Sujet élaboré par une cellule pédagogique nationale

CONCOURS EXTERNE D'INGÉNIEUR TERRITORIAL

SESSION 2025

ÉPREUVE DE NOTE

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

Rédaction d'une note à partir d'un dossier tenant compte du contexte technique, économique ou juridique lié à ce dossier. Celui-ci porte sur l'une des spécialités choisie par le candidat au moment de son inscription.

Durée : 5 heures
Coefficient : 5

SPÉCIALITÉ : INGÉNIERIE, GESTION TECHNIQUE ET ARCHITECTURE

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 38 pages.

Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend le nombre de pages indiqué.
S'il est incomplet, en avertir le surveillant.

Vous êtes ingénieur territorial, responsable du service construction et travaux au sein d'Ingéagglo, une communauté d'agglomération de 50 000 habitants.

Dans le cadre d'un projet de transition écologique, les élus d'Ingéagglo souhaitent étudier l'opportunité d'intégrer des matériaux biosourcés et géosourcés dans les constructions à venir.

Dans un premier temps, le directeur général adjoint vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, une note de synthèse sur l'utilisation de matériaux biosourcés et géosourcés dans la construction.

10 points

Dans un deuxième temps, il vous demande un ensemble de propositions opérationnelles visant à intégrer des matériaux biosourcés et géosourcés dans l'ensemble des constructions à venir au sein d'Ingéagglo.

Pour illustrer ces propositions, vous réaliserez, en annexe, un phasage des différentes étapes d'une opération de construction neuve et détaillerez comment vous y intégrerez le recours aux matériaux biosourcés et géosourcés.

Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.
Pour la réalisation de l'annexe, l'utilisation d'une autre couleur que le bleu ou le noir ainsi que l'utilisation de crayons de couleur, feutres, crayon de papier sont autorisées.

10 points

Liste des documents :

Document 1 : « Les matériaux de construction biosourcés et géosourcés » (extrait) - *ecologie.gouv.fr* - consulté le 23 janvier 2025 - 7 pages

Document 2 : « Matériaux de construction biosourcés et géosourcés » - *ecologie.gouv.fr* - 23 octobre 2024 - 2 pages

Document 3 : « Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique » (extrait) - *ecologie.gouv.fr* - avril 2020 - 7 pages

Document 4 : « 9 matériaux biosourcés pour bâtir demain » - *inrae.fr* - 2 février 2023 - 5 pages

Document 5 : « Biosourcés et RE2020 : Quels résultats un an et demi après ? » - *construction21.org* - 26 janvier 2024 - 3 pages

Document 6 : « Points de vigilance lors de la mise en œuvre de matériaux biosourcés » - *Fédération Française du Bâtiment* - 12 septembre 2023 - 2 pages

Document 7 : « [Dossier Biosourcés #25] Construire une école avec les biosourcés : exemple d'un aménagement urbain public » - *construction21.org* - 1er avril 2020 - 3 pages

Document 8 : « Chantier : une toiture-terrasse intégralement isolée en biosourcé » - *Le Moniteur* - 24 mai 2023 - 2 pages

Document 9 : « Commande publique et matériaux biosourcés » - *centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr* - 23 août 2024 - 1 page

Document 10 : « Soutien à la reconnaissance des matériaux biosourcés et bas carbone pour le bâtiment » (extrait) - *La Région Grand Est* - consulté le 27 février 2025 - 2 pages

Document 11 : « A partir de quand les bâtiments publics devront-ils intégrer des matériaux biosourcés ou bas carbone ? » - *La Gazette des communes* - 14 mars 2024 - 1 page

Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.
Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

Dans un souci environnemental, les impressions en noir et blanc sont privilégiées.
Les détails non perceptibles du fait de ce choix reprographique ne sont pas nécessaires à la compréhension du sujet, et n'empêchent pas son traitement.

DOCUMENT 1
consulté le 23 janvier 2025

(...)

Les matériaux de construction

BIOSOURCÉS & GÉOSOURCÉS

ecologie.gouv.fr

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE
www.developpement-durable.gouv.fr

MINISTÈRE
DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES
ET DES RELATIONS AVEC
LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES
www.territoires.gouv.fr

Les matériaux biosourcés et géosourcés : de quoi s'agit-il ?

Les **matériaux biosourcés** sont les matériaux partiellement ou totalement issus de la **biomasse** [(1)], tels que le bois (bois d'œuvre et produits connexes), le chanvre, le colza, le miscanthus, la balle de riz, la paille, les anas de lin, le liège, la rafle de maïs, le roseau, la laine de mouton…

Les **matériaux géosourcés** sont les matériaux issus de ressources d'**origine minérale**, tels que la terre crue ou la pierre sèche.

En particulier lorsqu'ils sont locaux et peu transformés, les matériaux biosourcés et géosourcés présentent généralement une **faible empreinte environnementale.** Certains matériaux sont également issus du réemploi ou de la revalorisation de déchets, de sous-produits et de co-produits, tels que la ouate de cellulose, les textiles recyclés, le bois de palette, le carton.... Ils s'inscrivent alors dans une logique d'**économie circulaire**.

Quels usages dans la construction ?

Les matériaux biosourcés et géosourcés sont disponibles dans une **large gamme de produits :** panneaux, rouleaux, poutres, blocs de bétons végétaux, briques, bottes, vrac, etc.

Les applications pour la **construction neuve** et la **rénovation** sont nombreuses : structure, isolation, enduits, toiture, parement, etc. La mixité des matériaux est possible aussi bien au sein de systèmes constructifs qu'en combinant des applications.

Des matériaux qui assurent…

Les matériaux biosourcés et géosourcés disposent de **normes** (bois, ouate de cellulose…), **avis techniques** et **ATEx** (lin, textile recyclé, terre crue, pierre sèche…), **Documents Techniques Unifiés** (DTU – bois…), et **règles professionnelles** (paille, chanvre…).

Ces documents attestent des **qualités techniques** des matériaux (réaction au feu, durabilité, résistance mécanique…) et garantissent l'**assurabilité** des bâtiments dans lesquels ils sont mis en œuvre.

(1) définition selon la norme EN 16575. Bien qu'à l'heure actuelle il n'existe pas de teneur minimale en biomasse permettant de qualifier un matériau de « biosourcé », le label « bâtiment biosourcé » définit des taux minimaux d'incorporation de biomasse dans les constructions qui bénéficient de cette certification

© InterChanvre - Chènevotte de chanvre

© Dominique Gauzin-Müller - Terre crue

© ECIMA - Ouate de cellulose

© Julie Laurin - Enduit terre

© DB Chanvre - Béton de chanvre

Un contexte politique et règlementaire favorable

La **RE 2020**, future réglementation environnementale de la construction neuve, aura pour ambition de répondre aux impératifs de durabilité requis par la transition écologique. A cette fin elle prendra en compte, en complément de l'efficacité énergétique et de la production d'énergies renouvelables, les **émissions de gaz à effet de serre (GES) générées tout au long du cycle de vie du bâtiment**, de l'extraction des ressources à la déconstruction, en passant par les phases de fabrication, de construction, d'usage et de maintenance.

Les matériaux biosourcés et géosourcés présentent généralement une **faible empreinte carbone** ainsi que, pour certains, des **propriétés isolantes**. Ils sont ainsi précisément en mesure de répondre à l'enjeu relatif à l'amélioration de la performance environnementale des bâtiments **tant privés que publics**. En particulier, l'article 14 de la **LTECV**, Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte, souligne que « *l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles* ».

Un label en appui aux démarches vertueuses intégrant des matériaux biosourcés dans la construction :

Le **label « bâtiment biosourcé »**, créé en 2012 et porté par les ministères de la Transition écologique et solidaire et de la Cohésion des territoires, offre la possibilité aux maîtres d'ouvrage de valoriser les constructions neuves qui incluent des matériaux issus de la biomasse animale ou végétale.

La commande publique, un levier d'importance

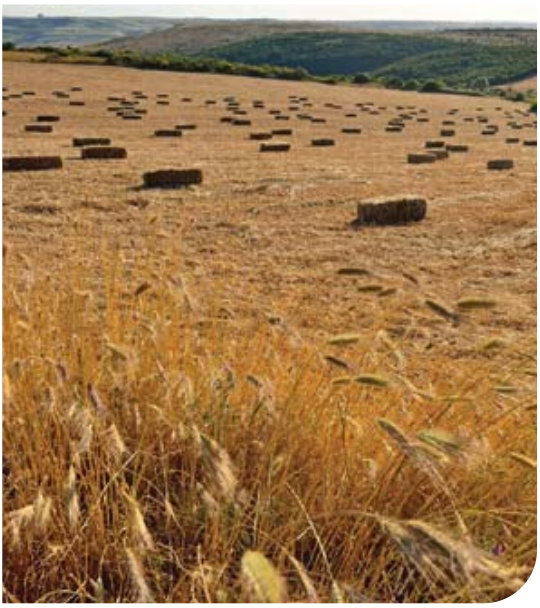
Les articles 144 de la LTECV et 180 de la **loi Elan**, portant Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique, appellent la commande publique, d'une part car elle représente un **acteur économique de poids** (2) et d'autre part du fait de son **devoir d'exemplarité**, à :

- tenir compte notamment de la performance environnementale des produits, en particulier de leur caractère biosourcé,
- prendre en compte les exigences de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et de stockage du carbone, et
- veiller au recours à des matériaux issus des ressources renouvelables.

© C. Desmichelle - Ecole Victor Schœlcher - Epinay-sur-Seine (93)

Intégrer des matériaux biosourcés et géosourcés dans les marchés publics, c'est possible ! De nombreuses ressources sont disponibles pour accompagner les maîtres d'ouvrage publics.

(2) alors que la commande publique représente près de 10% du PIB français, les marchés de travaux constituent 30% de son budget



© RFCP - Bottes de paille

TERRITOIRES

Des matériaux disponibles sur l'ensemble du territoire

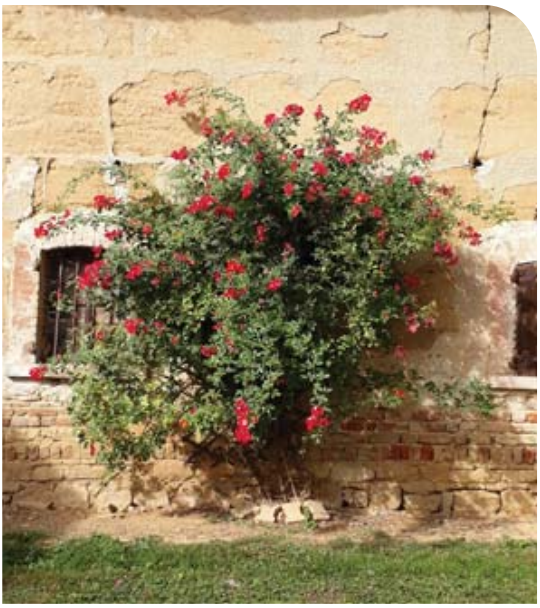
Principalement issue de **co-produits agricoles** ou de la sylviculture, la biomasse valorisée dans le cadre de la construction provient de **ressources importantes** et présente peu de conflits d'usage avec d'autres filières. A titre d'exemple, 10% de la paille de blé produite annuellement [3] suffirait pour isoler tous les nouveaux logements construits chaque année en France. La valorisation de ces co-produits représente également une source de **revenu supplémentaire pour la filière agricole**. Peu gourmandes en eau et en intrants, certaines cultures telles que le chanvre ont aussi d'**excellentes propriétés agronomiques**

© Nomadéis - Laine de chanvre

RESSOURCES

Des ressources préservées pour les générations futures

Parce qu'ils mobilisent des matières premières **renouvelables**, les matériaux biosourcés permettent de **préserver des ressources minérales et fossiles menacées d'épuisement** telles que les granulats et les sables.



© Anissa Ben Yahmed - Mur en pierre

ENVIRONNEMENT

Protection de la biodiversité

Alors que certains matériaux géosourcés tels que la pierre constituent de véritables **niches écologiques** permettant d'abriter toute une faune, les cultures telles que le colza sont des **têtes d'assolement** de choix et réintroduisent la diversité au cœur des champs, contribuant ainsi à la **préservation et la reconquête de la biodiversité**.

