

Annexe 1 : descriptif technique et budget prévisionnel du projet FastCar

Projet FastCar : Stockage de CO₂ par carbonatation du béton recyclé Etude pilote en laboratoire et pré-déploiement industriel

Contexte et enjeux de la recherche :

En France, les déchets inertes du secteur du bâtiment et des travaux publics représentent près de 200 millions de tonnes par an, dont 17 millions de tonnes sont à base de béton uniquement (source : rapport du PN RECYBETON¹). Pour ces derniers, on estime que seule la moitié est recyclée actuellement en granulats de béton recyclés (GBR). De plus, le volume de déchets générés par la déconstruction des bâtiments et infrastructures en fin de vie augmente, et va devenir très important dans les prochaines années. En effet, les bâtiments construits entre 1950 et 1980 arriveront prochainement en fin de vie et les volumes de bétons à recycler produits seront alors très importants.

Actuellement, les granulats de béton recyclés (GBR) sont traités essentiellement de deux façons, soit par l'enfouissement, soit par le recyclage en matériau de remblai à faible valeur ajoutée pour les terrassements routiers. Avec l'arrivée prochaine de volumes de déchets plus importants, la filière routière ne pourra pas, sous cette forme, absorber ces déchets, dont le coût environnemental de traitement va donc augmenter de façon importante. De plus, si les GBR étaient utilisés comme granulats pour le béton, des matériaux inertes actuellement non utilisés pourraient être valorisés dans les routes.

En parallèle, les granulats naturels utilisés pour fabriquer du béton ou des couches de roulement de chaussées sont une ressource non renouvelable, techniquement illimitée mais de plus en plus difficilement accessible pour des raisons sociétales et environnementales. La région Ile de France importe près de la moitié des granulats qu'elle consomme (environ 13 millions de tonnes par an - source livre blanc UNPG) et on estime que cette consommation va encore augmenter de 5 millions de tonnes par an (source DRIEE Ile de France) avec les projets du Grand Paris. Dans un tel contexte, réussir à fabriquer du béton en économisant les granulats est un enjeu majeur.

Les normes actuelles permettent d'utiliser les GBR selon les caractéristiques de ces granulats (et le % de produits autres que du béton ou des granulats polluant les GBR) et selon les classes d'exposition des ouvrages construits (liées à l'environnement de l'ouvrage), et cela avec un pourcentage très limité (30% de substitution par rapport à des granulats naturels au maximum et, par exemple, le sable de GBR ne peut être utilisé pour refaire du béton armé).

La raison essentielle de cette limite vient du fait que les GBR ont une porosité très élevée et donc une absorption d'eau très importante, et des caractéristiques mécaniques dégradées par rapport à des granulats naturels (résistance au choc et friabilité). Ces caractéristiques conduisent soit à des bétons de faibles performances (mécaniques et durabilité), soit, si l'on veut maintenir les performances à un bon niveau, à une quantité de granulats recyclés limitée (à 10% de l'ensemble des granulats), soit à un dosage plus important du nouveau béton en ciment si l'on veut introduire davantage de granulats recyclés.

¹ L. Mongeard, A Dross, « La ressource en matériaux inertes recyclables dans le béton en France », rapport du PN RECYBETON, 2016.

Les travaux du PN Recybéton ont permis d'obtenir plusieurs résultats permettant de mieux maîtriser la formulation des bétons incluant de forts taux de GBR afin, à terme, de faire évoluer la normalisation vers une utilisation plus importante de ces GBR dans les bétons. Il nous faut améliorer les performances des techniques de traitement des GBR, notamment si l'on veut réutiliser les parties fines des GBR pour les introduire à nouveau dans des bétons. Parmi les pistes étudiées (comme le traitement chimique à base de polymères²), la carbonatation est celle que nous proposons d'étudier dans ce projet.

