

FÉDÉRATION CINOV

SE PRÉPARER À LA RE2020 : ENJEUX ET RETOURS D'EXPÉRIENCE



www.cinov.fr





SOMMAIRE

BÂTIMENT BAS CARBONE

06 COMPRENDRE LES ENJEUX DES BÂTIMENTS BAS CARBONES

RETOURS D'EXPÉRIENCE E+C-

09 L'ACV, OUTIL PRÉCIEUX DE L'EXPÉRIMENTATION E+C- : RETOUR D'EXPÉRIENCE DES TRAVAUX DE L'ALLIANCE HQE-GBC

LES DONNÉES ENVIRONNEMENTALES

13 LES DÉCLARATIONS ENVIRONNEMENTALES : LE CARBURANT DE LA RE2020

LE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

17 BIM ET ANALYSE EN CYCLE DE VIE

21 LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE LA RE2020

ENVIRONNEMENT, ÉCONOMIE ET SOCIÉTÉ

25 L'INNOVATION SOCIALE DANS LA GESTION DES AMBIANCES ET DE LA BIODIVERSITÉ POUR LA QUALITÉ DE VIE, CONSUBSTANTIELS DE LA RE2020

29 ADAPTATION : UN BÂTIMENT PEUT-IL ÊTRE « FUTUR OU CLIMATE-PROOF » ?

34 LA NATURE ET L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DANS LE PROJET D'AMÉNAGEMENT, DU MYTHE À LA RÉALITÉ TECHNIQUE

POUR UNE RÉGLEMENTATION APPLICABLE ET PRAGMATIQUE

Prévue depuis le Grenelle de l'environnement il y a plus de dix ans, la réglementation environnementale applicable à la construction de bâtiments, bénéficie dorénavant d'un socle technique et d'expériences solides pour être concrétisée. Depuis la publication du référentiel E+C- en octobre 2016, plus de mille opérations ont fait l'objet d'une évaluation de performance. Une amélioration de la méthode, des outils et des bases de données, engagée à l'automne 2019, devrait conduire à la proposition de consultation d'un ensemble de textes méthodologiques et réglementaires dans les mois à venir.

A cet égard, rappelons que CINOV avait publié un communiqué de presse « Pour une réglementation applicable et pragmatique » fin 2019 .

En l'état actuel de la situation au 2^{ème} trimestre 2020, sans préjuger des ajustements en cours et qui devraient se poursuivre jusqu'à l'automne 2020, il est possible de partager sur les retours d'expérience E+C- et les enjeux soulevés par les évaluations en cycle de vie de la performance environnementale des bâtiments.

L'appel à communication pour ce dossier a donné lieu à plus d'une trentaine d'articles, dont nous remercions chaleureusement l'ensemble des contributeurs issus de secteurs diversifiés. Ils soulignent que même si le traitement de la performance énergétique bénéficie de 50 ans d'antériorité, le calcul de la performance environnementale a connu des progrès considérables au cours de la décennie précédente et que la pratique de l'évaluation de la performance carbone d'une construction est devenue une réalité concrète, avec une portée en termes d'amélioration de la conception.

Ce dossier est axé sur les enjeux soulevés par le traitement du carbone et offre des perspectives complémentaires pour un déploiement en synergie de cette nouvelle pratique. Y seront traités les enjeux économiques, sociaux, techniques, de biodiversité et d'adaptation au changement climatique, ou encore de labels de progrès de développement durable. Plusieurs contributions donnent à voir les premiers résultats des expériences E+C-, au travers d'études de cas concrètes, tout en fournissant une analyse critique des méthodes employées et des pistes d'amélioration envisagées. Ce dossier est l'occasion de saisir l'imbrication des différents outils mobilisés -ACV, FDES, BIM...- et leur modalité de mise en œuvre auprès de chaque professionnel du bâtiment. La récolte et l'utilisation des données environnementales ont à ce titre une place centrale et font l'objet de multiples enseignements.



En tant que pilotes de ce dossier et membres de CINOV, nous souhaitons :

- > Que la RE2020 entre en application dans les meilleurs délais en 2021, 6 mois après la publication des textes
- > Que cette future réglementation soit ambitieuse, notamment pour le critère énergétique qui conditionne la compatibilité avec les objectifs de politique pluri-annuelle de l'énergie et de la stratégie nationale pour une neutralité carbone avant 2050, dans un contexte de crise sanitaire qui pointe la dépendance à l'environnement et à la biodiversité
- > Etablir un niveau de performance compatible avec les objectifs de 2050 à toutes les opérations de bâtiments publics, tel que le niveau E3C2 du label E+C-
- > Généraliser le commissionnement à chaque opération afin que le bâtiment atteigne les objectifs performanciers et fonctionnels contractualisés
- > Accompagner la maîtrise d'ouvrage publique par un vaste plan de sensibilisation et de formation aux enjeux environnementaux
- > Développer la transformation numérique du secteur et promouvoir la dématérialisation à tous les niveaux de la chaîne de l'acte de construire (autorisations administratives dématérialisées, BIM, carnet de santé numérique du bâtiment, plateformes de services)
- > Que les acteurs puissent tous monter en capacité afin de tirer parti des bénéfices de cette réglementation, notamment en termes de qualité d'ouvrage dans un contexte de changement climatique et d'évolution démographique et sociétale pour les activités, la santé et le bien-être des utilisateurs.

— **Nathalie TCHANG**
Présidente Tribu Energie,
CINOV Ingénierie

— **Julien GARNIER**
DGD de Cardonnel Ingénierie,
CINOV Ingénierie, CINOV
Numérique

— **Idriss KATHRADA**
Fondateur-dirigeant de Novasirhe,
CINOV Conseil en Management,
CINOV Numérique

COMPRENDRE LES ENJEUX DES BÂTIMENTS BAS CARBONE

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte inscrit le bâtiment sur la trajectoire d'une société bas-carbone, le développement de l'emploi local qualifié et d'une économie verte. Les nouvelles constructions doivent ainsi favoriser l'efficacité énergétique, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la diminution de la consommation des énergies fossiles et permettre le déploiement d'énergies renouvelables. Il faudra concomitamment répondre à des exigences portant sur les émissions en gaz à effet de serre et viser le bas carbone sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Q U'EST-CE QU'UN BÂTIMENT BAS CARBONE ?

Un bâtiment Bas Carbone est un bâtiment qui vise à limiter ses émissions de gaz à effet de serre :

- > Sur les matériaux et produits de construction
- > Sur le choix des approvisionnements énergétiques
- > Sur le chantier
- > Sur les consommations et rejets d'eau

- > Sur l'implantation (liée aux transports) même si ce critère n'est pas pris en compte dans les exigences des différents référentiels.

