VALORISATION CROISÉE DES MATIÈRES ISSUES DE SECTEURS INDUSTRIELS MANUFACTURIERS : DÉMONSTRATION, FAISABILITÉ, MÉTHODOLOGIE

Juin 2014

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par six membres du Réseau CTI avec la participation du CIRAD

N° de contrat : 1006C0135

Coordination technique : Marlène DRESCH – Service Prévention et Gestion des Déchets – Direction Consommation Durable et Déchets – ADEME Angers



RAPPORT FINAL





En partenariat avec :



REMERCIEMENTS

Liste des personnes participant à l'étude, à la rédaction du présent document et/ou à sa relecture :

Ginès MARTINEZ - Réseau CTI - FCBA Gérard DEROUBAIX Vincent QUINT - FCBA - CTMNC Stéphane NOËL Marie-Anne BRUNEAUX - CTMNC Frédéric GUILLET - CTP **Etienne GRIFFON** - CTP Fabrice BOSQUE - ITERG Natie LAHITTE - ITERG Patrick ROUGEAU - CERIB François JACQUEMOT - CERIB Marjorie PETITPAIN - CERIB François BROUST - CIRAD Bernard DUQUET - CTIF - CTIF Béatrice TORRALBA Sabine BACHELLEZ - CTIF















Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.



SOMMAIRE

| <u>RE</u> | SUME | <u>5</u> |
|-------------------|---|-------------|
| | | |
| <u>1.</u> | PRESENTATION DU PROGRAMME ET DES BI(TRI)NÔMES | 6 |
| | | |
| 1.1 | Presentation du programme et de son etat d'avancement | 6 |
| 1.2 | | |
| 1.3 | | |
| | | |
| 2. | PRESENTATION DES LIVRABLES | q |
| <u></u> | TRECENTATION DEG ENTRADEEC | <u> 0</u> |
| 3. | METHODOLOGIE RETENUE | 11 |
| <u>J.</u> | METHODOLOGIE RETEROE | <u> 1 1</u> |
| 3.1 | TABLEAUX DE COLLECTE DE DONNEES (PHASE 1 ET 2) | 44 |
| 3.1 | | |
| 3.3 | | |
| 3.4 | | |
| 3.5 | , | |
| J.J | 16 `` | • |
| 3.6 | BILAN TECHNICO-ECONOMIQUE (PHASE 5) | 21 |
| | | |
| 4. | SYNTHESE DES TRAVAUX MENES POUR LES PHASES 1 A 5 | 23 |
| - | | |
| 4.1 | FCBA - CTMNC : DECHETS DE BOIS → AGENT POROSANT + COMBUSTIBLE | 24 |
| 4.1 | | |
| 4.3 | | |
| 4.4 | | |
| 4.5 | | |
| 4.5 | | |
| 4.5 | | |
| 4.6 | | |
| 4.6 | | |
| 4.6 | | |
| 4.6 | | |
| 4.0 4.7 | | |
| 4.7 | | |
| | .2 CTIF - CERIB : FINES DE SABLES → CIMENT POUR BETON | |
| | CTIF - CERIB . FINES DE SABLES → CIMENT POUR BETON | |
| 4.8 | CTIF - CTWING: SABLES USES 7 SABLE | 00 |
| _ | | |
| <u>5.</u> | PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE GENERIQUE (PHASE 6) | <u> 70</u> |
| _ | | |
| <u>6.</u> | BILAN DES ACTIONS DE COMMUNICATION (PHASE 7) | <u>72</u> |
| | | |
| <u> AN</u> | NEXES | 73 |



LISTE DES FIGURES

| Figure 1 : Présentation des bi(tri)nômes | 7 |
|--|------|
| Figure 2 : Exemples de cartes comparatives des gisements et des besoins avec DataMap | |
| Figure 3 : Exemple de repérage des zones d'approvisionnement avec ARCVIEW | |
| Figure 4 : Exemple de carte de localisation des sites avec ARCVIEW | |
| Figure 5 : Binôme FCBA - CTMNC : Approvisionnement à 1 % d'incorporation de déchets de bois broyés Figure 6 : Binôme FCBA - CTMNC : Approvisionnement à 10 % d'incorporation de déchets de bois broyés | s 27 |
| | |
| Figure 7 : Trinôme FCBA - CIRAD - CTIF : Zones d'approvisionnement potentielles en déchets de bois | |
| broyés carbonisés | 31 |
| Figure 8 : Binôme CTP - CTMNC : Gisements et besoins potentiels en boues papetières | 35 |
| Figure 9 : Binôme CTP - CERIB : Gisements et besoins potentiels en cendres de chaudières biomasses | . 39 |
| Figure 10 : Binôme ITERG - CTMNC : Gisements et besoins potentiels en coques de tournesol | 43 |
| Figure 11 : Binôme ITERG - CTMNC : Gisements et besoins potentiels en terres de décoloration | 46 |
| Figure 12 : Binôme ITERG - CTIF : Gisements et besoins potentiels en huiles acides | 50 |
| Figure 13 : Binôme ITERG - CTIF : Gisements et besoins potentiels en graisses animales | |
| Figure 14 : Binôme ITERG - CTIF : Gisements et besoins potentiels en coques de tournesol | |
| Figure 15 : Binôme CTIF - CERIB : Gisements et besoins potentiels en laitiers | |
| Figure 16: Binôme CTIF - CERIB: Gisements et besoins potentiels en fines de sables | |
| Figure 17 : Binôme CTIF - CTMNC : Gisements et besoins potentiels en sables | |
| Figure 18 : Présentation générale de la méthodologie | |
| Figure 19 : Présentation développée de la méthodologie | 71 |
| LISTE DES TABLEAUX | |
| | |
| Tableau 1 : Présentation des phases du projet | 6 |
| Tableau 2 : Secteurs industriels et centres techniques concernés par le projet | |
| Tableau 3 : Phases opérationnelles du projet spécifique aux bi(tri)nômes | |
| Tableau 4 : Tableau récapitulatif des livrables | |
| Tableau 5 : Outils de cartographie retenus | 12 |
| Tableau 6 : Exemple d'approche économique pour des déchets éliminés en CSDND, avec une première | |
| évaluation du coût de valorisation future | |
| Tableau 7 : Exemple d'approche économique pour un déchet (ou une matière) actuellement vendu | |
| | |

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

CDT Centre De Tri

COV Composés Organiques Volatils CTI Centre Technique Industriel

CSDND Centre de Stockage de Déchets Non Dangereux

DD Déchets Dangereux
DI Déchets Inertes
DAND Déchets Non Donger

DND Déchets Non Dangereux

DREAL Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

MPS Matière Première Secondaire

Valorisation M Valorisation Matière Valorisation E Valorisation Energétique

TP Travaux Public



RÉSUMÉ

Issu des réflexions menées lors du Grenelle Environnement et en articulation avec la transposition de la directive européenne du 19/11/08 sur les déchets, un plan d'actions « déchets » 2009-2012 gouvernemental est paru en septembre 2009 et se déclinait en 5 axes. Il visait à mettre en œuvre les engagements du Grenelle Environnement qui fixent comme objectifs prioritaires la réduction à la source des déchets ainsi que le développement du recyclage et de la valorisation. Sur ce dernier point, il prévoyait une amélioration du taux de recyclage pour les déchets des entreprises et les emballages, portés à 75 % dès 2012.

Dans cette perspective, certains membres de la Commission Développement Durable du réseau CTI ont initié le présent projet en vue de déterminer quelles pourraient être les meilleures associations industrielles possibles pour les déchets (que l'on considérera comme des matières) qui aujourd'hui ne sont pas ou insuffisamment valorisés.

L'objectif général du projet est de trouver de nouvelles voies de réintégration de ces matières dans des filières externes au procédé qui les a générées, ce qui permettra de multiplier les solutions de valorisation, d'apporter des réponses locales à la gestion des déchets et d'augmenter le taux global de valorisation de ces derniers.

A partir d'exemples de matières à valoriser (études de cas), cet objectif se décline en trois objectifs techniques :

| techn | iques : |
|--------|---|
| | Dresser une cartographie des matières à valoriser dans les secteurs industriels représentés par les CTI. |
| | Etudier la faisabilité technique (à l'échelle du laboratoire) et économique des solutions de valorisation. |
| | Pour certains exemples, poursuivre la démonstration technique par la réalisation d'essais à l'échelle pré-industrielle. |
| L'obje | ectif final de ce projet est l'élaboration d'une méthode générique pour la valorisation des déchets. |

De manière plus globale, ce projet contribuera :

- aux négociations au niveau national, voire communautaire, relatives à la qualification des matières recyclées comme produits ;
- à favoriser l'émergence de synergies entre entreprises appartenant à des secteurs industriels différents :
- à développer la mise en application du concept d'économie circulaire, pierre angulaire du développement durable.

Mots clés :

valorisation - élimination - matières - déchets - critère - énergie



1. PRESENTATION DU PROGRAMME ET DES BI(TRI)NÔMES

1.1 Présentation du programme et de son état d'avancement

Le programme des travaux définis dans la convention de financement n° 1006C0135 établie entre l'ADEME et le Réseau CTI, notifiée le 24/11/11, se décompose en huit phases précisées dans le tableau ci-dessous :

| Phase | Désignation |
|----------|---|
| Phase 1 | Etat des lieux par secteur industriel |
| Phase 2 | Cartographie des matières à valoriser |
| Phase 3 | Faisabilité technique à l'échelle du laboratoire |
| Phase 4 | Faisabilité technique à l'échelle pré-industrielle |
| Phase 5 | Validation pré-industrielle du modèle technico-économique |
| Phase 6 | Méthodologie pour la valorisation des déchets ou matières |
| Phase 7 | Diffusion des résultats et de la méthode |
| (Phase 8 | Pilotage du projet) |

Tableau 1 : Présentation des phases du projet

1.2 Présentation des bi(tri)nômes

Les secteurs industriels concernés par le présent projet sont les suivants :

| Secteur industriel | Centre technique ou centre de recherche | | |
|--|---|--|--|
| Bois et ameublement | FCBA | | |
| Agro-industrie | Cirad LA RECHESOR & CARDONIQUE POUR LE DÉVLICOPRANTA | | |
| Pâte et papier | centre technique du papier | | |
| Corps gras | ITERG Expertise Corps Gras | | |
| Produits préfabriqués en béton | CERIB | | |
| Produits de la construction en terre cuite | CTMNC | | |
| Fonderie | Crit | | |

Tableau 2 : Secteurs industriels et centres techniques concernés par le projet



Pour la réalisation de ce programme, les associations industrielles envisagées sont décrites dans le synoptique et le tableau ci-dessous. Elles correspondent à sept binômes comprenant chacun un secteur industriel source de déchet ou de matière et un secteur industriel utilisateur ainsi qu'à un trinôme dans lequel intervient en complément une entité chargée de la transformation préalable du déchet.

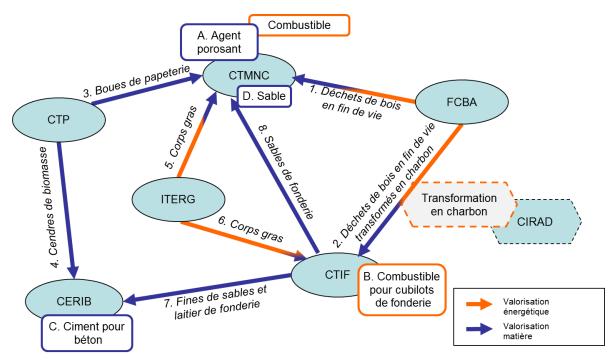


Figure 1 : Présentation des bi(tri)nômes

La réalisation des travaux s'est déclinée de manière différente en fonction des secteurs industriels concernés et, pour le binôme FCBA-CTMNC, du fait des résultats obtenus en phase 3. Ainsi, les phases 4 et 5 n'ont pas systématiquement été conduites (cf. Tableau 3).

| | | Phases opérationnelles du projet spécifiques aux bi(tri)nômes | | | |
|--|--------------|---|--|----------------------------|---------------------------------|
| | N° des | Phase 2 | Phase 3 | Phase 4 | Phase 5 |
| | bi(tri)nômes | Cartographie des matières à valoriser | Caractérisation et essais en laboratoire | Essais pré- industriels | Validation pré- industrielle |
| FCBA-CTMNC | | | | | |
| Déchets de bois | 1 | | | | |
| → Agent porosant+combustible | | | | | |
| FCBA-(CIRAD)-CTIF | | | | | |
| Déchets de bois transformés en charbon | 2 | | | | |
| → Combustible pour cubilots | | | | | |
| CTP-CTMNC | | | | | |
| Boues de papeterie | 3 | | | | |
| → Agent porosant | | | | | |
| CTP-CERIB | | | | | |
| Cendres de biomasse | 4 | | | | |
| Ciment pour béton | | | | | |
| ITERG-CTMNC | | | | | |
| Corps gras | 5 | | | | |
| → Combustible+agent porosant | | | | | |
| ITERG-CTIF | | | | | |
| Corps gras | 6 | | | | |
| Combustible pour cubilots | | | | | |
| CTIF-CERIB | | | | | |
| Fines de sable et laitier de fonderie | 7 | | | | |
| Ciment pour béton | | | | | |
| CTIF-CTMNC | | | | | |
| Sables usés | 8 | | | | |
| → Sable | | | | | |

Tableau 3 : Phases opérationnelles du projet spécifique aux bi(tri)nômes



1.3 Déchets ou matières visés

Certains déchets ou matières, objets de la présente étude, sont parfois déjà fortement valorisés qu'il s'agisse d'une valorisation matière ou bien d'une valorisation énergétique. C'est notamment le cas de la plupart des déchets du secteur des corps gras et du secteur du papier.

Cependant, les filières de valorisation actuelles peuvent être fragiles du fait :

de leurs impacts environnementaux ;

des évolutions réglementaires ;

ou encore des aléas économiques, de la fluctuation des coûts de valorisation ;

et/ou du faible nombre d'installations de valorisation existantes...