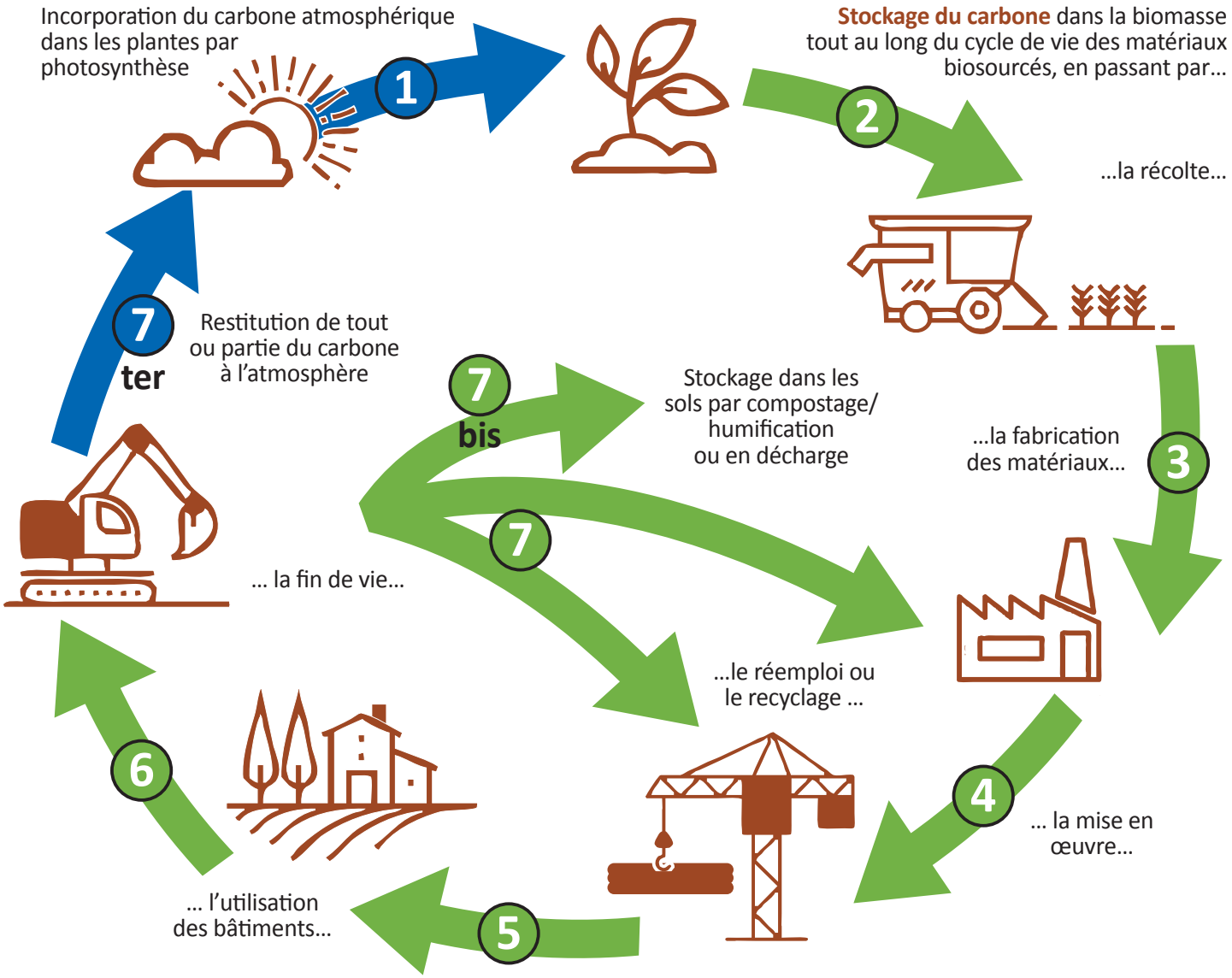
(3) fraction non requise pour l'élevage et la préservation des sols (source : Collect'IF Paille)

URGENCE CLIMAT

UN RÉSERVOIR DE CARBONE BON POUR LE CLIMAT

La biomasse représente un **formidable potentiel de stockage du carbone** atmosphérique [4] durant tout le cycle de vie du bâtiment. En fin de vie, le carbone peut être soit valorisé via le réemploi ou le recyclage dans une 2ème vie, soit pour tout ou partie rendu à l'atmosphère selon le scénario choisi [5]. Les matériaux biosourcés constituent ainsi une des réponses à l'**urgence climatique**.

LE CYCLE DE VIE DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS : UN STOCKAGE DU CO_2 PENDANT PLUSIEURS DÉCENNIES



(4) à titre d'exemple, un mètre cube de bois équivaut à plus d'une tonne de CO_2 (source : ADEME)

(5) valorisation énergétique, compostage ou mise en décharge. Dans ce dernier cas, le déploiement d'un torchage permet d'éliminer la majorité des émissions de méthane, gaz qui présente un potentiel de réchauffement global important

© Bâtir en Balles - Balle de riz

PERFORMANCE

Une performance reconnue pour un confort d'habitation assuré

Grâce à leurs **propriétés isolantes et perspirantes** ainsi qu'à leurs capacités de **déphasage thermique**, certains matériaux biosourcés et géosourcés présentent d'excellentes performances tant sur le plan de l'**isolation thermique** que sur celui du **confort hygrométrique**. Leurs capacités en termes d'**insonorisation** constituent un atout supplémentaire pour le confort des habitants.

CONFORT

Le vivant au cœur du bâtiment

La mise en œuvre de matériaux biosourcés et géosourcés dans la construction réintroduit la nature au cœur du bâtiment et renforce le **bien-être** des habitants tant par leur dimension **esthétique** qu'en favorisant les sentiments de connexion au vivant (**biophilie** [6]).

© Chanvriers en Circuits Courts - Enduit chanvre

PATRIMOINE

© Nomadéis - Maisons à colombages

Des matériaux sur mesure pour le bâti ancien

Dans le cadre de la rénovation du bâti vernaculaire, les matériaux biosourcés et géosourcés participent à la préservation du **patrimoine** : maintien de la cohérence architecturale, respect des propriétés spécifiques des parois du bâti ancien [7], insertion dans l'environnement naturel et bâti.

(6) la biophilie est le lien émotionnel inné que l'être humain entretient avec le vivant

(7) en particulier au regard des matériaux d'origine comme le bois, la paille, la pierre et la terre

EMPLOI

Des emplois et des savoir-faire au service des territoires

Les filières de matériaux de construction biosourcés et géosourcés représentent un important **gisement d'emplois**, de la production des ressources à la construction, en passant par la fabrication des produits [8]. De plus, à l'échelle artisanale comme industrielle, elles associent **recherche, innovation** et préservation des **savoir-faire** au cœur des territoires.

© Nomadéis - Chêne en réemploi

EFFICACITÉ

Des chantiers allégés et une modularité assurée

De nombreux matériaux biosourcés et géosourcés s'inscrivent dans le cadre de **filières sèches**, **limitant ainsi les nuisances de chantier** telles que le bruit. La mise en œuvre fréquente de matériaux en vrac, de paille, etc., **réduit également les déchets de chantier**. L'utilisation de systèmes constructifs **préfabriqués** (en particulier en bois) permet aussi de **diminuer les délais de construction** et d'assurer une vraie flexibilité dans le **réaménagement** et la **déconstruction** des bâtiments.

© CRAterre, T. Joffroy - Mur en terre

SOLS VIVANTS

Durables jusqu'à la fin de vie

Biodégradables [9], certains matériaux biosourcés présentent de nombreux avantages en fin de vie : rendus à la terre, ils contribuent à la **régénération des sols**, et mis en décharge, ils produisent du biogaz utilisé comme source d'**énergie verte**.

© Nomadéis - Andains de lin

(8) environ 4 000 emplois directs ou indirects ont été générés dans les filières biosourcées entre 2011 et 2016 (source : ministère de la Cohésion des Territoires)

(9) en particulier lorsqu'ils ne présentent pas de liants pétrochimiques ou de traitements pour la conservation des matériaux

(...)

Matériaux de construction biosourcés et géosourcés

Pour encourager le développement de l'écoconstruction, les filières matériaux de construction biosourcés, terre crue et pierre sèche se développent. En effet, ces matériaux répondent aux enjeux du développement durable : empreinte environnementale favorable, car stockant le carbone quand ils sont biosourcés ; développement économique des territoires, car issus de matériaux de proximité.

Plan de relance 2020-2022

Afin de redresser rapidement et durablement l'économie française suite à la crise COVID, un Plan de relance exceptionnel de 100 milliards d'euros est déployé par le Gouvernement autour de 3 volets principaux : l'écologie, la compétitivité et la cohésion. Deux volets concernent particulièrement les biosourcés dans la construction :

- **Le volet rénovation énergétique** : celui-ci valorise l'utilisation de matériaux biosourcés en rénovation.
- **Le volet transition agricole, alimentation et forêt** : celui-ci prévoit des aides aux investissements de protection face aux aléas climatiques et un plan de reboisement des forêts françaises et de soutien à la filière bois

Filière matériaux de construction biosourcés - hors bois

Les matériaux biosourcés sont issus de la matière organique renouvelable (biomasse), d'origine végétale ou animale. Ils peuvent être utilisés comme matière première dans des produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction dans un bâtiment (cf. arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label bâtiment biosourcé).

La nature de ces matériaux est multiple : bois, chanvre, paille, ouate de cellulose, textiles recyclés, balles de céréales, miscanthus, liège, lin, chaume, herbe de prairie, etc. Leurs applications le sont tout autant dans le domaine du bâtiment et de la construction : structure, isolants, mortiers et bétons, matériaux composites plastiques ou encore dans la chimie du bâtiment (peinture, colles…).

Ce sont avant tout des matériaux de construction répondant aux exigences du code de la construction et de l'habitat par des évaluations et des documents techniques permettant de garantir un niveau de qualité aux ouvrages et de sécuriser toute la chaîne d'acteurs impliqués dans l'acte de construire. Une grande partie d'entre eux font l'objet de règles professionnelles, d'Atec ou d'Atex les classant dans la catégorie des matériaux reconnus par l'Agence qualité de la construction (AQC).

Grâce à leur déphasage thermique et à leurs propriétés respirantes, les matériaux biosourcés et géosourcés présentent des performances reconnues tant sur le plan de l'isolation thermique que sur celui du confort hygrométrique. Leurs capacités d'insonorisation constituent un atout technique supplémentaire garantissant une bonne qualité de vie pour les habitants. Les filières développent, avec le soutien actif de l'État, des essais de caractérisation dans les domaines

de la thermique, de l'acoustique mais aussi de la résistance au feu, de la résistance aux champignons ou aux nuisibles afin de lever tous les préjugés qui peuvent encore peser sur ces matériaux.

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a confirmé l'intérêt d'utiliser ces matériaux dans le secteur du bâtiment. L'article 5 précise notamment que « l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles » et « qu'elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation des bâtiments ».

Cette capacité de stockage du carbone met les matériaux biosourcés au cœur de la performance environnementale des bâtiments prônée par la loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique : « [Les performances énergétiques, environnementales et sanitaires des bâtiments et parties de bâtiments neufs] répondent à des objectifs d'économies d'énergie, de limitation de l'empreinte carbone par le stockage du carbone de l'atmosphère durant la vie du bâtiment, de recours à des matériaux issus de ressources renouvelables, d'incorporation de matériaux issus du recyclage, de recours aux énergies renouvelables et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur » (article 181).

Des filières à enjeux

Dès 2010, plusieurs travaux ont été menés par l'État et les filières de matériaux de construction biosourcés. Après avoir identifié les freins au développement économique de ces filières, les actions se multiplient pour lever concrètement les freins techniques, normatifs, réglementaires et culturels. À titre d'exemple, en 2018, la filière chanvre par le biais de "Construire en chanvre" a bénéficié du soutien du programme Pacte pour la rédaction de nouvelles règles professionnelles, d'essais de résistance au feu et la rédaction de guides pédagogiques. Elle a également bénéficié du soutien de l'État pour que le comportement hygrothermique des bétons de chanvre soit mieux pris en compte dans la réglementation thermique et la caractérisation de la chènevotte en vrac. La filière paille, par le biais du Réseau français de la construction paille (RFCP), a bénéficié en 2019 d'essais de résistance au feu.

La particularité des filières biosourcées est qu'elles recoupent des réalités économiques différentes : certaines filières ont vocation à un développement économique en circuit court et local alors que d'autres filières ont des intérêts tournés vers l'industrie. Le ministère a fait le choix de soutenir les plans d'actions de deux représentants des filières : le Collectif des filières biosourcées du bâtiment et Association des industriels de la construction biosourcée.