Quelques éléments bibliographiques

Le sujet de la recarbonatation de granulats de béton recyclé est un sujet de recherche en train d'émerger. Le niveau de publications dans le web of Science sur ce sujet est encore faible (7 publications sur le sujet en 2016) mais devient visible alors qu'il n'existait pas auparavant (aucune publication avant 2013). On est dans la situation des recherches sur les granulats recyclés il y a 20 ans (en 2016 le nombre de publications sur les GBR a dépassé 500 articles !).

Ces publications^{3,4} mettent en évidence les potentialités des GBR qui constituent un puits potentiel de stockage du CO₂, stockage qui permet une amélioration de leurs propriétés constructives suite à leur carbonatation, et donc une possibilité de réemploi facilitée dans la construction. Une première estimation économique du processus⁴ indique que « CO₂ sequestration in cement-based materials can be thought as the most burden free and realistic alternative for the sequestration of CO₂ ».

Le béton déconstruit est en effet un puits permettant de stocker du CO₂ grâce à la matrice cimentaire qui entoure les granulats naturels. Pour fabriquer ce ciment, il a été émis environ 800 kg de CO₂ par T de ciment (dans le cas d'un ciment de type CEM I). 60% de ce CO₂ – soit quasiment 500kg/T de ciment - est dû à la décarbonatation du calcaire et peut être théoriquement re-stocké par l'opération inverse (carbonatation). Certains auteurs donnent une quantité stockable égale à 150 kg de CO₂/T de GBR, voire plus encore⁴. Les essais préliminaires en laboratoire (étude Ifsttar⁵) montrent que, dans un temps très limité, on peut stocker 50 kg de CO₂/T de GBR.

Afin de montrer la faisabilité du stockage de CO₂ dans les GBR, l'Ifsttar a utilisé deux voies :

- La carbonatation naturelle

Ce phénomène repose sur le contact entre le CO₂ contenu dans l'atmosphère et la matrice cimentaire des GBR. Pour améliorer la cinétique de la carbonatation, il faut

² V. Spaeth, A. Djerbi Tegguer (2013) "Improvement of recycled concrete aggregate properties by polymer treatments", International Journal of Sustainable Built Environment, Vol.2, pp.143–152

³ Kou Shi-Cong, Zhan Bao-jian, Poon Chi-Sun, Use of a CO₂ curing step to improve the properties of concrete prepared with recycled aggregates, Cement & Concrete Composites 45 (2014) 22–28

⁴ J.G. Jang, G.M. Kim, H.J. Kim, H.K. Lee, Review on recent advances in CO₂ utilization and sequestration technologies in cement-based materials, Construction and Building Materials 127 (2016) 762–773

⁵ B. Cazacliu, J.B. Gobert, J.S. Condoret, F. Huchet, S. Camy, J.M. Torrenti, Etude de faisabilité d'une carbonatation accélérée de granulats de béton recyclé, GC2017, Cachan, 2017

augmenter la surface de contact en réalisant un concassage du béton de démolition. En transformant par exemple un élément en béton armé de type dalle d'une épaisseur de l'ordre de 20 cm en granulats d'environ 1 cm, la surface de contact offerte au CO₂ atmosphérique se trouve multipliée par environ 1000. Nos résultats⁶ montrent qu'il est possible, pour des bétons traditionnels de bâtiments des années 50-80, de capter 50 à 60 % du CO₂ émis lors de la décarbonatation du calcaire. Il demeure cependant que la période nécessaire pour cette carbonatation est longue et rend nécessaire un long stockage du matériau avant réutilisation, de l'ordre de plusieurs mois, ainsi qu'un espace de stockage ce qui peut s'avérer prohibitif en pratique.