Ainsi, il convient de rechercher de nouvelles filières de valorisation susceptibles d'être plus pérennes que les filières existantes, de répondre à des demandes non encore satisfaites ou à de nouveaux marchés, de développer des synergies locales réduisant notamment les transports de matières généralement coûteux tant sur le plan économique que d'un point de vue environnemental et ce, dans la perspective du développement d'une économie circulaire de nature à limiter l'épuisement des ressources naturelles et à se préparer à d'éventuelles pénuries.

Par ailleurs, cette recherche peut permettre de conforter ou renforcer les synergies existantes ou de structurer certains marchés de déchets susceptibles d'être alors véritablement considérés comme des matières (« substances » ou « objets » selon la réglementation) ou comme des sous-produits.



2. PRESENTATION DES LIVRABLES

Les travaux réalisés font l'objet des documents, indiqués dans le tableau ci-après, regroupant les livrables prévus dans la convention de financement.

Ces livrables figurent en annexe du présent rapport.

Bien que les phases 4 et 5 n'aient pas été menées pour quatre bi(tri)nômes [FCBA-CTMNC; FCBA-(CIRAD)-CTIF; ITERG-CTIF et CTIF-CTMNC] (cf. Tableau 3), ces derniers ont poursuivi les démarches engagées :

- de manière à permettre, au-delà du projet et à plus ou moins long terme, de valoriser les résultats obtenus en particulier lorsqu'ils se sont avérés plutôt encourageants et qu'il n'était pas initialement prévu de mener d'essais pré-industriels ;
- dans la perspective d'un éventuel progrès technique ou d'un éventuel accroissement du coût de la matière première qui mettrait en évidence un nouvel intérêt pour la solution de valorisation étudiée.

Cette poursuite des actions s'est traduite par :

- l'élaboration d'un protocole détaillé dans le cadre de la phase 4 ;
- l'évaluation des impacts environnementaux et énergétiques ainsi que la reprise de l'approche économique (effectuée en phase 2) dans le cadre de la phase 5 sur la base d'hypothèses a priori réalistes.

| N° de livrable dans la convention | Livrables | Chapitre du document | Statut |
|---|--|-------------------------------|------------------|
| 1 document « Livrable | es de la phase 1 : Etat des lieux par secteur ind | ustriel » (cf. An | nexe I) |
| - | Méthodologie retenue | Chapitre 1 | |
| D1.1 | Identification des déchets non valorisés ou insuffisamment valorisés | Chapitre 2 | Non confidential |
| D1.2 | Principales solutions de valorisation par secteur Chapitre 3 | | Non confidentiel |
| D1.3 | Freins identifiés à la valorisation | Chapitre 4 | |
| 8 documents « Livrab l bi(tri)nôme) (cf. Annex | l es de la phase 2 : Cartographie des matières à e II) | a valoriser » (1 o | document par |
| D2.1 | Caractéristiques de la (ou des) matière(s) à valoriser | Chapitres 1.1, 2.1, 8.1 | |
| D2.2 | Cahiers des charges pour la substitution du (ou des) produit(s) par la (ou les) matière(s) à valoriser | Chapitres 1.2, 2.2, 8.2 | Non confidentiel |
| D2.3 | Approche technico-économique | Chapitres 1.3, 2.3, 8.3 | |



| N° de livrable dans la convention | Livrables | Chapitre du document | Statut | | | |
|---|--|--|--------------------|--|--|--|
| | 8 documents « Livrables de la phase 3 : Faisabilité technique à l'échelle du laboratoire » (1 document par bi(tri)nôme) (cf. Annexe III) | | | | | |
| D3.1 | Caractérisations physico-chimiques des déchets à valoriser | Chapitres 1.1, 2.1,8.1 | Confidentiel | | | |
| D3.2 | Test à l'échelle du laboratoire | Chapitres 1.2, 2.2, 8.2 | Connucrate | | | |
| 4 documents « Livrabl par binôme) (cf. Annex | es de la phase 4 : Faisabilité technique à l'éch e IV) | elle pré-industri | elle » (1 document | | | |
| D4.1 | Bilan des essais pré-industriels | Chapitres | | | | |
| D4.2 | Synthèse des protocoles expérimentaux d'incorporation | 3.1, 3.2, 3.3 4.1 à 4.9 5.1, 5.2, 5.3 7.1 à 7.4 | Confidentiel | | | |
| d'approfondissement d | es de la phase 4 : Faisabilité technique à l'éch es protocoles pour les bi(tri)nômes n'ayant pas e IV) Chapitres 1.1 à 1.6, 2.1 à 2.5, 8.1 à 8.6 | fait l'objet d'ess | | | | |
| 8 documents « Livrabl (1 document par bi(tri)r | es de la phase 5 : Validation pré-industrielle du nôme) (cf. Annexe V) | u modèle techni | co-économique » | | | |
| - | Rappel des situations à comparer | Chapitres 1.1, 2.1,8.1 | | | | |
| D5.1 | Bilan environnemental et énergétique | Chapitres 1.2, 2.2,8.2 | Confidentiel | | | |
| D5.2 | Bilan économique de la mise en place de la valorisation | Chapitres 1.3, 2.3, 8.3 | | | | |
| 1 document « Livrable que son secteur d'origi | e de la phase 6 : Méthodologie de valorisation on ne » (cf. Annexe VI) | les déchets dar | s un autre secteur | | | |
| | Note liminaire | Chapitre 1 | | | | |
| D6.1 | Présentation de la méthodologie | Chapitre 2 | Non confidentiel | | | |
| D0.1 | Détails des actions | Chapitre 3 | Non confidential | | | |
| | Référentiel normatif | Chapitre 4 | | | | |
| « Livrable de la phase 7 : Support pour la diffusion des résultats du projet et de la méthodologie de valorisation des déchets » | | | | | | |
| D7.1 | Support pour la diffusion des résultats du projet | Annexe VII | Non confidentiel | | | |
| D7.2 | Bilan des actions de communication | Chapitre 6 du présent document | | | | |

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des livrables



3. METHODOLOGIE RETENUE

3.1 Tableaux de collecte de données (Phase 1 et 2)

Pour la réalisation de la phase 1 et de la phase 2, des tableaux de collecte de données ont été renseignés par chaque CTI participant au projet, permettant de rapprocher les secteurs sources des secteurs utilisateurs.

Ces tableaux contiennent les informations suivantes :

- Informations concernant les déchets, fournies par les centres représentant les secteurs sources
 - Caractéristiques des déchets
 - Dénomination
 - Statut en terme de dangerosité (cf. article R 541-8 du code de l'environnement) (dangereux, non dangereux, inerte)
 - Code déchet donné à l'annexe II de l'article R 541-8 du code de l'environnement
 - Procédé source afin d'identifier l'origine du déchet dans le secteur considéré
 - Caractérisation succincte
 - Quantité annuelle générée
 - Information sur les filières de valorisation ou d'élimination existantes
 - Pourcentage en poids valorisé par rapport à la quantité annuelle générée
 - Identification de la filière
 - Mode de stockage sur le site source
 - Coût de valorisation ou d'élimination ainsi que coût de transport
 - Avantages et inconvénients de chaque filière
 - Informations en ce qui concerne d'éventuelles filières envisagées ou étudiées
 - Identification de la filière
 - Référence de l'étude
 - Intérêts et freins
- Informations relatives aux matières à substituer données par les centres représentant les secteurs utilisateurs pour les utilisations envisagées dans les études de cas
 - Données relatives aux matières premières
 - Dénomination
 - Quantité annuelle utilisée en France
 - Provenance géographique
 - Etat physique et conditionnement
 - Dangerosité de la matière (étiquetage, classification)
 - Coût d'achat et coût de transport
 - Données concernant les matières de substitution ou d'incorporation dans un procédé, existantes ou étudiées et considérées comme déchets, sous-produits ou co-produits
 - Dénomination
 - Secteur d'origine
 - Traitement éventuel avant utilisation
 - Provenance géographique
 - Taux de substitution ou d'incorporation
 - Etat physique et conditionnement
 - Identité du fournisseur
 - Coût d'achat et de transport



- Référence des études éventuelles
- Succès et freins rencontrés

Remarques: Afin d'évaluer les quantités de déchets non valorisés ou insuffisamment valorisés, chaque centre s'est basé sur l'état des connaissances **actuelles**, sur la réalisation d'enquêtes auprès des industriels de leur secteur, sur une estimation des quantités non collectées et/ou sur l'utilisation de ratios (quantité de déchets générés par tonne produite par exemple).

A partir des barrières et des freins renseignés par chaque centre technique dans les tableaux de collecte de données, un **tableau de synthèse** des freins rencontrés pour la valorisation des déchets ou matières a été dressé.

3.2 Cartographie (Phase 2)

Après un effort de recherche d'un outil de cartographie commun, chaque partenaire a retenu l'outil de son choix, indiqué dans le tableau ci-dessous, le plus facilement disponible et aisé de mise en œuvre :

- DataMap ou l'outil « interne » CTIF permettant de mettre en évidence, sous la forme d'histogramme par département, le degré de couverture du besoin potentiel du secteur utilisateur au regard du gisement potentiel du secteur source. A ce titre, un code couleur commun a été choisi : les données afférentes au gisement de déchets ou de matières figurent en jaune ; celles concernant le besoin sont en rouge ;
- ARCVIEW, outils spécifique dont dispose le FCBA, conduisant à une approche plus approfondie en terme de cartographie pour les bi(tri)nômes associés au FCBA et donnant pour chaque bi(tri)nômes une localisation des sites sources et utilisateurs recensés.

| Bi(tri)nôme | Outil de cartographie |
|-------------------|-----------------------------------|
| FCBA-CTMNC | ARCVIEW |
| FCBA-(CIRAD)-CTIF | ARCVIEW |
| CTP-CTMNC | DataMap |
| CTP-CERIB | DataMap |
| ITERG-CTMNC | DataMap |
| ITERG-CTIF | outil « interne » CTIF |
| CTIF-CERIB | DataMap et outil « interne » CTIF |
| CTIF-CTMNC | DataMap et DrawMeaGraph |

Tableau 5 : Outils de cartographie retenus

Les outils disponibles à titre gratuit sur Internet tels que Google Maps ou Google Earth n'ont pas été retenus par soucis de confidentialité des données afférentes aux sites industriels concernés.



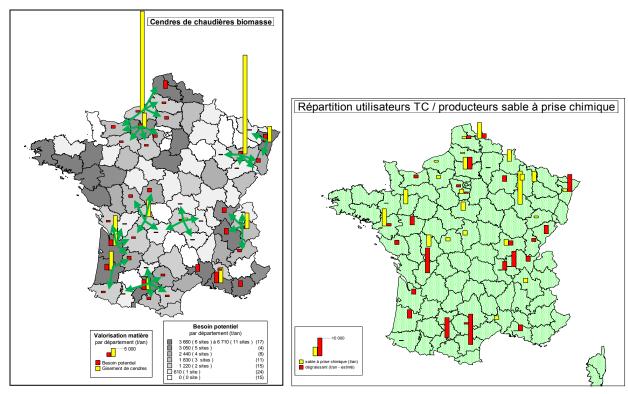


Figure 2 : Exemples de cartes comparatives des gisements et des besoins avec DataMap

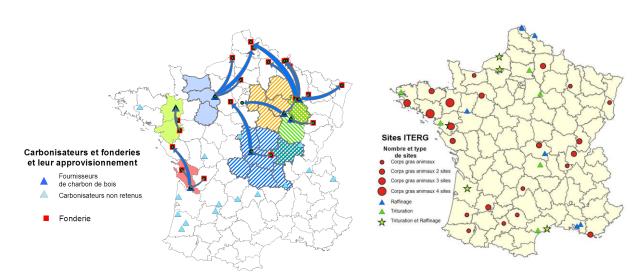


Figure 3 : Exemple de repérage des zones d'approvisionnement avec ARCVIEW

Figure 4 : Exemple de carte de localisation des sites avec ARCVIEW



3.3 Approche économique (Phase 2)

Dans la perspective de sa pérennisation et de son développement durable, une solution nouvelle de valorisation entre deux secteurs industriels différents (un secteur source et un secteur utilisateur) pourra être envisagée dans la mesure où le coût de sa mise en œuvre est acceptable et inférieur à celui de la situation actuelle.

Ainsi, un tableau d'approche économique a été dressé afin de mettre en évidence :

- la situation actuelle :
 - Le secteur source supporte le coût (transport compris) d'élimination ou de valorisation du déchet issu de son procédé de fabrication (cf. Tableau 6), ou bien vend ce déchet ou cette matière (cf. Tableau 7).
 - Le secteur utilisateur supporte le coût (transport compris) de la matière première entrante dans la fabrication de son produit fini.
- les premiers éléments d'une situation future avec notamment l'évaluation du coût de transport du déchet ou de la matière. Ce coût joue un rôle essentiel dans le cas de déchets dont la valeur économique est généralement très faible. Plus il pourra être optimisé, plus l'opération de valorisation pourra être menée à bien. En l'absence de données précises relatives aux distances d'approvisionnement, une distance de 50 km, correspondant à un approvisionnement monodépartemental, a été prise en compte.