Les objectifs sont communs : développer le marché des matériaux de construction biosourcés. Mais les moyens mis en œuvre sont différents. Pour certains, cela passe par la formation des professionnels du bâtiment pour une appropriation des savoir-faire via la rédaction de règles professionnelles, de guides de mise en œuvre et de formations. Pour d'autres, il s'agit de travailler sur la fin de vie des matériaux et le confort des bâtiments biosourcés.

DOCUMENT 3

ecologie.gouv.fr - avril 2020

(...) **Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique (extrait)**

6. BILAN TECHNIQUE ET JURIDIQUE, QUESTIONS-RÉPONSES

I. Questions techniques et économiques

1. Les matériaux biosourcés sont-ils adaptés à tous types et toutes tailles de projets ?

Oui, dans la majorité des cas. Les matériaux biosourcés peuvent être mis en œuvre dans tous types de projets de construction, de réhabilitation ou de rénovation à neuf, quelle que soit leur taille, à l'exception des opérations de construction d'immeubles de grande hauteur (IGH), qui présentent des spécificités. Il existe aujourd'hui une grande diversité de matériaux et d'applications qui rendent l'usage des matériaux biosourcés possible même pour des constructions particulièrement exigeantes, par exemple dans le cas d'établissements hospitaliers.

Points de vigilance : Il convient cependant de noter que plus un projet est de **grande envergure**, plus l'intégration des matériaux biosourcés doit être pensée en amont du projet et être effectuée avec précaution. Cette attention supplémentaire est justifiée par plusieurs raisons : tout d'abord, **les effets d'échelle sont plutôt favorables aux méthodes conventionnelles** (impliquant des matériaux d'origine minérale et pétrosourcés), mettant fréquemment les filières biosourcées dans l'incapacité de proposer des offres compétitives. Intégrer des matériaux biosourcés à des projets de grande envergure demande donc une attention accrue de la part de l'acheteur pour garantir la compétitivité des soumissionnaires présentant des propositions innovantes d'un point de vue environnemental.

Pour des projets de ce type, il convient également de mobiliser des **maîtres d'œuvre et des entreprises de travaux** à la fois **compétents sur le sujet des matériaux biosourcés et disposant d'une structure adaptée aux projets de grande envergure ou pouvant se réunir en groupements.**

Cet enjeu peut être facilement appréhendé grâce à la **démarche de *sourcing*** décrite ci-après en Section 5.

2. L'usage des matériaux biosourcés a-t-il un impact sur le coût final d'un projet ?

Non, les matériaux de construction biosourcés ont généralement un impact réduit sur le coût final d'un projet, notamment parce qu'ils n'en représentent qu'une faible part. A titre d'exemple, l'isolation au sein d'un projet de construction correspond en moyenne à 1 % du coût final.

Par ailleurs, établir des comparaisons entre bâtiments dits conventionnels et biosourcés apparaît délicat compte-tenu du grand nombre de paramètres indépendants ou seulement partiellement liés au choix des matériaux (conception bioclimatique ou non, niveau de complexité du bâtiment dans une perspective esthétique, etc.). Une **grande variabilité** est ainsi observée dans les **coûts à l'investissement**.

En fin de compte, il importe de raisonner en **coût global** [14] pour une opération, en intégrant les coûts directs liés à l'investissement, mais aussi les frais engendrés lors de l'exploitation et de la maintenance, ainsi que ceux relatifs à la déconstruction. En particulier, et notamment dans le cadre d'un projet de construction, les matériaux biosourcés offriront un **confort en hiver comme en été** (isolation, déphasage thermique, régulation de l'hygrométrie...) qui permettra de réaliser **des économies de chauffage et de climatisation** durant la phase d'exploitation.

Par ailleurs, des **subventions** pour des opérations d'éco-construction, dont l'intégration de matériaux biosourcés et la rénovation énergétique, peuvent être proposées par certains acteurs, tels que des Régions et/ou l'ADEME.

14. Ce sujet est abordé plus en détail ci-après dans la section 9.

3. Est-il possible de garantir l'assurabilité d'un bâtiment intégrant des matériaux biosourcés ?

Oui, dans la majorité des cas. Pour assurer un bâtiment, les compagnies d'assurance se fondent très largement sur des **évaluations et documents techniques** qui permettent de garantir un niveau de qualité aux ouvrages et de sécuriser toute la chaîne d'acteurs impliqués dans l'acte de construire. Les méthodes de construction couvertes par de tels documents relèvent généralement de deux catégories :

- Les **techniques courantes**, normalement garanties de base dans le contrat d'assurance des maîtres d'œuvre couvrant la responsabilité décennale : Documents Techniques Unifiés (DTU), normes éditées par l'AFNOR, ainsi que règles professionnelles et avis techniques approuvés par la Commission Prévention Produit (C2P) de l'Agence Qualité Construction (AQC), etc.
- Les **techniques non courantes**, pour lesquelles les conditions d'assurance varient selon les assureurs : règles professionnelles et avis techniques non approuvés par la C2P.

Les **matériaux biosourcés** disposent de normes (bois, ouate de cellulose…), d'avis techniques (lin…), DTU (bois…), ainsi que de règles professionnelles (paille, chanvre…), qui permettent de **sécuriser l'accès à l'assurance**. Dans certains cas particuliers, la réalisation d'une **Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEx)** ou d'un **avis de chantier** [15] peut également appuyer l'obtention d'une assurance.

Le cas échéant, le **maître d'œuvre et l'assistant à maître d'ouvrage** pourront accompagner l'acheteur dans le choix des matériaux et les démarches associées.

© nOOrs – Julien Borie - 2016

4. Comment les bureaux de contrôle technique et les services incendie abordent-ils les projets intégrant des matériaux biosourcés ?

L'intégration de matériaux biosourcés dans un bâtiment peut impliquer l'utilisation de techniques constructives qui dérogent aux habitudes des acteurs du secteur de la construction, et sont susceptibles d'être contestées par certains bureaux de contrôle ou des services de sécurité incendie.

Afin d'éviter le blocage de son projet, l'acheteur peut donc **recruter un bureau de contrôle ayant une certaine expérience des matériaux de construction biosourcés**, ou *a minima* présentant une sensibilité aux enjeux environnementaux.

Le recrutement d'un tel prestataire peut être facilité par la **démarche de *sourcing*** et grâce à l'intégration des matériaux biosourcés dans les **documents de consultation**, comme décrit ci-après en Sections 5, ainsi que 12 à 23, respectivement.

Pour conclure un marché public de contrôle technique, l'acheteur peut se référer ou s'inspirer du cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicables aux marchés publics de contrôle technique approuvé par le décret n°99-443 du 28 mai 1999 ou de la norme NF P 03-100 de septembre 1995.

D'autres leviers peuvent également être mis en œuvre afin d'assurer la validation technique du projet :

- **Préparer à l'avance**, à destination du bureau de contrôle, **des éléments de précision sur le projet. Par la suite des tests complémentaires peuvent être réalisés sur des échantillons** pour répondre à des demandes spécifiques de la part du bureau de contrôle ;
- **Impliquer le bureau de contrôle et les services incendie** (par exemple : les services départementaux d'incendie et de secours - SDIS) tout au long des phases du projet (éventuellement dès la conception, pour le bureau de contrôle), par exemple *via* la **réalisation de tests techniques, de visites de terrain, de bâtiments démonstrateurs** ;

15. Un avis de chantier peut être requis lorsque, par exemple, pour un ouvrage donné, les performances de résistance au feu ne peuvent pas être directement justifiées, demandant ainsi l'appréciation d'un laboratoire agréé. Cette appréciation prend alors la forme d'un avis de chantier, valable pour cette construction particulière. La demande d'avis de chantier doit intervenir le plus tôt possible avant la phase de construction. Si l'avis fait mention d'un classement, celui-ci est exprimé sous la forme où il figure dans la réglementation de sécurité contre l'incendie concernée.

- Avoir recours à des services qui proposent **le contrôle qualité des projets en validant la mise en œuvre des matériaux biosourcés**. À titre d'exemple, la marque Certipaille® atteste de la conformité de la mise en œuvre des bottes de paille dans un bâtiment.

Concernant la sécurité incendie…

Le **respect des normes de sécurité incendie des bâtiments**, et notamment des **établissements recevant du public** (ERP), constitue un sujet de préoccupation pour les maîtres d'ouvrages. La plupart des matériaux biosourcés, comme la paille et le béton de chanvre, ont fait l'objet d'essais afin de connaître leur réaction/résistance au feu. À titre d'exemple, le CERIB (Centre de recherche sur le béton) a conduit des études sur l'inflammabilité du béton de chanvre, au cours desquelles la très bonne résistance au feu de ce matériau a été démontrée. Les murs en béton de chanvre sont ainsi classés comme incombustibles dans les normes françaises. De manière similaire, en plus d'être protégée du feu par des parements et des enduits, la paille utilisée en bottes est compressée et contient peu d'air : les bottes de paille ne s'enflamment pas mais se consument lentement en dégageant peu de fumée (facteur important pour la sécurité des personnes).

Ainsi, l'enjeu relatif au respect des normes de sécurité incendie ne relève pas d'un défaut spécifique des matériaux biosourcés, mais plutôt de la **diffusion des informations relatives à leurs performances** auprès des acteurs de la construction.

En outre, dans certains cas, des **démarches d'expérimentation** peuvent être envisagées, *via* la réalisation d'une **Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEx)** ou d'un **avis de chantier** (le lecteur est invité à se référer à la note de bas de page n°12 en page 17). Si ces dispositifs peuvent se révéler **utiles et concluants**, ils peuvent toutefois **engendrer des coûts et des délais supplémentaires**.

II. La détermination des besoins de l'acheteur et des types et procédures de marché en amont des consultations

Après avoir identifié et évalué préalablement ses besoins, l'acheteur peut se faire accompagner par différents acteurs publics et/ou privés pour l'aider à intégrer les matériaux biosourcés dans son marché.

5. Comment répondre à ses besoins grâce au « *sourcing* » (sourçage) en matière de matériaux biosourcés ?

Le *sourcing* est une démarche essentielle pour faciliter le recours aux matériaux biosourcés dans un projet de construction ou de réhabilitation, comme dans un marché d'exploitation-maintenance.

Grâce au *sourcing*, **l'acheteur recherche, identifie et évalue les opérateurs économiques ainsi que les biens** présents sur le marché et capables de répondre à ses besoins en matière de qualité environnementale, de délais et de coûts pour un futur projet. Le *sourcing*, dont la pratique existait déjà depuis quelques années, a été consolidé par les articles R. 2111-1 et R. 2111-2 du CCP.

Le *sourcing* permet ainsi à l'acheteur de mettre en œuvre les actions suivantes :

- **Identifier des prestataires potentiels expérimentés** sur le sujet de la construction/réhabilitation intégrant des matériaux biosourcés ;
- **Évaluer l'intensité concurrentielle du marché et déterminer les offres en termes de matériaux biosourcés ;**
- **Acquérir une meilleure connaissance de l'offre technologique et des produits biosourcés existants ;**
- Afin d'éviter les marchés infructueux, **préparer les opérateurs économiques en amont**, par exemple en les invitant à faire des regroupements d'entreprises, etc. ;
- **Mobiliser et convaincre ses différents décideurs (élus, Directions…) et services techniques en interne.**

Cette procédure permet d'identifier, en amont, les solutions adaptées au besoin de l'acheteur et de rédiger le dossier de consultation en conséquence.

© C. Desmichelle – École Victor Schœlcher – Epinay-sur-Seine (93)

(...)

8. Est-il important de prévoir un budget adapté pour les prestations intellectuelles ?

Oui. L'intégration des matériaux de construction biosourcés dans une opération de construction ou de réhabilitation peut soulever certains enjeux, qui nécessiteront une implication pleine et entière de l'ensemble des acteurs réalisant une prestation intellectuelle au service du projet (assistant à maîtrise d'ouvrage, programmiste, maître d'œuvre et bureau de contrôle). De manière générale, une attention particulière portée aux phases de programmation et de conception permet de réduire significativement le risque d'imprévus et de surcoûts en phase de réalisation.