La meilleure stratégie bas carbone consiste à réhabiliter et densifier. Néanmoins, le label E+C-, comme la future RE2020 s'applique uniquement aux bâtiments neufs.

BREFS RAPPELS DES FONDAMENTAUX DU LABEL E+C-

L'expérimentation E+C- (Energie positive-réduction Carbone) de la performance environnementale

des bâtiments, lancée en 2016, ambitionne d'élaborer, avec les acteurs, les standards des bâtiments de demain, via :

- > La généralisation des bâtiments à énergie positive
- > Le déploiement de bâtiments à faible empreinte environnementale

Les niveaux des performances d'un bâtiment neuf sont caractérisés par :

- > Un niveau « Énergie » basé sur l'indicateur BilanBEPOS,
- > Un niveau « Carbone » basé sur :
 - EgesPCE : Indicateur des émissions de gaz à effet de serre de produits de construction et des équipements utilisés
 - Eges : Indicateur des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie

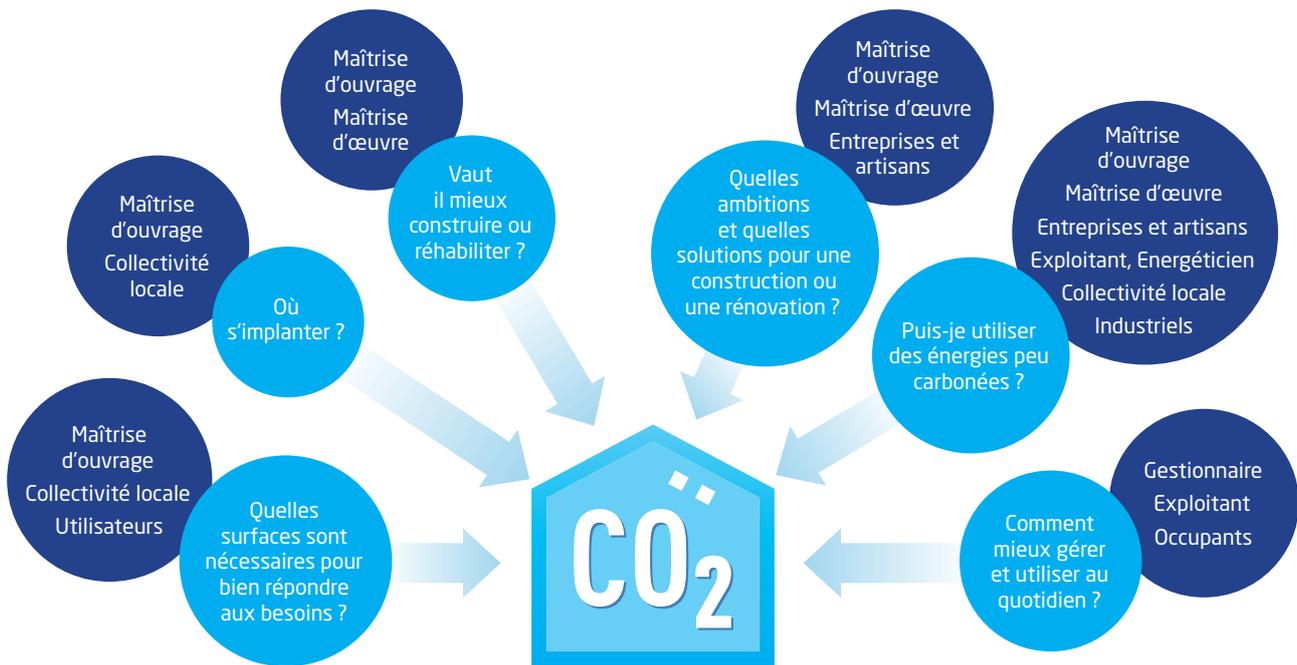
LES GRANDS RETOURS D'EXPIÉRIENCE SUR CE LABEL



BASE INIES

La base de données Inies est une formidable base de données mais il manque encore trop de produits. Tous les industriels doivent s'y mettre. Le fait de prendre des valeurs par défaut pénalise beaucoup le bilan ACV.

Le schéma suivant présente 6 grands types d'actions possibles et les principaux acteurs en mesure d'y contribuer



Source : Note RBR 2020



CALCUL CARBONE ET SYSTÈME CONSTRUCTIF

Le label actuel ne privilégie pas un système constructif par rapport à un autre, les écarts sont relativement faibles. Il faut choisir le bon matériau au bon endroit ! Il faut éviter un produit « vertueux » qui ne serait pas adapté au regard des autres réglementations, du cout global, du confort.



PHOTOVOLTAÏQUE

Les valeurs par défaut des panneaux sont pénalisantes rendant le bilan carbone défavorable (le poids carbone des panneaux ne compensant pas le gain lié à la production électrique), mais aujourd'hui 2 industriels proposent des PEP et ce bilan devient alors favorable.



ÉTUDES THERMIQUE ET ACV

Ne serait-il pas enfin temps de confier l'étude EXE au Bet de conception ? Car avec des entreprises en lots séparés, il n'est pas raisonnable de confier ces études à l'entreprise CVC...



COMPLÉTUDE D'UNE ACV

C'est l'enjeu des études de demain, une ACV doit prendre en compte TOUS les produits de construction, rien ne doit être oublié, les modélisateurs doivent donc avoir une connaissance de l'ensemble des éléments.

LES OUTILS DE FORMATION

Les pouvoirs publics ont mis à la disposition des pouvoirs publics de nombreux supports de formation pour faciliter l'application du label E+C- :

> MOOC - CSTB : <https://formations.cstb.fr/mooc-tout-savoir-sur-lexperimentation-ec-2eme-session/>

> Fiches pédagogiques - CEREMA : <http://www.batiment-energiecarbone.fr/fiches-pedagogiques-du-cerema-a23.html>