- La carbonatation accélérée

Il est aussi possible d'accélérer la réaction du CO₂ avec la matrice cimentaire en travaillant avec une pression partielle de CO₂ plus importante que celle existant dans l'air, voire sous pression de CO₂ supérieure à la pression atmosphérique et même sous CO₂ supercritique. Les essais préliminaires⁷ ont montré que l'on pouvait réduire très fortement le temps de réaction. La photo suivante illustre les résultats obtenus. Par contre, l'accélération de la réaction dépend, comme la carbonatation naturelle, de l'état de saturation en eau des GBR. Il est donc encore nécessaire de travailler sur cette réaction afin notamment de définir un optimum de durée du traitement et un optimum économique. Il est enfin important d'être capable de modéliser le processus de carbonatation car l'optimum économique d'aujourd'hui n'est sans doute pas celui qui existera dans 10 ans, car il dépend fortement du prix de la tonne de CO₂.



Figure 1. Etat de carbonatation (couleur après aspersion de phénolphthaléine) d'une section de granulats issus de plate-forme de recyclage, avant (à gauche – le pH du béton est très basique,

⁶ M Thiery, P Dangla, P Belin, G Habert, N Roussel, 2013, Carbonation kinetics of a bed of recycled concrete aggregates: A laboratory study on model materials, Cement and Concrete Research 46, p.50-65

⁷ B. Cazacliu, J.B. Gobert, J.S. Condoret, F. Huchet, S. Camy, J.M. Torrenti, Feasibility study of fast carbonation of recycled concrete aggregates, fib conference, Cape Town, 2016

la phénolphtaléine vire au rose) et après carbonatation accélérée par CO₂ supercritique à température 80 °C, pression 250 MPa, pendant 20 minutes (à droite – après traitement le pH est abaissé et la phénolphtaléine reste incolore).

Par ailleurs, l'Ifsttar poursuivra une étude plus exploratoire de bio-carbonatation à l'aide de bactéries. La précipitation des carbonates de calcium est un phénomène naturel présent chez de nombreux organismes leur permettant de former leur squelette interne ou externe. Ainsi, certaines bactéries induisent la précipitation de carbonates de calcium par différentes voies métaboliques (hydrolyse de l'urée ou interconversion du dioxyde de carbone CO₂ en bicarbonate HCO₃⁻). Ce phénomène a tout d'abord été exploité pour la réparation de pierres et se développe de plus en plus pour les matériaux cimentaires et leurs différentes applications. Ainsi lors de l'utilisation de ces bactéries dans des matériaux de construction, il a pu être observé un renforcement des matériaux et une diminution de leur perméabilité^{8,9}. Une application de ces bactéries à la surface de matériaux cimentaires fracturés a permis d'observer un comblement en surface des fissures par leur production de CaCO₃^{10,11}.

Objectifs généraux de la recherche :

Le projet comprendra deux versants, l'un amont et l'autre orienté vers l'aval :

- 1) L'objectif de la partie amont est de valider, sur les plans théorique et expérimental, la preuve de concept technique déjà apportée en laboratoire de carbonatation accélérée des granulats de bétons recyclés sur les fractions 0/4 et 4/20 ;
- 2) Et celui de la partie aval sera de concevoir et mettre en œuvre un procédé de carbonatation accélérée à échelle pré-industrielle et de caractériser la viabilité environnementale et économique du procédé industriel de recyclage envisagé.

Compte tenu du délai de la convention signée avec la DRI, les deux volets du projet se dérouleront en parallèle sur 3 ans. De manière plus précise nous proposons le découpage suivant :

GT1 : recherche « amont »

- GT1.1 : approche expérimentale

Des données expérimentales sont nécessaires de manière à analyser les phénomènes mis en jeu lors de la carbonatation accélérée des granulats de béton recyclé, de bien connaître l'influence des facteurs majeurs (teneur en eau par exemple) et de pouvoir modéliser le phénomène.