Afin de permettre un niveau d'implication approprié, il apparaît ainsi important, dès le stade de la consultation, de **prévoir un budget pour les prestations intellectuelles qui soit en adéquation avec la qualité attendue des réponses des soumissionnaires**.

L'allocation de moyens financiers suffisants permettra en effet aux candidats de mobiliser plus de ressources humaines et d'investir plus d'efforts et de temps afin de prendre en compte les **éventuels enjeux** supplémentaires qui pourraient être potentiellement générés par l'intégration de matériaux de construction biosourcés dans le projet.

9. L'achat de matériaux biosourcés par des marchés de fournitures distincts des marchés de travaux présente-t-il un avantage ?

Oui et non. Dans le cas d'une opération de construction ou de réhabilitation, les **marchés de fournitures conclus séparément des marchés de travaux** permettent l'achat, directement par l'acheteur, du matériau qu'il souhaite mettre en œuvre pour son projet de construction ou de réhabilitation. Cette démarche, qui se rapproche dans une certaine mesure de la possibilité qu'ont les Communes forestières (COFOR), ou les intercommunalités comprenant une COFOR, de mobiliser du bois dont la commune est propriétaire [16], **peut s'avérer favorable à l'intégration des matériaux biosourcés**.

Points de vigilance : Cependant, il est important de noter qu'**une majorité d'entrepreneurs seront susceptibles de refuser de mettre en œuvre des matériaux qu'ils n'ont pas eux-mêmes achetés**, notamment pour des raisons de responsabilité.

Gaujard technologie SCOP – Salle de spectacle La Boiserie – Mazan (84)

16. Cette spécificité concernant le cas particulier du bois n'est pas détaillée dans le présent guide, d'autres ouvrages étant dédiés à ce matériau.

10. L'allotissement favorise-t-il le recours aux matériaux biosourcés ?

Oui. Une partie des entreprises mettant en œuvre les matériaux de construction biosourcés sont des structures de petite taille. **L'allotissement des marchés de travaux peut ainsi favoriser l'intégration des matériaux biosourcés.**

Depuis 2006, les marchés publics doivent, conformément à l'article L. 2113-10 du CCP, être passés en lots séparés. En pratique, ce **principe de l'allotissement** implique le fractionnement d'un marché en plusieurs sous-ensembles techniques ou géographiques appelés « lots » susceptibles d'être attribués séparément et de donner lieu, chacun, à l'établissement d'un marché distinct. L'allotissement permet ainsi d'ouvrir l'accès à la commande publique à des entreprises de toutes tailles et aux compétences variées, et favorise la concurrence.

Il est possible de **déroger à ce principe** lorsque l'objet du marché ne permet pas l'identification de prestations distinctes ou dans un des cas prévus à l'article L. 2113-11 du même code :

« 1° [L'acheteur] n'est pas en mesure d'assurer par lui-même les missions d'organisation, de pilotage et de coordination ;

2° La dévolution en lots séparés est de nature à restreindre la concurrence ou risque de rendre techniquement difficile ou financièrement plus coûteuse l'exécution des prestations. »

À titre d'exemple, l'allotissement peut prendre la forme suivante : « Lot 1. Gros oeuvre, lot 2. Bardage extérieur, lot 3. Menuiseries intérieures, lot 4. Isolation – Cloisonnement – Faux-plafonds, etc. ».

Dans le cas de marchés de travaux allotis, et tout en respectant les conditions relatives à l'intensité concurrentielle du secteur évoquées, ci-après, en Section 12 L'objet du marché, il est ainsi **plus aisé de mentionner des matériaux biosourcés directement :** par exemple « **travaux d'isolation en béton de chanvre** » ou « **travaux de charpente en bois** ».

11. Les achats publics innovants peuvent-ils favoriser l'intégration des matériaux biosourcés ?

Oui et non. Pour favoriser l'innovation dans la commande publique, le décret n°2018-1225 du 24 décembre 2018 portant sur des mesures diverses relatives à la commande publique **expérimente, sur une durée de trois ans, un nouveau cadre pour les achats publics innovants**. Ainsi, les acheteurs sont **autorisés à passer des marchés sans publicité ou mise en concurrence préalable** pour les achats innovants d'un montant inférieur à 100 000 €.

Pour recourir à cette procédure, les prestations demandées par l'acheteur doivent être des **« travaux, fournitures ou services nouveaux ou sensiblement améliorés »** (R. 2124-3, 2° du CCP). Il est également précisé que le caractère innovant « peut consister dans la mise en œuvre de nouveaux procédés de production ou de construction, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures de l'entreprise ». Si la définition de l'achat innovant est relativement large pour laisser une certaine souplesse d'appréciation aux acheteurs, un faisceau d'indices a été élaboré par la DAJ dans un « Guide pratique - Achat innovant » en 2019, pour aider les acheteurs à qualifier l'achat innovant.

Dans certains cas et sous certaines conditions, l'achat de matériaux biosourcés peut ainsi être considéré comme un achat innovant et la **dérogation aux obligations de publicité et de mise en concurrence** peut s'appliquer en l'espèce, dès lors que le montant du besoin de l'acheteur est inférieur à 100 000 euros HT.

Le recours aux achats innovants peut donc conférer une plus grande marge de manœuvre financière aux acheteurs qui souhaitent réaliser un projet ambitieux sur le plan environnemental puisqu'ils peuvent engager des **démarches de gré à gré avec des prestataires ayant l'habitude de travailler avec des matériaux biosourcés dans le cadre de seuils de marchés largement réhaussés.**

Points de vigilance : Il est possible que les matériaux relevant de techniques courantes ne puissent pas toujours bénéficier de ce régime dérogatoire. Ainsi, dans les cas où ce dispositif nécessiterait le recours aux **appréciations techniques d'expérimentation (ATEx) ou aux avis de chantier pour justifier d'un caractère innovant, ces démarches seraient susceptibles de représenter un frein compte-tenu des délais et surcoûts associés**.

III. L'intégration des matériaux de construction biosourcés dans le dossier de consultation

Pour chacun de ses achats, l'acheteur doit s'interroger sur la possibilité d'intégrer, dans les documents de la consultation et lors de l'attribution de son marché, des exigences en termes de matériaux biosourcés. Pour ce faire, il dispose de plusieurs outils juridiques.

12. L'objet du marché peut-il mentionner les matériaux biosourcés ?

Oui. La détermination de l'objet du marché constitue une étape importante pour l'intégration des matériaux de construction biosourcés dans le marché.

Avant le lancement de la consultation, **la nature et l'étendue des besoins** de l'acheteur doivent être déterminées avec précision, **notamment en termes de matériaux biosourcés**. Grâce, par exemple au *sourcing* ou encore lors des phases de programmation ou de conception, l'acheteur doit identifier, dans la mesure du possible, les matériaux biosourcés répondant le mieux aux caractéristiques de son projet mais aussi aux bienfaits de ces matériaux qu'il souhaite mettre en avant (réduction de l'impact environnemental, bien-être des utilisateurs, etc.).

Ces éléments vont lui permettre de bien **définir l'objet du marché**. La détermination de l'objet du marché revêt une importance particulière car l'ensemble des caractéristiques du marché (prévues au sein des spécifications techniques, des conditions d'exécution, de l'exigence de labels ou ouvertes par le biais des variantes) doivent être liées à l'objet du marché : celui-ci doit, par conséquent, être suffisamment précis et intégrer les préoccupations de développement durable.

Comment formuler l'objet du marché ?

Pour recourir aux matériaux biosourcés, l'acheteur doit intégrer dans l'objet du marché des mentions spécifiques dont la nature dépend de **l'intensité concurrentielle du secteur**. L'acheteur doit donc anticiper l'intensité concurrentielle de son marché, *via* un *sourcing* préalable par exemple (tel que décrit à la Section 5. *Comment répondre à ses besoins grâce au « sourcing » (sourçage) ?*) afin d'assurer le respect des **principes d'égalité et de non-discrimination** lors de la définition de l'objet du marché. Les deux cas de figure suivants peuvent ainsi être rencontrés :

- Dans le cas d'une **forte intensité concurrentielle** (dans le cas d'un produit facilement identifiable ou bien d'une famille de produit présentant une offre large), l'acheteur peut mentionner directement dans l'objet du marché le ou les matériaux biosourcés souhaités ;
- Au contraire, dans le cas d'une **intensité concurrentielle plus faible** (lorsque peu de produits sont disponibles ou que seul un nombre restreint d'opérateurs économiques les propose), des mentions plus générales sont préférables.

Des exemples sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Type de marché	Exemples d'objets de marché	
	Forte intensité concurrentielle	**Faible intensité concurrentielle**
Assistance à maîtrise d'ouvrage, programmation ou maîtrise d'œuvre Co Re RN	« Marché d'assistance à maîtrise d'ouvrage / de programmation / de maîtrise d'œuvre pour la conception d'un bâtiment bois-paille ».	« Marché d'assistance à maîtrise d'ouvrage / de programmation / de maîtrise d'œuvre pour la conception d'un bâtiment intégrant des matériaux biosourcés », ou à défaut « … d'un bâtiment écologique / en éco-construction / à faible impact environnemental / à faibles incidences environnementales ».
Marché de travaux Co Re RN	« Marché de travaux pour la mise en œuvre d'une isolation à base de chanvre / pour la mise en œuvre d'une peinture biosourcée ».	« Marché de travaux pour la construction d'un bâtiment intégrant des matériaux biosourcés / d'un bâtiment écologique », etc.
Marché de fournitures RN	« Marché de fournitures de lames de terrasse à base de bois ».	« Marché de fournitures de lames de terrasse à base de matériaux biosourcés / écologiques ».
Contrôle technique Co Re	« Marché de contrôle technique en vue de la construction d'un bâtiment intégrant de la ouate de cellulose ».	« Marché de contrôle technique en vue de la construction d'un bâtiment intégrant des matériaux biosourcés / d'un bâtiment écologique », etc.

13. Dans quelle mesure les spécifications techniques peuvent-elles favoriser le recours aux matériaux biosourcés ?

Les spécifications techniques définissent les **caractéristiques** requises des travaux, des fournitures ou des services qui font l'objet du marché. Celles-ci permettent donc l'intégration de matériaux biosourcés directement dans les documents de la consultation.

Conformément à l'article R. 2111-4 du CCP, ces caractéristiques peuvent se référer au **processus ou à la méthode spécifique de production ou de fourniture** des travaux, des produits ou des services demandés ou à un **processus propre à un autre stade de leur cycle de vie** même lorsque ces facteurs ne font pas partie de leur contenu matériel.

L'acheteur formule les spécifications techniques :

- **Par référence à des normes** (ou à d'autres documents préétablis équivalents), approuvées par des organismes reconnus, notamment par des instances professionnelles en concertation avec les autorités publiques nationales ou européennes (par exemple : règles professionnelles, recommandations professionnelles RAGE, avis techniques…) ; et/ou
- **En termes de performance ou d'exigences fonctionnelles.** Leur rédaction doit être suffisamment précise mais ne doit pas être trop fermée pour laisser la place à l'innovation (par exemple : caractéristiques environnementales définies par référence à tout ou partie d'un éco-label et/ou d'un label).

Points de vigilance : Les spécifications techniques doivent être **objectives et neutres**. Ainsi, elles ne peuvent pas faire mention d'un mode ou procédé de fabrication particulier ou d'une provenance ou origine déterminée, ni faire référence à une marque, à un brevet ou à un type, dès lors qu'une telle mention ou référence aurait pour effet de favoriser ou d'éliminer certains opérateurs économiques ou certains produits. **Toutefois**, une telle mention ou référence est possible si elle est justifiée par l'objet du marché ou, à titre exceptionnel, dans le cas où une description suffisamment précise et intelligible de l'objet du marché n'est pas possible sans elle et à la condition qu'elle soit accompagnée des termes : « ou équivalent ».

Comment **déterminer les spécifications techniques ?**

Afin de favoriser l'intégration de matériaux de construction biosourcés dans son projet, l'acheteur peut inclure les éléments suivants dans les spécifications techniques de ses marchés d'assistance à maîtrise d'ouvrage, programmation et maîtrise d'œuvre :

- Par référence à des normes, l'acheteur peut demander dans les objectifs qualité du projet, l'atteinte du **niveau de performance d'un label** (des exemples de labels sont présentés dans la section suivante) ;
- En terme de performance ou d'exigences fonctionnelles, l'acheteur peut demander l'atteinte d'un **pourcentage minimal de matériaux biosourcés au sein du bâtiment** et/ou d'un **niveau de performance énergétique et/ou environnementale** (par exemple en termes de **stockage carbone**, ou en faisant référence à des seuils : « meilleurs standards de la règlementation en vigueur », « performance énergétique de 20 % supérieure à la règlementation en vigueur », « atteinte d'une performance énergétique inférieure à 30 kWhep/m²/an », etc.).