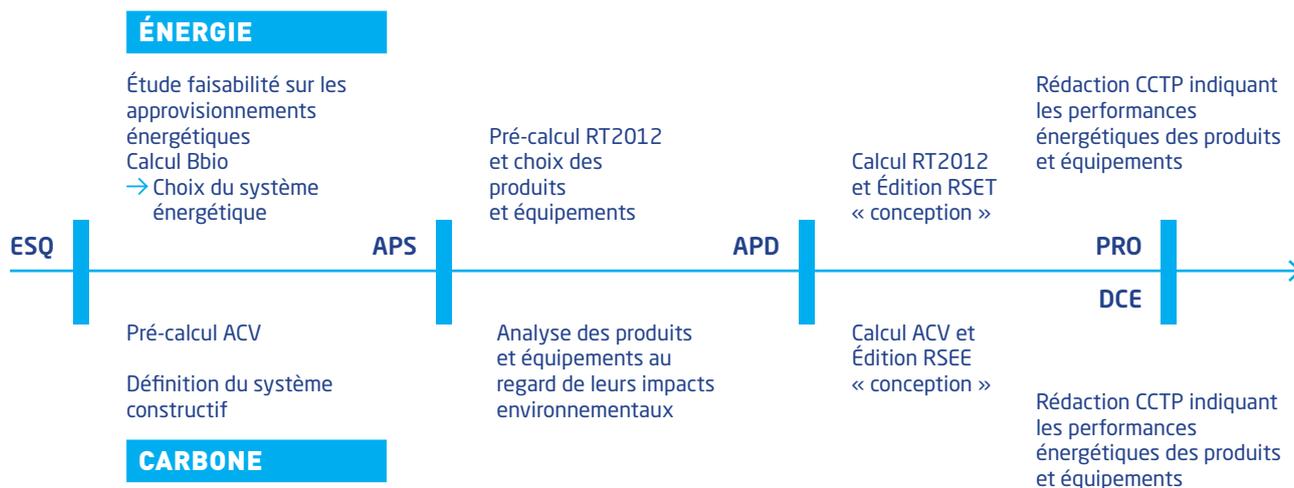
> Malette de formation - AICVF : <https://aicvf.org/blog/actualites/malette-pedagogique-referentiel-ec/>

> Guide de conduite d'un projet bas carbone E+C- - CEREMA & TRIBU ENERGIE : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/participez-a-la-concertation-sur-le-guide-de-a4481.html>

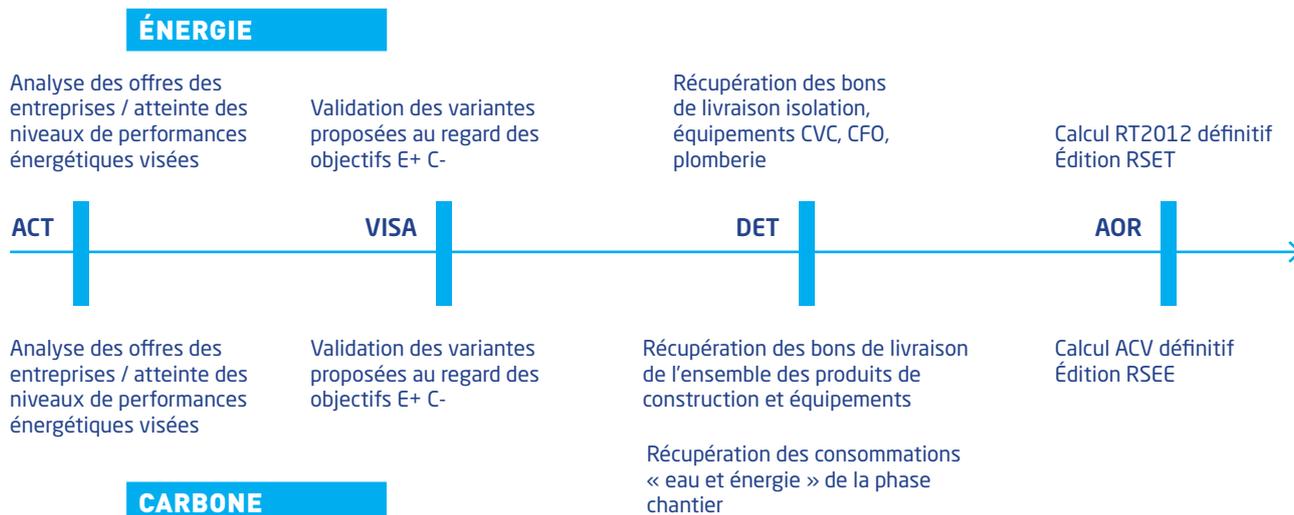
> Vidéos pédagogiques - CSTB : <http://www.batiment-energiecarbone.fr/videos-pedagogiques-a26.html>

> Accompagnement à travers le programme OBEC : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/labels-signes-qualite/programme-objectif-batiment-energie-carbone>

LA BONNE PRATIQUE PAR PHASE « CONCEPTION »



LA BONNE PRATIQUE PAR PHASE « RÉALISATION »



LES NOUVELLES ÉTUDES

L'étude ACV est une nouvelle composante qui doit être intégrée à chaque phase du projet.

LES QUALIFICATIONS OPQIBI

Il existe désormais des qualifications OPQIBI dédiées :

- > Aux études thermiques - 13.31 et 13.32
- > Aux études ACV - 13.33

DU LABEL E+C- À LA RE2020

La RE2020 est en préparation, l'expérimentation E+C- a permis de préparer les acteurs de la construction à cette nouvelle dimension carbone, même si nous sommes encore en période de rodage aussi bien sur la méthode (notamment la cohérence entre les différentes fiches environnementales) que sur l'exhaustivité des composants dans la base de données INIES. Les filières

industrielles ont encore beaucoup de travail et une solution serait de développer des configurateurs permettant d'élaborer simplement ces fiches.

— **Nathalie TCHANG**
Présidente Tribu Energie,
CINOV Ingénierie

L'ACV, OUTIL PRÉCIEUX DE L'EXPÉRIMENTATION E+C- : RETOUR D'EXPÉRIENCE DES TRAVAUX DE L'ALLIANCE HQE-GBC

Avec le lancement du Plan Climat en juillet 2017, l'État français montre sa volonté d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, avec un objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050. En France, le secteur du bâtiment étant responsable de près de 45% de la consommation énergétique et de plus de 25% des émissions de gaz à effet de serre, il faut, pour atteindre l'objectif, réaliser des bâtiments à faible empreinte carbone et à haute performance énergétique.

Cette ambition s'est traduite avec le lancement de l'expérimentation E+C- qui visait à définir les niveaux de performances environnementales pour l'écriture de la future RE. Si l'expérimentation E+C- et la RE2020 ne concernent aujourd'hui que les bâtiments neufs,

elles représentent néanmoins une avancée majeure et ouvrent la voie à des sujets tels que l'économie circulaire et la performance environnementale des rénovations, dont pourraient s'emparer les futures réglementations.

