage des résultats de FDES par modules (A1, A2, A3, A4) est adapté et conforme à la réalisation de FDES mais ne convient pas pour identifier précisément les processus impactants,
- Ce constat est d'autant plus vrai que les produits sont complexes (par exemple lorsque différents types de bois sont considérés en composition, ou bien lorsque plusieurs étapes intermédiaires de transformation sont nécessaires avant l'obtention du produit fini),
- Certains produits étant constitués de produits intermédiaires (panneaux, carrelets, avivés) importés, les différentes origines ont été différenciées afin de se concentrer sur les leviers d'amélioration des produits bois fabriqués en France à partir de bois français.

Ce travail a permis de confirmer que les 3 postes (colle, logistique et énergie) sont bien des postes impactants, de manière transversale pour tous les produits étudiés. Les résultats ont aussi permis de définir vers quels types de productions allait s'orienter la suite du projet.

Le tableau de synthèse ci-dessous présente pour chaque produit étudié les processus impactants identifiés, par poste d'étude.

Tableau 1 : Identification des processus impactants par poste et par typologie de produit

| Produit | Colles | Logistique Étapes de transport | Énergie Étapes de fabrication |
|---|-----------------------------------|--|--|
| Charpente industrielle | - | Du fabricant au chantier | Sciage en scierie |
| Charpente traditionnelle | - | De la forêt à la scierie De la scierie au fabricant Du fabricant au chantier | Sciage en scierie |
| Mur à ossature bois | Production de la colle du panneau | Du fabricant au chantier | - |
| Poutre en I âme OSB | Production de la colle du panneau | - | Sciage en scierie |
| Fenêtre bois | - | Du fabricant au chantier | Fabrication des carrelets Fabrication de la fenêtre |
| Poutre en bois lamellé collé (BLC) | Production de la colle | De la forêt à la scierie De la scierie au fabricant | Sciage en scierie |
| Plancher en bois pour maisons individuelles | - | De la forêt à la scierie De la scierie au fabricant | Sciage en scierie Usinage des composants |
| Panneau en bois lamellé croisé (CLT) | Production de la colle | De la forêt à la scierie | Sciage en scierie |
| Panneau contreplaqué en pin maritime et résine phénolique | Production de la colle | De la forêt au fabricant Du fabricant au distributeur | Fabrication des placages |
| Porte extérieure en bois | - | - | Fabrication de la porte |

Les parties 3.4, 4.3 et 5.3 illustrent ce que la mise en œuvre de recommandations d'écoconception peut donner en termes de gains CO₂ en cycle de vie. Attention, du fait de synergies entre les différentes voies d'écoconception, il n'est pas possible de sommer les gains environnementaux de différentes pistes pour avoir le gain global, qui est souvent plus faible que la somme des gains potentiels de chaque piste.

3 Développer l'utilisation de colles et résines biosourcées

3.1 Colles pour bois de structure

Dans la filière bois, l'assemblage ou la reconstitution par collage de bois massifs permet de surmonter certaines limites naturelles du matériau et d'obtenir des produits de performances mécaniques, fiabilité et stabilité dimensionnelle accrues, tout en améliorant les rendements en matières premières. Les colles utilisées sont essentiellement pétrosourcées et sont, par ordre d'importance en termes de volume sur le marché, de nature aminoplaste (urée formol, mélamine urée formol, mélamine formol), vinylique (polyacétate de vinyle), polyuréthane (polyuréthane mono composant durcissant avec l'humidité du bois), isocyanates polymérisés en émulsion, et enfin phénolique (phénol formol, résorcinol phénol formol).

Pour le collage structural du bois et la fabrication des produits clés de la construction-bois tels que le bois massif abouté (BMA), le lamellé collé (BLC), ou le lamellé croisé (CLT), des colles mélamine urée formol (MUF), polyuréthane (PUR) et isocyanates polymérisés en émulsion (EPI) sont utilisées. Face à des enjeux sociétaux et environnementaux de plus en plus prégnants, les fabricants de colle cherchent à faire évoluer leurs produits depuis plusieurs années. Inquiets des problématiques de sourcing en termes de quantité, qualité, et surtout constance de la qualité des matières premières biosourcées, les principaux acteurs sur le marché français et européen interrogés par l'Institut Technologique FCBA commencent néanmoins par mettre en avant d'autres leviers pour réduire l'impact carbone des colles d'une part, et du process de collage d'autre part.

Tout d'abord, en essayant de **rapprocher géographiquement les acteurs de cette filière**, producteurs de matières premières, formulateurs et producteurs de colles, et enfin utilisateurs. L'objectif est de **réduire l'impact carbone lié au transport** et de sécuriser les approvisionnements.

Ensuite, en faisant évoluer les technologies de collage existantes afin de **réduire la consommation de colle et les quantités d'énergie mises en jeu lors du process de collage**, en particulier pour le séchage du bois et le chauffage des ateliers.

Dans certaines situations, la consommation de colle a ainsi été réduite de 20% environ et il est désormais possible de réaliser un collage structural à l'aide de colles polyuréthanes (PUR) avec un grammage de 140 g/m² ou de colle mélamine urée formol (MUF) ou isocyanates polymérisés en émulsion (EPI) avec un grammage de 250 g/m².³

Avec certaines colles PUR, il est également **possible de coller des bois plus humides** et ainsi **limiter la consommation énergétique liée au séchage** du bois. Hors cadre normatif traditionnel, et sous convention de contrôle par un tiers, il serait envisageable par exemple de réaliser l'opération d'aboutage des BMA destinés à une utilisation en classe de service 3 avec des bois à 20% de teneur en eau contre 18% maximum actuellement.⁴

Avec certaines colles MUF et EPI, il est par ailleurs possible de **coller des bois plus froids** et ainsi **limiter la consommation énergétique liée au chauffage** des halls de stockage et des ateliers. Encore hors cadre normatif traditionnel, et sous convention de contrôle par un tiers, il serait envisageable par exemple de réaliser l'opération de collage et assurer la polymérisation des colles à 15°C, voir en dessous, contre 18°C minimum actuellement.⁴

De nombreux efforts ont parallèlement été réalisés ces dernières années pour **réduire l'utilisation** de certaines matières premières comme le **formaldéhyde**. Certaines colles MUF satisfont ainsi aujourd'hui aux exigences les plus sévères en matière d'émissions de Composés Organiques Volatils (COV) et de formaldéhyde dans l'air. Les colles PUR et EPI ne contiennent pas, quant à elles, de formaldéhyde. En revanche, elles contiennent des isocyanates dont l'utilisation impose de suivre une formation aux risques associés.

Il est souligné par ailleurs les efforts réalisés pour supprimer les colles en phase solvant. Ainsi, les colles MUF représentant plus de 85% du marché du collage structural du bois en volume, sont des colles en phase aqueuse. Les colles PUR, avec un extrait sec de 100%, sont quant à elles sans solvant. En revanche, si les systèmes d'encollage des colles MUF peuvent être nettoyés à l'eau chaude, ceux des colles PUR nécessitent encore l'utilisation de solvants. Dans les deux cas, le traitement des eaux de nettoyage ou des solvants de nettoyage reste un point sensible à améliorer.

Dans le domaine des approvisionnements en matières premières biosourcées, les fabricants de colle ne restent pas pour autant inactifs, et ont adopté une approche « Mass Balance ». Cette approche a été développée plus généralement pour satisfaire les revendications sociétales portant sur la part de biosourcé, renouvelable, recyclé,

³ Il s'agit de grammages nominaux devant être adaptés en fonction des colles utilisées, support de collage considéré (essence de bois), conditions d'applications, hygrométrie de l'atelier, etc.

⁴ Il s'agit de possibilités offertes par certaines colles seulement, devant être validées pour ces conditions d'utilisation.

etc, contenue dans les produits de consommation pétrosourcés. Dans l'industrie chimique, elle se décline de la façon suivante : les matières brutes renouvelables ou recyclées sont ajoutées au début du processus de production des quelques éléments chimiques élémentaires qui sont utilisés pour créer des molécules, prépolymères, ... utilisés dans des milliers de produits différents. La part que représente ces matières premières « vertes » est ensuite affectée aux différents produits finis, mathématiquement.

Les éléments chimiques élémentaires ainsi obtenus sont identiques en tous points à ceux normalement obtenus à partir de matières premières fossiles. En agissant ainsi très en amont, les fabricants de colle évitent d'avoir à adapter leurs formulations qui restent « inchangées » aux yeux des organismes de contrôle préalable à la mise sur le marché, et des utilisateurs.

Le rapport ADEME « Approche Mass balance et recyclage chimique des plastiques » (2021) indique que, jusqu'à présent, l'approche Mass Balance relève de référentiels privés (par exemple ISCC : international sustainability and carbon certification) et renvoie possiblement à différentes pratiques méthodologiques. Un travail normatif a donc débuté et devrait permettre leur harmonisation dans les années à venir.

Dans les FDES (conformes aux normes EN 15 804 +A2, NF EN 15 804 +A2 /CN, et conformes au programme INIES (version décembre 2023)), l'approche mass balance n'est pas autorisée, ni pour le contenu en recyclé, ni pour le contenu en biosourcé ou renouvelable, ni pour aucune caractéristique produit. Si un fabricant de colle reçoit 40% de matière première biosourcée et 60 % de matière non biosourcées, alors le bilan environnemental de cette colle dans la FDES considère ce ratio de 40/60, que le fabricant de colle ait décidé de la vendre comme une colle 100 % biosourcée (en vendant pas ailleurs des produits 100% non biosourcés), ou que le fabricant de colle ait décidé de la vendre comme une colle 100 % non biosourcée (en vendant pas ailleurs des produits 100% biosourcés).

3.2 Colles pour panneaux

Comme pour les assemblages de bois structuraux, les panneaux de process requièrent l'utilisation de colle dans leur fabrication. Ces colles sont utilisées à des taux variables en fonction des procédés mis en œuvre. Nous traiterons en commun, les panneaux de process, panneaux d'OSB, de particules et de fibres (MDF, HDF) avec les panneaux de contreplaqué bien que les procédés mis en œuvre ainsi que les colles utilisées diffèrent. Dans tous les cas, du bois est encollé pour assurer aux plaquages/copeaux/particules ou fibres une bonne cohésion pour produire un matériau présentant des résistances mécaniques adaptées aux usages.

3.2.1 Ecoconception d'une colle pour panneau de bois

L'éco-conception d'une colle pour panneau de bois implique de développer une colle qui minimise l'impact environnemental tout au long de son cycle de vie, tout en maintenant des performances techniques adéquates répondant aux exigences normatives et aux contraintes mécaniques imposées par les usages. Dans le but d'écoconcevoir la colle entrant dans la fabrication des panneaux de bois, les choix peuvent se porter sur différentes étapes :

1. Le choix des matières premières :

Le choix des matières premières utilisées dans la fabrication des adhésifs pour panneaux est le premier critère à prendre en considération lors de l'écoconception de celle-ci. En effet, les colles actuellement utilisées pour la fabrication des panneaux sont pour la grande majorité produites à partir de produits pétrosourcés et issus de synthèses chimiques.

Ces colles sont choisies en fonction des exigences spécifiques des panneaux de bois, telles que leur résistance mécanique, leur durabilité, et leur résistance à l'humidité. Leur réactivité est élevée et éprouvée pour des procédés historiques. Leur développement remonte à la mise en œuvre des procédés industriels de fabrication certains vieux de près d'un siècle.

Les principales colles utilisées actuellement par les fabricants de panneaux à base de bois sont les suivantes :

- **Colles à base de résine urée-formaldéhyde (UF) et mélamine- urée formaldéhyde (MUF) :** Elles sont très couramment utilisées pour la fabrication des panneaux de contreplaqué, de particules et des panneaux MDF/HDF (Medium/High Density Fibre Board). Elles sont sélectionnées pour leur faible coût, leur haute réactivité et leurs bonnes propriétés adhésives. Les colles MUF offrent, quant à elle, une meilleure résistance à l'humidité et à la chaleur. Au cours de la leur utilisation, avec le temps, et sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, le formaldéhyde résiduel peut se libérer dans l'air environnant.

Ces émissions de formaldéhyde, composé organique volatil (COV) peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement.