Dans ce tableau, les gains sont indiqués en valeurs positives et les coûts en valeurs négatives.

| | Site source CTI/MATIERE | Site utilisateur CTI/PRODUIT | Site source CTI/MATIERE | Site utilisateur CTI/PRODUIT |
|--|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Bilan quantitatif de la valorisation future potentielle | | | en t | :/an |
| Gisement annuel Besoin potentiel annuel | | | 50 000 | 160 000 |
| Quantité retenue | | | 50 (| 000 |
| SITUATION ACTUELLE | en | €/t | en € | C/an |
| Coût ou gain d'élimination/valorisation actuelle (transport pris en compte) Coût de la matière première livrée sur site (donc transport compris) | -100 | -30 | -5 000 000 | -1 500 000 |
| SITUATION FUTURE POTENTIELLE | en | €/t | en € | Z/an |
| Coût du transport depuis le site source jusque sur le site utilisateur | -4 | 40 | -2 00 | 0 000 |
| Coût de la valorisation future : investissement, coût de fonctionnement, autres coûts induits mais hors transport | -: | 11 | -550 | 000 |
| Gain global pour le binôme d'industriel menant l'opération de valorisation | 7 | 79 | 3 950 | 000 |
| Equilibrage du gain | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Gain par rapport à la filière actuelle en €/t | 40 | 40 | 1 975 000 | 1 975 000 |
| Coût/Gain de la valorisation future (transport compris) Cout/Gain de prise en charge de la matière secondaire (transport compris) | -60.5 | 9.5 | -3 025 000 | 475 000 |
| A remplir pour la phase 2 A remplir pour la phase 5 | | | | |

Tableau 6 : Exemple d'approche économique pour des déchets éliminés en CSDND, avec une première évaluation du coût de valorisation future



| | Site source | Site utilisateur | Site source | Site utilisateur | |
|--|-------------|------------------|-------------|------------------|--|
| | CTI/MATIERE | CTI/PRODUIT | CTI/MATIERE | CTI/PRODUIT | |
| Bilan quantitatif de la valorisation future potentielle | | | en t | :/an | |
| Gisement annuel Besoin potentiel annuel | | | 50 000 | 160 000 | |
| Quantité retenue | | | 50 | 000 | |
| SITUATION ACTUELLE | en | €/t | en€ | E/an | |
| Coût ou gain d'élimination/valorisation actuelle (transport pris en compte) Coût de la matière première livrée sur site (donc transport compris) | 30 | -120 | 1 500 000 | -6 000 000 | |
| SITUATION FUTURE POTENTIELLE | en | €/t | en €/an | | |
| Coût du transport depuis le site source jusque sur le site utilisateur | -4 | 40 | -2 00 | -2 000 000 | |
| Coût de la valorisation future : investissement, coût de fonctionnement, autres coûts induits mais hors transport | | 0 | (|) | |
| Gain global pour le binôme d'industriel menant l'opération de valorisation | 5 | 60 | 2 500 | 000 | |
| Equilibrage du gain | 50% | 50% | 50% | 50% | |
| Gain par rapport à la filière actuelle en €/t | 25 | 25 | 1 250 000 | 1 250 000 | |
| Coût/Gain de la valorisation future (transport compris) Cout/Gain de prise en charge de la matière secondaire (transport compris) | 55.0 | -95.0 | 2 750 000 | -4 750 000 | |
| A remplir pour la phase 2 A remplir pour la phase 5 | | | | | |

Tableau 7 : Exemple d'approche économique pour un déchet (ou une matière) actuellement vendu

Cette première approche permet de mettre en évidence le gain global pour le binôme d'industriels selon la formule suivante :

Gain global = (coût de transport futur + coût de valorisation future si estimé) – (coût ou gain d'élimination/valorisation actuelle transport compris + coût de la matière première livrée sur site).

Ce gain:

- doit être positif pour être acceptable ;
- reste disponible pour une valorisation future, c'est à dire qu'il reste à consacrer aux coûts induits par le changement (investissements, coûts de fonctionnement...) lorsqu'ils n'ont pas encore été estimés à ce stade du projet. Rappelons que leur évaluation est prévue dans la suite du projet, lors de la phase 5 en particulier.

Les trois dernières lignes sont données à titre d'exemple dans le cas d'une répartition des gains identiques entre les deux parties du binôme et ce, dans le but de montrer que secteur source et secteur utilisateur peuvent trouver un intérêt économique à la solution de valorisation retenue. Il va de soi que cette répartition peut être modifiée en fonction de l'effort de valorisation consenti par l'une ou l'autre des parties. Cet intérêt économique peut être :

- une diminution des coûts (dans le cas du Tableau 6, pour le secteur source, le coût de la valorisation passe de 100 à 60,5 €/t; dans le cas du Tableau 7, pour le secteur utilisateur, le coût de la matière passe de 120 à 95 €/t);
- un gain (dans le cas du Tableau 6, pour le secteur utilisateur, le coût de la matière de 30 €/t devient un gain de 9,5 €/t; dans le cas du Tableau 7, pour le secteur source, le gain passe de 30 à 55 €/t).

L'approche en €/an tient compte du taux de couverture du besoin potentiel. Elle est souvent donnée à l'échelle nationale et devra, dans ce cas, être validée par la suite par une approche de terrain plus locale, déterminée en fonction des zones d'approvisionnement et, surtout, par la mise en évidence de l'intérêt technique que présente le déchet ou la matière pour l'usage considéré.



3.4 Elaboration de protocoles (Phase 3 et 4)

A l'issue de l'étude de la faisabilité technique à l'échelle du laboratoire (phase 3), pour chaque binôme concerné, les CTI représentant les secteurs utilisateurs, en concertation avec les CTI des secteurs sources, ont commencé l'élaboration d'un protocole expérimental définissant les conditions de réalisation des essais à l'échelle industrielle. Cette élaboration s'est poursuivie et enrichie, par itération successive entre site utilisateur et site source, jusqu'à la réalisation des essais. Le protocole permet d'assurer la bonne conduite de ces derniers et, si nécessaire, constitue un outil de communication vis-à-vis des administrations concernées, DREAL en particulier.

Dans la perspective de valoriser les résultats obtenus suite aux essais à l'échelle du laboratoire et/ou d'un nouvel intérêt technique ou économique pour une solution de valorisation étudiée dans le projet, les protocoles assortis de recommandations ont également été établis pour les b(tri)nômes pour lesquels il n'était pas prévu de mener des essais à l'échelle préindustrielle.

3.5 Grille d'analyse multicritère simplifiée pour le bilan environnemental et énergétique (phase 5)

L'analyse multicritère proposée consiste à comparer la situation de référence (déchet du site source éliminé ou insuffisamment valorisé et matière première consommée sur le site utilisateur) à la situation alternative (déchet/matière incorporé ou venant en substitution d'une matière première) pour chaque impact retenu :

- à caractère environnemental,
- vis-à-vis de l'énergie,
- relatif à l'hygiène et à la sécurité sur les sites concernés,
- d'ordre socio-économique afin d'évaluer l'acceptation de l'activité envisagée par la population locale et la perception du produit par les futurs clients.

La situation initiale ainsi que la situation future potentielle sont respectivement présentées au moyen des synoptiques suivants.



Situation initiale ou de référence

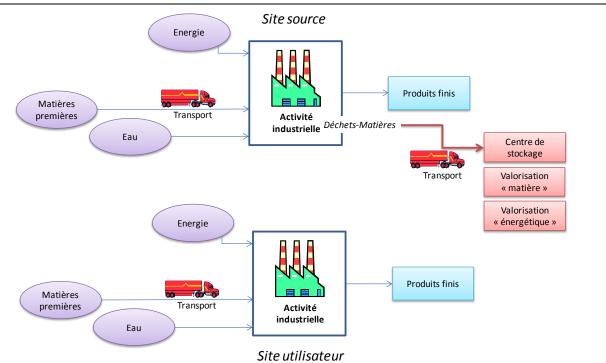


Figure n°1 : Présentation de la situation initiale (ou de référence)

Situation future (cas 1 : préparation éventuelle sur le site source)

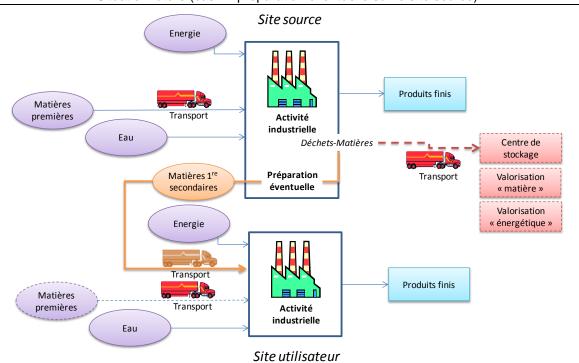


Figure n°2 : Présentation de la situation future potentielle (cas 1 : préparation sur le site source)



Site source Energie Produits finis Matières premières Transport industrielle Fau Déchets-Matières Centre de stockage Matières 1re Transport Valorisation secondaires « matière » Valorisation Préparation « énergétique » éventuelle Transport Energie Produits finis Matières premières Transport Activité industrielle Fau

Situation future (cas 2 : préparation éventuelle sur le site utilisateur)

Figure n°3 : Présentation de la situation future potentielle (cas 2 : préparation sur le site utilisateur)

Site utilisateur

De manière à évaluer les impacts évoqués ci-dessus relatifs à l'incorporation des matières d'un secteur vers un autre secteur, il est proposé de prendre en compte les principaux critères présentés dans le synoptique ci-dessous. Les trois critères relatifs aux produits finis ne sont considérés que pour le site utilisateur :

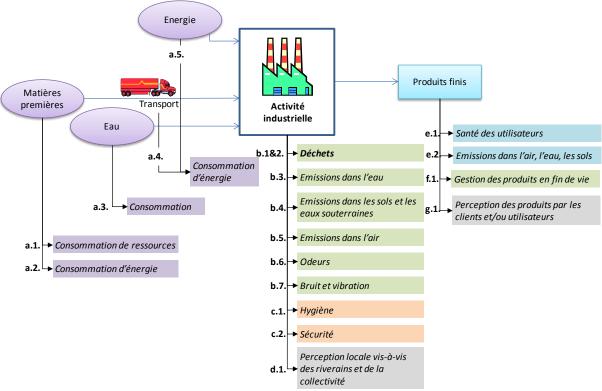


Figure n°4 : Présentation des critères à prendre en compte et des limites du système étudié



L'activité industrielle comprend les activités, qui se déroulent sur le site : réception, stockage, fabrication, contrôle, expédition... (y compris les activités connexes de compression, réfrigération, production de chaleur).

Ne sont notamment pas pris en compte :

- l'impact paysager de l'éventuelle installation de préparation ou de traitement sur le site source (ou utilisateur) et de l'éventuel aménagement d'un stockage spécifique sur le site utilisateur (ou source) ;
- l'éventuelle modification du trafic routier sur le site utilisateur (ou source).

De manière à disposer d'une évaluation pour chaque cas de figure étudié, y compris ceux pour lesquels il n'a pas été mené d'essais à l'échelle pré-industrielle permettant l'obtention de premières données chiffrées, le niveau des impacts ou des effets liés à la mise en œuvre de chaque solution de valorisation est estimé selon le système de notation suivant :

| | <u> </u> | |
|----|---|---------------------------|
| +3 | Effet bénéfique important, novateur | |
| +2 | Effet bénéfique significatif | Effet bénéfique croissant |
| +1 | Faible effet bénéfique | |
| 0 | Sans effet par rapport à la situation initiale | |
| -1 | Faible effet négatif | |
| -2 | Effet négatif significatif | Effet négatif croissant |
| -3 | Effet négatif important, difficilement contournable | |
| | ▼ | ▼ |

Chaque note d'impact est attribuée par comparaison avec la situation initiale.

L'analyse semi-quantitative des impacts est formalisée dans une grille pour le site source, l'éventuel site de transformation ainsi que pour le site utilisateur. La forme de celle établie pour le site source est présentée ci-dessous.

a. Consommation de ressource et d'énergie pour la fabrication sur le site source

| Critère | Niveau | Synthèse des commentaires - argumentaires |
|---|--------|---|
| Consommation de ressources (intrants) | +1 | |
| Consommation d'énergie liée à la fabrication de ressources (intrants) | | |
| 3. Consommation d'eau | | |
| 4. Transport (énergie) | | |
| 5. Consommation d'énergie sur le site | | |

Commentaires et argumentaires

- a.1.
- a.2.
- a.3.
- a.4.
- a.5.



b. Emissions-déchets issus du site source

| Critère | Niveau | Synthèse des commentaires - argumentaires |
|--|--------|---|
| 1. Déchets | | |
| 2. Emissions de déchets connexes | | |
| 3. Emissions dans l'eau (effluents liquides) | | |
| Emissions dans les sols et les eaux souterraines | | |
| 5. Emissions dans l'air (effluents atmosphériques) | | |
| 6. Emissions d'odeurs | | |
| 7. Bruit - vibration | | |

| Commen | taires | of arm | ımar | taires |
|--------|--------|--------|------|---------|
| Commen | lalles | et aru | umen | ııaııes |

- b.1.
- b.2. b.3.
- b.4.
- b.5.
- b.6.
- b.7.

c. Hygiène et sécurité sur le site source

| Critère Niveau | | Synthèse des commentaires - argumentaires |
|----------------|--|---|
| 1. Hygiène | | |
| 2. Sécurité | | |

Commentaires et argumentaires

- c.1.
- c.2.

d. Perception de l'activité → impact sur l'entreprise

| Critère | Niveau | Synthèse des commentaires - argumentaires |
|---|--------|---|
| Perception locale vis-à-vis des riverains et vis-à-vis de la collectivité | | |

Commentaires et argumentaires

d.1



3.6 Bilan technico-économique (Phase 5)

Le bilan économique de la solution de valorisation consiste à reprendre et, en fonction de l'état d'avancement des travaux menés pour les différentes études de cas, d'approfondir l'approche économique présentée au chapitre 3.3 (cf. Phase 2).

Ce bilan est dressé pour l'étude de cas considérée, c'est-à-dire à l'échelle du site ou bien localement, en particulier pour les binômes ayant conduit des essais préindustriels, mais aussi, sur la base d'un cas théorique et vraisemblable et dans une moindre mesure, pour les bi(tri)nômes qui n'ont pas engagé de tels essais.

Pour les premiers binômes, les coûts induits par la mise en place de la solution de valorisation sont notamment évalués en termes de :

- coûts de fonctionnement (consommables, maintenance, énergie, déchets résiduels, temps de travail...) pour :
 - les opérations de collecte/conditionnement/stockage/expédition (site source),
 - les opérations de réception/stockage/amenée de la matière première secondaire (site utilisateur),
 - un éventuel prétraitement...
- montant d'investissement.