Deux voies seront poursuivies pour accélérer la carbonatation :

- Une pression partielle élevée (par exemple en boîte à gants),

⁸ S. K. Ramachandran, V. Ramakrishnan, S. S. Bang, Eds., "Remediation of concrete using microorganisms." ACI Mater, J., 98, 2013

⁹ W. De Muynck, K. Cox, N. de Belie, W. Verstraete, "Bacterial carbonate precipitation as an alternative surface treatment for concrete." Constr. Build. Mater., 22:875–885, 2008

¹⁰ W. De Muynck, N. de Belie, W. Verstraete, "Microbial carbonate precipitation in construction materials: A review.", Spec. Issue BioGeoCivil Eng., 36:118–136, 2010

¹¹ K. Van Tittelboom, N. de Belie, W. De Muynck, W. Verstraete "Use of bacteria to repair cracks in concrete." Cem. Concr. Res., 40:157–166, 2010

- Une pression totale supérieure à la pression atmosphérique (donc en réacteur, par exemple avec le laboratoire génie chimique de l'ENSIACET).

Cela permettra la conception en laboratoire d'un pilote pour une étude fine du procédé, la confrontation avec des modèles de carbonatation dans un milieu poreux et l'étude de l'efficacité du procédé.

Les spécificités de carbonatation des fines, des sables et de gravillons de béton concassé seront étudiées. Notamment la fraction fines+sable paraît particulièrement intéressante car cette fraction est peu valorisée en raison de son absorption d'eau très élevée par rapport à la fraction la plus grosse des granulats recyclés. Cette absorption d'eau marque une quantité potentielle importante de matière à recarbonater.

Les expériences permettront aussi de définir un protocole de carbonatation accélérée des granulats recyclés, avec le choix des paramètres tels que: la teneur en CO₂, la pression partielle ou totale, la température, la durée du traitement et la teneur en eau des GBR (séchage et homogénéité du séchage). Ces essais seront croisés avec l'équipe Matériaux de construction de l'Université de Sao Paolo, en particulier pour la carbonatation des fines et des sables de béton concassés, secs ou humides.

Après caractérisation des GBR utilisés (densité, absorption d'eau selon la méthode développée à l'Ifsttar¹², porosité, résistance à l'abrasion, surface spécifique, quantité de pâte de ciment accrochée...), l'effet du traitement des GBR par carbonatation accélérée sera caractérisé par :

- Une quantification du taux de stockage rémanent de CO₂ ; à ce stade on considérera aussi bien le bilan massique de la réaction que l'évaluation des espèces minérales formées (essais ATG, DRX, RMN)
- Une qualification de l'évolution des caractéristiques des matériaux après carbonatation ; on considérera la densité, la porosité accessible à l'eau et au mercure, les propriétés d'absorption, cinétique d'absorption et résistance à l'abrasion pour les granulats (essais normalisés granulats), surface spécifique pour les fines (essais BET, Blaine). Des techniques plus innovantes (perméabilité au gaz, microtomographie) pourront également être utilisées.

- GT1.2 : modélisation de la carbonatation

Plusieurs modèles de carbonatation pourront être testés par les partenaires du projet. Par exemple, le modèle développé à l'Ifsttar^{13,14} pour la description des cas de la carbonatation de matériaux cimentaires exposés à une solution saturée en CO₂ ou à du CO₂ supercritique et à la carbonatation naturelle de GBR sera utilisé pour simuler les conditions des essais du GT1.1. Les modèles devront être complétés ou modifiés sur certains points afin de prendre en compte les cinétiques des réactions de dissolution-précipitation des C-S-H et de la portlandite.

¹² Djerbi T.A (2012), "Determining the water absorption of recycled aggregates utilizing hydrostatic weighing approach", *Construction and Building Materials*, 27(1), 112–116

¹³ J. Shen, P. Dangla, and M. Thiery. Reative transport modeling of CO₂ through cementitious materials under CO₂ geological storage conditions. *International Journal of Greenhouse and Gas Control*, 18(0):75-87, 2013.