- **Colles à base de résine phénol-formaldéhyde (PF)** : Elles sont utilisées principalement pour les panneaux de contreplaqué destinés à des applications extérieures en raison de leur résistance élevée à l'humidité et aux intempéries. Les émissions de formaldéhyde restent plus limitées pour ce type d'adhésif.
- **Colles à base de polyméthylène diphénylène (PMDi) et polyuréthane (PU)** : Elles sont utilisées pour la fabrication de panneaux OSB (Oriented Strand Board) et certains panneaux de particules, offrant une excellente résistance mécanique et de bonnes performances en milieu humide. Connues pour leur forte adhésion et leur résistance à l'eau, elles sont utilisées pour les panneaux destinés à des applications extérieures ou dans des environnements humides.

Dans le but de réduire l'impact environnemental des colles pour panneaux, et substituer les colles conventionnelles décrites ci-dessus, différentes pistes de développement sont possibles :

- Mettre en œuvre des biomasses renouvelables pour l'élaboration de colles biosourcées telles que les protéines végétales : de soja, issues de tourteaux protéagineux, de gluten ; la lignine, ou d'autres biopolymères.
- Favoriser l'emploi de produits secondaires industriels (co-produits / sous-produits), par exemple issus de l'industrie papetière ou agroalimentaire pour minimiser et valoriser les déchets.
- Favoriser l'emploi de matières premières produites localement.
- Développer des solutions sans formaldéhyde en sélectionnant des matières premières qui n'émettent pas de formaldéhyde ou d'autres composés organiques volatils (COV) toxiques.
- Eviter l'utilisation d'ingrédients nocifs pour la santé humaine ou dont les produits de dégradation pourraient l'être, en limitant notamment l'usage des certains solvants et additifs toxiques.
- Favoriser l'usage des matières premières biodégradables ou facilement recyclables en fin de vie.

2. Le procédé de fabrication de la colle :

Le procédé de fabrication de la colle doit optimiser ses consommations énergétiques. Il doit également être en mesure de minimiser les besoins en eau par une réduction des consommations ou en favoriser le recyclage. Le procédé peut également réduire ses déchets en favorisant l'utilisation de ses déchets de fabrication ou le recyclage de ses sous-produits. La formulation de la colle doit pouvoir se faire en un nombre d'étapes limitées. Ceci aura un impact direct sur le prix de la solution de substitution et ses impacts environnementaux.

3. Les modes d'application et d'utilisation des colles dans les panneaux :

La conception de nouvelles colles venant en substitution des résines pétrosourcées doit tenir compte des procédés de fabrication de panneaux déjà en place actuellement. En effet, les industriels producteurs de panneaux seront plus favorables à mettre en place une substitution des colles existantes si le process industriel est peu modifié (investissements limités...).

La colle doit donc être conçue en tenant compte de l'efficacité de l'application et sa réactivité. La viscosité doit être optimisée pour en réduire les pertes et en faciliter l'application. De plus les temps de polymérisation ou de séchage doivent être contrôlés. En effet, au-delà de la productivité, une augmentation drastique de ces paramètres pourrait avoir un impact direct sur l'efficacité énergétique et donc environnementale des procédés et des produits.

Enfin les colles doivent idéalement pouvoir être compatibles avec une large gamme de matériaux et de procédés de fabrication de panneaux de bois.

Les taux d'encollage doivent être optimisés ou s'approcher des taux appliqués pour des adhésifs conventionnels dans le cas d'utilisation de nouvelles colles biosourcées. Pour les panneaux de contreplaqué, ce taux dépend de nombreux facteurs et doit être ajusté en fonction des besoins spécifiques de chaque application. Les valeurs types varient entre 100 et 220 g/m², selon le type de colle et les conditions de production. L'optimisation du taux d'encollage est cruciale pour assurer la qualité et la durabilité des panneaux de contreplaqué tout en minimisant les coûts et les impacts environnementaux. Pour les panneaux de particules et les panneaux MDF, les taux d'encollage varient selon plusieurs facteurs (dont le type d'application du produit final ou les conditions de fabrication). Les valeurs types se situent entre 8% et 14% pour la colle UF, et entre 3% et 6% pour la colle PMDi,

(% exprimé en en poids de résine par rapport au poids sec du bois), les panneaux de MDF nécessitant des taux d'encollages supérieurs à ceux des panneaux de particules.

Anticiper la fin de vie de la colle et ACV :

Lors de la conception de colle, dans un souci d'éco-conception, la fin de vie des produits collés est à considérer :

- **La recyclabilité** : La colle doit permettre le recyclage des panneaux de bois et des éléments bois les composants.
- **La valorisation énergétique** : la composition de la colle ne doit freiner la valorisation énergétique de la colle du fait d'un contenu en substances dangereuses.
- **La biodégradabilité** : Si la colle et les panneaux n'étaient pas recyclés et finissaient en décharge ou vers des voies de compostage, la colle devrait être capable de se dégrader sans libérer de substances nocives.

L'analyse de cycle de vie (ACV) permet de mener une évaluation complète du cycle de vie des produits (colles et/ou panneaux collés) pour déterminer l'impact environnemental de la colle depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie du produit. Cette ACV peut permettre d'identifier les opportunités d'amélioration continue de la formulation, de la production et de l'application de la colle.

Les colles biosourcées sont actuellement en fort développement, offrant une alternative plus écologique aux colles traditionnelles à base de formaldéhyde ou de PMDi. Cependant, chaque étape (extraction et acheminement des matières premières, production de la colle, collage du panneau, fin de vie du panneau collé) devra être considérée pour s'assurer que la colle obtenue présente un impact environnemental global réduit, pour une même fonction.

3.2.2 Exemples d'éco-conception de colles pour panneaux réussie

L'éco-conception d'une colle pour panneaux de bois est un processus complexe qui nécessite une approche holistique. En intégrant des matières premières renouvelables, en optimisant les procédés de fabrication, et en assurant les performances visées en fonction des applications, tout en minimisant les impacts environnementaux, il est possible de développer des colles plus durables et respectueuses de l'environnement.

Dans le but d'écoconcevoir les colles pour panneaux, de nombreux développements portent sur la recherche de solutions sans formaldéhyde. Le formaldéhyde est le composé pétrosourcé majoritairement utilisé dans l'industrie des panneaux de bois. Classé comme un cancérigène humain reconnu ou probable par plusieurs organismes internationaux, son caractère préoccupant pour la santé et l'environnement tend à en limiter voire en faire interdire son utilisation. Cependant, la forte réactivité du formaldéhyde dans les procédés de fabrication des panneaux rend sa substitution en conditions de process équivalentes (taux d'encollage, température de pressage, temps de pressage) difficiles.

Les premières colles biosourcées ont été développées dans les années 2000. Les colles biosourcées à base de protéines de soja ont commencé à être commercialisées et adoptées par l'industrie du bois, notamment dans la fabrication de contreplaqués et de panneaux de particules en Amérique du Nord. Puis sont apparues les colles à base de lignine, de tanins et d'autres composants naturels, bien que la protéine de soja soit longtemps restée l'une des matières premières les plus couramment utilisées. Pour l'ensemble de ces solutions, se sont longtemps posées des limitations liées à la disponibilité des ressources (volumes disponibles, concurrence avec ressources alimentaires...) et à la réactivité des adhésifs imposant des pourcentages d'encollage supérieurs, des réductions de productivité (temps sous presse augmenté) et des propriétés mécaniques limitées (surtout en conditions humides).

Le développement d'une colle biosourcée doit tenir compte de l'approvisionnement en ressources renouvelables. En effet, au-delà de la réflexion sur le remplacement de ressources pétro-sourcées, les substituts biosourcés doivent être sélectionnés pour leurs impacts environnementaux réduits. Ils doivent notamment ne pas venir en concurrence de ressources alimentaires, être produits le plus localement possible afin d'en réduire le transport, et selon des modes de culture vertueux. En se basant sur ces différents critères, le choix des solutions formulées à partir de co-produits agricoles est favorable.

Au-delà de leurs performances dans les produits, l'usage des farines de soja a pu être décrié. En effet, ces farines, sont souvent produites massivement en Amérique latine sur des sols issus de la déforestation. Leur usage dans les pays européens s'est cependant moins développé actuellement qu'en Amérique du Nord.

L'industrie du bois travaille très activement à développer et à améliorer des alternatives afin de répondre aux normes de sécurité sanitaire et aux attentes des consommateurs pour des produits plus sains et plus durables.

Ces dernières années sont apparus sur les marchés des nouveaux panneaux biosourcés. Le plus souvent, les fabricants de panneaux eux-mêmes ont développé leur propre adhésif. Certains développements sont concrétisés grâce aux recherches menées par les fournisseurs d'adhésifs. On peut citer les solutions suivantes :

- Les Panneaux Fibrapan Bio commercialisés par FINSA. Ce sont des panneaux de fibres de bois (MDF) produits en utilisant une nouvelle colle constituée à 99% de composés naturels extraits des écorces et notamment de tanins.
 - Garnica a développé l'adhésif NaturBind, annoncé comme étant 100% biosourcé à partir de tanins pour la production de ses panneaux de contreplaqués.
 - Pfliegerer a lancé sa gamme de panneaux de particules OrganicBoard mettant en œuvre OrganicGlue, une colle biosourcée à base de protéines.
 - Stora Enso a développé son adhésif NeoLino à base de lignine issue de résidu du procédé papetier. Une collaboration avec Koskisen a permis la fabrication industrielle de panneaux de contreplaqués.
 - Solenis annonce que plus de 150 millions de panneaux de contreplaqué en feuillus ont été produits dans le monde entier avec des adhésifs Soyad, ce qui en fait l'Adhésif sans formaldéhyde leader sur le marché mondial du contreplaqué en bois dur.
 - Evertree, société française fondée en 2016 a développé les adhésifs Green Ultimate, à partir de résidus de protéagineux. Ces adhésifs ont permis de produire les premiers panneaux de MDF biosourcés à 99% commercialisé par Panneaux de Corrèze. La solution adhésive a également été adaptée pour la fabrication de panneaux de particules permettant la mise sur le marché du panneaux Pant'air par la société Seripanneaux. Ces panneaux sont maintenant distribués en France en GSB et utilisés par des agenceurs et fabricants de meubles.
- Evertree annonce que leur résine n'est pas encore 100% d'origine végétale, (il reste quelques additifs non biosourcés, qui représentent un peu plus de 1% de la composition finale du panneau, à comparer aux 10 à 15% de résine UF (Urée-Formaldéhyde) utilisés dans les panneaux standards). La solution a éliminé la présence de formaldéhyde dans les adhésifs et permet de réduire les émissions de CO₂ tout en maintenant les mêmes performances mécaniques comparées aux solutions actuelles présentes sur le marché.
- Resicare, une entité du groupe Michelin, développe un nouvel adhésif biosourcé produit à partir à partir de 5-HMF en parallèle de solutions basées sur une nouvelle voie métabolique permettant de produire une molécule d'intérêt à partir de biomasse de seconde génération. Des essais industriels de cette nouvelle formulation ont permis de produire des panneaux de contreplaqués.

3.3 Témoignage : Projet RESPIRE : développement de colle biosourcée pour panneaux par Evertree

Explication de l'expérience :

Evertree, société fondée en 2016 par le Groupe Avril (principal producteur d'huile de table en France), a développé des solutions adhésives d'origine végétale et issues de l'exploitation d'oléoprotéagineux comme le colza ou le tournesol. Au terme d'un processus appelé « trituration », correspondant à l'extraction de l'huile contenue dans la graine, les tourteaux sont récupérés et utilisés pour la création de solutions adhésives biosourcées.

C'est en 2021 qu'Evertree a lancé, en collaboration avec la société Panneaux de Corrèze, la première application de sa solution adhésive biosourcée. Le Panneau MDF biosourcé Evertree est le premier panneau de bois composite à hautes performances, biosourcé et 100% français. Puis en 2023, Evertree a lancé en collaboration avec Seripanneaux, la production d'un panneau de particules biosourcé, sans formaldéhyde.

Toute la chaîne de valeur de la mobilisation de la ressource, à la formulation, pour finir par la mise en œuvre des solutions développées d'abord à l'échelle labo et pilote puis l'industrialisation chez les fabricants de panneaux a été mobilisée.

Qui a été le porteur de projet ?

Evertree a été le porteur du projet RESPIRE initié en 2019.

Quels outils ont été utilisés ?