<table>
<tr><th>Type de marché</th><th>Intensité concurrentielle forte ou faible</th><th>Forte intensité concurrentielle</th><th>Faible intensité concurrentielle</th></tr>
<tr><td>Assistance à maîtrise d'ouvrage, programmation ou maîtrise d'œuvre
Co Re RN</td><td>Référence à un pourcentage minimal de matériaux biosourcés au sein du bâtiment et/ou au niveau de performance d'un label (des exemples de labels sont présentés dans la section suivante) et/ou à un niveau de performance environnementale / énergétique (par exemple en faisant référence à des seuils : stockage carbone ou « meilleurs standards de la règlementation en vigueur »).</td><td rowspan="3">Référence explicite à un ou plusieurs matériaux biosourcés. Cependant, compte-tenu des principes d'égalité de traitement des opérateurs économiques et de non-discrimination, le maître d'ouvrage ne peut pas cibler directement une technique constructive.</td><td rowspan="3">Référence à des notions de recours aux matériaux biosourcés, de stockage carbone, de coût global (pour les marchés d'assistance à maîtrise d'ouvrage, de programmation et/ou de maître d'œuvre, d'exigences sociales et environnementales, de performance énergétique, etc. (ces notions ne sont ni exhaustives, ni excluantes).</td></tr>
<tr><td>Travaux
Co Re RN</td><td rowspan="2">Référence à l'atteinte du niveau de performance d'un label relatif aux matériaux, d'un pourcentage minimal de matériaux biosourcés ou de biomasse et/ou de stockage carbone.</td></tr>
<tr><td>Fournitures
RN</td></tr>
<tr><td>Contrôle technique
Co Re</td><td colspan="3">Dans le cadre de l'élaboration d'un marché de contrôle technique, l'acheteur peut intégrer aux spécifications techniques, qui précisent les missions du bureau de contrôle (vérification de la solidité des ouvrages, des conditions de sécurité des personnes, etc.), des tâches relatives à l'isolation thermique, aux économies d'énergie, à l'environnement, ou directement aux matériaux biosourcés.</td></tr>
</table>

(…)

DOCUMENT 4
« 9 matériaux biosourcés pour bâtir demain »
- *inrae.fr* - 2 février 2023

9 matériaux biosourcés pour bâtir demain

Mur, sol, isolant, peinture, de plus en plus de constructions font appel aux matériaux biosourcés. Retour sur neuf procédés innovants, conçus en collaboration avec des chercheurs INRAE, pour en finir avec les ressources qui s'épuisent.

Ⓐ Isolant intérieur en fibre végétale

Ⓑ Film d'étanchéité (pare-vapeur)

Ⓒ Panneau en fibre de bois (OSB)

Ⓓ Film pare-pluie

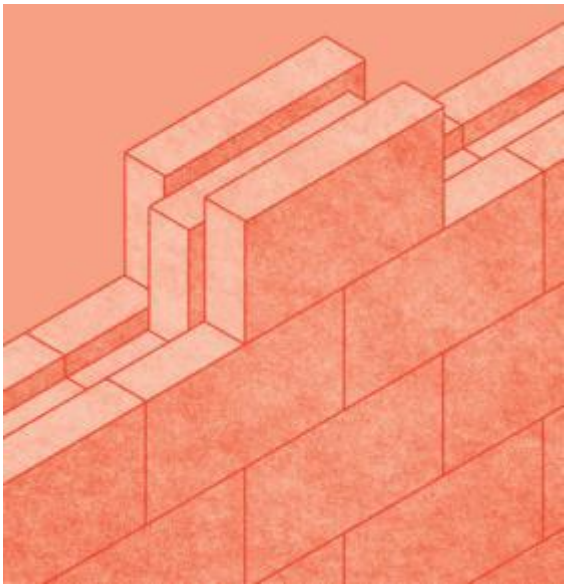
Ⓔ Bardage en bois local

Ⓕ Les parois alvéolées des matériaux biosourcés en font d'excellents régulateurs thermiques avec une inertie supérieure aux matériaux conventionnels, réduisant le besoin de chauffage ou de climatisation.

Combattre les bactéries avec de la cellulose

Pour protéger un revêtement, un film alimentaire ou une peinture d'une contamination par des microorganismes, l'industrie s'est massivement tournée vers les nanoparticules d'argent pour leurs propriétés biocides. Problème : avec le temps, ces nanoparticules ont tendance à se retrouver dans l'environnement puis dans les organismes vivants, pouvant impacter à terme la biodiversité. INRAE, associé à des partenaires publics et privés au sein du laboratoire d'excellence SERENADE, a développé un procédé pour réduire au maximum la quantité de ces particules toxiques, notamment au sein de peintures. Pour cela, les chercheurs se sont tournés vers des nanocristaux de cellulose issus de l'industrie du papier – mais pouvant potentiellement être obtenus à partir de n'importe quelle source végétale – entièrement naturels et biodégradables. Les nanoparticules d'argent se fixent sur ces nanocristaux de cellulose, via un processus permettant de contrôler leur nombre, leur répartition ou leur taille. Le produit obtenu relargue la quantité minimum possible d'argent, avec un effet biocide plus important qu'une peinture classique grâce à une répartition plus efficace de ces nanoparticules. En attendant une éventuelle commercialisation de ces produits plus écologiques, INRAE a breveté cette nouvelle technique en 2020.

Le béton de chanvre, 35 ans d'expérience



La première maison rénovée à l'aide d'un béton de chanvre a vu le jour en 1986. Derrière ce béton biosourcé se trouve la chènevotte, partie ligneuse des tiges de chanvre, débarrassée des fibres externes, mélangée à un liant minéral, le plus souvent de la chaux. *« Depuis plus de 30 ans, ce béton de chanvre s'est révélé très performant dans divers types de constructions individuelles et collectives, et divers environnements ruraux ou urbains. Ses excellentes propriétés d'isolation thermique et phonique en font donc un matériau incontournable pour la maîtrise de consommation d'énergie et du confort thermique des habitations »*, décrit Bernard Kurek, directeur de recherche INRAE au sein de l'unité Fractionnement des agro-ressources et environnement (FARE) à Reims. *« Parfois, il y avait des ratés, le liant et la chènevotte ne prenaient pas bien, ce qui peut avoir des conséquences catastrophiques sur un chantier. Avec un industriel et l'École de l'aménagement durable des territoires (ENTPE) de Lyon, nous avons travaillé dès 2010 sur la relation entre matière végétale et liant. »* Une thèse, portée par INRAE et soutenue en 2013, a notamment permis d'identifier dans la chènevotte les mécanismes responsables, dans certaines conditions, de retarder la prise du liant et d'aboutir ainsi à ces désordres. Ces connaissances ouvrent la voie à la mobilisation d'autres tiges végétales pour des usages similaires. Depuis, INRAE travaille avec la société Fibres Recherche Développement à améliorer la qualité des chènevottes, et les possibilités des autres fibres végétales. À raison : le chanvre constitue une matière première des plus intéressantes écologiquement, nécessitant peu d'eau ou d'intrants tout en absorbant autant de CO_2 à l'hectare que certaines forêts.

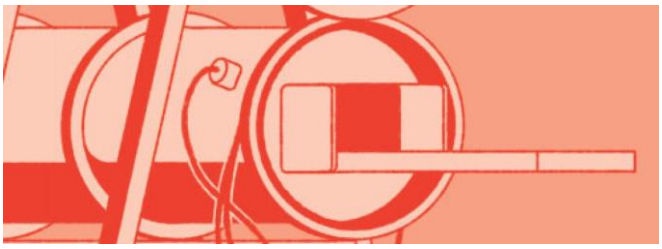
NOTES

Toutes les forêts ne sont pas équivalentes en termes d'absorption du CO_2. Un nouvel outil permet d'évaluer et suivre leur capacité Biomass Carbon Monitor.

La cellulose comme superisolant

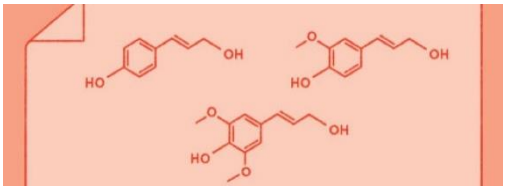
Depuis maintenant plus de 10 ans, l'unité INRAE Biopolymères, interactions, assemblages (BIA) travaille sur la capacité de la cellulose à stabiliser des émulsions. Pour mélanger deux liquides normalement non miscibles, comme l'huile et l'eau, il fallait jusqu'ici utiliser des tensioactifs potentiellement nocifs pour l'environnement. L'unité BIA les a remplacés par des nanofibres de cellulose, entièrement biodégradables et renouvelables. Parmi les applications possibles de ce procédé, les chercheurs ont notamment développé des « superisolants ». *« Pour augmenter les propriétés isolantes d'un matériau, il faut pouvoir réduire la densité et la taille des pores de ce matériau, explique Isabelle Capron, directrice de recherche au sein de l'unité BIA. Or, avec notre procédé, il devient possible de contrôler précisément ces paramètres. »* Après séchage, cette émulsion stabilisée uniquement par les nanofibres de cellulose prend la forme d'un panneau rigide doté d'impressionnantes capacités isolantes, plus efficace que la laine minérale ou le polystyrène. *« Nous travaillons encore sur le procédé pour améliorer la résistance, conclut Isabelle Capron, et nous rapprocher des normes existantes dans le bâtiment.* » Avec comme seuls composants de l'eau, de l'huile végétale et de la cellulose.

Pour des bardages sans traitement chimique



En 2021, nous avons importé 3,21 millions de m^3 de bois résineux et 134 700 m^3 de bois tropical à des fins de construction. Ainsi, en France, 1 maison sur 10 serait construite avec du bois importé. Pour favoriser une filière de production locale à faible empreinte carbone, le Laboratoire d'études et de recherche sur le matériau bois (Lermab) dans le Grand Est a développé dès 2013, en collaboration avec la société MSL Lorraine, le procédé FURALOR d'élaboration de bois composite par polymérisation de monomères issus de déchets de bois de hêtre (une essence feuillue présente dans toute l'Europe). Le matériau ainsi obtenu présente des performances techniques améliorées par rapport au bois de hêtre sur pied. Plus résistant aux intempéries (et donc aux champignons et microorganismes), il peut servir aux applications en extérieur : bardages, murs antibruit, mobilier de jardin, parquets extérieurs, etc. Des essais pilotes sont à l'étude pour optimiser le procédé.

Des revêtements aux propriétés antimicrobiennes

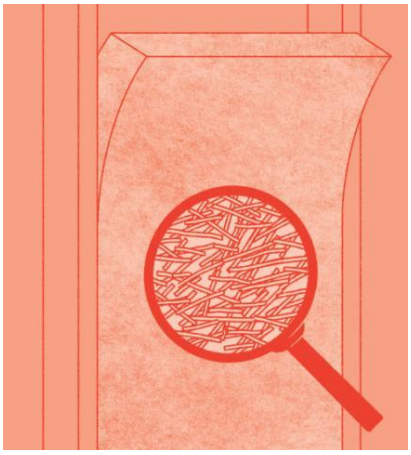


Et si demain nos fenêtres possédaient un film anti-UV ou nos murs et sols repoussaient physiquement les microbes ? Les lignines sont des composés chimiques naturellement présents dans les plantes fibreuses comme le chanvre et le bois. Ces molécules organiques ont la particularité d'être anti-UV, antioxydantes et antimicrobiennes. Les scientifiques de l'UMR FARE ont cherché à exploiter ces capacités en mélangeant différents types de lignine avec un solvant eau/alcool, puis en appliquant ces mélanges sur différentes surfaces. Ils ont pu obtenir des films de revêtement de surface conservant ces propriétés qui pourraient déboucher sur le développement de peintures ou d'enduits biosourcés et antimicrobiens. Une technologie brevetée qui intéresse les professionnels du bâtiment.