¹⁴ M. Thiery, P. Dangla, P. Belin, G. Habert, and N. Roussel. Carbonation kinetics of a bed of recycled concrete aggregates: a laboratory study on model materials. *Cement and Concrete Research*, 46:50-65, 2013

Ensuite, une étape de validation dans les conditions des réacteurs devra être menée. Des cylindres de pâte de ciment seront exposés aux conditions de carbonatation accélérée et les simulations numériques seront comparées aux profils expérimentaux des phases minérales et de la porosité. L'influence des conditions aux limites sur le mécanisme de carbonatation sera étudiée.

En considérant que les granulats ont une forme sphérique, des simulations de la carbonatation de GBR dans un réacteur chimique seront menées afin de quantifier la cinétique d'absorption du CO₂. L'outil numérique sera utilisé pour optimiser le processus sur la base d'une capacité de prise de CO₂. Les paramètres comme la taille des GBR, la possibilité d'un prétraitement (séchage ou humidification) afin d'atteindre l'optimum de teneur en eau pour augmenter le rendement, les conditions aux limites (pression partielle en CO₂, température, etc...) seront étudiées. La solution du problème fera intervenir la description d'un écoulement multiphasique réactif à travers des grains : modélisation de la dynamique gaz-grain (couplage CFD/DEM) et modélisation de l'avancement de la réaction gaz-solide (modèle détaillé du déplacement du front de réactions de carbonatation)¹⁵.

- GT1.3 : bio-carbonatation

L'objectif de ce sujet de recherche est d'accélérer la carbonatation des granulats de bétons recyclés par l'intervention de bactéries. Pour cela, quatre points seront développés :

- la détermination des conditions optimales de culture des microorganismes pour la production de carbonate de calcium ainsi que la capacité bactérienne à précipiter le carbonate de calcium en contact avec les granulats de bétons recyclés.
- l'étude des propriétés physico-chimiques des granulats traités par les bactéries.
- la caractérisation physico-mécanique de mortiers et bétons incorporant les granulats de bétons recyclés traités.
- l'amélioration du procédé et industrialisation du procédé.

L'Ifsttar souhaite lancer une thèse sur fonds propres ou ITPE4A sur ce sujet.

Les verrous scientifiques à lever pour le GT1 sont les suivants :

- optimisation des conditions d'écoulement afin d'assurer les conditions pour un rendement optimal de la carbonatation ; adaptation des modèles de carbonatation existants,
- conception, mise en œuvre et validation, en laboratoire, d'un pilote pour la carbonatation accélérée,
- adaptation d'un modèle de carbonatation aux conditions de carbonatation accélérée (milieu granulaire et forte concentration en CO₂).

- Méthodes : développement/acquisition d'équipements, expériences, modélisations
- Partenaires potentiels : Ifsttar, Ensiacet, Atilh et/ou cimentiers, PN RECYBETON, CERIB, Université de Sao Paulo, entreprises du recyclage
- Livrables : modèle de carbonatation accélérée, équipements et protocoles d'essais, résultats de la faisabilité technique du procédé à l'échelle pré-industrielle
- Valorisation :

¹⁵ F. Huchet, N. Roquet, B. Cazacliu, Advection-dispersive mechanisms of electrolyte species in porous matrix, *Transport in Porous Media*, 104 2 299-313, 2014.

- organisation d'un workshop introductif et d'une conférence internationale finale,
- communications scientifiques dans des conférences nationales et internationales et de publications dans des revues scientifiques,
- mémoires des thèses relatives au sujet,
- Participation aux 3 journées de restitution (région parisienne, Nantes et Lyon) des résultats du projet.