L'analyse de cycle de vie qui a permis de guider l'écoconception des nouveaux adhésifs et leur mise en œuvre dans la fabrication des panneaux. Des études de sensibilité ont permis d'orienter les choix des différentes modifications mises en œuvre. Les paramètres de procédé de mise en œuvre industrielle ont été optimisés afin de ne pas dégrader les impacts lors des étapes de fabrication des panneaux (tels que surconsommation énergétique dues à des temps de pressage augmentés par exemple).

Y-a-t-il eu un accompagnement technique et financier ?

Le projet a été soutenu financièrement par l'ADEME.

Quels ont été les indicateurs de succès choisis ?

Un ensemble d'indicateurs d'impacts environnementaux ont été sélectionnés et de nombreux paramètres techniques (temps de pressage etc...) ont été suivis pour ce projet.

Les résultats de cette étude montrent que la production et l'utilisation de la colle biosourcée à base de tourteaux d'oléoprotéagineux développée par Evertree, est moins impactante que celle d'une colle classique à base d'Urée-Formaldéhyde pour la fabrication de panneaux de particules. De manière plus globale, à l'échelle du panneau, les ACV réalisées ont montré que l'utilisation de la résine biosourcée à la place d'une résine Urée-Formaldéhyde semble entraîner des bénéfices sur la majorité des catégories d'impacts environnementaux évalués (notamment changement climatique, toxicité humaine cancérigène, utilisation de ressources fossiles, minérales et métaux, consommation d'énergies d'origine non-renouvelable). En contrepartie, les indicateurs d'eutrophisation sont impactés négativement par l'utilisation du système adhésif biosourcé, notamment à cause de l'utilisation de tourteaux de tournesol dans sa formulation.

Les difficultés rencontrées ?

Actuellement, un très faible pourcentage des formulations n'est pas encore biosourcé. Les activités de recherche se focalisent pour parvenir à rendre les formulations 100% biosourcées. Le reste de la formulation (99 % de celle-ci) est issu des résidus de productions des huiles du groupe Avril qui est à l'origine d'Evertree.

Dans le cadre du projet, la principale difficulté rencontrée concerne les retards d'implémentation de l'unité pilote de production des formulations. Cependant, la production d'adhésif peut actuellement être supportée et les importants volumes de coproduits de production des huiles végétales laissent présager des ressources nécessaires pour couvrir les marchés.

Facteurs de succès :

Un des facteurs de succès a été l'appartenance au groupe Avril permettant d'assurer la pérennité et la quantité de ressources nécessaires au développement de cette colle.

Le projet initié en 2019 a été couronné de succès avec une première mondiale : Green Ultimate, alternative biosourcée aux résines adhésives fossiles. La première concrétisation du projet voit le jour avec les premiers panneaux composites sans formaldéhyde ajouté. Aujourd'hui ces panneaux sont commercialisés et distribués à l'échelle nationale.

En savoir plus...

PANTair : <https://www.evertree-technologies.com/panneau-pantair-un-nouveau-souffle-pour-lindustrie-du-meuble/>

Premier panneau de bois MDF biosourcé : <https://www.evertree-technologies.com/le-premier-panneau-de-bois-mdf-biosource/>

3.4 Gain CO₂ potentiel en cycle de vie

Dans cette section sont présentées des estimations de gains CO₂ potentiels par la réduction de 20% de quantité de colle pour les collages structuraux. Ces résultats se basent sur l'analyse du cycle de vie des produits étudiés et l'évaluation des impacts sur l'indicateur Changement climatique Total (exprimé en kg CO₂ équivalent).

3.4.1 BLC

Baisse de 20 % de la quantité de colle :

Hypothèses considérées : Sur la base d'une quantité de 6,58 kg/m³ de colle (77% MUF, 23% PU), une diminution de 20% en masse donne 5,26 kg/m³ de colle.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 13% sur l'ensemble du cycle de vie

3.4.2 CLT

Baisse de 20 % de la quantité de colle :

Hypothèses considérées : Sur la base d'une quantité de 5,72 kg/m³ de colle (89% PU, 11% MUF), une diminution de 20% en masse donne 4,58 kg/m³ de colle.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 7% sur l'ensemble du cycle de vie

3.4.3 CP

Baisse de 20 % de la quantité de colle :

Hypothèses considérées : Sur la base d'une quantité de 73,9 kg/m³ de résine phénolique, une diminution de 20% en masse donne 59,1 kg/m³ de résine.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 13% sur l'ensemble du cycle de vie

4 Améliorer la logistique des approvisionnements et livraisons

Cette piste d'écoconception vise à travailler sur les dispositions permettant d'améliorer le bilan des émissions de carbone fossile liées au transport logistique des produits bois construction. La suite de cette section se base sur les résultats obtenus au cours d'audits logistiques conduits auprès d'entreprises de la filière par un cabinet d'études spécialisé. Ce travail a consisté à cartographier les flux logistiques afin de mieux identifier les gains potentiels, puis à proposer des solutions et scénarios de transport alternatifs.

4.1 Etat des lieux

Pour rappel, l'étude a porté sur le périmètre logistique suivant :

1. Approvisionnement des bois depuis la forêt ;
2. Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation ;
3. Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation.

Les sections suivantes détaillent pour chacune des étapes de transport listées ci-dessus les principales observations relevées au cours des audits.

4.1.1 Approvisionnement des bois depuis la forêt

Ce flux correspond à l'approvisionnement des bois (billons ou grumes) depuis les places de dépôt en forêt, où les bois y ont été déposés au préalable par les engins de débardage (porteur ou débusqueurs), vers les scieries et/ou les sites de fabrication de panneaux de bois. Trois entreprises ont été auditées sur ce périmètre. Les principales caractéristiques du flux étudié sont les suivantes :

- 95% à 99% des transports sont des transports complets⁵ (retour exclus) ;
- 98% à 99% des transports se font par route et 100% à l'énergie fossile (diesel) ;
- Les transports sont majoritairement réalisés en sous-traitance avec des transporteurs et des moyens de transport spécialisés pour le bois ;
- Les scieries, clientes des transporteurs, organisent le transport en étroite relation avec eux et payent le grutage sur le camion et le transport ;
- Les zones d'approvisionnement sont locales (autour de 90 km en moyenne) avec quelques exceptions à la marge sur des bois ne pouvant être sourcés localement (essentiellement les bois exotiques).

Le tableau ci-dessous présente les indicateurs chiffrés retenus pour caractériser le flux étudié :

Tableau 2 – Indicateurs de caractérisation du flux d'approvisionnement des bois depuis la forêt

| Indicateurs | Moyenne pondérée |
|--|---------------------------------|
| Tonnage transporté | 33 tonnes |
| Distance moyenne d'approvisionnement | 91 km |
| Coût de transport moyen | 184 € |
| Emissions CO ₂ par transport | 0,60 tonnes de CO ₂ |
| Emission CO ₂ par tonne transportée | 0,019 tonnes de CO ₂ |

4.1.2 Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation

Ce flux correspond au transfert des sciages et panneaux depuis les scieries et fabricants de panneaux vers deux destinations distinctes : les clients finaux d'une part, et les sites de seconde transformation d'autre part. Cette distinction a été faite durant l'étude et dans la suite de la section. Cinq entreprises ont été auditées sur ce périmètre.

⁵ C'est-à-dire taux de chargement maximal

Vers le client final :

Les principales caractéristiques du flux étudié sont les suivantes :

- Sur ce tronçon, une plus grande disparité entre les entreprises a été relevée (typologies de clients et zone de chalandise).
- Les transports sont généralement effectués en camion complet du fait de la régularité des livraisons et de la volumétrie qui permet de remplir de façon optimisée les camions. De manière générale, la règle de Pareto se vérifie : 20% des clients représentent 80% des volumes. Sur les petits volumes, certaines entreprises ont recours à des transports en messagerie. Sur des clients réguliers, des regroupements sont systématiquement faits.
- Les transports sont sous-traités à 100%, et principalement effectués en camion bâché permettant un chargement en latéral.
- Les affrètements sont faits par l'entreprise et il y a peu d'enlèvements clients. La participation aux frais de livraison par les clients est un enjeu commercial. Il y a peu d'analyse sur le coût par livraison.

Le tableau ci-dessous présente les indicateurs chiffrés retenus pour caractériser le flux étudié :

Tableau 3 – Indicateurs de caractérisation du flux d'approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation vers le client final

| Indicateurs | Moyenne pondérée |
|--|---------------------------------|
| Tonnage transporté | 16 tonnes |
| Distance moyenne d'approvisionnement | 322 km |
| Coût de transport moyen | 568 € |
| Emissions CO ₂ par transport | 0,54 tonnes de CO ₂ |
| Emission CO ₂ par tonne transportée | 0,048 tonnes de CO ₂ |

Vers les sites de seconde transformation :

Les principales caractéristiques du flux étudié sont les suivantes :

- Les entreprises auditées ont des activités différentes (charpentes industrielles, charpentes traditionnelles, carrelés, murs ossature bois, fenêtres, etc.) qui nécessitent une diversité de matériaux et de fournisseurs. Selon la complexité des produits finis, les approvisionnements peuvent nécessiter des composants provenant de zones éloignées. Ces deux facteurs entraînent de fortes disparités rendant difficile la comparaison entre les sites.
- Similairement, plusieurs des entreprises auditées présentent une variété d'activités, ce qui n'a pas facilité la répartition des approvisionnements par activité et a contraint les auditeurs à effectuer des approximations.
- De manière générale, aucune entreprise auditée ne gère le transport de leurs approvisionnements.

4.1.3 Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation

Ce flux correspond à l'étape de livraison des produits finis vers les clients finaux et chantiers de construction. Cinq entreprises ont été auditées sur ce périmètre. Les principales caractéristiques du flux étudié sont les suivantes :

- Les entreprises auditées ont des activités différentes (charpentes industrielles, charpentes traditionnelles, carrelés, murs ossature bois, fenêtres, etc.) et des zones de chalandises de dimensions variées rendant leur comparaison difficile.
- Les produits standardisés et facilement transportables (conditionnement sur palettes de grandes dimensions mais ne nécessitant pas de moyens de manutention et de transport très spécifiques) vont plus loin que les produits de grandes dimensions (charpente sur mesure, module ou mur ossature bois, etc.).

4.2 Pistes et préconisations d'amélioration

A partir de l'état des lieux effectué lors des audits logistiques, des pistes d'amélioration ont été développées et suggérées aux entreprises auditées. Ces pistes sont détaillées dans la suite de cette section. Pour chacune de ces actions, les gains économiques et/ou environnementaux potentiels ont été évalués sur la base des données économiques du Comité National Routier de décembre 2022⁶ et des données d'émissions exprimées en équivalent CO₂ disponibles dans la Base empreinte de l'ADEME⁷.

Afin de déterminer quelles sont les actions les plus pertinentes pour une entreprise donnée, il est primordial de les évaluer au regard de la situation propre à l'entreprise. Une méthodologie de priorisation et de mise en place des actions est proposée en annexe 3.