La comparaison avec la situation actuelle permet de dégager un temps de retour sur investissement pour le cas étudié.

Un exemple de tableau Excel relatif au calcul du temps de retour sur investissement figure en page suivante.



| | Gisement annuel (en t/an) | 10 000 | | | Besoin annuelle en matière première (en t/an) | 100 000 | | |
|----------------|---|---------------------|----------------------|---|---|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | | Taux de substitution envisagé (en %) | 5 | | |
| | | | | | Taux d'équivalence matière (sans unité) (quantité de matière secondaire nécessaire pour remplir l'usage de 1 t de matière | 1 | | |
| | | | | | Besoin potentiel annuel (en t/an) | 5 000 | | |
| | Bilan pour le site source | | | | Bilan pour le site utilisateur | | | |
| | Paramètre | Montant (€ HT/t) | Montant (€ HT/an) | Commentaire/argument | Paramètre | Montant (€ HT/t) | Montant (€ HT/an) | Commentaire/argument |
| | Situation actuelle (estimation en moyenne) | | | | Situation actuelle (estimation en moyenne) | | | |
| tés | Coût d'élimination/valorisation actuel (hors transport) | 100 | 500 000 | coût de mise en décharge classe 2 | Coût de la matière première (hors transport) | 300 | 1 500 000 | |
| Coûts évités | Coût de transport associé | 50 | 250 000 | | Coût de transport associé | 50 | 250 000 | |
| S | Autre(s) coût(s) (ex : location d'une benne, temps de travail consacré au tri à la msie en benne) | 10 | 50 000 | Attention temps consacré | Coûts de fonctionnement (maintenance, énergie, déchets, temps de travail) | 10 | 50 000 | |
| | TOTAL | 160 | 800 000 | | TOTAL | . 360 | 1 800 000 | |
| | Situation potentielle future (estimation) | | | | Situation potentielle future (estimation) | | | |
| | Coût de fonctionnement (consommable, maintenance, énergie, déchets, temps de travail) pour un prétraitement éventuel | 75 | 375 000 | ex : broyage, tamisage | Coût de la matière secondaire (hors transport) | 5 | 25 000 | |
| Nouveaux coûts | Coût de fonctionnement (consommable, maintenance, énergie, déchets, temps de travail) pour une collecte/conditionnement/stockage/expédition | 50 | 250 000 | | Coût de transport associé | 10 | 50 000 | |
| Nouveau | Autre(s) coût(s) | 0 | C | ex : surcoût lié à la diminution de la quantité de déchet à éliminer (rénégociation avec le prestataire d'élimination) | Coût de fonctionnement (consommable, maintenance, énergie, déchets, temps de travail) pour une installation de réception/stockage/amenée de la matière secondaire | 20 | 100 000 | |
| | TOTAL | 125 | 625 000 | | Coût de fonctionnement lié à une modification du procédé (consommable, maintenance, énergie, déchets, temps de travail) | O | C | |
| | | | | | TOTAL | . 35 | 175 000 | |
| nels | Prix de vente de la matière secondaire (hors transport) | 5 | 25 000 | | Accroissement éventuel du prix du produit fini | ?? | 10 000 | |
| is éventuels | Prix du transport de la matière secondaire | 10 | 50 000 | | | | | |
| Gains | TOTAL | 15 | 75 000 | | | | | |
| | BILAN | | 250 000 | | BILAN | | 1 635 000 | |
| | Montant d'un investissement pour l'installation d'un dispositif de prétraitement | | 500 000 | | Montant d'un investissement pour l'installation d'un dispositif de prétraitement | | C | |
| | Montant d'un investissement pour le conditionnnement/stockage/expédition | | 75 000 | | Montant d'un investissement pour une ou des installations de réception/stockage/amenée de la matière secondaire/modification de l'outil de production | | 50 000 | |
| | TOTAL INVESTISSEMENT | | 575 000 | | TOTAL INVESTISSEMENT | | 50 000 | |
| | Temps de retour sur investissement | | 2,3 | ans | Temps de retour sur investissement | | 0,0 | ans |

Tableau 8 : Exemple de tableau relatif au calcul temps de retour sur investissement



4. SYNTHESE DES TRAVAUX MENES POUR LES PHASES 1 A 5

Les informations et résultats issus des différents travaux menés sont synthétisés par bi(tri)nôme dans les tableaux des pages suivantes. Y figure également, pour chaque bi(tri)nôme, les cartes de rapprochement départementales du secteur source et du secteur utilisateur.



4.1 FCBA - CTMNC : Déchets de bois → Agent porosant + combustible

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|--------|---|---|--|--|
| Phase | CTI | FCBA | CTMNC | |
| riiase | N° du bi(tri)nôme | 1 | 1 | |
| 1 | Matière/déchet Produit | Déchets de bois en fin de vie | Produits en terre cuite (briques) | |
| 1 | Situation actuelle | Bois peu trié ou en mélange avec d'autres matériaux ; non valorisé (stockage ou incinération) | Agent porosant (incorporation supplémentaire) Déjà utilisé : sciure de bois, boues papetières de désencrage, polystyrène | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DND : 675 000 t/an, revue à 410 000 t/an | | |
| 1 | Utilisation retenue | Agent porosant (+énergie) complé | émentaire, en substitution de la sciure | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 8 CDT (Centre De Tri) si 1 % 46 CDT si 10 % | 13 | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 100 132 (8 CDT si 1 %) 261 415 (46 CDT si 10 %) | 14 716 (si 1 %) 132 634 (si 10 %) | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 166 060 | 14 716 | |
| 2 | Hypothèse | - | Taux d'incorporation de 1 % | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -80 | -34 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | -34 €/t prix moyen (très fluctuant) de la sciure | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | - | 15,2 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | | 46,2 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | -15,2 €/t pour 1 % en taux d'incorpore -46,2 €/t pour un broyage fin | ation (rayon d'appro. court) | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 52,6 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 774 062 | | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|---|
| Phase | N° du bi(tri)nôme | FCBA 1 | CTMNC 1 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Echantillonnage spécifique • Humidité • PCI • Composition chimique sur sec | Evaluation des avantages et inconvénients sur chacune des étapes du procédé, reproduites à l'échelle du laboratoire |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Déchets de bois triés et broyés (5 % vol (préparation nécessaire au moyen d'un | lumique) tri puis d'un broyage adapté) |
| 3 | Résultats | la conductivité thermique. Point d'attention : valider l'incorporation | parés possible même si faible impact sur industrielle du fait de l'augmentation de les impacts sur la résistance mécanique cuit. |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Déchets de bois triés et broyés (< 5 % volumique) (préparation nécessaire au moyen d'un tri puis d'un broyage adapté) | Produits en terre cuite (briques) |
| 4 | Synthèse des protocoles | Elaboration d'un protocole détaillé. | |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | Essais pré-industriels PREVUS, mais N rencontrées lors de la préparation des é | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur | | |
|-------|---|---|--|--|--|
| Phase | CTI | FCBA | CTMNC | | |
| | N° du bi(tri)nôme | 1 | 1 | | |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Diminution des déchets de bois éliminés en centre de stockage. | Diminution de la consommation d'une partie des MP argileuses et porosant. Compensation a priori de l'humidité excédentaire du mélange. Apport énergétique. Aspect du produit non modifié, caractéristiques thermiques améliorées. | | |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ⊗ | - | Emissions possibles, en trace de composés organohalogénés et/ou de métaux lourds. Exposition du personnel à la poussière de déchets de bois si broyage pratiqué sur site. | | |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | porosant. • 1 t de sciures subtituées par 1 t de | teries utilisant déjà de la sciure comme | | |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 2 217 | 2 862 | | |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -80 | -34 | | |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | | -13 | | |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | -34 | | | |
| 5 | Bilan global en €/t | 67 | | | |
| 5 | Bilan global en €/an | | 148 539 | | |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Gain potentiel de 149 k€/an pour l'ensemble des deux acteurs (2 217 t/an valorisées) | | | |



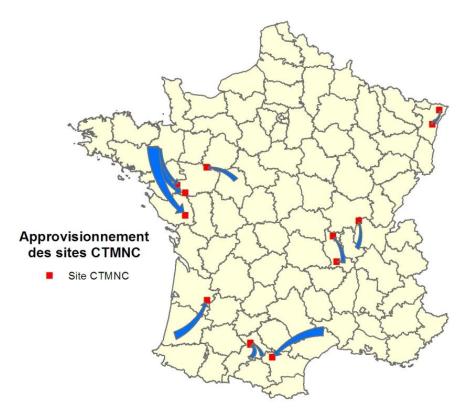


Figure 5 : Binôme FCBA - CTMNC Approvisionnement à 1 % d'incorporation de déchets de bois broyés

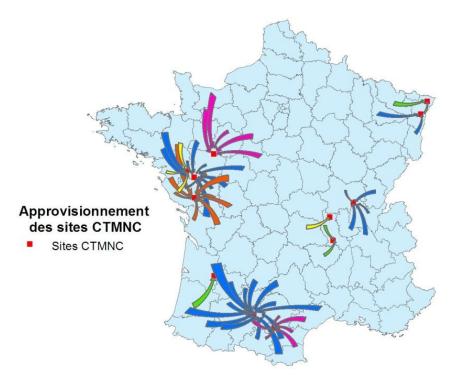


Figure 6 : Binôme FCBA - CTMNC Approvisionnement à 10 % d'incorporation de déchets de bois broyés



4.2 FCBA - CIRAD - CTIF : Déchets de bois pyrolysés → Combustible pour cubilots

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|---------|---|---|--|--|
| Diversi | СТІ | FCBA - CIRAD | CTIF | |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 2 | 2 | |
| 1 | Matière/déchet Produit | Déchets de bois en fin de vie transformés en charbon | Pièces en fonte | |
| 1 | Situation actuelle | Bois peu trié ou en mélange avec d'autres matériaux ; non valorisé (stockage ou incinération) | Déjà introduits ou testés en substitution du coke : • au gueulard : anthracite, pneus, • aux tuyères : gaz naturel + oxygène, fuel + oxygène, coke fin, charbon calciné, anthracite séchée + oxygène | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DND : 675 000 t/an, revue à 410 000 t/an | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du coke (én | ergie + carbone) au gueulard | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 7 carbonisateurs au plus proches des cubilots utilisateurs | 26 cubilots | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 410 000 t de bois catégorie B & C | 15 081 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 109 500 | 15 081 | |
| 2 | Hypothèse | 4 t de déchets ou MPS (Matière Première Secondaire) = 1 tonne d'équivalent charbon (t éq. Ch) | Taux de substitution de 15 % (5 à 20 %) | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -320 | -450 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | - | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | | 77 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | -1 | 37 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | -320 €/t éq. Ch = -80 €/t x 4 t -137 €/t éq. Ch = coût de la carbonisat coût du tri de déchet (21,7 €/t x 4 t) | tion (-50 €/t éq. Ch, révisé en phase 4) + | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 556 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 8 38 | 5 036 | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|--|
| Phase | CTI | FCBA - CIRAD | CTIF |
| 3 | N° du bi(tri)nôme Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Echantillonnage spécifique • Humidité • Composition chimique sur sec • Bilan matière de la pyrolyse • Composition chimique du charbon • Humidité du charbon • PCI du charbon • Taux de cendres, de matières volatiles, de carbone fixe du charbon | 2 - Essais de pyrolyse : • Bilan matière • Composition chimique du charbon • Humidité du charbon • PCI du charbon • Taux de cendres, de matières volatiles, de carbone fixe du charbon - Analyse de l'état de l'art et détermination de l'intérêt des déchets de bois carbonisés pour le cubilot |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Déchets de bois broyés carbonisés | |
| 3 | Résultats | Utilisation au cubilot difficile en l'état (faible granulométrie) Alternative : utilisation de charbon agenvisageable | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Déchets de bois en fin de vie carbonisés, puis broyés, puis transformés en briquettes (10 à 15 % massique, maximum) | Pièces en fonte |
| 4 | Synthèse des protocoles | Elaboration d'un protocole détaillé dans assurerait la carbonisation des déchets briquettes) entre la plateforme de tri/reg | de bois ainsi que la fabrication de |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | NON PREVUE | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur | | |
|------|---|---|--|--|--|
| hase | CTI | FCBA - CIRAD | CTIF | | |
| Hase | N° du bi(tri)nôme | 2 | 2 | | |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Diminution des déchets de bois éliminés en centre de stockage. | Diminution de la consommation de coke, de l'énergie nécessaire à sa production et à son transport. | | |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs & | Concurrence possible avec la carbonisation de bois propre. Consommation de liant, d'énergie (fabrication du liant, pyrolyse, broyage, briquetage). Emissions atmosphériques (COV, composés soufrés lors de la pyrolyse, poussières de charbon lors du broyage), émissions sonores (pyrolyse, broyage), odeurs (si mélasse). Exposition du personnel aux poussières de charbon et gestion de l'inflammabilité/explosion de ces dernières. | Limitation du taux d'introduction de briquettes du fait de leur teneur importante en COV. | | |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | 1 site source ; 1 site utilisateur 4 tonnes de bois pour 1 tonne de chan 1 tonne de coke substituée par 1,08 to | | | |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 7 300 | 652 | | |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -320 | -414 | | |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | -1 | 85 | | |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | -492 | | | |
| 5 | Bilan global en €/t | 157 | | | |
| 5 | Bilan global en €/an | 102 | 2 364 | | |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Gain potentiel de 102 k€/an pour l'ensemble des deux acteurs (652 t/an valorisées) | | | |