GT2 vers une application industrielle

Cette phase comprendra :

- GT2.1 Application du procédé à une échelle industrielle

En coordination avec les expérimentations du GT1, des fabrications en conditions industrielles seront réalisées afin de tester la faisabilité des méthodes. Ces fabrications pourront combiner l'objectif du projet avec les matériaux disponibles (par exemple air contenant un pourcentage donné de CO₂ et récupéré en sortie d'un four) et les techniques pouvant être mises en œuvre (pression totale ou pression partielle). Les granulats ainsi traités seront caractérisés et les résultats seront comparés à ceux obtenus en laboratoire notamment afin de vérifier l'applicabilité des modèles développés par le GT1.2. Enfin, les conséquences sur la normalisation des granulats seront tirées de ces expérimentations.

- GT2.2 passage au béton et applications aux pièces préfabriquées et aux ouvrages

Avec les granulats fabriqués dans le cadre du projet, des bétons seront réalisés. Cela permettra de mesurer l'impact du traitement sur la compacité des grains et les performances mécaniques (terme Kg des granulats) dans les bétons dans lesquels ils sont recyclés, de vérifier que l'effet du traitement permet bien de réduire la quantité de ciment nécessaire pour refaire du béton à l'aide de ces granulats, de caractériser ces bétons d'un point de vue mécanique mais aussi de leur durabilité (dans le cadre de l'approche performantielle – cf. PN PERFDUB). Cela donnera des pistes pour une future évolution de la normalisation des bétons.

La fabrication de pièces en béton (dans un ouvrage réel et en préfabrication), permettra d'étudier les points suivants :

- Examen des domaines d'emploi possibles des bétons réalisés avec ces granulats,
- Etablissement de l'ensemble des caractérisations nécessaires,
- Analyse des résultats en regard des domaines d'emploi visés.

Ces résultats permettront de préparer une future Atex qui faciliterait l'emploi de ces bétons.

- GT2.3 Evaluations économiques et environnementales du procédé

Bien entendu, l'étude technique qui précède doit être complétée par :

- Une évaluation économique du procédé, y compris les éventuels conflits d'usage pouvant être générés. Cette étude économique sera prospective car elle devra prendre en compte les évolutions possibles du coût de la tonne de CO₂, que ce soit concernant une taxe carbone (taxe sur les émissions de CO₂ induites par la consommation diffuse, celle du particulier qui remplit son réservoir de voiture à la pompe) ou sur les quotas de CO₂ alloués aux industriels. Ce coût est actuellement très bas (autour de 5€/t) et la taxe carbone en France n'impacte que la production électrique mais il est

vraisemblable que la situation évoluera dans le futur. Ainsi le GIEC a défini que la tonne de CO2 devait atteindre 100€ en 2030 si l'on souhaite limiter à 2°C le réchauffement climatique.

- Une évaluation environnementale du procédé (ACV) est bien sur nécessaire. Cette évaluation s'inscrit aussi dans le cadre de la labellisation des bâtiments. Par exemple les labels BBCA et Effinergie 2017 impliquent l'obtention préalable du label E+ C- en France. Suite à l'accord de Paris à l'occasion de la COP 21, l'État et les acteurs de la construction se sont engagés pour produire des bâtiments à énergie positive et bas carbone. Cette ambition veut contribuer à la lutte contre le changement climatique autour de deux grandes orientations pour la construction neuve :

- La généralisation des bâtiments à énergie positive.
- Le déploiement de bâtiments à faible empreinte carbone tout au long de leur cycle de vie, depuis la conception jusqu'à la démolition.

L'impact des matériaux (énergie grise) dans les constructions neuves devient maintenant important et l'usage de matériaux ayant un impact faible va devenir de plus en plus important.

- Les conséquences normatives.

La norme européenne EN 16757 Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant la catégorie de produits pour le béton et les éléments en béton, actuellement en discussion, comprendra une annexe sur le calcul de la prise de CO2 par carbonatation. Un procédé de recarbonatation accélérée devra pouvoir être pris en compte par les utilisateurs de cette annexe.