L'Alliance HQE-GBC, grâce à ses travaux d'innovation collaborative

HQE Performance sur les ACV des bâtiments neufs, a été l'un des précurseurs sur la méthode de l'expérimentation E+C-. En tant que membre du réseau [World Green Building Council](#), elle participe également à la campagne « net zéro » qui vise la neutralité carbone de 100% des bâtiments d'ici 2050. Elle entend aujourd'hui poursuivre sa mission d'innovation et d'anticipation de la réglementation en ayant déjà apporté une contribution, à travers ses tests HQE Performance, sur de nouveaux enjeux comme l'ACV pour les bâtiments rénovés ou l'économie circulaire.



REGARD SUR LES AUTRES INDICATEURS ACV : ETUDE 2018 SUR LE RÉSIDENTIEL DANS LE CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION E+C-

Lors de la réalisation de l'ACV d'un bâtiment neuf, l'attention est aujourd'hui portée en particulier sur l'indicateur carbone puisque son niveau doit être encadré par la réglementation. Cependant, l'ACV offre des résultats sur bien d'autres indicateurs. En 2018, l'Alliance HQE-GBC a réalisé une analyse sur les indicateurs ACV autres qu'Énergie et Carbone de bâtiments résidentiels de l'expérimentation E+C- qui s'est révélée riche d'informations et dont nous vous proposons ici quelques observations.

Les indicateurs « Catégories de déchets » permettent d'évaluer la quantité de déchets produits tout au long du cycle de vie du bâtiment, de l'extraction des matières premières à son élimination. Cet indicateur se répartit en trois catégories : les déchets dangereux, les déchets non dangereux et les déchets radioactifs. Concernant l'indicateur « déchets non dangereux », en présence de terres excavées, c'est le contributeur

chantier qui a le plus fort impact lors de la construction d'un bâtiment résidentiel neuf. Pour l'indicateur « déchets dangereux », c'est le contributeur Produit de Construction et Equipement (PCE) qui est le plus impactant en particulier les lots 7 (Revêtement des sols, murs et plafonds), 8 (CVC) et 10 (Courant fort). A noter, une différence entre les maisons individuelles qui sont beaucoup moins impactantes que les logements collectifs (environ 4 fois moins).

Le calcul de l'indicateur « **Utilisation nette d'eau douce** » permet de mettre en évidence la quantité d'eau douce utilisée tout au long du cycle de vie du bâtiment. Ici, de façon contre-intuitive, l'ACV révèle que ce n'est pas toujours le contributeur eau qui est le plus impactant pour un bâtiment neuf. En revanche, le contributeur chantier, en particulier pour les logements collectifs, peut s'avérer important.

L'indicateur « **Epuisement des ressources abiotiques non fossiles** » correspond à l'évaluation des consommations de ressources naturelles en fonction de leur rareté et de leur vitesse d'exploitation. Pour un bâtiment neuf, ce sont les lots 8

(CVC), 9 (Installations sanitaires) et 10 (Courant fort) qui sont les plus impactants à cause de l'utilisation de matériaux rares. A noter aussi que pour les bâtiments ayant un système de production d'énergie comme par exemple des panneaux photovoltaïques, l'impact du lot 13 (Equipement de production locale d'électricité) n'est pas négligeable.

LES ENSEIGNEMENTS DU TEST HQE PERFORMANCE ACV RÉNOVATION

L'Alliance HQE-GBC a lancé, en 2017, le **Test HQE Performance ACV Rénovation** sur un ensemble de 23 projets de bâtiments rénovés. Ce test avait pour but de valider une méthodologie spécifique pour la rénovation et de regarder plusieurs indicateurs issus de l'ACV de ces bâtiments. Comme pour le neuf, l'ACV d'un bâtiment rénové permet d'obtenir de façon quantitative les performances environnementales du projet mais aussi, dans ce cas, de mettre en lumière les avantages environnementaux d'une opération de rénovation.

Ainsi, d'après [les premières observations issues du Test HQE Performance ACV Rénovation](#), un bâtiment rénové est capable d'atteindre un niveau de performance énergétique égal à celui d'un bâtiment neuf lorsque la rénovation est ambitieuse. Cela permet d'économiser de l'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

En ACV rénovation, l'approche par amortissement s'applique, permettant après la fin de vie de référence d'un produit, que son impact soit considéré comme nul si celui-ci est conservé pendant une rénovation. Cette méthode permet de valoriser les actions pour l'allongement des durées de vie et la sobriété.

Lors d'une rénovation, concernant l'indicateur « **Réchauffement climatique** », qui permet d'évaluer la quantité d'émissions de gaz responsable de l'effet de serre, ce sont les contributeurs PCE et Energie qui se partagent de manière presque équivalente les émissions de gaz à effet de serre et qui permettent ainsi de passer facilement le seuil C2 de EgesPCE. Les lots les plus impactants sont cette fois les lots 7 (Revêtements des sols, murs et plafonds), 8 (CVC) et 10 (Courant fort) qui correspondent aux lots renouvelés lors d'une rénovation. Un des points positifs des travaux de rénovation est qu'ils permettent d'éviter les impacts dus au gros œuvre (lots 1, 2 et 3 : lots touchant à la structure du bâtiment) par rapport à une construction neuve. Ces résultats confirment, pour le réchauffement climatique en particulier, qu'une solution pour diminuer de façon drastique les GES et atteindre un niveau ambitieux d'un point de vue carbone réside dans la rénovation et les actions en faveur de l'économie circulaire.

Concernant les indicateurs « **Catégories de déchets** », les travaux de rénovation permettent de réduire à minima par deux la quantité de déchets non dangereux d'un chantier par rapport à la construction d'un bâtiment neuf sur l'ensemble du cycle de vie. Il est possible que le constat soit le même pour les déchets dangereux. Toutefois aucune valeur de référence n'existe actuellement.

L'indicateur « **Epuisement des ressources abiotiques** » montre que, lors d'une rénovation, ce sont les lots allant de 8 à 12 qui sont les plus impactants. C'est un constat identique à celui fait dans l'étude sur les bâtiments neufs. Cependant, il convient de nuancer ces résultats car ce sont des lots forfaitaires et d'autres modélisations sans lots forfaitaires seraient nécessaires pour confirmer ces hypothèses.

En synthèse, il faut retenir que les travaux de rénovation sont un moyen efficace pour atteindre le niveau C2 pour un bâtiment car les impacts du gros œuvre sont amortis.

La rénovation constitue ainsi une solution pour atteindre les ambitions fixées sur le carbone mais aussi, de manière globale, pour avoir des bâtiments plus performants d'un point de vue environnemental.

LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS DU TEST HQE PERFORMANCE ECONOMIE CIRCULAIRE

En 2019, l'Alliance HQE-GBC a lancé le Test HQE Performance Economie Circulaire. Ce test avait pour but d'évaluer les impacts des actions réalisées en termes d'économie circulaire. Pour limiter les impacts environnementaux d'un bâtiment, il faut réfléchir sur toute sa durée de vie, de l'extraction des matières premières à sa fin de vie. C'est pourquoi l'ACV est une méthode de calcul d'impacts intéressante pour les projets intégrant des préoccupations d'économie circulaire.

Pour l'ACV d'un bâtiment, les données nécessaires sont disponibles





dans les FDES et PEP qui recèlent aussi d'autres informations que celles utiles pour la RE2020 et l'indicateur sur le réchauffement climatique. En effet, les déclarations, permettant de connaître les impacts environnementaux des PCE, contiennent en tout 28 indicateurs environnementaux répartis en 4 parties : impacts environnementaux, consommation de ressources, catégories de déchets et flux sortants.

Un passage d'une économie dite « linéaire » à une économie circulaire nécessite la connaissance des flux de matières. Pour cela, un outil existe : l'analyse des flux de matières ou MFA (Material Flow Analysis). Lors d'une MFA, les flux entrants (matières premières et matières secondaires) et les flux sortants (déchets ultimes et déchets valorisables) sont analysés en prenant en compte aussi la localité des matières. Pour évaluer la performance en termes d'économie circulaire d'un bâtiment, on va s'intéresser tout particulièrement, en entrée, à l'**indicateur « Utilisation de ressources secondaires »** et en sortie, aux indicateurs « **Composants destinés à la réutilisation** » et « **Matériaux destinés au recyclage** ». L'atout du MFA est que les données utiles sont les mêmes que celles

utilisées pour l'ACV du bâtiment. Ainsi, le recours à une MFA est facilité pour l'utilisateur.

Le Test HQE Performance Economie Circulaire, qui incluait dans son panel des bâtiments neufs et des bâtiments rénovés, a confirmé les constats des précédentes études sur les ACV en neuf comme en rénovation.

D'ailleurs, il a surtout permis de montrer le potentiel élargi des données, déjà mises à disposition pour l'expérimentation E+C-, pour mettre en lumière des indicateurs comme « Utilisation de matières secondaires » ou les flux sortants.

Pour conclure, la RE2020 représente un premier pas vers l'objectif de 100% de bâtiments durables. Grâce à ses travaux sur la rénovation et l'économie circulaire, l'Alliance HQE-GBC est prête à collaborer dans une logique d'anticipation sur l'écriture de la future RE2025, en coopération avec l'Etat et les maîtres d'ouvrage. Les tests menés ont déjà fourni des résultats intéressants et permettront de créer de nouvelles méthodologies utiles pour poursuivre l'objectif de bâtiments plus sobres en ressources et moins impactants pour le Climat.

D'autres chemins sont aussi à explorer pour améliorer la définition d'un bâtiment durable. La considération pour la qualité de l'air intérieur, déjà évoquée dans l'article 181 de la loi ELAN, ou encore l'échelle quartier constituent également des pistes de réflexion intéressantes. C'est pourquoi, l'Alliance HQE-GBC coordonne et participe, avec ses membres, à différents travaux tels que [HQE Performance quartier et Quartier E+C-](#) et [Quartier E+C-](#) à l'échelle des opérations d'aménagement, l'évaluation de la QAI en exploitation ...

Enfin rappelons qu'au niveau international, la France sera le premier pays à disposer de seuils réglementaires basés sur l'ACV pour tous les bâtiments neufs : résidentiels et non résidentiels, publics et privés. Ses résultats sont en outre très attendus en particulier en Europe. L'Alliance HQE-GBC est fière de porter les couleurs de la France et du savoir-faire français au-delà de nos frontières et ainsi contribuer collectivement l'atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050 dans le monde.

— Alliance HQE-GBC

LES DÉCLARATIONS ENVIRONNEMENTALES, LE CARBURANT DE LA RE2020

Si les déclarations environnementales sont indispensables pour l'application de la future RE2020 et le calcul ACV d'un bâtiment, la bonne compréhension de leur utilisation est un enjeu fort. C'est une des missions de sensibilisation que s'est donnée la Base INIES. Cet article propose ainsi des recommandations pour l'utilisation des données dans l'analyse de cycle de vie d'un bâtiment.

CONTEXTE

La Base INIES comporte plus de 2 500 déclarations environnementales (FDES et PEP) collectives ou individuelles. Néanmoins la mise en place de l'expérimentation E+C- préfigurant la réglementation environnementale 2020 a mis en lumière un besoin complémentaire de FDES pour certains produits de construction et de PEP de produits électriques et électroniques.

Pour répondre à cette demande, une méthodologie de calcul de données environnementales par défaut (DED) a été mise au point par les Ministères de la transition écologique et solidaire et de la cohésion des territoires.

L'analyse des projets répertoriés au sein de l'observatoire E+C- a mis en exergue qu'entre 40 et 50 % des données utilisées dans les ACV bâtiment de l'expérimentation sont des DED, dont une partie est utilisée alors même que des FDES spécifiques correspondantes existent dans la base INIES. L'établissement d'une déclaration spécifique ou collective, FDES ou PEP, représente un effort important fourni par un industriel ou une filière et il est dommage de s'en passer. Aussi, il pourrait être intéressant de proposer quelques rappels de principes d'utilisation des données environnementales aux réalisateurs d'ACV Bâtiment. D'autant que les FDES et PEP sont le meilleur moyen de réaliser une ACV Bâtiment conduisant à un bilan

environnemental au plus proche de la réalité, comparativement aux DED qui en donnent une valeur surévaluée.

Face à ces constats, cet article propose quelques rappels et recommandations pour guider les modélisateurs d'ACV bâtiment et les éditeurs de logiciels dans l'utilisation des DE pour le calcul d'analyse de cycle de vie des bâtiments.

QUELLES DONNÉES ET DANS QUEL ORDRE LES UTILISER ?

L'ensemble des données environnementales est mis à disposition dans INIES.

Les données sont de 4 types :

- > Les données spécifiques (FDES individuelle ou collective, PEP individuel ou collectif)
- > Les données par défaut
- > Les données forfaitaires
- > Les données conventionnelles

Seules les données spécifiques (FDES ou PEP) issues ou non d'un configurateur sont vérifiées par tierce partie indépendante selon le programme INIES et le programme PEP Ecopassport.