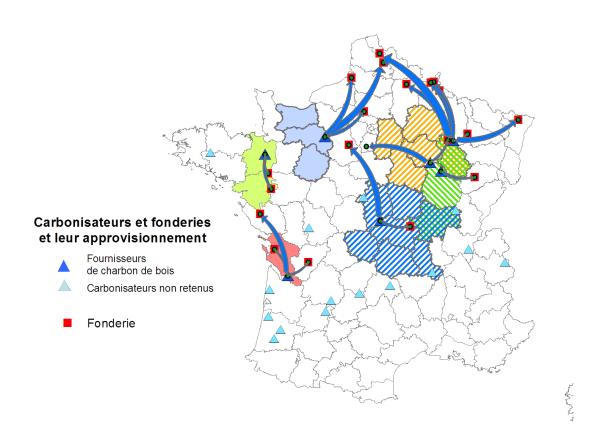


Figure 7 : Trinôme FCBA - CIRAD - CTIF Zones d'approvisionnement potentielles en déchets de bois broyés carbonisés



4.3 CTP - CTMNC : Boues de papeterie → Agent porosant

| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|--------|---|--|--|
| Phase | CTI | СТР | CTMNC |
| riiase | N° du bi(tri)nôme | 3 | 3 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Boues mixtes et de désencrage | Produits en terre cuite (briques) |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100% valorisé (épandage, compostage, briques, valorisation E) | Agent porosant (incorporation supplémentaire) déjà utilisé : sciure de bois, boues papetières de désencrage, polystyrène |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DND : 590 000 (230 000 + 360 000) | |
| 1 | Utilisation retenue | Agent porosant (+énergie) complémentaire | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 83 | 13 |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 590 000 (230 000 + 360 000) en t de MS (Matière Sèche) | 72 747 |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 149 000 | 73 500 |
| 2 | Hypothèse | 25 % de la quantité générée, mobilisable | Taux d'incorporation : 5 % massique sec |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -23 | -3,4 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | -3,4 €/t pour l'extraction+transport de l'argile (incorporation assimilée à une substitution de l'argile) |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | -7 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Coût de valorisation future à définir en phase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 19,4 (investissement éventuel à définir) | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 1 425 900 (investissement éventuel à définir) | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|--|
| Phase | CTI N° du bi(tri)nôme | CTP 3 | CTMNC 3 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | • Humidité • PCI | Evaluation des avantages et inconvénients sur chacune des étapes du procédé, reproduites à l'échelle du laboratoire |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Boues mixtes (boues primaires + boues biologiques) (5 et 8 % massique) Boues primaires (boues issues du traitement physico-chimique) (5 % massique) | |
| 3 | Résultats | pour les boues primaires). Point d'attention : adapter le taux en f | du laboratoire (pouvoir porosant meilleur fonction de la teneur en eau des boues, S et F et résistance mécanique du produit |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Boues primaires déshydratées (environ 2 % sec massique sur sec) | on Briques de structure sur un site utilisant déjà des porosants |
| 4 | Synthèse des protocoles | un remplissage complet du séchoir/fo | ai court d'une heure, puis un essai long sur bur) → réalisation de l'essai long ovisionnement pour une faible quantité de ut un outil de communication entre les l). |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | Essai techniquement concluant. Mesure en continu de l'humidité des adapter en fonction du taux total de b importante et sur le long terme à prév Produit présentant des caractéristique. | oir. |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| Phase | CTI | СТР | CTMNC |
| | N° du bi(tri)nôme | 3 | 3 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | - | Diminution de la consommation d'une partie du porosant. Aspect du produit non modifié, caractéristiques thermiques améliorées. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | Augmentation de la distance de transport et de l'énergie afférente | Emission d'odeur possible par fermentation → limiter la durée de transport et de stockage |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Bilan pour le site source et le site utilisateur participants aux essais pré- industriels | |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 2 000 | 3 000 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -30 | -42 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | 10 | -10 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | 0 | -23 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 40,0 | 8,7 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 80 000 | 17 400 |
| 5 | Montant de l'investissement | 0 | -35 000 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 0,0 | 2,0 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Rentabilité de la solution de valorisation | on a priori acceptable. |



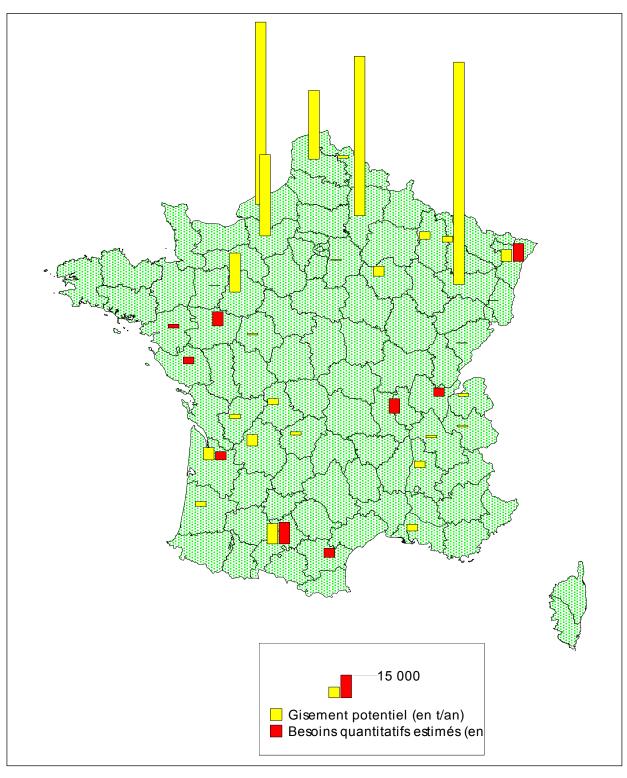


Figure 8 : Binôme CTP - CTMNC Gisements et besoins potentiels en boues papetières



4.4 CTP - CERIB : Cendres de biomasse → Ciment pour béton

| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|--|
| Phase | СТІ | СТР | CERIB |
| THASC | N° du bi(tri)nôme | 4 | 4 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Cendres de biomasse | Produits en béton |
| 1 | Situation actuelle | En partie valorisé (épandage, cimenterie, stockage) | Coproduits déjà utilisés en substitution du ciment : fumées de silice, laitiers de hauts fourneaux, cendres volantes |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DND : 200 000 | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du ciment | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 12 | 264 |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 204 904 | 162 000 |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 50 000 | 162 000 |
| 2 | Hypothèse | 25 % du gisement national | Taux de substitution de 25 % max pour la fabrication de produits non structurels |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -25 | -120 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | -10 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Coût de valorisation future à définir en phase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 135 (investissement éventuel à définir) | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 6 750 000 (investissement éventuel à définir) | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| Phase | CTI | СТР | CERIB |
| 3 | N° du bi(tri)nôme Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Composition chimique sur brut Concentration sur lixiviat Granulométrie Teneur en chaux libre Analyse DRX | Essais sur mortiers frais (essais d'étalement) Essais sur mortiers durcis (indice d'activité en compression & variations dimensionnelles) |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Cendres de "boues + biomasse" et cendres de biomasse (4 échantillons sur 3 sites, mélange de combustibles et technologie de dépoussiérage différents) Taux de substitution (10, 15 & 25 %) | |
| 3 | Résultats | Cendres de "boues + biomasse" : résistances mécaniques intéressantes mais gonflement Cendres de biomasse : gonflement conforme au témoin mais résistances mécaniques moindres Utilisation en tant que correcteur granulométrique envisageable plutôt qu'en substitution du ciment | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Cendres de "boue de désencrage + biomasse" (10 et 15 % massique en substitut du ciment et 5 % massique en tant qu'ajout) Cendres de biomasse (essai en cours) en tant que correcteur granulométrique (5 % en masse du ciment) | n Pavés monocouches en béton |
| 4 | Synthèse des protocoles | Essais au moyen d'une presse industrie réalisation de pavés selon le programm 1. Recherche d'un site fournisseur de quantité suffisante ainsi que d'un site ut formulation de béton notamment 2. Caractérisation des cendres 3. Fabrication au CERIB 4. Essais sur produits finis au CERIB | cendres en qualité peu variable et en |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | Pour les cendres de "boue de désencra • Premiers essais de performance confo caractérisation des pavés en cours • Réalisation en cours d'essais sanitaire même (résultats attendus pour juin 201 Pour les cendres de biomasse : essais (résultats attendus pour juin 2014) | ormes, essais complémentaires de es sur le béton de pavé et sur le pavé lui- 4) |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|--|
| Phase | CTI | СТР | CERIB |
| | N° du bi(tri)nôme | 4 | 4 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Augmentation de la valeur ajoutée des cendres de papeterie. Nouvelle filière de valorisation contribuant à l'amélioration de l'image de marque de la papeterie. | Diminution de la consommation de ciment et potentiellement de filler, de l'énergie nécessaire à la production de ciment. Diminution des émissions atmosphériques dues à la fabrication de ciment. Produit fini moins impactant pour l'environnement contribuant à l'amélioration de l'image de marque du préfabricant et à une meilleure perception du produit par les utilisateurs. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ⊗ | Etape de broyage éventuelle : • consommatrice d'énergie ; • potentiellement génératrice de nuisances sonores ; • à l'origine de poussières auxquelles le personnel peut être exposé. | Légère augmentation de la consommation en eau. Augmentation de la consommation d'énergie liée au transport si distance non optimisée. |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Substitution de 15 % en masse du ciment Broyage potentiel non pris en compte Cas spécifique d'un faible besoin du site utilisateur vis-à-vis du gisement du site source ▶ envisager une concertation entre plusieurs sites utilisateurs proches du site source, seul fournisseur. | |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 60 000 | 135 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -25 | -130 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | -10 | 0 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | 0 | 0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 15,0 | 130,0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 2 025 | 17 550 |
| 5 | Montant de l'investissement | 0 | -95 000 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 0 | 5,4 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Rentabilité de la solution de valorisation (sans broyage ou autre prétraitement de Augmenter les tonnages valorisés Réduire les coûts de transport | |



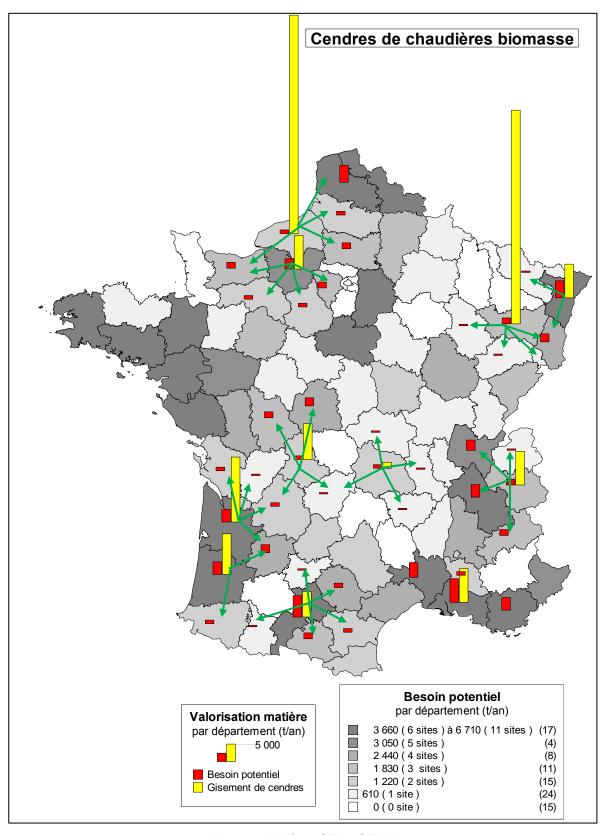


Figure 9 : Binôme CTP - CERIB Gisements et besoins potentiels en cendres de chaudières biomasses



4.5 ITERG - CTMNC : Corps gras → Agent porosant + combustible

4.5.1 ITERG - CTMNC : Coques de tournesol → Agent porosant + combustible

| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| | СТІ | ITERG | CTMNC |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 5 | 5 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Coques de tournesol | Produits en terre cuite (briques) |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisé E (biomasse) ; matière (non dangereuse) non considérée comme déchet en pratique par le secteur | Agent porosant (incorporation supplémentaire) déjà utilisé : sciure de bois, boues papetières de désencrage, polystyrène |
| 1 | Quantité générée phase 1 | Matière : 50 000 | |
| 1 | Utilisation retenue | Agent porosant (+éne | ergie) complémentaire |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 2 | 13 |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 50 000 | 14 500 |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 50 000 | 14 500 |
| 2 | Hypothèse | Production récente (2012-2013) | Taux d'incorporation de 5 % volumique (cf. sciure de bois) |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | 70 | -3,4 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Vendues 60 à 150 €/t | -3,4 €/t pour l'extraction+transport de l'argile (incorpo. est assimilé à une substitution de l'argile) |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | | 7 |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Coût de valorisation future à définir en phase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | -73,6 Solution non acceptable économiquement en l'état | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | -1 067 200 | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|---|
| Phase | CTI | ITERG | CTMNC |
| 3 | N° du bi(tri)nôme Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | • Humidité • PCI | Evaluation des avantages et inconvénients sur chacune des étapes du procédé, reproduites à l'échelle du laboratoire |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Coques de tournesol broyées (1 % massique) | |
| 3 | Résultats | | açonnage à adapter éventuellement (car rentuelle de F, le risque d'efflorescences |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Coques de tournesol sous forme concentrée (pellet) (environ 2 % massique sec sur sec), différentes de celle testée (forme foisonnante) | Briques de structure sur un site utilisant déjà des porosants |
| 4 | Synthèse des protocoles | Transport pris en charge par le site sor Essai long sur un remplissage compler Protocole d'incorporation constituant u différents acteurs (2 industriels, 2 CTI). Suivi des paramètres du procédé, suiv caractérisation du produit fini. | t du séchoir/four n outil de communication entre les |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | Essai techniquement concluant. Modalité de broyage à évaluer ; réglag biomasse. Produit présentant a priori des caracté mais résistance mécanique à vérifier su | ristiques similaires au produit sans ajout, |



| | | Secteur source | <u>Secteur utilisateur</u> |
|-------|---|---|---|
| Phase | NIO di chi hi/haila ŝira a | ITERG | CTMNC |
| | N° du bi(tri)nôme | 5 | 5 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Pérennisation d'une filière de valorisation. | Evite la consommation d'une partie des MP argileuses et porosant. Compensation de l'humidité excédentaire du mélange (taux d'humidité des coques faible). Diminution de la consommation d'énergie sur site (apport énergétique des coques important). Aspect du produit non modifié, caractéristiques thermiques améliorées. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | Eventuelle augmentation de la consommation d'énergie liée au transport. | Augmentation de la consommation d'énergie liée au transport si distance non optimisée. Emission d'odeur possible lors de la cuisson (teneur en matière grasse) et si le stockage n'est pas sous abri (altération lente par fermentation). |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Bilan pour le site source et le site utili- industriels | sateur participants aux essais pré- |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 200 000 | 2 000 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | 0 | -42 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | 0 | -10 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | 0 | -22 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 0,0 | 10,3 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 0 | 20 660 |
| 5 | Montant de l'investissement | 0 | 0 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 0 | 0,0 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Rentabilité de la solution de valorisatifigure. | on a priori acceptable, pour ce cas de |