4.2.1 Animer la relation fournisseurs / transporteurs

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Approvisionnement des bois depuis la forêt Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuer le coût économique de transport à la tonne ; ▪ Réduire les émissions de CO₂ par tonne transportée. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Révision périodique de la grille interne des tarifs ; ▪ Mise en place d'une procédure qualité et d'une notation pour le respect de cette procédure avec des critères sur la consommation et les émissions des moyens de transport (audit annuel a minima). |
| Gain potentiel | → 2 à 5% du coût du transport et des émissions CO ₂ avec un potentiel plus fort pour les expéditions |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Définir des indicateurs qualité pour la gestion des transporteurs : respect des horaires (chargement et déchargement), respect des consignes (moyens demandés), nombre de non-qualités, nombre de litiges, performance des moyens de transport (CO₂), etc. 2. Mettre en place un outil de calcul et de suivi de ces indicateurs. 3. Mener des entretiens avec chaque transporteur pour présenter la démarche, les indicateurs et les objectifs. 4. Assurer un suivi régulier des indicateurs (mensuel idéalement). 5. Conduire une revue annuelle avec les transporteurs : bilan sur les indicateurs et les objectifs, révision des prix. |

4.2.2 Harmonisation des tailles de palettes sur les produits standards

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts ; ▪ Faciliter la constitution du plan de chargement ; ▪ Faciliter les opérations de manutention. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Etude sur les tailles de produits : différenciation des produits standards et des produits sur mesure. ▪ Pour les produits standards : regroupement des produits en classe / catégorie de dimensions avec les conditionnements associés ; ▪ Constituer des plans de chargement type à communiquer aux manutentionnaires. |
| Gain potentiel | → 2 à 5% du coût du transport et des émissions CO ₂ |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Segmenter les produits standards des produits sur mesure / spécifique. Utiliser la classification 80/20 pour identifier les principaux produits à prendre en compte. 2. Mener une campagne de mesure puis regrouper les produits en classe / catégorie de dimensions. 3. Développer des conditionnements pour chaque classe. Les conditionnements devront être pensé en fonction du mode de transport, de façon à optimiser les chargements. Constituer des plans de chargement type. 4. Intégrer la classe dans la fiche article pour retrouver facilement l'information. 5. Communiquer les plans de chargement type aux manutentionnaires. |

⁶ Calculateur de coût d'exploitation d'une opération de transport (CNR) : <https://www.cnr.fr/formule-trinome>

⁷ Base empreinte (ADEME) : <https://base-empreinte.ademe.fr/>

4.2.3 Anticipation et communication sur les produits sur mesure

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Tous les flux d'expédition de produits sur mesure |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimiser la conception de la pièce (lorsque c'est possible) pour diminuer le coût du transport tout en évitant ou anticipant le besoin en transport exceptionnel ou en maximisant le taux de remplissage ; ▪ Être en mesure d'anticiper les coûts de transport pour coter au plus juste ; ▪ Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts ; ▪ Faciliter la constitution du plan de chargement et les opérations de manutention. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultation par le bureau d'études du service transport / affrètement avant la cotation finale pour le client. ▪ Réflexion conjointe sur le mode de conditionnement optimal pour le transport et le client. ▪ Pour les entreprises n'ayant pas de bureau d'études intégré, être force de proposition auprès du client sur la prise en compte des contraintes transport. |
| Gain potentiel | → 5 à 10% du coût du transport et des émissions CO ₂ |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Rédiger une note sur les principales caractéristiques des produits pouvant impacter le transport et la manutention : dimensions maximales pour des transports classiques par type de camions, dimensions pour les différentes catégories de transport exceptionnel. Idem pour les dimensions et poids pour les engins de manutention. Ajouter une notion d'impact coût. 2. En phase de réponse à appel d'offres / devis, consulter systématiquement le service transport dès que les pièces sont dessinées pour anticiper l'impact sur le transport et les opérations de manutention, modifier éventuellement la pièce (lorsque c'est possible) et ajuster la cotation transport. 3. Mettre à jour la note en fonction des différentes solutions trouvées pour avoir un retour d'expérience. |

4.2.4 Mise en place d'une procédure de contrôle

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eviter les non-qualités et les anticiper pour ne pas être en rupture suite à un produit non conforme ; ▪ Améliorer la productivité et le service client. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rédaction et mise en place en place d'une procédure de contrôle à réception. |
| Gain potentiel | Non chiffré. Diminution des coûts de transport et émissions CO ₂ grâce à l'anticipation des non-qualités, la gestion de leur retour et de leur remplacement (transport express évité). Diminution des coûts liés à une rupture. |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Rédiger une procédure de contrôle à réception et la diffuser. 2. Remonter systématiquement la non-qualité au fournisseur. 3. Mettre en place un indicateur sur les non-qualités détectées à réception et en bord de ligne. 4. Assurer un suivi mensuel avec les équipes et les fournisseurs. Objectif : 0 non-qualité en bord de ligne et diminution des non-qualités à réception. |

4.2.5 Amélioration de la traçabilité de la gestion des stocks et des processus informatiques

| | |
|-----------------------|---|
| Flux concernés | Approvisionnement des sciages et panneaux depuis les sites de première transformation Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assurer une bonne gestion des stocks ; ▪ Faciliter le suivi et le rangement des matières premières. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrôle de la conformité des produits à la réception ; ▪ Mise en place d'un étiquetage systématique des produits à la réception ; ▪ Suivi via un système d'information accessible aux manutentionnaires. |
| Gain potentiel | Non chiffré. Diminution des coûts de transport et émissions CO ₂ grâce au meilleur suivi des stocks (transport express évité). Diminution des coûts liés à une rupture. |

| | |
|-------------------------|---|
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mettre en place un outil de suivi, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilisation d'étiquettes, codes-barres ou QR codes, scan à chaque étape et suivi dans un système d'informations ; ✓ Tenue d'un fichier des stocks avec les emplacements / zonage. 2. Mettre en place un poste informatique dans les zones de manutention ; 3. Former les caristes à l'utilisation du système d'informations ; 4. Déployer la solution sélectionnée ; 5. Assurer un suivi régulier à l'aide d'indicateurs. |
|-------------------------|---|

4.2.6 Conduite d'une étude de faisabilité transport pour les livraisons sur chantier

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anticiper les possibilités de livraison (accessibilité au chantier, moyens de manutention, etc.) et la présence de personnes qualifiées pour recevoir la marchandise afin : <ul style="list-style-type: none"> ○ de s'assurer d'être en mesure de réaliser la prestation, ○ d'éviter une replanification de livraison, ○ d'éviter le dépôt des marchandises dans un stock de débord. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place d'un système de rappel pour la livraison ; ▪ Mise en place d'une tarification pour les rendez-vous manqués. |
| Gain potentiel | ➔ 3 à 6% sur les coûts de transport et émissions de CO ₂ (relivraisons évitées). |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Rédiger une note sur les principales caractéristiques des produits pouvant impacter le transport et la manutention. Cette note servira également de base pour déclencher une étude de faisabilité sur le transport vers les chantiers. 2. Valider l'adéquation des moyens de transport pressentis avec l'environnement du chantier lors d'une visite sur site (largeur, giration, fils électriques, accès final...). 3. Selon les modes de contractualisation avec le transporteur, prévoir cette visite dans le contrat cadre. |

4.2.7 Conception de conditionnements pour les composants additionnels/accessoires et amélioration de leur traçabilité

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Approvisionnement des produits finis depuis les sites de seconde transformation |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eviter la perte des composants additionnels et des coûts supplémentaires pour les relivraisons ; ▪ Améliorer le service client. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place d'outils de traçabilité ; ▪ Utilisation de solutions d'arrimage des composants additionnels. |
| Gain potentiel | ➔ 2 à 5% sur les coûts de transport et émissions de CO ₂ (relivraisons évitées). |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. État des lieux : recenser les principaux composants additionnels / accessoires et leurs dimensions types. 2. Créer / rechercher des conditionnements pouvant recevoir les différents types de composants. Ces conditionnements devront intégrer des solutions pour l'arrimage, notamment sur des camions plateaux. 3. Mettre en place des abaques pour le choix des conditionnements en fonction des types de composants. 4. Ajouter des solutions de traçabilité pour améliorer le suivi : mise en place d'un étiquetage, checklist de contrôle au chargement et au déchargement, prise de photos du chargement. Bien intégrer les composants additionnels au Bon de livraison et à la procédure de contrôle à la livraison. |

4.2.8 Amélioration du taux de remplissage sur certains flux / clients

| | |
|-----------------------|---|
| Flux concernés | Tous les flux |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts. |

| | |
|-------------------------|---|
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Travail avec le client sur la constitution des commandes ; ▪ Mise en place d'une tarification spécifique en fonction du volume transporté ; ▪ Recherche de flux complémentaires. |
| Gain potentiel | → 5% sur les coûts de transport et émissions de CO ₂ . |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifier les clients ayant des taux de remplissage faibles. 2. Avec le client : négocier lors de la constitution de commandes, rechercher des groupements avec d'autres fournisseurs, mettre en place une tarification spécifique en fonction du volume. 3. Avec le transporteur : rechercher des flux complémentaires dans la zone proche. 4. En interne : rechercher des clients complémentaires. |

4.2.9 Utilisation du transport multimodal pour le préacheminement des expéditions hors Europe continentale

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Expéditions grand export et réceptions grand import |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuer l'empreinte carbone du transport grand export. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intégration des liaisons multimodales (ferroviaire ou fluviale) au préacheminement des marchandises transitant par les grands ports maritimes en conteneurs. |
| Gain potentiel | → 10 à 20% des émissions CO ₂ grand export. |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifier les terminaux fluviaux ou ferroviaires à proximité de la société. Se rapprocher d'un commissionnaire de transport et/ou d'organismes spécialisés (VNF⁸, GNTC⁹, etc...). 2. En fonction des lignes desservies par les infrastructures les plus proches, identifier les flux pouvant faire l'objet d'un report modal. 3. Prendre contact avec un commissionnaire de transport pour prendre connaissance des plannings et tarifs et organiser le transport. |

4.2.10 Optimisation de la planification des tournées

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Tous les flux |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuer les coûts de transport et les émissions CO₂. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revue du principe d'affectation des zones aux tournées ; ▪ Amélioration de la communication entre la production et le service transport pour mieux anticiper les volumes à transporter. |
| Gain potentiel | → 10 à 40% du coût de transport et 40 à 60% des émissions CO ₂ . |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifier les principales zones de chalandise en reprenant le portefeuille client. Créer des zones de tournées desservant les principales zones de chalandise. 2. Dans les outils informatiques de gestion, associer chaque client à une zone de tournée. 3. Lors de la création du planning de tournées, utiliser un rendu cartographique reprenant les clients à livrer et leurs affectations de tournée. Ajuster les tournées selon la répartition géographique. 4. En parallèle, travailler avec le service production pour connaître les prochains clients à livrer (dans les 2 prochaines semaines par exemple) et opérer des regroupements. 5. Autres alternatives : confier la planification des tournées à un transporteur, utiliser un logiciel de planification de tournées. |

4.2.11 Travail sur la provenance des matières premières

| | |
|-----------------------|--|
| Flux concernés | Réceptions |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mieux connaître l'origine de ses approvisionnements ; ▪ Diminuer l'empreinte carbone de ses approvisionnements. |

⁸ Voies Navigables de France : <https://www.vnf.fr/vnf/>

⁹ Groupement National des Transports Combinés : <https://gntc.fr/>

| | |
|-------------------------|---|
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Détermination de l'origine réelle des produits ; ▪ Recherche d'approvisionnements plus vertueux ; ▪ Association des clients dans la démarche. |
| Gain potentiel | <p>Le gain sera essentiellement sur les émissions de CO₂. L'origine réelle et le mode de transport des matières premières n'étant pas toujours connu, il est difficile d'estimer ce gain.</p> <p>Toutefois, le choix du mode de transport présente un impact non négligeable, par exemple, un trajet maritime d'environ 2000 km (distance approximative d'un pays nordique vers la France) est 6,6 fois moins polluant qu'un transport routier sur cette même distance.¹⁰</p> |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Faire une consultation auprès des fournisseurs pour connaître le pays d'origine des produits (pas uniquement le pays du revendeur). 2. Lorsque possible et pertinent, rechercher des provenances plus proches ou des produits de substitution pouvant être sourcés plus localement. 3. Mettre en place une communication auprès des clients pour mettre en avant les gains CO₂ et l'approvisionnement local. |

4.2.12 Amélioration du taux de remplissage en expédition ; synergies avec les autres sites

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Expéditions – Entreprises multisites |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Travail en collaboration avec les autres sociétés du groupe pour mettre en commun les livraisons à effectuer et les camions à compléter. |
| Gain potentiel | → 5% du coût du transport et des émissions CO ₂ . |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Créer un groupe de travail inter-sites ou inter-sociétés sur cette problématique. 2. Faire une cartographie des flux d'expédition et identifier les zones communes. 3. Sur les zones communes, étudier les fréquences de livraison et les taux de remplissage pour identifier les regroupements possibles. 4. Sur les zones de regroupements, mettre en place un planning partagé pour synchroniser les livraisons. Le planning partagé peut se présenter de différentes façons selon la complexité des flux : du fichier Excel de mise en commun à la mise en place d'un outil de type TMS¹¹. 5. Négocier le multistop aux différents lieux de chargement avec le ou les transporteurs potentiels. |

4.2.13 Amélioration du taux de remplissage en réception et synergies avec les autres sites

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Réceptions – Entreprises multisites |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Harmonisation des références et des pratiques achats ; ▪ Création d'une cellule achats commune sur les fournisseurs communs pour grouper les commandes. |
| Gain potentiel | → 5% du coût du transport et des émissions CO ₂ . |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Créer un groupe de travail intersites ou inter-sociétés sur cette problématique. 2. Faire une cartographie des fournisseurs : <ul style="list-style-type: none"> ○ Identifier les fournisseurs communs ; ○ Identifier les fournitures de même type, pouvant être sourcées chez un même fournisseur. 3. Pour les fournisseurs communs : mener des négociations communes et créer un processus pour passer des commandes groupées (responsable, fréquence, partage de documents, etc.) ; 4. Pour les fournitures de même type : mener des appels d'offres groupés auprès des fournisseurs identifiés, puis mener l'action ci-dessus lorsque c'est faisable. |

¹⁰ En considérant le transport de 50 m³ d'épicéa (environ 21 tonnes), hors transports de pré et post acheminement, et des facteurs d'émissions par tonne.km parcourue de 0,0152 kg CO₂ pour le transport maritime et de 0,1 kg CO₂ pour le transport routier (données ADEME).