Ces données spécifiques sont donc à utiliser en priorité car elles sont représentatives d'un produit ou d'un équipement bien défini. Dans le cas où aucune donnée spécifique n'est disponible pour le produit ou équipement considéré, on utilisera alors une donnée par défaut fournie par le Ministère (DED).

Lors de la réalisation de l'ACV du bâtiment à sa livraison, les entreprises sont connues et les produits et équipements effectivement mis en œuvre le sont généralement aussi. Il est donc possible, lorsqu'elles existent de repérer les données environnementales correspondantes dans INIES ou via les logiciels d'ACV bâtiment.

Toutefois les projets « bâtiment » sont créés de façon itérative et les bureaux d'étude ont besoin dès le début de projet d'avoir une idée de ce que pourrait être le résultat du calcul. Or, en phase de conception, on ne peut obtenir qu'une approximation du résultat de la performance environnementale du bâtiment compte tenu des choix non définitifs sur les produits et équipements. Mais cette approximation sera pénalisée en cas d'utilisation de DED du fait des coefficients de sécurité appliqués.

Les industriels rappellent donc que les FDES et PEP collectifs sont aussi là pour être utilisées lorsque la marque du produit n'est pas encore connue. Au fur et à mesure des étapes de conception et de réalisation, la nature des composants et les métrés se précisent et le bilan environnemental se révèle de plus en plus précis. Dans le cadre des marchés privés, en particulier, où la prescription d'un produit/équipement



est autorisée, la précision de la performance environnementale du bâtiment peut être calculée plus tôt que dans des marchés publics.

Données spécifiques

Il s'agit de données opposables, dont la responsabilité de la production, de la mise à jour et de la vérification incombe à un acteur identifié.

Il y a plusieurs types de données spécifiques :

- > Déclarations environnementales individuelles
- > Déclarations environnementales collectives

Il existe aussi des FDES issues de configurateurs (collectives ou individuelles).

Les FDES sont réalisées en respectant les normes NF EN 15804+A1 et complément national NF EN 15804+A1/CN. A partir de mi-2021 elles pourront être établies selon la norme NF EN 15804+A2. Les industriels réfléchissent à la

période de transition afin de mettre à disposition des données de qualité.

Les PEP sont réalisés en respectant le PCR ed.3 et bientôt le PCR ed.4 qui sortira en début d'année 2021.

Les données spécifiques correspondent à des produits réellement mis sur le marché. Elles sont mises à disposition pour une unité fonctionnelle précisée (application du produit et performance principale) pour l'ensemble du cycle de vie du produit.

Si la déclaration environnementale (FDES/PEP) d'un produit n'est pas disponible dans INIES mais qu'il en existe une pour le même produit (du même déclarant) pour une caractéristique telle que dimension, résistance thermique, résistance mécanique différente alors celle-ci peut être utilisée si la caractéristique est supérieure à celle du produit choisi. En effet cela revient à utiliser une donnée environnementale majorante pour le projet.

Il est également important de rappeler que les FDES/ PEP fournissent les données environnementales des produits de construction et équipements sur tout leur cycle de vie (modules A, B, C et D) :

- Le module B permet de traduire les éventuels remplacements de composants ou encore la maintenance nécessaire pour assurer la durée de vie du produit ou de l'équipement.
- Dans le cas d'utilisation de PEP (et éventuellement de FDES) comportant des valeurs non nulles dans les modules B6 et B7, celles-ci ne sont pas prises en compte dans le calcul ACV Bâtiment car elles sont remplacées par les consommations du bâtiment.
- Dans le cas du remplacement d'un produit ou équipement dans le bâtiment, la fabrication, l'acheminement et l'installation du nouveau produit (Module A du produit) sont comptabilisés dans le module B du calcul du bâtiment. Le transport vers un centre de collecte et le traitement du produit remplacé (module C du produit) sera intégré dans le module C du bâtiment.
- Après 50 ans de durée de vie conventionnelle, le bâtiment est considéré comme déconstruit/ démolit pour le calcul. Le module C fourni dans les FDES/PEP représente l'impact environnemental de la dépose/ démontage puis du traitement des produits de construction ou équipements. Ce module prend

en compte les informations de fin de vie actuelle pour établir les proportions de chaque voie de valorisation.

- Les bénéfices liés à la réutilisation, récupération et recyclage des produits et équipements, présents dans les modules D des FDES et des PEP, sont intégrés dans le module D du bâtiment.

Données par défaut (DED)

Il s'agit de données développées par le Ministère en charge de la construction. En l'absence de données spécifiques, les données par défaut ont pour but de permettre le calcul aussi complet que possible de l'ACV d'un bâtiment.

Les DED, mises à disposition par des institutionnels, apparaissent avec pour nom de déclarant « Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la mer - Ministère du logement et de l'habitat durable » et cela peut favoriser leur utilisation.

Mais pour rappel, ces données par défaut sont des données théoriques et calculées soit à partir des données des industriels mises en ligne sur la base INIES, soit à partir d'informations très génériques et font l'objet de grosses approximations.

Ces données sont également pénalisantes pour limiter leur utilisation au strict nécessaire (de 30 à 100 % de la donnée issue des FDES des industriels ou de façon inconnue en l'absence de FDES).

Données forfaitaires

Il s'agit de données établies par le Ministère en charge de la construction pour certains lots du contributeur produits de construction et équipements (lots 8, 9, 10, 11 et 12). Ces valeurs devraient être remplacées rapidement par des valeurs de sous-lots au fur et à mesure de l'arrivée de nouveaux PEP.





Il est important que cette implication forte des industriels soit suivie d'une plus intense utilisation de leurs FDES/PEP. Il est donc utile de rappeler le rôle supplétif des DED, mis à disposition pour pallier l'absence de données spécifiques.

Données conventionnelles

Il s'agit de paramètres des modèles de calcul, d'utilisation obligatoire et ils sont non modifiables, non opposables. Par exemple, les données météorologiques, les scénarios d'usage, ou encore les impacts environnementaux de mise à disposition des services (énergie, eau), sont des données conventionnelles.

LES RECOMMANDATIONS

Les industriels réalisent de plus en plus de FDES/PEP pour accompagner au mieux la mise en place de la RE2020. Véritable outil d'éco-conception des produits et équipements du bâtiment et répondant aux besoins d'informations environnementales, Ces déclarations permettent au fur et à mesure d'enrichir la Base INIES avec des informations vérifiées par tierce partie et d'affiner au mieux les ACV bâtiment.

Dans cette perspective les bureaux d'étude qui réaliseront les études RE2020 doivent poursuivre la formation de leurs équipes pour qu'elles acquièrent la double compétence thermique/ACV de façon à bien connaître les spécificités des différents produits d'une part et d'autre part à bien utiliser les FDES/PEP (choix de la FDES, vérification de l'unité fonctionnelle, la durée de vie du produit, ...) et les DED (quand FDES/PEP du produit n'existe pas).