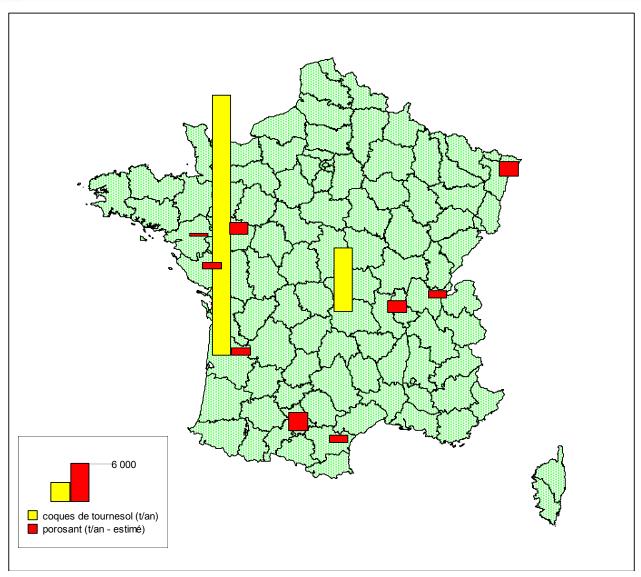


Figure 10 : Binôme ITERG - CTMNC Gisements et besoins potentiels en coques de tournesol



4.5.2 ITERG - CTMNC : Terres de décoloration usagées → Agent porosant + combustible

| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|--|
| Phase | СТІ | ITERG | CTMNC |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 5 | 5 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Terres de décoloration usagées | Produits en terre cuite (briques) |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisé en compostage ou méthanisation | Agent porosant (incorporation supplémentaire) déjà utilisé : sciure de bois, boues papetières de désencrage, polystyrène |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DD ou DND : 10 000 (+ 1 000 pour les terres de winterisation) | |
| 1 | Utilisation retenue | Agent porosant (+éne | ergie) complémentaire |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 10 | 13 |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 11 000 | 145 000 |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 7 000 | 145 000 |
| 2 | Hypothèse | - | Taux d'incorporation 10 % massique environ |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -50 | -3,4 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | -3,4 €/t pour l'extraction+transport de l'argile (incorpo. est assimilé à une substitution de l'argile) |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | - | 7 |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | | 0 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Coût de valorisation future à définir en phase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 46,4 (investissement éventuel à définir) | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 324 800 (investissement éventuel à définir) | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|--------|---|---|---|
| Phase | CTI | ITERG | CTMNC |
| Filase | N° du bi(tri)nôme | 5 | 5 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | • Humidité • PCI | Evaluation des avantages et inconvénients sur chacune des étapes du procédé, reproduites à l'échelle du laboratoire |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Terres de décoloration (1 % massique) | |
| 3 | Résultats | PCI non déterminé du fait de l'auto-inflammation des terres durant leur étuvage à 105 °C. Augmentation de la porosité sans réelle amélioration (diminution) de la conductivité. Point d'attention : stockage d'un produit potentiellement auto-inflammable, façonnage à adapter éventuellement, réaction potentielle lors de la cuisson, possibilité de coloration, de déformation, de changement d'aspect du produit → diminuer le taux d'incorporation (< 10 % massique) | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Pas d'industriel intéressé ▶ Choix des coques de tournesol pour mener la phase 4. | |



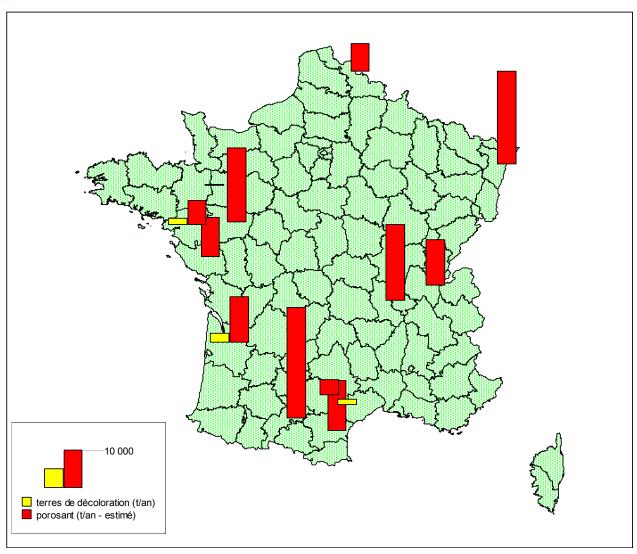


Figure 11 : Binôme ITERG - CTMNC Gisements et besoins potentiels en terres de décoloration



4.6 ITERG - CTIF : Corps gras → Combustible pour cubilot

4.6.1 ITERG - CTIF : Huiles acides → Combustible pour cubilot

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|---------|---|---|--|--|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF | |
| 1 11400 | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 | |
| 1 | Matière/déchet Produit | Huiles acides (CGV) | Pièces en fonte | |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisée M (oléochimie, savonnerie, alimentation animale) ou E (biodiesel) ; matière (non dangereuse) non considérée comme déchet en pratique par le secteur | Déjà introduits ou testés en substitution du coke : • au gueulard : anthracite, pneus, • aux tuyères : gaz naturel + oxygène, fuel + oxygène, coke fin, charbon calciné, anthracite séchée + oxygène | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | Matière : 40 000 | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du coke (én | ergie + carbone) aux tuyères | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 10 | 26 cubilots | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 40 000 | 14 500 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 40 000 | 14 500 | |
| 2 | Hypothèse | - | Taux de substitution de 15 % (5 à 20 %) | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | 600 | -450 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Vendue 500 à 900 €/t | Très fluctuant : -300 à -550 €/t | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | | 10 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Distance de 50 à 150 km, en vrac, camion 25 t Coût de valorisation future à définir en phase 5 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | -160 Solution non acceptable économiquement en l'état | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | -2 320 000 | | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|--------|---|---|---|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF |
| Filase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Compilation de données existantes | Collecte et exploitation d'informations sur l'état de l'art relatif à l'injection de combustibles liquides et solides au cubilot, de combustibles solides en sidérurgie et relatif à la combustion d'huile et graisses en chaufferie |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Huiles acides (CGV) | |
| 3 | Résultats | En substitution du coke, l'injection impliquerait : la modification de la virole du cubilot pour une injection en partie haute le choix d'un brûleur adapté la mise en place d'un système d'injection spécifique (inertage à l'azote) accompagné éventuellement d'un dispositif de préchauffage l'apport d'oxygène Injection plus intéressante pour améliorer la flexibilité de la conduite de l'engin de fusion (pour "booster" le cubilot notamment) Alternative : utilisation des graisses ou huiles comme combustible pour des fours de fusion équipés de brûleur à gaz (réverbère, bassin, creuset ou rotatif) (fonderie d'aluminium essentiellement) | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Phase 4 NON PREVUE du fait de l'iner fusion (essais longs et couteux). | rtie de fonctionnement du procédé de |





| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|--|---|--|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Pérennisation d'une filière de valorisation. | Diminution de la consommation de coke, de l'énergie nécessaire à sa production et à son transport. Amélioration de l'image de la fonderie. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs & | - | Augmentation éventuelle de la consommation d'énergie liée au préchaufage de la matière en amont du brûleur. Stockage de produits fermentescibles. Risque d'inflammation. |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Bilan NON dressé pour le cas les huile ajoutée (prix de vente supérieur à celu | |



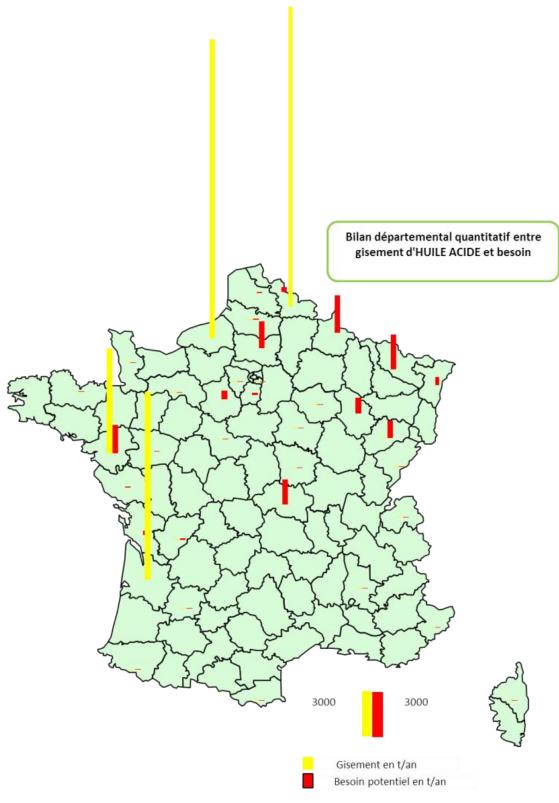


Figure 12 : Binôme ITERG - CTIF Gisements et besoins potentiels en huiles acides



4.6.2 ITERG - CTIF : Graisses animales → Combustible pour cubilot

| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|--|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Graisses animales (CGA) | Pièces en fonte |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisé en oléochimie, savonnerie, alimentation animale ou humaine, pharmacie | Déjà introduits ou testés en substitution du coke : • au gueulard : anthracite, pneus, • aux tuyères : gaz naturel + oxygène, fuel + oxygène, coke fin, charbon calciné, anthracite séchée + oxygène |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DD ou DND : 470000 | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du coke (ér | nergie + carbone) aux tuyères |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 40 | 26 cubilots |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 470 000 | 14 500 |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 470 000 | 14 500 |
| 2 | Hypothèse | - | Taux de substitution de 15 % (5 à 20 %) |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | 100 | -450 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | - | Très fluctuant : -300 à -550 €/t |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | - | -10 |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Distance de 50 à 150 km, en vrac, camion 25 t Coût de valorisation future à définir en phase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 340 (investissement éventuel à définir) | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 4 930 000 (investissement éventuel à définir) | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|--------|---|---|---|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF |
| Filase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Compilation de données existantes | Collecte et exploitation d'informations sur l'état de l'art relatif à l'injection de combustibles liquides et solides au cubilot, de combustibles solides en sidérurgie et relatif à la combustion d'huile et graisses en chaufferie |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Graisses animales (CGA) | |
| 3 | Résultats | En substitution du coke, l'injection impliquerait : la modification de la virole du cubilot pour une injection en partie haute le choix d'un brûleur adapté la mise en place d'un système d'injection spécifique (inertage à l'azote) accompagné d'un dispositif de préchauffage (du fait de l'humidité et de la viscosité des graisses animales) l'apport d'oxygène Injection plus intéressante pour améliorer la flexibilité de la conduite de l'engin de fusion (pour "booster" le cubilot notamment) Alternative : utilisation des graisses ou huiles comme combustible pour des fours de fusion équipés de brûleur à gaz (réverbère, bassin, creuset ou rotatif) (fonderie d'aluminium essentiellement) | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Phase 4 NON PREVUE du fait de l'ine fusion (essais longs et couteux). | rtie de fonctionnement du procédé de |



| | | <u>Secteur source</u> | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|---|
| Phase | CTI N° du bi(tri)nôme | ITERG | CTIF |
| | N du bi(iii)iioine | 6 | 6 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Pérennisation d'une filière de valorisation. | Diminution de la consommation de coke, de l'énergie nécessaire à sa production et à son transport. Amélioration de l'image de la fonderie. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | Augmentation éventuelle de la consommation d'énergie liée au préchaufage de la matière en amo brûleur. Stockage de produits fermentescibles. Risque d'inflammation. | |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Bilan dressé uniquement pour le cas Taux de substitution de 10 % envisage | |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 12 000 | 400 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -100 | -450 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | 14 | -14 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | 100 | -100 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 214,0 | 336,0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 85 600 | 134 400 |
| 5 | Montant de l'investissement | 0 | -500 000 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 0 | 3,7 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Rentabilité de la solution de valorisatio de figure. | on a priori plutôt acceptable, pour ce cas |



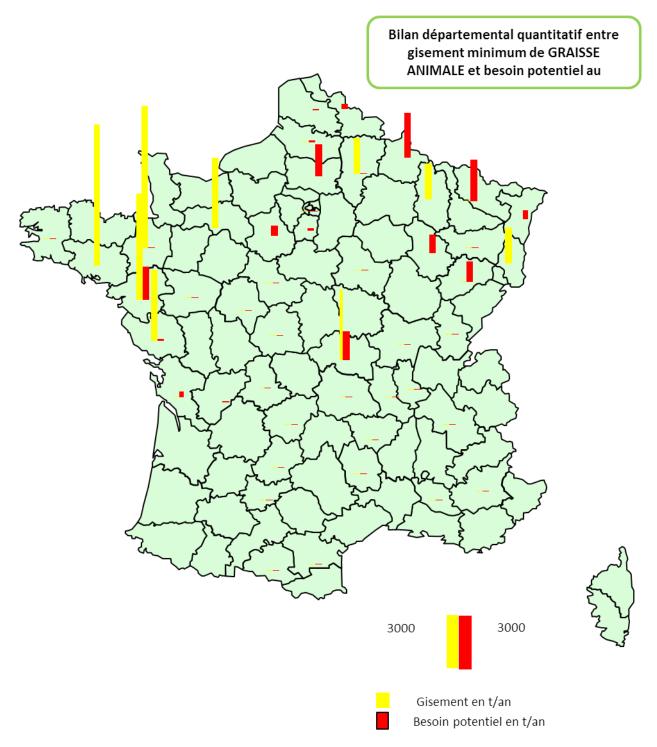


Figure 13 : Binôme ITERG - CTIF Gisements et besoins potentiels en graisses animales