¹¹ Transport Management System : solution commercialisée par de nombreux éditeurs qui permet de centraliser les besoins, de regrouper les flux et de définir les meilleures affectations.

4.2.14 Mise en place d'une gestion des stocks centralisée

| | |
|-------------------------|---|
| Flux concernés | Réceptions – Entreprises multisites |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuer le nombre de transports intersites et le coût de transport intersites total ; ▪ Réduire les émissions de CO₂. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sélection d'un responsable de la gestion des stocks des sites pour contrôler l'allocation des stocks et minimiser les flux intersites ; ▪ Massification des livraisons entre sites. |
| Gain potentiel | → 20% de diminution des flux intersites. |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Créer un groupe de travail intersites ou inter-sociétés sur cette problématique. 2. Identifier les fournisseurs communs et les références communes. 3. Créer un prévisionnel des consommations par site. 4. Nommer un responsable de la gestion des stocks des sites pour contrôler l'allocation des stocks et le déclenchement de commandes. |

4.2.15 Réflexion sur la complémentarité des sites et les zones de chalandise

| | |
|-------------------------|--|
| Flux concernés | Expéditions – Entreprises multisites |
| Objectifs | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuer le nombre de transports intersites et diminuer les kilomètres parcourus pour les expéditions ; ▪ Diminuer le coût de transport total et réduire les émissions de CO₂. |
| Moyens | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Centralisation de la gestion du transport et des expéditions pour privilégier en point de départ le dépôt le plus proche ; ▪ Dissociation de la zone de chalandise commerciale et de la zone d'expédition. |
| Gain potentiel | → Réduction de 20 km en moyenne de la distance de livraison, soit une diminution entre 15 et 25% du coût de transport et entre 20 et 35% des émissions de CO ₂ . |
| Feuille de route | <ol style="list-style-type: none"> 1. Créer un groupe de travail intersites ou intersociétés sur cette problématique. 2. Faire une cartographie des zones de chalandise. Identifier les zones de recoupement ou les zones pouvant être desservies par d'autres sites. 3. Dissocier la zone de chalandise commerciale de la zone d'expédition : mettre en place un système permettant de faire des commandes entre sites pour livraison directe. |

4.3 Gain CO₂ potentiel en cycle de vie

Dans cette section sont présentées des estimations de gains CO₂ potentiels par la mise en place de certaines pistes proposées en 4.2. Ces résultats se basent sur l'analyse du cycle de vie des produits étudiés et l'évaluation des impacts sur l'indicateur Changement climatique Total (exprimé en kg CO₂ équivalent).

4.3.1 Charpente industrielle

Réduction du taux de retour à vide :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de retour à vide de 100%, le nouveau taux considéré est de 50%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 18% sur l'ensemble du cycle de vie

Optimisation des tournées :

Hypothèses considérées : Une baisse de 40% des émissions CO₂ de l'étape de transport du fabricant jusqu'au chantier a été considérée. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 30% sur l'ensemble du cycle de vie

4.3.2 Charpente traditionnelle

- Réduction du taux de retour à vide :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de retour à vide de 97%, le nouveau taux considéré est de 50%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 9% sur l'ensemble du cycle de vie

- Optimisation des tournées :

Hypothèses considérées : Une baisse de 40% des émissions CO₂ de l'étape de transport du fabricant jusqu'au chantier a été considérée. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 16% sur l'ensemble du cycle de vie

4.3.3 Mur à ossature bois

- Réduction du taux de retour à vide :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de retour à vide de 98%, le nouveau taux considéré est de 50%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 3% sur l'ensemble du cycle de vie

- Optimisation des tournées :

Hypothèses considérées : Une baisse de 40% des émissions CO₂ de l'étape de transport du fabricant jusqu'au chantier a été considérée. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 5% sur l'ensemble du cycle de vie

4.3.4 Fenêtre bois

- Réduction du taux de retour à vide :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de retour à vide de 14,9%, le nouveau taux considéré est de 7,5%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,08% sur l'ensemble du cycle de vie

- Augmentation du taux de remplissage :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de chargement de 89%, le nouveau taux considéré est de 95%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,08% sur l'ensemble du cycle de vie

- Optimisation des tournées :

Hypothèses considérées : Une baisse de 40% des émissions CO₂ de l'étape de transport du fabricant jusqu'au chantier a été considérée. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,8% sur l'ensemble du cycle de vie

4.3.5 Panneau de contreplaqué (pin maritime et résine phénolique)

- Réduction du taux de retour à vide :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de retour à vide de 14,9%, le nouveau taux considéré est de 7,5%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,5% sur l'ensemble du cycle de vie

- Augmentation du taux de remplissage :

Hypothèses considérées : Sur la base d'un taux de chargement de 88%, le nouveau taux considéré est de 94%. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,5% sur l'ensemble du cycle de vie

- Optimisation des tournées :

Hypothèses considérées : Une baisse de 40% des émissions CO₂ de l'étape de transport du fabricant jusqu'au chantier a été considérée. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 21% sur l'ensemble du cycle de vie

4.4 Témoignage : Transport fluvial dans la construction bois : l'exemple de Cuiller Frères et Sogestran

Explication de l'expérience :

Madame Amélie Cuiller Denis, Directrice de l'entreprise Cuiller Frères à Petit Couronne (76) a souhaité entamer une réflexion sur la gestion de la logistique vers Paris qui est de plus en plus contrainte (congestion des métropoles, et zones à faibles émissions), tout en réussissant à maîtriser les coûts économiques et en abaissant le coût carbone.

Une expérience de mise en place de transport multimodal a ainsi été menée dans le cadre du projet Probois 2.

Celle-ci a consisté à remplacer un unique transport en camion par deux trajets routiers initiaux et finaux entrecoupés de manutentions portuaires et d'un transport fluvial sur la Seine.

Les étapes de manutention ont été optimisées grâce au développement de la FlexiMale : un contenant aux dimensions standardisées des conteneurs maritimes (pour être facilement manipulé par les engins de manutention existants) et adapté aux marchandises à transporter (dans le cadre de l'expérience, des murs à ossature bois transportés de manière sécurisée, sans endommager le produit et sans perdre une partie des accessoires). Cette FlexiMale a été développée par la société Sogestran Logistics pour répondre notamment au besoin de l'entreprise Cuiller Frères.

Malgré son apparente complexité, ce transport multimodal est entièrement géré par un même prestataire de transport, l'entreprise Cuiller n'a donc qu'un seul interlocuteur pour organiser ce transport. En outre les produits Cuiller peuvent bénéficier d'un stockage sécurisé sur le port le temps nécessaire, évitant ainsi de les stocker sur un chantier où des vols ou dégradations pourraient avoir lieu.

Aujourd'hui, l'entreprise Cuiller Frères continue d'utiliser ce mode de transport pour la distribution sur les chantiers pour lesquels c'est pertinent (chantiers près de l'axe fluvial de la Seine, ayant un port à proximité).

Qui a été le porteur de projet ?

La direction de l'entreprise Cuiller Frères.

Quels outils ont été utilisés pour évaluer la pertinence du projet ?

L'Eco calculateur (disponible sur le site de voies navigables de France) a été utilisé.

Y-a-t-il eu un accompagnement technique et financier ?

Accompagnement technique et financier de la région Normandie et Île-de-France, de Voies Navigables de France, du ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, de l'ADEME, de Haropa Port, de la Métropole Grand Paris et Vallée de la Seine, tous partenaires du programme Probois 2 (2022-2023). Accompagnement technique par des spécialistes du transport combiné comme Sogestran.

Quels ont été les indicateurs de succès choisis ?

Les émissions carbone et le coût économique ont été suivis.

Quelles ont été les difficultés rencontrées ?

Une première expérience de transport multimodal sur l'Oise avait été menée un an plus tôt, elle s'était avérée non concluante à cause de frais de manutention élevés pour la gestion des ruptures de charges (passage d'un mode de transport à un autre). Les résultats économiques et carbone n'étaient pas probants.

Quels ont été les facteurs de succès ?

Être accompagnés par des partenaires spécialistes de la problématique et qui s'adaptent aux spécificités de l'entreprise et de ses produits a permis le succès de cette expérimentation qui se poursuit aujourd'hui.



Figure 2 – FlexiMale chargée sur une barge fluviale



Figure 3 – FlexiMale chargée sur le camion et saisie par un engin de manutention classique

En savoir plus...

Projets PROBOIS (FIBOIS Île-de-France) : https://www.fibois-idf.fr/index.php/constructionbois_transportfluvial

5 Améliorer la performance énergétique et carbone des process

Cette piste d'écoconception vise à travailler sur les dispositions permettant d'améliorer les bilans énergie et carbone des processus de fabrication. La suite de cette section se base sur les résultats obtenus au cours d'audits énergétiques conduits auprès d'entreprises de la filière par un cabinet d'études spécialisé. Ainsi six entreprises ont été auditées, parmi lesquelles des scieries (résineux et feuillus), un fabricant de MOB et de charpentes, un fabricant de carrelats et de profilés et un fabricant de lamellé collé. Ce travail a consisté à identifier les usages les plus consommateurs ainsi que les gisements en économies d'énergie, puis à proposer des solutions adaptées aux besoins des entreprises.

5.1 Principaux usages énergétiques

Afin de mieux appréhender les consommations d'énergie des sites, il est utile de définir les usages principaux utilisant ces ressources. Dans la suite de cette section seront abordés de façon détaillée les usages suivants :

- Moteurs électriques
- Aspiration
- Séchage
- Air comprimé

5.1.1 Moteurs électriques

Description de l'usage

Les moteurs électriques sont abondamment utilisés dans les process de 1^{ère} et 2^{de} transformation du bois. Ils sont mis en œuvre lors des opérations de sciage, taille, rabotage et usinage des produits. Ils sont également exploités pour les besoins d'aspiration / ventilation d'air, de séchage et de pompage de liquides. Ils représentent 70% des consommations électriques des sites de la filière en moyenne.

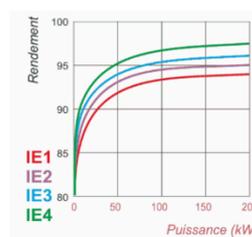
On retrouve essentiellement des moteurs électriques asynchrones à courant alternatif au sein de la filière. Ces moteurs présentent une conception robuste, sont relativement peu onéreux et sont simples d'entretien. Selon les applications, deux types de systèmes d'entraînement liés aux moteurs électriques sont utilisés :

- Les entraînements indirects, qui caractérisent les moteurs entraînant une charge avec des éléments de transmission tels que des engrenages ;
- Les entraînements directs, pour lesquels la charge est située sur le même axe de rotation que le rotor du moteur.

Pistes d'amélioration énergétique

Installation de moteurs électriques de classe IE4 :

La classe d'efficacité IE (ou indice d'efficacité énergétique) est une norme internationale utilisée pour évaluer l'efficacité énergétique des moteurs électriques. Les moteurs électriques sont ainsi catégorisés dans différentes classes IE en fonction de leur efficacité énergétique. Les classes IE sont cotées de IE1 à IE5, où IE5 est la classe la plus écoénergétique et efficace.



Moteur électrique de classe de rendement IE4 selon la norme CEI 60034-30-1

Actuellement, beaucoup de moteurs des industries bois sont vétustes, ce qui a tendance à diminuer leurs rendements. Il est ainsi pertinent de favoriser le remplacement des moteurs électriques en fin de vie par des moteurs de classe de rendement la plus élevée (classe IE4 de préférence, les moteurs de classe IE5 étant encore onéreux et peu déployés). Cette action permettrait une amélioration du rendement pouvant aller jusqu'à 10%.