Les bureaux d'étude comme les maîtrises d'ouvrage semblent avoir conscience de la nécessité d'optimiser leurs études et d'éviter autant que possible le recours aux DED qui impactent négativement le bilan environnemental. Il apparaît toutefois toujours utile de continuer à sensibiliser ces derniers

à l'importance de ne pas sous-estimer, y compris financièrement, le temps à passer pour obtenir une ACV bâtiment de bonne qualité, c'est-à-dire avec les données les plus précises possibles.

Enfin, les pouvoirs publics doivent comprendre qu'il est difficile de mener une étude ACV bâtiment « plausible » en début de projet. L'ACV doit se faire de façon itérative pour bien accompagner la conception au fil du projet. Comme beaucoup d'autres études, indispensables lors de la construction d'un bâtiment, elle s'affine au fur et à mesure de l'avancement grâce aux choix constructifs opérés et à la définition plus précise des produits et composants.

— Alliance HQE-GBC

BIM ET ANALYSE EN CYCLE DE VIE

L'univers du BIM propose depuis plusieurs années une myriade de possibilités d'utilisation destinée à faciliter la cohérence des études, le flux de données, le travail collaboratif et le partage d'informations. Loin des concepts théoriques, les bureaux d'études sont aux prises avec les différents outils, la formation des collaborateurs, la mise en pratique du BIM.

L'ACV est le type d'étude sur laquelle le BIM pourrait s'avérer d'une grande aide de part l'automatisation d'un certain nombre de tâches fastidieuses et chronophage. Le BIM doit permettre de réaliser calculs itératifs, variantes, prise en comptes des modifications sans temps de métré, de recherche. Un outil rêvé à l'aube de la RE2020 afin d'optimiser le temps d'étude et de proposer des prestations qualitatives.

D'autant que la crise COVID nous a montré l'intérêt des solutions numériques collaboratives qui tendent à rendre l'entreprise résiliente face aux différents évènements. Dans les métiers de la conception l'interaction entre spécialités et maître d'ouvrage est impérative et ces outils devraient le permettre.

Certains domaines étaient à l'avant-garde du BIM que nous trouvons aujourd'hui dans la construction. Prenons par exemple les constructeurs

de machines spéciales pour l'industrie (cosmétique, pharmaceutique, automobile...), la conception est intégralement réalisée en maquette 3D et nombreux calculs sont effectués à l'appui de ces maquettes, les matériaux et matériels y sont spécifiés. Et cela depuis plusieurs décennies. Il en est de même pour l'aéronautique.

Mais que dire plus particulièrement de l'application du BIM dans le cadre du label E+/C- ?

Quels sont les freins et opportunités du BIM pour réaliser une ACV ?

UNE DÉFINITION DU BIM

La notion de BIM dont nous entendons largement parler va bien au-delà de la simple maquette 3D, sa définition est complexe et un consensus clair sur le sujet reste à établir.

Néanmoins nous pouvons qualifier le BIM de méthode de travail collaborative ayant pour support une modélisation paramétrique

multidimensionnelle des ouvrages. Modélisation partagée, intelligente et structurée, et établie selon des niveaux de précision et de standardisation prédéfinis.

Cette notion a pour vocation de couvrir l'ensemble des cycles de la vie d'un bâtiment : Conception, Réalisation, Exploitation, démolition en structurant les données et rôles des intervenants.

Le BIM s'impose théoriquement comme une solution ayant pour vocation de permettre une collaboration étroite et fluide entre l'ensemble des acteurs d'un projet afin de permettre une conception de meilleure qualité, une détection en amont des problématiques « chantier », une maîtrise des coûts de construction par des ajustements en temps réel.

Il est important de souligner que le BIM n'est pas un logiciel mais un univers d'outils et de plateformes qui sont interoperables par le biais d'une standardisation des échanges et flux de données.

Grâce aux travaux des différents acteurs Français concernés, la normalisation de la démarche devient aboutie et facilite les travaux. Les normes internationales tendent à converger et harmoniser les principes. De nombreux pays ont aujourd'hui fait du BIM une base de travail impérative.

L'ANALYSE EN CYCLE DE VIE

L'expérimentation E+/C- a mis en exergue l'analyse en cycle de vie en introduisant la composante Carbone comme indicateur majeur de l'impact des constructions sur notre environnement.

Néanmoins les acteurs de la certification environnementale réalisaient déjà des ACV demandées dans le cadre de différents labels (HQE Haute Qualité Environnementale, BBCA Bâtiment Bas Carbone, BREEAM Building Research Establishment's Environmental Assessment Method et LEED Leadership in Energy and Environmental Design) ou à la demande de cahiers des charges environnementaux imposés par les

maîtres d'ouvrages, aménageurs, collectivités.

L'analyse en cycle de vie consiste en un inventaire précis des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un matériau, d'un produit ou d'un système. Cette analyse est conduite « du berceau à la tombe » et repose une analyse multicritère. Normalisée depuis longtemps, l'ACV s'impose aujourd'hui comme un bon outil de quantification des impacts environnementaux de l'ensemble des activités humaines.

Toutefois, l'ACV en E+/C- est une analyse simplifiée ayant pour vocation à quantifier les impacts Carbone au stade de la construction et sur l'ensemble de la durée de vie d'un ouvrage.

Contributeurs qui sont décomposés suivant leur phase d'utilisation et leur remplacement tout au long de la vie de l'ouvrage.