4.6.3 ITERG - CTIF : Coques de tournesol → Combustible pour cubilot

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|-------|---|--|--|--|
| ы | СТІ | ITERG | CTIF | |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 | |
| 1 | Matière/déchet Produit | Coques de tournesol | Pièces en fonte | |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisé E (biomasse) ; matière (non dangereuse) non considérée comme déchet en pratique par le secteur | Déjà introduits ou testés en substitution du coke : • au gueulard : anthracite, pneus, • aux tuyères : gaz naturel + oxygène, fuel + oxygène, coke fin, charbon calciné, anthracite séchée + oxygène | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | Matière : 50 000 | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du coke (én | ergie + carbone) aux tuyères | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 2 | 26 cubilots | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 50 000 | 14 500 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 50 000 | 14 500 | |
| 2 | Hypothèse | Production récente (2012-2013) | Taux de substitution de 15 % (5 à 20 %) | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | 70 | -450 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Vendues 60 à 150 €/t | Très fluctuant : -300 à -550 €/t | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | | 10 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Distance de 50 à 150 km, en vrac, camion 25 t Coût de valorisation future à définir en phase 5 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 370 (investissement éventuel à définir) | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 5 365 000 (investissement éventuel à définir) | | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|---|
| Phase | CTI | ITERG | CTIF |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 6 | 6 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Compilation de données existantes | Collecte et exploitation d'informations sur l'état de l'art relatif à l'injection de combustibles liquides et solides au cubilot et de combustibles solides en sidérurgie |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Coques de tournesol | |
| 3 | Résultats | Injection aux tuyères pour permettre la combustion, mais granulométrie grossière, faible taux de carbone et présence d'humidité potentielle → combustion incomplète avec entrainement de particules Alternative : pyrolyser au préalable les coques de tournesol afin d'augmenter leur pouvoir calorifique, voire pour un enfournement au gueulard, les agglomérer sous forme de briquettes additionnées d'éléments calorifiques | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Phase 4 NON PREVUE du fait de l'iner fusion (essais longs et couteux). | rtie de fonctionnement du procédé de |



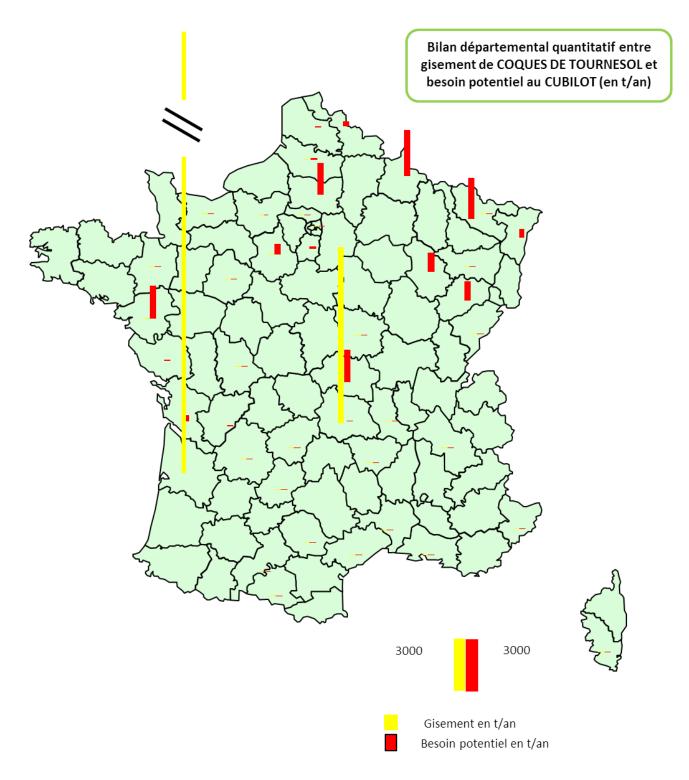


Figure 14 : Binôme ITERG - CTIF Gisements et besoins potentiels en coques de tournesol



4.7 CTIF - CERIB : Fines de sable et laitier de fonderie → Ciment pour béton

4.7.1 CTIF - CERIB : Laitier → Ciment pour béton

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|-------|---|---|--|--|
| Phase | СТІ | CTIF | CERIB | |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 7 | 7 | |
| 1 | Matière/déchet | Laitier | Produits en béton | |
| ' | Produit | Edition | Troddits off boton | |
| 1 | Situation actuelle | Quasi 100 % valorisé M en cimenterie ou en TP | Coproduits déjà utilisés en substitution du ciment : fumées de silice, laitiers de hauts fourneaux, cendres volantes | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DI (parfois DND) : 56 500 | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitut | ion du ciment | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 26 cubilots | 264 | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 56 500 | 162 000 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 56 500 | 162 000 | |
| 2 | Hypothèse | - | Taux de substitution de 25 % max pour la fabrication de produits non structurels | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -40 -120 | | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | -20 €/t en TP à - 60 €/t en cimenterie | - | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | - | 10 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | 0 | | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Distance de 50 km, en vrac, camion 25 t Transport 10 €/t pour 100 km Coût de valorisation future à définir en phase 5 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 150 (investissement éventuel à définir) | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 8 475 000 (investissement éventuel à définir) | | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| Phase | CTI | CTIF | CERIB |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 7 | 7 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Composition chimique sur sec Concentration sur lixiviat Granulométrie | Essais sur mortiers frais (essais d'étalement) Essais sur mortiers durcis (indice d'activité en compression & variations dimensionnelles) |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | 2 échantillons de laitiers (2 fonderies) Taux de substitution (10, 15 & 25 %) | |
| 3 | Résultats | Jusqu'à 15 % : résistance mécanique acceptable, bonne fluidité, a priori pas de désordre dimensionnel (retrait, gonflement) Caractère inerte apprécié Point d'attention : broyage fin des laitiers nécessaire Utilisation en tant que correcteur granulométrique envisageable plutôt qu'en substitution du ciment | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Déchet proche des laitiers de sidérurgie, déjà connus des producteurs de béton, et inerte. ▶ Choix des fines de sables pour mener la phase 4. | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|--------|---|--|---|
| Phase | CTI | CTIF | CERIB |
| Filase | N° du bi(tri)nôme | 7 | 7 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Augmentation de la valorisation des laitiers. Amélioration de l'image de la fonderie. | Diminution de la consommation de ciment, de l'énergie nécessaire à la production de ciment. Diminution de l'énergie liée au transport de ciment. Diminution des émissions atmosphériques dues à la fabrication de ciment. Amélioration de l'image de marque du préfabricant et de la perception du produit par les utilisateurs. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | Etape de broyage éventuelle : • consommatrice d'énergie ; • potentiellement génératrice de nuisances sonores ; • à l'origine de poussières auxquelles le personnel peut être exposé. | |



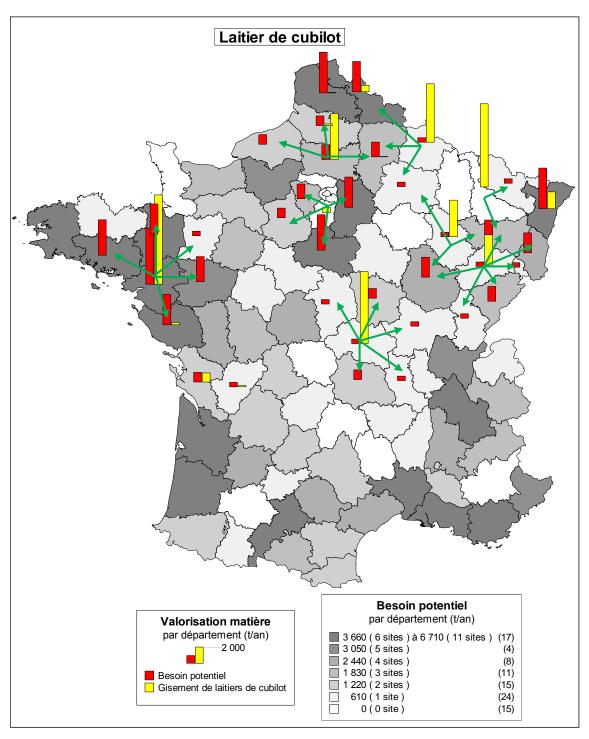


Figure 15 : Binôme CTIF - CERIB Gisements et besoins potentiels en laitiers



4.7.2 CTIF - CERIB : Fines de sables → Ciment pour béton

| | | Secteur source | Secteur utilisateur | |
|-------|---|---|--|--|
| D. | СТІ | CTIF | CERIB | |
| Phase | N° du bi(tri)nôme | 7 | 7 | |
| 1 | Matière/déchet Produit | Fines de sables | Produits en béton | |
| 1 | Situation actuelle | 50 % Elimination en CSDND 50 % valorisation M en TP ou cimenterie | Coproduits déjà utilisés en substitution du ciment : fumées de silice, laitiers de hauts fourneaux, cendres volantes | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DD, DND pour fines de sablerie (ou DI pour fines de dessablage) : 120 000 (dont 60 000 valorisés) | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substituti | ion du ciment | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 129 | 264 | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 120 500 (77 500 + 43 000) | 162 000 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 120 500 | 162 000 | |
| 2 | Hypothèse | - | Taux de substitution de 25 % max pour la fabrication de produits non structurels | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -100 | -120 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | -100 €/t en CSDND | - | |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | - ـ | 10 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Coût de valorisation future à définir en p | hase 5 | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 210 (investissement éventuel à définir) | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 25 305 000 (investissement éventuel à définir) | | |

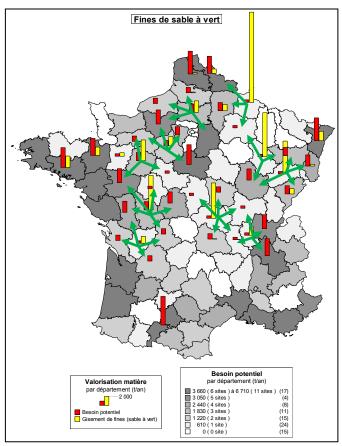


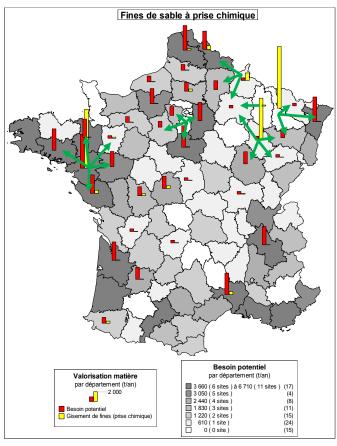
| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| Phase | CTI | CTIF | CERIB |
| 3 | N° du bi(tri)nôme Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Composition chimique sur sec Concentration sur lixiviat Granulométrie | Essais sur mortiers frais (essais d'étalement) Essais sur mortiers durcis (indice d'activité en compression & variations dimensionnelles) |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | 1 "fine" de sable à vert de sablerie 2 "fine" de sable à vert (noir enrichi) : 1 de sablerie & 1 de dessablage 1 "fine" de sable furanique de décochage 2 "fine de sable phénolique : 1 de décochage & 1 de dessablage Taux de substitution (10, 15 & 25 %) | |
| 3 | Résultats | Fines de dessablage : Jusqu'à 15 % : résistance mécanique acceptable, bonne fluidité, a priori pas de désordre dimensionnel (retrait, gonflement) Caractère inerte probable Utilisation en tant que correcteur granulométrique envisageable plutôt qu'en substitution du ciment Autres fines : moins intéressantes (résistance mécanique non satisfaisante, retrait) | |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Fines n°1 de dessablage/sable à vert : substitut de ciment (8,3 ; 10 ; 15 %), pigment (50 ; 100 %), ajout (8,3 % en masse du ciment) Fines n°2 de sables à prise chimique provenant du décochage : substitut de ciment (5 ; 10 %), pigment (100 %), ajout (5 % en masse du ciment) | Produits en béton : |
| 4 | Synthèse des protocoles | Recherche des sites sources et utilisateurs Caractérisation des fines Fabrications de pavés au CERIB, plus complète pour les fines n°2 Essais sur produit au CERIB (performances techniques sur béton et pavés frais et sur pavés durcis et impact sanitaire) Essais sur un site utilisateur des fines n°1 en substitution du ciment et/ou des pigments | |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | Fines n°1 : proches de l'inerte, d'une e composées de silice + respect des spér poursuivis) Fines n°2 considérées comme "déche principalement composées de silice ave des spécifications Etudier sur le long terme l'influence de Vérifier la variabilité des fines d'un lot Suivre la tenue de la teinte des pavés Essais sanitaires (lixiviation + analyse | cifications (essais d'absorption d'eau et dangereux", d'une grande finesse, ec des résidus de résines + non respect es fines n°1 à un autre sur le long terme |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|---|--|
| Phase | CTI | CTIF | CERIB |
| 5 | N° du bi(tri)nôme Bilan environnemental et énergétique Points positifs | Augmentation de la valorisation des fines. Amélioration de l'image de la fonderie. | Diminution de la consommation de ciment et de pigment, de l'énergie nécessaire à la production de ciment. Diminution de l'énergie liée au transport de ciment. Diminution des émissions atmosphériques dues à la fabrication de ciment. Amélioration de l'image de marque du préfabricant et de la perception du produit par les utilisateurs. Pas d'émission de COV pour fines n°1. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | - | Demande en eau des fines supérieure à celle du ciment (à valider par des essais optimisés). |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Substitution de 5 % en masse de cimer acquisition d'un silo pour chacun des de en big-bag en second scenario. | nt par des fines de type n°1 avec eux acteurs ; mais possibilité de stockage |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 1 500 | 225 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -72 | -130 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | -20 | 0 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | 0 | 0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 52,0 | 130,0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 11 700 | 29 250 |
| 5 | Montant de l'investissement | -100 000 | -95 000 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 8,5 | 3,2 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Difficilement rentable du fait de l'investissement dans des silos. Rentabilité acceptable si les fines continuent d'être stockées en big-bag et, en particulier, si elles viennent en substitution des pigments noirs (valorisation de quantités supplémentaires). | |