Dans un second temps, une étude de dimensionnement des moteurs peut être réalisée par un bureau d'études. La plupart des moteurs sont surdimensionnés. Par conséquent, ils ne fonctionnent pas à leur régime nominal. Cette étude permettrait de dimensionner les moteurs en fonction du juste besoin et de vérifier la qualité des organes de transmission.

Tableau 4 – Synthèse de l'action « Installation de moteurs électriques de classe IE4 »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|---|---|--|---|
| ~150 € / kW de puissance nominale de moteur | 5% à 10% sur consommation des moteurs remplacés | Eligible au dispositif des CEE – IND-UT-132 : Moteur asynchrone classe IE4 ¹² | Dépose des moteurs électriques usagés et installation des nouveaux moteurs. |

Remplacement des organes de distribution (poulies/courroies) :

Dans le cadre de la maintenance préventive, il est nécessaire de vérifier les poulies et courroies associées aux moteurs électriques. En effet, au fil du temps, la vibration des moteurs en fonctionnement décale légèrement les organes de transmission. Cela peut provoquer l'usure précoce de ces équipements, la dégradation du rendement et un potentiel arrêt machine imprévu. La correction ou le remplacement des organes de transmission permet une amélioration du rendement pouvant aller jusqu'à 5%. Dans un second temps, une vérification de l'alignement des organes de transmission peut être réalisée. Pour ce faire, l'entreprise peut faire appel à un prestataire spécialisé ou réaliser des inspections en interne.



Organes de transmission mécanique

Tableau 5 – Synthèse de l'action « Remplacement des organes de distribution »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|--|
| 500 à 1000 € / moteur | 5% consommation des moteurs concernés | - | Remplacement des organes de transmission |

5.1.2 Aspiration

Description de l'usage

Les activités de transformation du bois génèrent des poussières, sciures et plaquettes devant être évacuées pour assurer un fonctionnement sûr et pérenne des installations. Pour cela, les sites mettent œuvre un ou plusieurs systèmes d'aspiration centralisés permettant d'évacuer les produits connexes à l'extérieur dans un contenant (silo) prévu à cet effet. Chaque système se compose d'un réseau avec points d'aspiration sur les principales machines.

¹² Fiche d'opération standardisée n° IND-UT-132 « Mise en place d'un moteur asynchrone haut rendement de classe IE4 selon la norme CEI 60034-30-1 » : <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/213/IND-UT-132>

Une centrale équipée de ventilateurs permet ensuite d'aspirer et filtrer l'air du réseau d'aspiration. Les sciures et plaquettes issues de la filtration sont alors récupérées et valorisées.

L'aspiration occupe une part très importante de la consommation d'électricité des sites de la filière bois-construction, pouvant atteindre 50% dans certaines usines de la 2nde transformation.

Piste d'amélioration énergétique

Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs d'aspiration

La mise en place de variateurs électroniques de vitesse (VEV) sur les moteurs d'aspiration est une piste d'optimisation intéressante. L'objectif est d'adapter le débit d'air aux variations des besoins d'aspiration et au nombre de machines en fonctionnement sur le site. Cette action comprend :

- Des dispositifs à variation électronique de vitesse (VEV) à installer sur les moteurs d'aspiration ;
- Des clapets pneumatiques automatisés sur les machines ne fonctionnant pas continuellement ;
- Un automate pilotant les variateurs en fonction des machines en fonctionnement et du besoin de débit d'air.

Suivant les cas et la variabilité de fonctionnement des machines, cette action permet une économie de 15% à 30% sur la consommation des moteurs d'aspiration.

Tableau 6 – Synthèse de l'action « Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs d'aspiration »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|--|--|---|---|
| 180 € / kW de puissance nominale de moteur | 15% à 30% sur la consommation des moteurs d'aspiration | Eligible au dispositif des CEE – IND-UT-102 : Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone ¹³ | - Installation des équipements (variateurs, clapets, automates). - Intégration et paramétrage de l'automate. |

5.1.3 Séchage

Description de l'usage

Le séchage est l'une des étapes énergivores importantes de la chaîne de production. Une étape préalable de ressuyage (séchage à l'air libre) peut être réalisée avant le traitement par des systèmes de séchage. Dans la filière bois-construction, le séchage est le plus souvent mis en œuvre de façon discontinue en chargeant les produits dans des cellules closes où l'apport thermique se fait par circulation d'air chaud. Les cellules sont équipées de ventilateurs pulsant de l'air chaud sur le produit. La température de séchage varie de 70°C à 150°C suivant les essences de bois et les besoins industriels. Le temps de séjour en cellule est également très variable allant de quelques jours à 2 ou 3 mois.

En termes de moyens de production d'énergie thermique, beaucoup de sites de la filière bois-construction utilisent des chaudières à combustible biomasse valorisant les coproduits bois. Cela en fait un système performant économiquement et vertueux en termes d'impact carbone.

Enfin, certains sites utilisent des systèmes de séchage sous vide couplant baisse de pression et augmentation de la température dans les cellules. Ces systèmes adaptés au bois résineux permettent un séchage plus rapide et efficient.

Piste d'amélioration énergétique

Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs de ventilation

Cette solution consiste en la mise en place de variateurs électroniques de vitesse (VEV) pour moduler le débit de ventilation dans les cellules de séchage. Ceci peut notamment permettre d'adapter le débit de ventilation à la vitesse d'évaporation de l'eau, celle-ci étant décroissante au cours du cycle de séchage. On peut également

¹³ Fiche d'opération standardisée n° IND-UT-102 « Mise en place d'un système de variation électronique de vitesse (VEV) sur un moteur asynchrone existant dépourvu de ce système, ou neuf de puissance nominale inférieure ou égale à 3 MW » : <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/30/IND-UT-102>

envisager de définir des consignes de débit d'air différentes selon essences de bois, ou pour contrôler la vitesse de séchage.

Tableau 7 – Synthèse de l'action « Mise en place de variateurs de vitesse sur les moteurs de ventilation »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|---|--|---|--|
| 180 € / kW de puissance nominale de moteur (hors sondes de température et automate) | 15% à 30% sur la consommation des moteurs de ventilation | Eligible au dispositif des CEE – IND-UT-102 : Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone ¹³ | - Installation des équipements (variateurs, sondes, automates). - Intégration et paramétrage de l'automate. |

5.1.4 Air comprimé

Description de l'usage

Sur les sites de la filière, l'air comprimé constitue une utilité répondant à différents besoins :

- Machines de transformation du bois (centres d'usinage, raboteuses, scies, etc.) ;
- Vérins pneumatiques ;
- Décolmatage de filtres d'aspiration ;
- Ateliers de montage.

L'usage d'air comprimé (compresseurs, assécheurs, ...) représente 5% à 10% de la consommation électrique des sites diagnostiqués.

Le rendement d'utilisation de l'air comprimé est faible (10% à 20%). Son utilisation est donc onéreuse. Suivant les sites, les réseaux d'air comprimé assurent des pressions de services moyennes (6 à 9 bars). Dans certains cas, il n'y a pas de réseaux centralisés mais plusieurs petits compresseurs alimentant les besoins machine par machine. Les fuites d'air constituent un problème récurrent représentant 20% de la consommation en moyenne.

Piste d'amélioration énergétique

Beaucoup d'actions d'économies d'énergie ayant trait à l'air comprimé doivent être envisagées dès la conception de l'installation. Il est ainsi nécessaire de dimensionner les compresseurs au plus juste besoin des machines. Cela permet d'éviter les fonctionnements en bas régime qui occasionnent de faibles rendements. Dans certains cas, il peut être aussi utile de séparer ou vanner les réseaux par machine ou par atelier. Ceci permet une meilleure maîtrise des pressions de consigne et une diminution des fuites d'air. Enfin, selon les profils du besoin d'air, il peut être intéressant d'installer un compresseur à variation de vitesse (VEV). Ces compresseurs ont l'avantage de garder un rendement élevé en dehors des phases de pleine charge.

Concernant les installations d'air comprimé existantes, les pistes suivantes peuvent être envisagées :

Optimisation des besoins d'air comprimé

L'objectif de cette action est de remplacer les équipements à besoins pneumatiques par des équivalents fonctionnant uniquement à l'électricité (vérins hydrauliques, outillages électroportatifs, etc.). Ceux-ci ont un rendement 10 à 20 fois supérieur à celui des équipements utilisant de l'air comprimé, engendrant ainsi une économie importante sur la consommation des usages concernés.

Cette action peut être réalisée progressivement lors de renouvellement d'outils et équipements.

Chasse aux fuites d'air

Les fuites d'air représentent en moyenne 20% de la consommation des compresseurs. Pour contrer ce phénomène, il est nécessaire de mettre en place une procédure de détection et traitement des points de fuites à fréquence régulière. Les campagnes de détection de fuites peuvent être réalisées par les opérateurs du site ou par des sociétés externes. Des moyens de détection élaborés peuvent être mis en œuvre à cette occasion (traceurs, ultrason, etc.). Lorsque les points de fuites sont localisés, le traitement se fait par des actions de colmatage ou de remplacement de pièces (joints, assemblages, etc.).

5.2 Pour aller plus loin

5.2.1 Production d'énergie biomasse

Dans les entreprises de la filière bois, la transformation du matériau génère des quantités significatives de co-produits bois (produits connexes de scierie), chutes de fabrication et déchets (seconde transformation) éventuellement utilisables pour de la production d'énergie thermique, voire d'électricité. De nombreuses entreprises sont ainsi équipées de chaufferies industrielles produisant de la chaleur pour des usages de procédé, fréquemment pour le séchage du bois (notamment scieries et fabricants de panneaux) et pour le chauffage des bureaux et ateliers. Certaines installations de combustion sont également productrices d'électricité (cogénération). Les énergies renouvelables ainsi produites à partir de co-produits ou chutes de production bois peuvent donc se substituer aux énergies fossiles.

Dans les entreprises ne disposant pas de chaudière bois, un tel investissement peut donc être considéré, notamment dans le cas d'activités avec un procédé nécessitant de la chaleur tel que le séchage du bois. Il faut tenir compte de la nature et du statut des combustibles (co-produits bois ou déchets) pour déterminer le cadre réglementaire de l'installation¹⁴.

Il est important de noter que des aides publiques sont proposées pour l'investissement dans ce domaine : l'appel à projets **Biomasse Chaleur pour l'Industrie du Bois (BCIB)**, vise à « accompagner les industries du bois dans la mise en place d'installations biomasse performantes pour répondre à leurs besoins de séchage et assurer une autonomie énergétique, en réduisant l'usage des énergies fossiles ». (projets visant une production énergétique annuelle minimale de 3 000 MWh/an, à partir de co-produits de l'industrie du bois) : [Biomasse Chaleur pour l'Industrie du Bois \(BCIB\) | Entreprises | Agir pour la transition écologique | ADEME](#)

5.2.2 Production d'énergie solaire photovoltaïque

Une autre piste d'économie de dépense énergétique pouvant être envisagée par la filière bois-construction est l'installation de panneaux photovoltaïques (PV). Les solutions photovoltaïques dominantes à l'heure actuelle sont les modules poly / monocristallins rigides. Ceux-ci ont pour avantages leur robustesse, leurs tailles standardisées et leur productivité relativement élevée (200 à 220 Wc/m²).

L'installation de panneaux PV en toiture d'un bâtiment industriel existant est souvent irréalisable (pour des raisons structurelles). Cette solution d'installation est néanmoins envisageable dans le cadre de projets de réfection de toitures ou pour de nouveaux bâtiments. A défaut, l'installation peut être réalisée sur des ossatures dédiées en exploitant le foncier du site industriel (ombrières de parking, zones de stockage extérieur, etc.).

En fonction du profil de consommation du site et du potentiel photovoltaïque, la valorisation de l'énergie produite peut se faire de 3 manières différentes :

- *Vente totale sur le réseau électrique* : à envisager pour des installations PV dont la puissance est supérieure à celle du contrat de fourniture électrique du site → les panneaux doivent alors être raccordés au réseau ;
- *Autoconsommation totale* : à envisager lorsque le taux d'autoconsommation de l'énergie produite est supérieur à 90% → les panneaux n'ont pas à être raccordés au réseau ;
- *Autoconsommation partielle* : l'énergie produite est alors en priorité consommée par le site et le surplus est revendu sur réseau. Cette solution est à envisager lorsque le taux d'autoconsommation de l'énergie produite se situe entre 50% et 90% → les panneaux doivent alors être raccordés au réseau.