Green Epoxy : vers des résines naturelles

Les résines époxy se sont répandues dans presque tous les secteurs industriels, jusqu'à atteindre les particuliers. Problème, ces résines utilisent pour la plupart du bisphénol A, reconnu comme perturbateur endocrinien, et nécessitent un durcisseur généralement issu de ressources fossiles. Entre 2015 et 2018, plusieurs acteurs de l'industrie et de la recherche – dont INRAE – se sont regroupés au sein du projet Green Epoxy afin de développer des résines entièrement biosourcées. À la base de ces dernières : les polyphénols, des molécules présentes dans tous les végétaux, souvent nommés tanins – issues ici de sous-produits de la filière bois. Les tanins sont en fait une catégorie de polyphénol. Pour INRAE, ce grand projet à 2,8 millions d'euros s'est poursuivi à travers le programme européen No Agricultural Waste (Horizon2020, NoAW), grâce auquel plusieurs améliorations ont été développées, tant au niveau des durcisseurs que de l'origine même des polyphénols. Plutôt que le bois, ces tanins ont pu être extraits de marc de raisin. Ces deux projets consécutifs ont finalement mis en lumière la faisabilité technique de résines époxy 100 % naturelles et biosourcées. Cependant, le coût de fabrication, encore supérieur aux résines chimiques, freine leur mise sur le marché au niveau industriel.

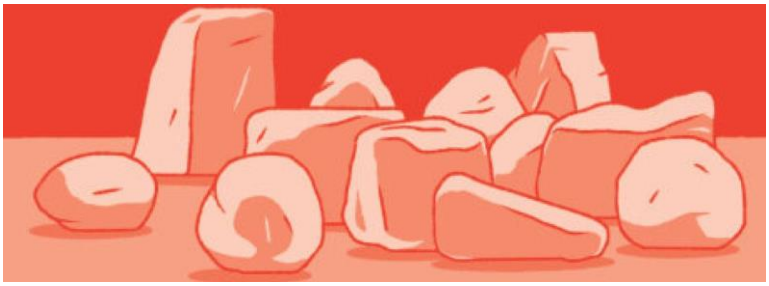
Tournesols et crustacés



Avec plus de 750 000 hectares de tournesol semés en 2022, la France fait partie des plus gros producteurs européens. Mais une fois les précieuses graines récoltées, les tiges sont le plus souvent laissées dans les champs, ou brûlées pour la production d'énergie. Pourtant, leur richesse en fibres et leur porosité, apportant respectivement résistance et isolation thermique, en font de bonnes candidates pour des panneaux isolants dans le secteur du bâtiment. Entre 2011 et 2015, INRAE a mené avec d'autres partenaires le projet Demether pour valoriser ces sous-produits agricoles inutilisés. Les tiges broyées ont été mélangées avec un liant de chitosane, produit à partir d'une substance présente notamment dans la carapace des crustacés. Un liant naturel, biodégradable et possédant de surcroît des propriétés antibactériennes.

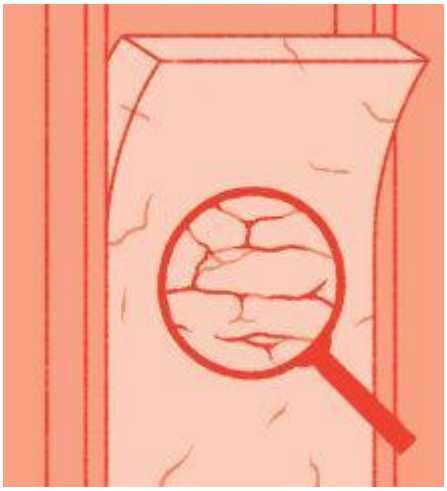
Le projet Demether a finalement abouti à la conception de prototypes de panneaux isolants particulièrement peu onéreux à produire, valorisant des résidus agricoles jusqu'ici inutilisés. Plusieurs partenaires industriels se sont emparés de ces résultats dans l'optique d'une commercialisation. À noter que la recherche publique comme privée s'intéresse également à d'autres fibres végétales pour leur pouvoir isolant. INRAE s'est par exemple intéressé au lin à travers le SINFONI, un projet de recherche et développement structurant pour la compétitivité du premier programme d'investissements d'avenir déployé par l'État français. . Si les panneaux intégrant les fibres de cette plante herbacée ont de bonnes propriétés isolantes et phoniques, leur sensibilité à l'humidité exclut pour le moment leur utilisation en extérieur. La recherche continue donc. Car dans une industrie de l'isolation dominée à 92 % par les laines minérales, dangereuses pour la santé humaine, et les plastiques alvéolaires, peu écologiques, ces isolants à base de fibres végétales ouvrent d'immenses perspectives.

Des pierres de déchets



C’est l’angle mort du recyclage. En France, quelque 40 millions de tonnes de déchets non recyclables sont enfouis ou incinérés chaque année. En interrogeant différents experts du Carnot 3BCAR, la start-up Néolithe a trouvé une autre porte de sortie pour ces déchets ultimes : les transformer en pierre. Plus précisément en granulats, ces fragments de roche utilisés dans le secteur de la construction (sous-couche routière, béton, etc.). Les déchets sont broyés en une poudre fine, à laquelle sont ajoutés de l’eau et un liant, formant alors de petites pierres constituées à 80 % de déchets. La start-up fondée en 2019 s’est d’abord tournée vers les restes de chantier (isolants, plâtre, bois…) avant d’élargir sa matière première aux déchets ménagers et industriels. En 2022, Néolithe annonçait la création d’un site industriel de plus de 11 ha près d’Angers, ambitionnant pour 2023 de produire 24 « fossilisateurs » capables de traiter chacun 20 tonnes de déchets par jour. Un programme ambitieux, à la hauteur de l’enjeu.

Innovation : des champignons 2 en 1



Les champignons filamenteux ont la capacité de se lier les uns aux autres et de proliférer en l’espace de quelques jours. Les équipes des laboratoires de chimie agro-industrielle, de l’UMR Biodiversité et biotechnologies fongiques (BBF) à Marseille et du centre d’application et de traitement des agroressources ont eu, en 2019, l’idée d’utiliser cette faculté pour produire des matériaux à partir de résidus agricoles sous forme de copeaux. Après traitement thermique et mécanique des fibres, le champignon candidat est inoculé au mélange et mis en culture sous atmosphère contrôlée. À l’issue de ce processus, selon la densité initiale des fibres, le matériau est plus ou moins aéré. S’il est très aéré, ses propriétés sont proches de celles du polystyrène ; il peut servir comme emballage ou isolant thermique. Au contraire, le matériau peut être très compact s’il est précédé d’une étape de fermentation et de thermopressage. Dans ce cas, il pourrait remplacer les panneaux de particules de bois (« aggloméré ») pour les constructions éphémères. Autre avantage : ce matériau est entièrement biodégradable et peut servir d’amendement agricole en fin de vie.

Biosourcés et RE2020 : Quels résultats un an et demi après ?

Dans le cadre des actions menées conjointement par ses membres, le Comité de liaison des matériaux biosourcés d'Île-de-France a pu dresser un premier bilan des résultats obtenus sur des projets de constructions neuves appliquant la nouvelle réglementation RE2020, et recourant tout particulièrement à des matériaux biosourcés.

Prévue par la loi du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, dite « loi Elan », la RE2020, entrée en vigueur en janvier 2022 pour le résidentiel et en juillet 2022 pour certains tertiaires, vise à améliorer la performance énergétique des constructions, tout en réduisant l'impact carbone de celles-ci. Un objectif qui passe notamment par la prise en considération du cycle de vie du bâtiment, de la phase de construction à sa fin de vie. Par ailleurs, le texte met également l'accent sur la transformation progressive des techniques de construction, des filières industrielles, et des solutions énergétiques, permettant l'essor des matériaux dits « biosourcés ».

Désormais, alors que les premiers projets respectant la RE2020 commencent à être progressivement livrés, l'heure d'un premier bilan est venue. À ce titre, la soirée organisée le mardi 12 décembre 2023 par le Comité de liaison des matériaux biosourcés d'Île-de-France aux Récollets visait à mettre en évidence quatre opérations réalisées avec des matériaux biosourcés sur le territoire francilien : une opération utilisant du béton de chanvre, une double opération utilisant de la paille en botte et paille hachée, et deux utilisant du bois. Des temps d'échanges entre professionnels ont par la suite permis d'approfondir les constats établis, et de dégager plusieurs éléments clés :

La mixité constructive s'impose aux projets utilisant des matériaux biosourcés.

L'intégralité des projets présentés reposait sur l'utilisation de matériaux biosourcés alliés à des matériaux de construction plus « classiques ». Une mixité constructive permettant notamment la réalisation des fondations en béton (socle, noyau, dalles) et la concentration des matériaux biosourcés dans certaines parties du bâtiment (ossature, remplissage, charpente, isolation). En effet, un projet recourant aux matériaux biosourcés impose de faire un certain nombre de choix tout en évitant de multiplier le nombre d'intervenants sur le chantier.

Quoi qu'il en soit, le recours aux matériaux biosourcés s'avère indispensable pour atteindre dès aujourd'hui les seuils 2028 et 2031 de l'indice règlementaire IC construction, en passant notamment la barre des 100 kg de matériaux biosourcés utilisés par mètre carré de surface de plancher. Ce stockage de carbone permet en outre d'obtenir des Certificats d'économies d'énergie (CEE) parfois conséquents.

Un projet peut s'avérer très performant, sans pour autant réussir à remplir tous les critères imposés par la RE2020

À l'heure actuelle, la RE2020 se décline en six indicateurs à respecter. D'une part, des indicateurs sans évolution prévue de leur seuil, avec le besoin bioclimatique (Bbio), la consommation d'énergie primaire (CEP) (renouvelable et non renouvelable), et enfin un nouvel indicateur qui évalue le nombre de degrés-heures d'inconfort estival (DH). D'autre part, l'impact sur le changement climatique en matière de construction (Ic construction) et d'énergie

(Ic énergie), pour lesquels des évolutions sont prévues en 2025, ainsi qu'en 2028 et 2031 pour le premier. Les projets présentés ont tous montré d'excellentes performances, notamment sur les émissions de gaz à effet de serre, en anticipant tous le seuil 2028 voire 2031 pour certains. L'emploi de matériaux biosourcés a largement contribué à ces performances. Dans les années qui viennent, sous l'effet de cette réglementation, les lots fluides et second œuvre feront très probablement des progrès en contenu carbone, faisant croître l'ensemble des performances ; les projets biosourcés permettant d'atteindre ces seuils avec plus de facilité.

Le développement des filières des matériaux biosourcés passe par la diffusion des nouvelles cultures constructives à tous les acteurs de l'écosystème de la construction, de la demande à l'offre

La question des connaissances et des choix opérés par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre sont aujourd'hui au cœur du sujet. Les quatre présentations réalisées ont permis de constater que ces nouvelles cultures se diffusent désormais beaucoup plus largement sur toute la « chaîne de valeur », de la demande à l'offre. Les maîtrises d'ouvrage se montrent en effet davantage enclines à la valorisation et l'utilisation des matériaux biosourcés, rassurées par les expériences probantes menées par les filières. Par ailleurs, certaines villes, comme Paris, proposent même des financements pour les projets biosourcés labellisés (BBCA, Bâtiment biosourcé) : une subvention de 40 et 60 euros supplémentaires par mètre cube de matériaux biosourcés peut être obtenue. Enfin, le nombre de professionnels formés à utiliser et déployer ces matériaux est en hausse constante, même si cette dynamique nécessite d'être renforcée au niveau des entreprises du bâtiment notamment.

Le recours aux matériaux biosourcés permet le développement de filières locales et la construction dite « hors-site », mais implique un renforcement des études menées en amont

Dans les territoires ruraux, les matériaux biosourcés constituent une véritable opportunité en s'appuyant sur des filières de production locales et en générant un moindre impact carbone lié à l'acheminement des matériaux sur site. Par ailleurs, l'utilisation des matériaux biosourcés voit un débouché important dans la construction hors-site. En déplaçant le chantier en usine, une nouvelle façon de penser le bâtiment se met en place, fondée sur le développement des études en amont. Ces dernières sont désormais au cœur de l'acte de construire, et permettent d'analyser le cycle de vie du bâtiment avant même le dépôt du permis de construire, qui fige 50 à 70% du poids carbone d'un bâtiment. Ces analyses du cycle de vie (ACV), dites « dynamiques » car tenant compte du stockage carbone sur la durée de vie du bâtiment (50 ans de façon réglementaire), valorisent l'utilisation des matériaux biosourcés dont l'impact sur les émissions de GES est négatif, contrairement aux matériaux classiques dont les taux sont fixes à travers le temps.