- Méthodes : développement/acquisition d'équipements, essais performantiels, ACV, étude économique, évaluation de la ressource et des conflits d'usage, développements normatifs et contractuels
- Partenaires potentiels : Ifsttar, PN PERFDUB & RECYBETON, Atilh et/ou cimentiers, CSTB, CERIB, recycleurs, aménageurs (Epamarne par exemple) et maitres d'ouvrages (CG77, CG94 par exemple).
- Livrables : brique de démonstrateur industriel, guide(s) sur les performances – techniques, environnementales et économiques – des bétons recyclés carbonatés, propositions d'évolutions normatives.
- Valorisation :
 - Participation aux 3 journées de restitution (région parisienne, Nantes et Lyon) des résultats du projet
 - l'édition d'un guide technique accessible librement par l'ensemble des acteurs.

La valorisation des résultats du projet sera complétée par :

- l'animation d'un site web dédié et d'outils de communication de type réseaux sociaux (compte twitter),
- une communication de l'Ifsttar auprès de ses contacts presse,
- une participation à toute action de communication organisée par le Ministère de l'environnement pour laquelle notre présence serait souhaitée.

Organisation, gouvernance, budget

L'Ifsttar étant signataire de la convention avec le MEEM pour ce projet sera coordonnateur de l'ensemble mais mettra en place les collaborations utiles à son avancement, afin de démultiplier son impact. Compte tenu de la grande expérience de l'IREX en matière de

gestion de projet – cf. les projets nationaux, une convention sera passée entre l’Ifsttar et l’Irex afin que celui-ci gère les recherches relatives au GT2, celles du GT1 étant pilotées en direct par l’Ifsttar. Les partenaires souhaitant participer au projet adhéreront par le biais d’une charte qui définit, comme dans les PN, les droits et obligations des Partenaires du Projet, et précise l’organisation qui permettra d’assurer la coordination des travaux menés dans le cadre du Projet.

L’organisation et la gouvernance comprendront :

- un comité de direction : il est composé d’un représentant de chacun des Partenaires, chacun d’eux disposant d’une voix. Le Comité de direction élit un Président lors de la première réunion du Comité de direction, nommée Assemblée Constitutive. Il :
 - o définit les orientations stratégiques du Projet ;
 - o arrête les programmes et les budgets annuels ;
 - o suit l’exécution des études et des travaux ;
 - o décide au besoin les modifications ou extensions à apporter au Programme de recherche et décide éventuellement de l’opportunité de présenter une demande de subvention complémentaire pour une partie du Programme de recherche ;
 - o approuve les rapports définitifs et les recommandations qui constituent l’un des objectifs essentiels du Projet ;
 - o définit les modalités de validation des livrables des Actions de recherche.
- Un Comité de pilotage qui coordonne le Projet et veille à la cohérence des travaux. Il est mandaté par le Comité de direction. Il est composé des membres du Bureau et des Pilotes des groupes thématiques ;
- Un Bureau qui assiste le Comité de pilotage dans la mise en œuvre de ses actions. Le Bureau est composé : du Président, du directeur du projet, du Mandataire.

Le budget du projet est construit sur la base du financement d’une partie - 25% environ - des recherches en coûts complets. Le financement MEEM/DRI étant de 0,8 M€, le budget du projet, compte tenu des apports des partenaires dont l’Ifsttar, serait d’environ 3M€ (dont un peu plus de la moitié pour le GT2). Chaque partenaire du projet s’engage à verser 3 cotisations annuelles à l’IREX. Le montant de ces cotisations est défini dans la charte.

L’Ifsttar s’engage à établir un bilan annuel des travaux afin de permettre leur évaluation par des experts choisis par le Ministère de l’environnement. Il s’engage également à suivre les recommandations de ces experts quant au déroulement du projet.

Annexe financière : budget prévisionnel (en k€)

	CDD, investissements & fonctionnement	Total Subvention MEEM	Cotisations	Apports en nature	Total estimé
GT1	500	400	100	930	1430
GT2	700	400	300	720	1420
total	1200	800	400	1650	2850