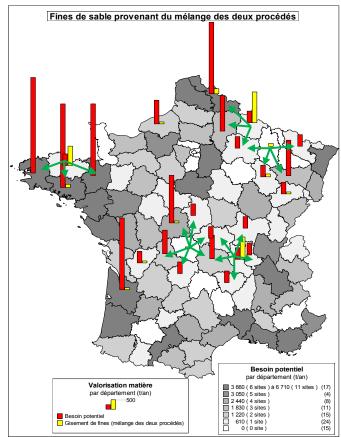


Figure 16 : Binôme CTIF - CERIB Gisements et besoins potentiels en fines de sables



4.8 CTIF - CTMNC : Sables usés → Sable

| | | Secteur source | Secteur | utilisateur |
|--------|---|--|---|--------------------------|
| Phase | CTI | CTIF | Cl | ΓMNC |
| Filase | N° du bi(tri)nôme | 8 | | 8 |
| 1 | Matière/déchet Produit | Sables | Produits en terre c | uite (tuiles ou briques) |
| 1 | Situation actuelle | 46 % Elimination en CSDND 54 % Valorisation M en cimenterie ou en TP (ou biotraitement) | Pas de matière à ce jour envisagée er substitution du sable en tant que dégraissant | |
| 1 | Quantité générée phase 1 | DND ou DI : 404 000 (dont 216 000, 53 % valorisé) | | |
| 1 | Utilisation retenue | En substitution du | u dégraissant (sable) | |
| 2 | Nombre de sites sources Nombre de sites utilisateurs | 127 | 40 | |
| 2 | Quantité générée en t/an Besoin potentiel en t/an | 404 000 (280 000 + 124 000) | 150 000 | |
| 2 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 404 000 | 150 000 | |
| 2 | Hypothèse | - | Taux d'incorporation moyen 2,5 % | |
| 2 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -60 | -3,4 | à -25 |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | -80 €/t en CSDND et -40 à -60 €/t en cimenterie ou en TP | si sable extrait de la carrière du producteur | si achat de sable |
| 2 | Coût de transport retenu en €/t | | -12 | |
| 2 | Coûts de la valorisation future en €/t | | 0 | |
| 2 | Commentaires ou hypothèses | Distance de 100 à 200 km, en vrac, camion 25 t Coût de valorisation future à définir en phase 5 | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/t (1 ^{ière} approche) | 51,4 à 73,0 (investissement éventuel à définir) | | |
| 2 | Bilan global potentiel en €/an (1 ^{ière} approche, gisement/besoin nationaux) | 7 710 000 à 10 950 000 (investissement éventuel à définir) | | |

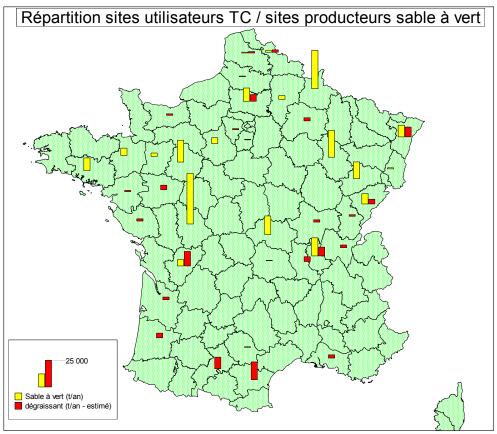


| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|--|---|---|
| Phase | N° du bi(tri)nôme | CTIF 8 | CTMNC 8 |
| 3 | Paramètres de caractérisation Nature des essais en laboratoire | Composition chimique sur sec Teneur en éléments métalliques et organiques lixiviables | Evaluation des avantages et inconvénients sur chacune des étapes du procédé, reproduites à l'échelle du laboratoire |
| 3 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) | Bentonite facteur limitant et granulo fine du sable de dessablage d'où le choix de : • Sable à prise chimique (furanique) de décochage (15 et 30 % massique) • Sable à prise chimique (polyuréthane) de décochage (15 et 30 % massique) | |
| 3 | Résultats | Essais d'utilisation validés à l'échelle du vis-à-vis des caractéristiques céramique Point d'attention : vérifier les émissions mécanique du produit cuit | l laboratoire (polyuréthane moins impactant es). éventuelles de CI, S et F et résistance |
| 4 | Matière/déchet retenu (taux d'incorporation) Produit fabriqué | Sables | Produits en terre cuite (tuiles ou briques) |
| 4 | Synthèse des protocoles | Elaboration d'un protocole détaillé. | |
| 4 | Bilan des essais pré-industriels | NON PREVUE | |



| | | Secteur source | Secteur utilisateur |
|-------|---|--|---|
| Phase | CTI | CTIF | CTMNC |
| | N° du bi(tri)nôme | 8 | 8 |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points positifs © | Augmentation de la valorisation des sables. Amélioration de l'image de la fonderie. | Economie de consommation de sable. |
| 5 | Bilan environnemental et énergétique Points négatifs ® | Risque supplémentaire d'exposition du personnel aux poussières de sables. | Risque supplémentaire d'exposition du personnel aux poussières de sables. |
| 5 | Bilan économique pour une source et une utilisation : commentaires ou hypothèses | Cas de l'achat de sable par la tuilerie ou situation initiale. | ı briqueterie auprès d'un fournisseur en |
| 5 | Gisement potentiel retenu en t/an Besoin potentiel en t/an | 4 500 | 4 000 |
| 5 | Coût d'élimination/valorisation actuelle (transport compris) en €/t Coût de la matière première livrée sur site en €/t | -72 | -25 |
| 5 | Coût/gain de transport retenu en €/t | -12 | 0 |
| 5 | Coûts/gains de la valorisation future en €/t | -5 | 0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en €/t | 55,0 | 25,0 |
| 5 | Bilan des coûts/gains de fonctionnement en t/an | 220 000 | 100 000 |
| 5 | Montant de l'investissement | 0 | 0 |
| 5 | Temps de retour sur investissement en année | 0,0 | 0,0 |
| 5 | Conclusion du bilan économique | Rentabilité de la solution de valorisation | acceptable. |





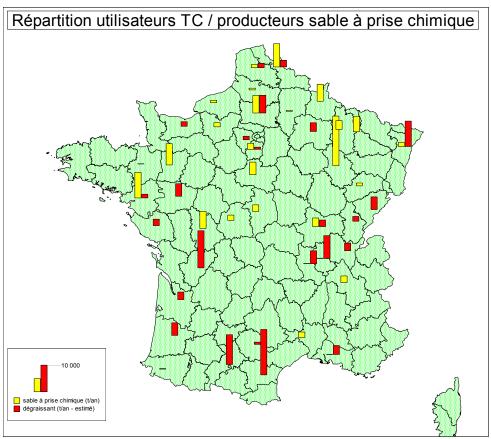


Figure 17 : Binôme CTIF - CTMNC Gisements et besoins potentiels en sables



5. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE GENERIQUE (PHASE 6)

Pour mettre en œuvre une nouvelle solution de valorisation d'un déchet ou d'une matière secondaire dans un secteur industriel différent que celui à l'origine de ce déchet ou de cette matière, il ressort, des travaux menés, qu'il convient de disposer d'un ensemble d'informations aussi bien pour le secteur source que pour le secteur utilisateur et d'effectuer plusieurs étapes successives et progressives.

Ces dernières sont présentées dans la méthodologie générique, objet du livrable de la phase 6.

Les étapes à mener sont décomposées en actions numérotées. Ces actions sont décrites et détaillées afin de guider chaque industriel dans la démarche. Elles ne sont pas obligatoires ; certaines d'entre elles peuvent être facultatives, dans l'hypothèse où l'état des connaissances relatif à la mise en place d'une solution est suffisant.

L'initiateur de la démarche est le producteur du déchet (ou de la matière), exploitant du site source, en tant que responsable de la gestion de ce déchet ou de cette matière.

Les actions à mener peuvent faire appel à :

| Г | dos outils | élaborés da | ne la cadra | du précont | t projet et | mic à | dienocition | |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------------|--|
| | des outils. | elabores da | ns le caore | e au breseni | i broiet et | mis a | aisposition | |

| l'aide des centres | techniques | ou de | toutes | autres | organisations | professionnelles | sectorielles | ainsi |
|--------------------|---------------|----------|---------|--------|---------------|------------------|--------------|-------|
| qu'aux information | s disponible: | s qu'ils | détienr | nent. | | | | |

Au-delà de la réalisation du projet « Valorisation croisée », chaque centre technique collecte, organise et met à jour l'ensemble des données disponibles sur le sujet. Le but de cette démarche est de bénéficier d'un retour d'expérience afin de développer toute solution de valorisation existante ou nouvelle.

Il est possible d'interrompre la démarche à l'issue de chaque action en fonction des résultats obtenus.

Les deux synoptiques ci-après la présente.



Sites sources et/ou sites utilisateurs

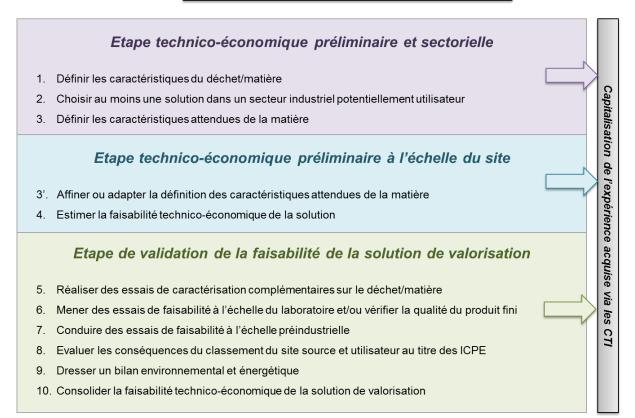


Figure 18 : Présentation générale de la méthodologie

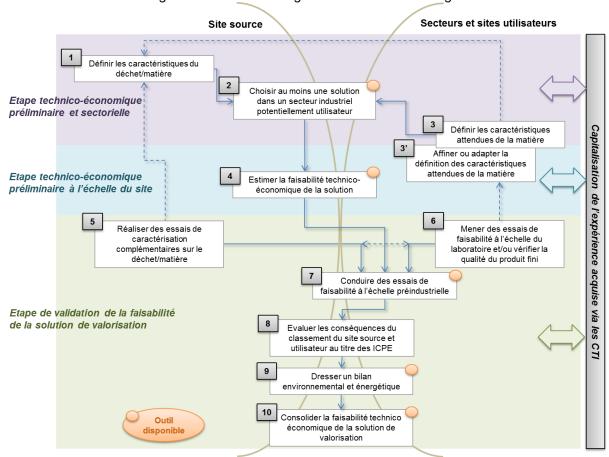


Figure 19 : Présentation développée de la méthodologie



6. BILAN DES ACTIONS DE COMMUNICATION (PHASE 7)

Les principales actions de communications, effectuées au moyen d'une présentation de type PowerPoint, ont été réalisées à l'occasion des manifestations suivantes :

- Le séminaire CTIF « Les matières premières secondaires et la fonderie », le jeudi 28 juin 2012, à Sèvres. A l'issue de ce dernier, un article relatif au projet « Valorisation Croisée », rédigé par Hugo LEROUX, a été publié sur « Industrie et Technologie » notamment (http://www.industrie-techno.com/les-centres-technique-evaluent-la-valorisation-croisee-des-dechets.13458). (cf. Annexe VII).
- La journée d'échanges ADEME Réseau CTI ACTIA, le vendredi 28 juin 2013, à Angers (cf. Annexe VII).
- Les différentes commissions techniques qui ont eu lieu dans la plupart des centres techniques partenaires du projet.

Par ailleurs, la méthodologie générique de valorisation des déchets dans un autre secteur que son secteur d'origine, objet du livrable 6, a été conçue comme un guide diffusable décrivant les différentes étapes et actions à mener pour mettre en œuvre une solution de valorisation (cf. Annexe VI).

Enfin, une affiche est en cours d'élaboration en vue de présenter le projet dans le cadre des J'Tec 2014 (journée technique et stratégique de la fonderie) organisée par le CTIF, les 17 et 18 juin 2014, à Sèvres.



ANNEXES

| ANNEXE I | EXE I Livrables de la phase 1 : Etat des lieux par secteur industriel | | |
|------------|---|--|--|
| ANNEXE II | Livrables de la phase 2 : Cartographie des déchets à valoriser | | |
| ANNEXE III | Livrables de la phase 3 : Faisabilité technique à l'échelle du laboratoire CONFIDENTIELLE | | |
| ANNEXE IV | Livrables de la phase 4 : Faisabilité technique à l'échelle pré-industrielle CONFIDENTIELLE | | |
| ANNEXE V | Livrables de la phase 5 : Validation pré-industrielle du modèle technico- économique CONFIDENTIELLE | | |
| ANNEXE VI | Livrable de la phase 6 : Méthodologie de valorisation des déchets dans un autre secteur que son secteur d'origine | | |
| ANNEXE VII | Support pour la diffusion des résultats du projet et article | | |

Les annexes non confidentielles sont disponibles sur simple demande auprès de l'ADEME :

marlene.dresch@ademe.fr

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.





ADEME 20, avenue du Grésillé BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