Dans le cas plus simple, l'entreprise prend en charge l'investissement et la maintenance liés à l'installation photovoltaïque. Elle bénéficie alors totalement de l'énergie produite. Dans un autre cas, l'entreprise peut simplement mettre à disposition ses toitures ou du foncier à un prestataire tiers qui prend en charge toute l'installation (fourniture, installation et maintenance des panneaux PV). Le prestataire valorise l'électricité produite et verse un loyer à l'entreprise.

A noter cependant que l'installation de panneaux solaires, notamment sur les bâtiments de production, peut poser des difficultés d'assurance. Certaines sociétés d'assurance refusent de proposer des contrats pour de telles installations. Dans tous les cas, pour les bâtiments concernés, ces projets engendrent un coût d'assurance supplémentaire.

¹⁴ Pour le classement réglementaire des installations de combustion de déchets bois dans les entreprises bois-construction voir : [Gestion des déchets bois dans les entreprises bois-construction | CODIFAB](#)

Tableau 8 – Synthèse de l'action « Production d'énergie solaire photovoltaïque »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|--|---|--|--|
| 1 € / Wc installé de panneaux PV. Raccordement au réseau Basse Tension : 5 k€ (installation inférieure à 250 kVA) | Variable selon le profil de consommation du site. | Variable selon la région et/ou le département. | - Pose des panneaux photovoltaïques. - Raccordements électriques (usine, réseau). |

5.2.3 Monitoring de l'énergie

Par définition, le monitoring (ou pilotage) énergétique, est un processus qui permet de récolter, regrouper, analyser et suivre l'ensemble des données et indicateurs de consommations énergétiques d'un site, d'un bâtiment, d'un procédé ou d'une utilité.

L'IPÉ (Indicateur de Performance Énergétique) est un indicateur permettant de mesurer la performance d'un usage énergétique dans le temps et dans des conditions comparables. Il est obtenu grâce à la comparaison des données de consommations énergétiques et de facteurs d'influence (production, données environnementales, ...).

Le suivi des IPÉ présente de multiples avantages :

- ✓ Analyser la consommation énergétique du site avec précision, c'est-à-dire en prenant en compte tous les facteurs correcteurs pertinents sur tout type d'usage ;
- ✓ Comparer les données, analyser les talons de consommations et détecter les éventuelles dérives par rapport à une situation initiale ;
- ✓ Valider les économies liées aux actions de performance énergétique menées ;
- ✓ Déterminer tous les coûts énergétiques associés à un procédé de production ou une étape du procédé, en prenant en compte les différentes variables.

Les systèmes de monitoring énergétique requièrent l'installation de compteurs d'énergie (électricité, gaz, calories, ...) sur les principales installations énergivores. Il est également nécessaire de mettre œuvre une procédure de relève et historisation des données issues des compteurs. Cette procédure peut être automatisée en mettant en place des moyens de télérelève des compteurs couplés à un logiciel de suivi énergétique.

Le tableau ci-après présente les indicateurs les plus communément utilisés en milieu industriel et proposés dans la fiche d'opération standardisée IND-UT-134 (Systèmes de mesurage d'indicateurs de performance énergétique).

Tableau 9 – Indicateurs de performance énergétique couramment utilisés

| Usage énergétique | IPÉ |
|--|---|
| Procédé industriel thermique ou électrique | Rendement (kWh/Unité de production) |
| Production et/ou distribution de chaleur | Rendement spécifique de chauffage (%) |
| Production et/ou distribution d'air comprimé | Consommation d'énergie spécifique (Wh/Nm ³) |
| Production et/ou distribution de froid | COP (kWh _{frigo} /kWh _{elec}) |
| Autres systèmes motorisés (pompes, ventilateurs, etc.) | Rendement (%) |

Le graphique ci-après présente un exemple de suivi de rendement d'air comprimé.

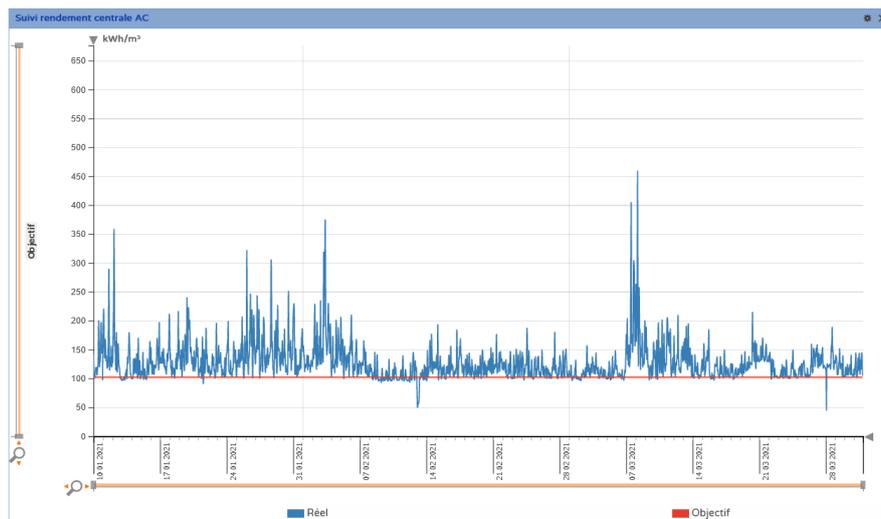


Figure 4 – Graphique illustrant un exemple de suivi de rendement d'air comprimé (DELTA CONSO EXPERT)

Tableau 10 - Synthèse de l'action « Monitoring de l'énergie »

| Investissement | Economies | Aides et subventions | Moyens |
|--|--|--|---|
| 1000 € / point de mesurage (électricité) | 2% de la consommation des usages suivis. | Eligible au dispositif des CEE – IND-UT-134 : Système de mesurage d'indicateurs de performance énergétique | - Compteurs d'énergie. - Moyens de télérelève. - Logiciel de gestion énergétique. |

5.3 Gain CO₂ potentiel en cycle de vie

5.3.1 Charpente industrielle

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,8% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,3% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.2 Charpente traditionnelle

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 3,4% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 1,4% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.3 Poutre en I âme OSB

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 5,7% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,3% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.4 Fenêtre bois

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre carrelets) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de carrelets. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,9% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre carrelets) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de carrelets. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,6% sur l'ensemble du cycle de vie

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre process) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de la fenêtre. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,8% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre process) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de la fenêtre. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,5% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.5 Poutre en bois lamellé-collé (BLC)

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 5,8% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,3% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.6 Plancher solivage bois

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liés au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 1,8% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : nous avons considéré une baisse de 2% des émissions CO₂ des consommations d'énergie à l'étape de fabrication. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,7% sur l'ensemble du cycle de vie

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre process) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liés au poste de consommation d'énergie en usine pour la fabrication du produit. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,6% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre process) :

Hypothèses considérées : nous avons considéré une baisse de 2% des émissions CO₂ des consommations d'énergie en usine pour la fabrication du produit. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 1% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.7 Panneau lamellé-croisé (CLT)

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 5% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre scierie) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie en scierie. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.8 Panneau de contreplaqué

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre placages) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication des placages. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 6,8% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre placages) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication des placages. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 2,7% sur l'ensemble du cycle de vie

5.3.9 Porte extérieure en bois

- Passage à des moteurs IE 4 (en remplacement de moteurs IE3) (périmètre process) :

Hypothèses considérées : baisse de 5% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de la porte. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,6% sur l'ensemble du cycle de vie

- Mise en place d'un système de monitoring de l'énergie (périmètre process) :

Hypothèses considérées : baisse de 2% des émissions CO₂ liées au poste de consommation d'énergie pour la fabrication de la porte. Tout le reste du cycle de vie reste inchangé.

Gain sur le GWP total (en cycle de vie) : 0,2% sur l'ensemble du cycle de vie

5.4 Témoignages

5.4.1 Projet Green Energy : installation de nouveaux sècheurs chez Swiss Krono

Explication de l'expérience :

A Sully-sur-Loire (Loiret), Swiss Krono France, fabricant de produits dérivés du bois, identifie un triple enjeu :

- La **réduction des émissions**, en lien avec la réglementation européenne (BREF)
- La **réduction de sa consommation énergétique**
- Sa participation active à la **décarbonation de l'industrie**

Swiss Krono a souhaité répondre à ces problématiques tout en augmentant sa capacité de séchage, étape du process qui est le goulot d'étranglement de l'ensemble de la production d'OSB.

Swiss Krono France s'est ainsi rapproché de Dalkia, spécialiste de la performance énergétique au service de l'industrie bas-carbone, et de Méridiam, un leader dans la conduite de grands projets d'infrastructure et d'énergie.

Le projet vise à implanter sur le site de l'usine de Swiss Krono France **deux nouveaux sècheurs** alimentés par une **chaudière biomasse de 63MW**, équipée d'un **condenseur de fumée**, au service d'une **productivité améliorée**.

In fine, le mix énergétique actuellement composé à 60% de biomasse et à 40% de gaz naturel sera remplacé par un mix énergétique composé à 93% de biomasse et à 7 % de gaz naturel.

Ce projet d'une durée de 3 ans, entre le montage, la réponse aux appels à projet, et la phase de travaux, se déroule selon le délai prévu. **La nouvelle installation sera opérationnelle à fin juin 2024.**

Qui a été le porteur de projet ?

SWISS KRONO France, dans son ensemble, a été le porteur de projet (en partenariat avec Dalkia et Méridiam), **soutenu par le groupe SWISS KRONO** – bénéficiant de l'expérience de sècheurs basse température installés sur d'autres sites du groupe, notamment en Pologne et en Allemagne. La partie sècheurs basse température a été 100% conçue et pilotée par les équipes SWISS KRONO France.

Quels outils ont été utilisés ?

Outils spécifiques du bureau d'étude Dalkia pour le dimensionnement de chaudières.

Quels ont été les indicateurs de succès choisis ?

Les calculs et les estimations de Méridiam, Dalkia et Swiss Krono aboutissent aux chiffres suivants :

- **35 000 tonnes de CO₂ fossile évitées par an** grâce à la chaudière biomasse
- **5% à 10% de réduction des besoins énergétiques** grâce aux sècheurs basse température et un condenseur. (Récupération des calories des fumées et réinjection dans le circuit d'eau chaude alimentant les sècheurs basse température).
- **Entre 80% et 95% du gaz consommé** par le site **remplacé** par de la biomasse,
- **Plus de 100 M€ d'investissements** : Lauréat du plan France 2030 et plus précisément l'AAP Indus EE (pour l'investissement dans le condenseur et des deux sècheurs basse température), le **dossier BCIAT** (aides de l'Etat pour une chaudière biomasse), et l'**AAP Système Constructif Bois** (aide ADEME pour l'investissement dans les équipements d'augmentation de capacité)

Les difficultés rencontrées ?

La principale difficulté est la **complexité technique du projet** qui met en œuvre différents combustibles et différents fluides caloporteurs.

De plus c'est un **projet tripartite**, où Méridiam, est l'investisseur et aide au montage du projet. Dalkia réalise l'ingénierie, la mise en place et l'exploitation de la chaudière du site. Et SWISS KRONO qui est à la fois fournisseur de la biomasse et client de l'énergie fournie par Meridiam/Dalkia.

Une autre difficulté a été l'augmentation des coûts de matière première, dans ce **contexte économique post COVID** et avec le **début de la guerre en Ukraine**.

Facteurs de succès

Les facteurs de succès sont notamment **l'organisation du projet avec les partenaires spécialistes** que sont Méridiam et Dalkia, mais aussi le **soutien de l'Etat Français par l'intermédiaire de l'Ademe (France 2030)**.

En savoir plus...

Projet Green Energy (Swiss Krono France) : <https://www.swisskrono.com/fr-fr/projet-green-energy/>

5.4.2 Réduire sa consommation énergétique en réorganisant le temps de travail : l'exemple de MDB

Explication de l'expérience :

MDB (Métiers Du Bois, groupe Aurige) produit des charpentes et des menuiseries exclusivement pour la rénovation. Il y a 6 agences MDB en France dont celle de Bourges qui fait l'objet de ce témoignage.

Le site de Bourges consomme de l'électricité pour les machines et du gaz pour le chauffage des ateliers (maintien de 12°C pour la stabilité du bois et le confort des employés). Cette consommation dépend de la production ; elle n'est pas linéaire par rapport aux quantités produites mais est davantage liée à la typologie des produits fabriqués.

Au moment du renouvellement des équipements d'éclairage, il y a quatre ans, un passage aux LED a été opéré sur l'ensemble du site.