Néanmoins, cette prise en considération des ACV appelle à des besoins considérables en matière de recherche et développement. L'un des enjeux en la matière dans les prochaines années sera en effet d'obtenir des données de plus en plus précises et nombreuses sur les différents matériaux employés, pour progressivement affiner les calculs, et préciser voire dépasser les valeurs par défaut qui sont à l'origine de nombreuses approximations aujourd'hui, notamment sur les lots second œuvre et fluides, masquant parfois l'avantage carbone des matériaux biosourcés.

Les filières progressent à travers chaque projet réalisé, et doivent unir leurs efforts pour continuer à se développer ensemble.

Sur les volets de la technicité courante et de la sécurité des bâtiments, de plus en plus d'acteurs – dont les promoteurs immobiliers – ont développé leurs propres appréciations techniques d'expérimentation (*atex*). Si ces atex de type A (valable pour un procédé constructif) ou de type B (valable pour un seul chantier) restent limitées dans le temps et dans leur domaine d'application, toutes les filières peuvent ensuite plus facilement reproduire ces innovations qui s'avèrent nécessaires à leur développement. Ces dernières années ont été très productives en la matière, avec l'apparition de DTU permettant des constructions aux dimensions de plus en plus larges : en matière de hauteur, le DTU 31.2 (maisons et bâtiments à ossature en bois) fixé à 8 mètres en 2019 est par exemple passé à 28 mètres depuis.

Néanmoins, ces démarches R&D doivent être davantage mutualisées et soutenues par l'action publique, ne pouvant rester l'apanage du domaine privé. À mesure des avancées en la matière, il sera en effet de plus en plus compliqué pour certains acteurs d'atteindre des capacités de développement pour passer l'avis technique. Les filières doivent donc unir leurs forces et contribuer ensemble à faire évoluer les textes normatifs et réglementaires, avec des *atex* « ouvertes », des règles professionnelles et des DTU.

Une filière encore jeune en quête de davantage de rentabilité.

La question du coût est celle qui revient le plus souvent. Aujourd'hui, les filières biosourcées existent depuis moins longtemps que les autres filières ; leur rentabilité n'est pas donc pas encore optimale. Pour autant, les performances économiques des quatre opérations présentées permettaient à chacune de tenir son équilibre de marché, avec des prix au mètre carré d'environ 2 000 à 2 200 euros. De plus, bien que le coût en euros régisse encore le projet, le coût en carbone rentre de plus en plus en compte dans les considérations d'un projet, via les seuils règlementaires qui se renforcent d'année en année, et grâce au marché carbone, qui à travers les CEE représente un gain financier supplémentaire pour les biosourcés. Ces évolutions posent les prémices d'un terrain encore plus favorable à l'emploi de matériaux biosourcés.

Pour conclure, le sujet n'est pas tant de construire un bâtiment performant ou pas. En effet, la RE2020 nous entraîne indéniablement dans cette direction. Les efforts doivent donc être portés à l'évolution du cadre réglementaire, qui doit être interrogé pour instaurer les conditions les plus favorables possibles pour y arriver. Le bâtiment peut apporter des solutions *low tech* au stockage de carbone, à travers notamment le recours aux matériaux biosourcés, qui disposent des meilleurs indicateurs en la matière.

Points de vigilance lors de la mise en œuvre de matériaux biosourcés

Les matériaux biosourcés sont de plus en plus utilisés dans la construction neuve comme en rénovation, notamment en raison de leur faible impact environnemental. Comme tout matériau, conventionnel ou non, ils peuvent présenter des désordres, voire des sinistres s'ils sont mal mis en en œuvre. Rapide tour d'horizon des principaux points de vigilance.

Bien que l'utilisation des matériaux biosourcés soit en augmentation, leur part de marché reste encore faible au regard des produits conventionnels (les isolants biosourcés représentent 5% du marché de l'isolation). L'un des freins à leur développement est la méconnaissance de leurs caractéristiques physiques spécifiques qui peuvent être sources de désordres.

Pour prévenir de potentiels désagrément, il est important, si vous souhaitez employez des matériaux biosourcés, de vous former à ces nouveaux produits ou procédés afin de mieux les appréhender et de mieux gérer les interfaces entre les corps d'état intervenants.

Les risques varient selon le matériau employé, mais voici quelques points de vigilance communs à observer lors de l'utilisation de matériaux biosourcés.

Ventilation des ouvrages

Constat : de l'humidité et des moisissures peuvent apparaître sur les matériaux biosourcés, à cause d'une mauvaise ventilation des locaux.

Bonnes pratiques :

- A l'avancement du chantier, en fonction des conditions météorologiques et des conditions intérieures, il est nécessaire de prévoir la ventilation des locaux, voire la mise en place d'un déshumidificateur.
- Dans le cas d'enduit biosourcé, il est important de respecter les temps de séchage (enduit terre, chaux/chanvre…).

Densité des isolants en vrac

Constat : on peut observer au sein de la paroi un tassement de l'isolant biosourcé en vrac, notamment lors de l'utilisation de ouate de cellulose, tassement d'autant plus important que le caisson est haut.

Bonnes pratiques :

- Les caissons doivent pouvoir résister à la puissance d'insufflation de la machine et être recoupés de manière régulière pour en limiter la hauteur.
- Il est également nécessaire de respecter les densités en fonction de chaque produit, mais aussi en fonction du type de mise en œuvre (par soufflage, insufflation ou projection humide).

Protection vis-à-vis de l'eau

Constat : les matériaux biosourcés sont très souvent putrescibles. La propagation des moisissures liées à l'humidité peut être très rapide et préjudiciable pour garantir la pérennité du matériau.

Bonnes pratiques :

- Les matériaux biosourcés doivent être transportés et stockés à l'abri des intempéries, y compris au cours du chantier et lors de leur mise en œuvre.
- Il est également nécessaire de contrôler les taux d'humidité au sein des produits, comme la paille ou le béton de chanvre.
- Il ne faut jamais mettre en œuvre un isolant présentant un taux d'humidité trop important au risque de dégrader l'enveloppe du bâtiment.

Condensation à l'intérieur des parois

Constat : des dégradations dues à l'humidité peuvent apparaître dans les matériaux biosourcés confinés au sein des parois.

Bonnes pratiques :

- Il est nécessaire d'utiliser des films d'étanchéité à l'air adaptés, et de ne pas les percer. En cas de percement accidentel ou volontaire (passage de gaines, sorties en toitures…), il faut les reboucher en garantissant la bonne étanchéité à l'air.

Attaque d'insectes et de rongeurs

Constat : certains matériaux biosourcés peuvent subir des attaques de termites, insectes xylophages et autres rongeurs.

Bonnes pratiques :

- Dans le cas d'utilisation de matériaux sensibles à ces attaques, il faut mettre en place des barrières anti-termites ou insectes xylophages, ou des dispositifs anti-rongeurs.

Risque incendie

Constat : les matériaux biosourcés ont des capacités de combustion réduites, cependant ils stockent la chaleur, ce qui peut retarder l'atteinte du point de combustion déclencheur d'incendie.

Bonnes pratiques :

- Comme pour tout produit ou procédé de construction, il est essentiel de respecter les consignes de mise en œuvre. Cela passe notamment par l'éloignement des zones de stockage de celles de production d'étincelles, ainsi qu'une vigilance accrue quant aux travaux exécutés à proximité des matériaux biosourcés déjà mis en place.

DOCUMENT 7

construction21.org - 1er avril 2020

[Dossier Biosourcés #25] Construire une école avec les biosourcés : exemple d'un aménagement urbain public

Inaugurée à la rentrée 2019, l'école maternelle du 96 Jeanne d'Arc dans le 13ème arrondissement de Paris intègre des produits recyclés et biosourcés et mis en valeur par des maîtrises d'ouvrage et d'œuvre engagées. Portée par la SEMAPA, cette opération fait partie d'un projet de réaménagement aux fortes ambitions environnementales. Retour d'expérience avec Sabrina Zhu, chargée d'opérations à la SEMAPA.

En quoi consiste ce projet ?

L'Ecole 96 Jeanne d'Arc s'inscrit dans l'opération d'aménagement *90 boulevard Vincent Auriol* et accompagne la création de 135 logements sur une grande parcelle de 4 500 mètres. D'une petite école de 3 classes en préfabriqué nous sommes passés à 6 classes en intégrant des sujets écologiques précurseurs. En 2014, date du début des opérations, l'emploi de matériaux biosourcés était encore rare dans les opérations d'aménagement public. L'usage du bâti, à savoir l'accueil d'enfants, était propice à une réflexion sur la qualité intérieure et sur la nécessité d'un faible impact environnemental. Il s'agissait alors d'un chantier complexe qui a nécessité une grande technicité par rapport à la performance thermique du bâtiment et aux ambitions environnementales. Ces dernières ont été récompensées par la délivrance de plusieurs labels et certifications : la certification NF HQE Bâtiments Tertiaires niveau excellent, le label E3C1 avec option BBCA niveau excellence ainsi que le label BaSE (Bâtiment Sobre en Energie) de la Maison Passive France (PassivHaus).

Comment ont été intégrés les matériaux biosourcés ?

Un premier niveau en demi-sous-sol a été créé pour les locaux de cuisine et les espaces à destination des agents de services les agents de service. Etant contre terre, l'utilisation du béton s'est imposée. A partir du rez-de-chaussée nous avons favorisé le bois pour les poutres, les planchers et la toiture. Il s'agit d'un système constructif mixte : les grandes portées de certains locaux et du hall imposaient de recourir à des poutres métalliques, pour permettre notamment aux réseaux de cheminer. S'agissant d'un projet très performant au niveau de l'enveloppe, cela impliquait de recourir à une ventilation contrôlée avec de nombreuses gaines, tout ceci sans perdre de hauteur sous-plafond. L'intégration des biosourcés a donc été maximisée aux murs extérieurs avec une ossature bois isolée par des bottes de paille avec un complément d'isolation en laine de bois et laine de chanvre et enfin un bardage extérieur

également en bois. Pour la toiture, l'exigence d'un toit végétalisé et d'une structure bois nous empêchait de recourir à un matériau putrescible, les toitures sont isolées en Formglass®, blocs de verre cellulaire étanches et légers. De même, pour l'isolation sous dalle, nous avons opté pour le Misapor, un matériau en verre soufflé fait à partir de granulats de verre cellulaire. Celui-ci a le double avantage d'être imputrescible et d'être issu du recyclage.

Pourquoi la paille s'est imposée dans ce projet ?

En tant que maître d'ouvrage public, nous sommes dans un système de mise en concurrence pour lequel il nous est possible de définir des objectifs mais pas d'avantager un certain type de matériau. Pour favoriser indirectement l'usage des biosourcés, nous avons donc mis l'accent dans notre prescription sur la réduction de l'empreinte carbone.

A l'époque de la consultation publique, parmi les cinq projets proposant des solutions variées, du mur en pisé à la structure bois avec ventilation naturelle, seul un proposait de l'isolation paille. Il était donc avantagé au vu de notre prescription exigeante sur l'empreinte carbone. Surtout, les compétences de notre architecte, spécialisé depuis maintenant plusieurs années dans la construction paille, ont été précieuses puisque son expertise a permis de travailler en bonne intelligence avec l'ensemble des artisans. Le choix de ce matériau biosourcé s'est donc effectué très en amont du projet, grâce à la sensibilité et aux expériences de notre maître d'œuvre.

Comment avez-vous intégré l'ensemble des contraintes liées à l'utilisation de ce matériau ?

L'un des principaux enjeux est son risque d'exposition à l'humidité lors de la phase chantier. Pour le résoudre, nous nous sommes tournés vers un procédé de préfabrication en usine. La paille a été directement intégrée dans les éléments de l'ossature bois par la société de charpentes traditionnelles Goubie. Cette dernière, située dans le Périgord, s'est approvisionnée auprès d'exploitants agricoles locaux en bottes de paille de blé en vrac. Les artisans de Goubie ont pressé et fabriqué l'isolant aux dimensions requises puis l'ont directement empaqueté dans les éléments muraux en bois. Les matériaux ont ensuite été directement acheminés par camion du site de production vers le chantier puis assemblés sur place. Cette technique a permis de diminuer drastiquement le temps de pose et nous avons donc bénéficié de tous les avantages d'un chantier en filière sèche.

Concernant la gestion de l'hygrométrie en phase d'exploitation, l'ossature bois-paille agit comme un frein-vapeur perspirant qui laisse le mur respirer et participe de fait à la régulation hygrométrique. La paille coffrée a donc une certaine capacité d'absorption de l'humidité, que celle-ci provienne de l'air extérieur ou des usagers notamment en cas de saturation de l'air. Il en résulte un taux d'humidité qui s'autorégule partiellement. Pour avoir une maîtrise totale de la qualité de l'air, nous avons choisi d'avoir recours à une centrale de traitement d'air double flux (CTA). Celle-ci permet de contrôler les débits et températures d'airs en provenance de l'extérieur, par rapport à une ventilation naturelle. Par ailleurs, l'un des avantages de la paille est de ne pas émettre de COV, ce qui est intéressant pour un bâtiment comme une école où les prescriptions de la Ville de Paris sont très strictes.

En choisissant des artisans possédant un vrai savoir-faire, notre maîtrise d'œuvre a ensuite évité l'un des écueils de ce type de construction : les ponts thermiques. Les jonctions entre les différents caissons de paille-bois et les menuiseries en triple vitrage ont été soignées, afin d'obtenir une excellente étanchéité à l'air ou à l'humidité et d'éviter les phénomènes de point de rosée. Notre enveloppe est ainsi très performante d'un point de vue énergétique et environnemental, mais nous sommes aussi assurés de sa durabilité.

DOCUMENT 8

Le Moniteur - 24 mai 2023

Chantier : une toiture-terrasse intégralement isolée en biosourcé

Afin d'optimiser le déphasage thermique et le bilan carbone de ce projet, le constructeur Maison Maugy a choisi, pour l'un des toits plats de ce pavillon, un système isolant en fibre de bois et liège.

© Maison Maugy

Pour isoler le toit plat de ce pavillon en Normandie, le constructeur a choisi un isolant en liège et fibre de bois, afin d'améliorer le déphasage thermique et le bilan carbone. Une membrane en PVC armé assure l'étanchéité.

Sur ce chantier de maison individuelle en Normandie, Maison Maugy a été **l'un des premiers à poser le système d'étanchéité Pavaroof de Soprema, qui associe deux isolants biosourcés, la fibre de bois et le liège.** « Cette combinaison permet d'**allier les atouts du liège en termes de classement au feu et de résistance à l'eau** liquide, avec les **qualités de densité et d'inertie thermique de la fibre de bois,** indique François Magueur, chef de marché Isolants biosourcés de Soprema. Avec Pavaroof nous proposons aux entreprises un système complet pour assurer la bonne mise en œuvre de l'étanchéité, tout en répondant à la demande croissante du marché de produits biosourcés. »

La dimension environnementale du système est l'un de ses points forts. « La solution intéresse déjà des clients ayant le souci de l'environnement : elle sera sans doute amenée à se développer avec la RE 2020, qui impose de décarboner les

constructions, anticipe Benjamin Maugy, dirigeant de la PME familiale. **Ces isolants assurent aussi un déphasage thermique intéressant pour le confort d'été. »**

Structure porteuse en panneaux bois

Seule contrainte, le système doit être mis en œuvre sur une structure porteuse en panneaux bois, pour des questions d'hygrométrie. « Seuls les panneaux bois permettent une circulation maximale de la vapeur d'eau, rappelle François Magueur. La mise en œuvre commence avec la pose du frein-vapeur hygrovariable spécifique : il est important de bien le relever sur l'ensemble de la toiture terrasse pour assurer la pérennité de l'ouvrage. Le système est un ensemble complet, chacun de ses composants doit être utilisé. »

Les isolants sont ensuite positionnés en **deux couches : d'abord les panneaux de fibre de bois, en pose libre, puis le liège expansé où sont positionnées les fixations,** pour assurer la liaison entre les isolants et le support. Après la pose d'un écran d'indépendance, le dernier élément du système est la membrane d'étanchéité en PVC Flagon SR, armée d'une grille polyester. Pour Benjamin Maugy, c'est l'un des points forts de la solution. « Travailler avec cette membrane PVC permet de réaliser les chantiers plus facilement et plus proprement qu'avec des solutions d'étanchéité bitumineuse : en moyenne, on constate un gain de 30% sur le temps de mise en œuvre, se félicite le dirigeant. On évite aussi les risques liés à la flamme, notamment sur les chantiers réalisés l'été. »

Pour ce premier chantier avec le système Pavaroof, Maison Maugy a eu besoin de **deux jours pour réaliser les 65 m² de toiture-terrasse.** Depuis, la PME normande a choisi de basculer l'ensemble de ses chantiers de toiture-terrasse (40% de ses programmes neufs et 90% de ses projets d'extension) avec cette **solution d'étanchéité en PVC, quel que soit le type d'isolant associé.** Son dirigeant a investi pour l'occasion dans une machine automatique, afin de maintenir une température et une largeur de soudure parfaitement homogène sur l'ensemble de la toiture.

Commande publique et matériaux biosourcés

Aucune disposition du code de la commande publique n'entrave la maîtrise d'ouvrage publique à recourir aux matériaux biosourcés dans leurs projets de construction ou de réhabilitation.

Au contraire, leur recours est encouragé à travers l'article L228-4 du code de l'environnement :

« La commande publique tient compte notamment de la performance environnementale des produits, en particulier de leur caractère biosourcé.

Dans le domaine de la construction ou de la rénovation de bâtiments, elle prend en compte les exigences de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et de stockage du carbone et veille au recours à des matériaux issus des ressources renouvelables.
[…]
A compter du 1er janvier 2030, l'usage des matériaux biosourcés ou bas-carbone intervient dans au moins 25 % des rénovations lourdes et des constructions relevant de la commande publique. Un décret en Conseil d'Etat précise les modalités d'application du présent article, en particulier la nature des travaux de rénovation lourde et les seuils au-delà desquels l'obligation est applicable aux acheteurs publics. »

Les ressources ci-après peuvent vous aider à intégrer les matériaux biosourcés dans vos projets soumis à la commande publique.

Le guide sur les matériaux biosourcés dans la commande publique

Le Ministère de la Transition écologique et solidaire, a édité un guide qui s'adresse à l'ensemble des acheteurs publics ou privés, soumis au code la commande publique, passant des **marchés de construction, de rénovation ou d'exploitation et de maintenance**, quels que soient leur taille et leur champ d'action. Il leur propose des conseils pratiques en prenant en compte les différents types de procédures de marchés prévus par le code de la commande publique et en identifiant des solutions pour la majorité des freins rencontrés par les acheteurs dans le cadre de la passation de leurs marchés.

(...)

Soutien à la reconnaissance des matériaux biosourcés et bas carbone pour le bâtiment (extrait)

Appel à projet

Vous souhaitez faire reconnaître les performances d'un matériau ou procédé de construction à faible empreinte carbone pour le bâtiment ?

Candidatez à l'Appel à Projets pour bénéficier d'une aide régionale pouvant aller jusqu'à 50 000 € :

- Des dépenses remboursées jusqu'à 70% du montant HT de votre projet (50% pour les grandes entreprises)

À savoir

Date(s) limite(s) de dépôt :
31 décembre 2025

Pouvez-vous bénéficier de l'aide régionale ?

Vous pouvez candidater, si vous êtes :

- Un fabricant de produits ou procédés « à faible empreinte carbone », sous la forme d'entreprise
- Un maître d'ouvrage public ou privé impliqué dans une opération de construction « bas carbone » innovante et reproductible, exceptés les particuliers, l'Etat, les Départements et leurs opérateurs
- Une collectivité territoriale ou un EPCI
- Un bailleur social
- Une association, Syndicat ou une Fédération représentative de filières,
- Une interprofession
- Un promoteur immobilier privé
- Une autre entreprise, etc…

Et **si votre projet concerne** :

- **un produit** ou un procédé pour le bâtiment vérifiant les conditions suivantes :
  - **dont au moins une étape de fabrication est située en région Grand Est** ;
  - pour lequel une étude **d'analyse du cycle de vie** a déjà été réalisée, ou est en cours, **ou est prévue dans le cadre du projet**;
  - *Si ce produit est composé de bois ou de dérivés du bois*. L'entreprise de transformation du bois devra être **certifiée PEFC ou FSC** afin de pouvoir justifier une traçabilité de l'origine du bois.

- une opération sur un bâtiment **situé dans la Région Grand Est** (construction ou rénovation « bas carbone » innovante et reproductible), faisant appel à des techniques non courantes ou nécessitant des prestations relatives à la garantie décennale ou à la sécurité incendie.

Pour être éligible le projet devra inclure de manière significative l'une ou l'autre des typologies de matériaux suivants :

- Biosourcés
- A base de terre crue
- De réemploi ou réutilisés pour un autre usage
- Issus d'une filière de recyclage structurée

Si vous répondez à ces critères, l'attribution de l'aide n'est pas pour autant automatique. Votre dossier sera étudié au regard des conditions d'éligibilité de l'appel à projet et des priorités régionales.

Comment estimer votre montant d'aide ?

Montant de l'aide régionale

	Aide régionale maximale	**Plafond de l'aide totale cumulée par bénéficiaire**
Aide de base	**50%** du montant H.T des dépenses éligibles	50.000€
Bonus d'aide pour les Maîtres d'Ouvrage publics et associatifs, les bailleurs sociaux et les entreprises de type PME*	**+20%** du montant H.T des dépenses éligibles	

***Au sens de l'Union Européenne, à l'échelle du groupe consolidé ; DEFINITION en annexe 1 du RGEC n° 651/2014 : sont considérées PME les acteurs économiques qui occupent moins de 250 personnes et dont le chiffre d'affaires annuel n'excède pas 50 millions EUR ou dont le total du bilan annuel n'excède pas 43 millions EUR.**

Les **dépenses retenues** dans le calcul de l'aide concernent l'évaluation et la caractérisation des performances des matériaux et procédés de construction. Elles sont principalement constituées par :

- Les **études** réalisées par un prestataire externe
- La **réalisation des prototypes et maquettes** nécessaires aux essais
- Les **analyses et essais en laboratoire** accrédité
- Les **études d'analyse de cycle de vie** et déclarations environnementales
- Les **frais d'instruction** de certaines procédures (Avis Techniques, évaluations et certifications)

(...)

A partir de quand les bâtiments publics devront-ils intégrer des matériaux biosourcés ou bas carbone ?

Réponse du ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires : L'article 39 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets prévoit une obligation d'utilisation de matériaux biosourcés ou bas-carbone dans au moins 25 % des rénovations lourdes et des constructions relevant de la commande publique.

En France, 25% des émissions de gaz à effet de serre produites proviennent du secteur du bâtiment. L'utilisation de matériaux biosourcés ou bas carbone permet en effet de diminuer l'empreinte carbone du bâtiment.

Dans ce contexte, les bâtiments publics doivent faire preuve d'exemplarité. L'entrée en vigueur de cette obligation est fixée au 1er janvier 2030 pour permettre aux acheteurs publics mais également aux filières biosourcées et bas-carbone d'être prêts à cette échéance.

Les travaux associés à la rédaction du décret d'application seront lancés courant 2024, pour préciser les opérations de construction ou de rénovation qui pourront être comptabilisées pour atteindre ces 25% rendus obligatoires par la loi. Les concertations réuniront l'ensemble des parties prenantes dont le ministère des finances, de l'économie et de la souveraineté numérique, les représentants d'acheteurs publics et les acteurs du bâtiment. L'objectif de ces travaux est de définir précisément les matériaux biosourcés ou bas-carbone entrant dans le champ de l'obligation, leur proportion dans l'ouvrage et les rénovations lourdes qui devront remplir l'obligation.

De plus, ils définiront les seuils de marchés de travaux pour lesquels cette obligation s'impose. La rédaction du décret démarrera dans un second temps après cette phase de premières concertations.

Néanmoins, l'anticipation de cette mesure par les acheteurs publics est possible.

Un marché public peut, dès à présent, exiger l'emploi de matériaux biosourcés ou bas-carbone dans le respect des règles de la commande publique. En effet, le code de la commande publique permet de prendre en compte des critères de développement durable à chaque étape du marché ; ainsi les matériaux biosourcés ont toute leur place dans les critères d'éligibilité des marchés.

Il revient dès lors aux décideurs publics de saisir cette opportunité.