Dans la continuité de cette volonté de diminution de la consommation d'énergie, l'électricien du site a conseillé la mise en place d'un boîtier de calcul de la consommation électrique instantanée. Cet investissement, même s'il n'est aujourd'hui pas encore complètement exploité, a permis de se rendre compte que les arrêts et redémarrages de l'aspiration sont très énergivores.

L'entreprise a donc réorganisé son temps de travail :

- Augmentation du temps de travail journalier : la présence des employés est concentrée sur une plage horaire moins étalée et il n'y a plus de production le vendredi après-midi, donc plus d'aspiration ni de machines en fonctionnement ;
- L'allumage / arrêt automatique de l'aspiration en simultané des machines a été stoppé : l'aspiration est allumée une fois le matin et éteinte une fois le soir.

Ce projet est encore assez récent et le calcul de l'économie d'énergie réalisée n'a pas encore été fait.

La prochaine étape consistera pour MDB à connecter le boîtier à un ordinateur qui pourra analyser les résultats et gérer seul l'optimisation des consommations d'électricité du site. Ce n'est pas encore fait pour le moment.

Qui a été le porteur de projet ?

Le directeur de site Pierre Jean Morand a été à l'initiative de ce projet.

Quels ont été les indicateurs de succès ?

Il est choisi de suivre la consommation d'énergie sur l'année, cependant le site étant aussi en croissance sur l'activité menuiseries pour la rénovation, il sera difficile d'évaluer le bénéfice du projet.

6 Annexes

Annexe 1 : Les aides financières disponibles

De nombreuses aides existent, elles peuvent prendre différentes formes :

- accompagnement et transfert de compétences ;
- aide à l'investissement ou à l'évaluation environnementale initiale ;
- facilités de prêts ;
- avantages fiscaux ;
- formations, etc.

Ces aides peuvent aider à améliorer les produits sur plusieurs aspects environnementaux ou être spécifiques à certaines actions (économies d'énergie, R&D sur une technologie). Ces aides peuvent venir de l'Etat, des régions, de l'ADEME, de l'Europe ou d'autres acteurs. Elles sont souvent conditionnées par la taille de l'entreprise et le type d'entité. Enfin, certains dispositifs sont relativement pérennes, quand d'autres sont proposés sur des durées plus courtes.

Afin de s'y retrouver parmi toutes les aides possibles, l'ADEME a mis en place une plateforme pour aider les entreprises à trouver l'aide qui correspond à leurs besoins. A la date de rédaction de ce guide, cette plateforme recense 101 aides différentes.

→ <https://mission-transition-ecologique.beta.gouv.fr/>

Il existe aussi une autre plateforme pour rechercher une aide en fonction du projet à mener. A la date de rédaction de ce guide, cette plateforme recense plus de 82 aides différentes.

→ <https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres>

Annexe 2 : Certificats d'économies d'énergie

La directive européenne sur l'efficacité énergétique impose aux États membres de consommer moins et mieux l'énergie. En réponse, la France a choisi les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE), dispositif régi par la Loi Pope de 2005.

Le principe de ce dispositif est d'obliger les fournisseurs d'énergie (électricité, carburant, fioul, gaz, etc.) à contribuer financièrement aux économies d'énergie. Ces entreprises doivent financer des travaux de rénovation énergétique dans tous types de bâtiments : industries, bureaux, mairies, hôtels, etc. Ils le font en achetant des « kWh cumac » (cumulés et actualisés) aux personnes réalisant des travaux d'économie d'énergie. Le volume de kWh cumac est déterminé suivant des fiches d'opérations standardisées établies par l'administration (voir l'exemple de la fiche d'opération standardisée IND-UT-102 ci-dessous).

Les sites réalisant des travaux d'économie d'énergie peuvent obtenir un financement auprès des acteurs du dispositif (obligés, éligibles, etc.). Ceux-ci achètent et vendent les certificats sur un marché des CEE. Le cours du kWh cumac est donc évolutif, il se situait en moyenne à 0,006 €/kWh cumac en 2022.

Exemple de calcul CEE :

On considère l'opération consistant à mettre en place un variateur de vitesse sur le moteur d'un ventilateur de 30 kW au sein d'un site industriel. La fiche d'opération standardisée associée à cette action est la fiche n°IND-UT-102 (« Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone »)¹³. Celle-ci indique que pour une installation sur ventilation, le montant en kWh cumac par kW de puissance nominale moteur est de 12 200 kWh cumac.

Pour une puissance nominale moteur de 30 kW, le montant de certificats en kWh cumac serait de :

$$\text{Montant en kWh cumac par kW} \times \text{Puissance nominale du moteur en kW} = 12\,200 \times 30 = 366\,000 \text{ kWh cumac}$$

En prenant une valeur de 0,006 € / kWh cumac, le montant de l'aide CEE serait :

$$\text{Cours actuel du kWh cumac} \times \text{Montant de certificats en kWh cumac} = 366\,000 \times 0,006 = 2196 \text{ €}$$



Certificats d'économies d'énergie
Opération n° IND-UT-102

Système de variation électronique de vitesse sur un moteur asynchrone

1. Secteur d'application

Industrie.

2. Dénomination

Mise en place d'un système de variation électronique de vitesse (VEV) sur un moteur asynchrone existant dépourvu de ce système, ou neuf de puissance nominale inférieure ou égale à 3 MW.

Est exclu de l'opération standardisée tout moteur IE2 défini par le règlement (CE) n°640/2009 de la Commission du 22 juillet 2009 modifié par le règlement (UE) n°4/2014 de la Commission du 6 janvier 2014, acheté :
- entre le 1^{er} janvier 2015 et le 31 décembre 2016 si sa puissance nominale est comprise entre 7,5 kW inclus et 375 kW inclus ;
- à partir du 1^{er} janvier 2017 si sa puissance nominale est comprise entre 0,75 kW inclus et 375 kW inclus.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

La mise en place est réalisée par un professionnel.

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un système de variation électronique de vitesse.

À défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne l'installation d'un équipement avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que l'équipement de marque et référence installé est un système de variation électronique de vitesse.

4. Durée de vie conventionnelle

15 ans.

5. Montant de certificats en kWh cumac

| Application | Montant en kWh cumac par kW | X | Puissance nominale du moteur en kW P |
|--------------------------|-----------------------------|---|---|
| Pompage | 12 400 | | |
| Ventilation | 12 200 | | |
| Compresseur d'air | 11 900 | | |
| Compresseur frigorifique | 7 100 | | |
| Autres applications | 5 500 | | |

Exemple de Fiche d'opération standardisée : la fiche IND-UT-102

Annexe 3 : Priorisation des actions de logistique et feuille de route

Le contenu de cette annexe constitue une proposition de méthodologie de priorisation et de mise en place des actions logistiques décrites dans le chapitre 4 de ce guide (Améliorer la logistique des approvisionnements et livraisons).

Ces pistes ont été reprises dans le Tableau 11 (ci-dessous), ainsi que leurs objectifs associés. Pour chacune de ces pistes, il est proposé d'attribuer une note de 1 à 5 aux critères suivants :

- Facilité de mise en œuvre : 1 = difficile à mettre en œuvre, 5 = très facile à mettre en œuvre ;
- Impact financier : 1 = retour sur investissement très long voire incertain, 5 = retour sur investissement rapide ;
- Impact environnemental : 1 = pas d'impact environnemental, 5 = fort gain environnemental.

La colonne « Total » correspond au produit des notes renseignées à chacun des critères.

Par exemple, pour une action donnée, la mise en œuvre est notée 3, l'impact financier est noté 2 et l'impact environnemental est noté 5. Le total pour cette action est égal à $3 \times 2 \times 5 = 30$.

En fonction du score total obtenu à chaque piste, une priorisation peut être effectuée ; plus le score est important, plus l'action correspondante est prioritaire.

Une fois que cette priorisation aura été effectuée, se référer au chapitre 4 de ce guide (Améliorer la logistique des approvisionnements et livraisons) : pour chacune des pistes est proposée une feuille de route qui constitue une liste non-exhaustive des principales tâches à mettre en œuvre pour assurer une bonne réalisation de l'action. Pour chaque tâche de la feuille de route, définir les indicateurs suivants :

- Pilote : il convient de désigner une personne responsable de la bonne réalisation de chaque tâche ;
- Délai : définir un délai de réalisation permet de se fixer des objectifs de réalisation ;
- Statut : très utile pour suivre l'avancement du projet, cet indicateur constitue l'historique de chaque tâche ;
- Ressources mobilisées : identifier l'ensemble des personnes mobilisées par la tâche permet d'optimiser de travail en interne

Cet exercice de définition d'indicateurs peut être facilité lorsque qu'il est réalisé sous la forme d'un tableau. Cela permet également un meilleur suivi des actions sur le long terme.

Tableau 11 – Exemple de grille de priorisation pour la mise en place d'actions d'amélioration appliqué aux pistes d'amélioration logistique

| Flux | Préconisations | Objectifs | Mise en œuvre (A) | Impact financier (B) | Impact environn. (C) | Total (A*B*C) |
|--|---|--|-------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Tous les flux | Élargir le panel de transporteurs | Diminuer les coûts, être plus réactif et moins dépendant. | | | | |
| | Animer la relation fournisseurs / transporteurs | Diminuer le coût de transport à la tonne, réduire les émissions de CO ₂ par tonne transportée. | | | | |
| Depuis les sites de 1e transformation vers leurs clients | Harmonisation des tailles de palettes sur les produits standards | Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts, faciliter la constitution du plan de chargement, faciliter les opérations de manutention. | | | | |
| Tous les flux expéditions / produits sur mesure | Anticipation et communication sur les produits sur mesure | Optimiser la conception de la pièce pour diminuer le coût du transport en évitant ou anticipant le besoin en transport exceptionnel ou en maximisant le taux de remplissage, pouvoir anticiper les coûts de transport pour coter au plus juste. Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts, faciliter la constitution du plan de chargement, faciliter les opérations de manutention. | | | | |
| Approvisionnement des sites de 2nde transformation | Procédure contrôle à mettre en place | Eviter les non-qualités et les anticiper pour ne pas être en rupture suite à un produit non conforme, améliorer la productivité et le service client. | | | | |
| | Amélioration de la traçabilité | Avoir une bonne tenue des stocks, faciliter le suivi et le rangement des matières premières. | | | | |
| | Amélioration des processus informatiques | Avoir une bonne tenue des stocks, faciliter le suivi et le rangement des matières premières. | | | | |
| Depuis les sites de 2nde transformation vers leurs clients | Conduire une véritable étude de faisabilité sur le transport pour les livraisons sur chantier | Valider les possibilités de livraison (accessibilité au chantier, moyens de manutention, etc.) pour être sûr de pouvoir réaliser la prestation, coter le transport au plus juste, ne pas devoir replanifier la livraison avec d'autres moyens. | | | | |
| | Concevoir des conditionnements pour les composants additionnels / accessoires et améliorer leur traçabilité | Eviter la perte des composants additionnels et des coûts supplémentaires pour les relivraisons et améliorer le service clients. | | | | |
| Expéditions | Amélioration du taux de remplissage sur certains clients | Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts. | | | | |
| Expéditions grand export et réceptions grand import | Utilisation de transport multimodal pour le post-acheminement des réceptions et le préacheminement des expéditions hors Europe continentale | Diminuer l'empreinte carbone du transport grand export / grand import. | | | | |
| Expéditions | Revoir la planification des tournées | Diminuer les coûts de transport et les émissions CO ₂ . | | | | |
| Réceptions | Travailler sur la provenance des matières premières | Mieux connaître l'origine de ses approvisionnements et diminuer l'empreinte carbone des approvisionnements. | | | | |
| Expéditions - Entreprises multisites | Amélioration du taux de remplissage expédition en synergie avec les autres sites | Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts | | | | |
| | Amélioration du taux de remplissage en réception en synergie avec les autres sites | Améliorer le taux de remplissage des camions et diminuer les coûts | | | | |
| | Avoir une gestion des stocks centralisée | Diminuer le nombre de transports intersites et le coût de transport intersites total et réduire les émissions de CO ₂ . | | | | |
| | Avoir une réflexion sur la complémentarité des sites et les zones de chalandise | Diminuer le nombre de transports intersites et diminuer les kilomètres parcourus pour les expéditions, diminuer le coût de transport total et réduire les émissions de CO ₂ . | | | | |