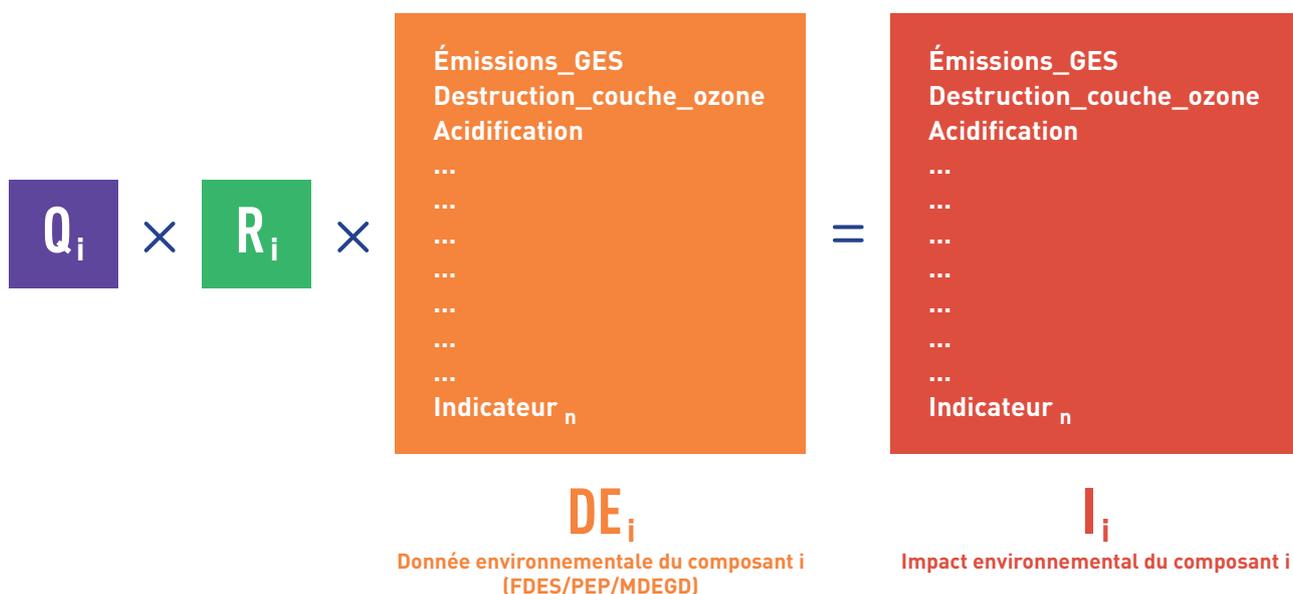
S'en suit un calcul d'impact global rapporté à la durée de vie conventionnelle du bâtiment (ci-dessous).

Calcul qui s'appuie pour chaque composant ou lot, soit sur des fiches de données par défaut ou sur des fiches de données environnementales et sanitaires regroupées en bases de données.

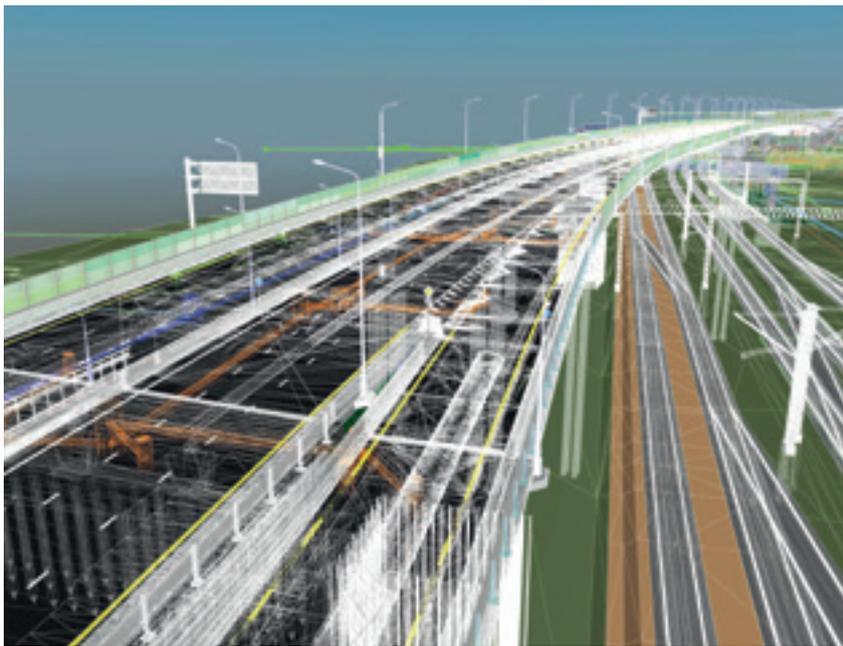
NOS PREMIERS PAS - NOTRE REX

La tentation est grande lorsque l'on s'imagine que l'ACV est un simple croisement de quantitatifs de matériaux et de données environnementales unitaires puis une somme par lot sur la durée de vie de l'ouvrage. Le BIM de par sa promesse semble être **l'outil tout indiqué pour s'épargner les fastidieux métrés et les itérations nécessaires à l'amélioration du bilan d'un bâtiment.**

Bien souvent, nos études sont adossées à d'autres calculs tels que les études d'éclairage naturel, les héliodons, les simulations thermiques dynamiques, études de gaines techniques, dimensionnements fluides et bien sûr les calculs réglementaires.



Source : <http://www.batiment-energiecarbone.fr/>



La maquette BIM associée à des outils de calcul thématiques devrait donc permettre de réaliser ces calculs rapidement avec un retour d'informations venant agrémenter la maquette de cette plus-value.

Nous avons donc, dès les premières études E+/C- envisagées, échangé avec les maîtres d'ouvrages qui eux aussi séduits par l'idée ont choisi de réaliser quelques projets pilotes en BIM.

Dès le stade de l'avant-projet en vue du dépôt de permis de construire un travail collaboratif est réalisé entre maîtrise d'ouvrage, architecte, les différents bureaux d'études (Thermique, Fluides, Structure, Acoustique, Environnement) et l'économiste afin de fournir dans un délai serré un projet au budget et répondant aux différents niveaux d'exigence.

Les premiers écueils rencontrés et que nous rencontrons encore peuvent s'apprécier suivant deux plans. Dans un cas nous disposons **d'une maquette dont la saisie par l'architecte ne nous permet pas ou difficilement d'attribuer**

les ouvrages dans les lots d'ACV (Les produits de construction et équipements utilisés doivent être répartis selon 13 lots, eux même décomposés en sous-lots. Cette répartition conditionne la validité du récapitulatif standardisé d'étude énergétique et environnementale RS2E). Dans un autre cas **le degré de précision de la maquette est trop important** et nous avons observé que plus l'ACV est réalisée précisément, plus l'impact carbone du projet est important. Cet écart de précision montre aussi que certains principes évoluent pendant la conception. **Nous en revenons donc à nos métrés « manuels » et à l'affectation aux sous lots de l'ACV et attribution de FDES, PEP ou MDEGD.**

Il en ressort deux conclusions : **En phase d'avant-projet l'extraction des quantitatifs est complexe dans les délais impartis et temps alloués aux ingénieurs. Le niveau de détail de la maquette est souvent inadapté à la réalisation d'un calcul fiable. Calcul qui s'avère être imprécis ou erroné.**

Pendant la durée de vie du label E+/C- nous sommes passés par

plusieurs expérimentations internes tant au niveau des solutions logicielles proposées, qu'au niveau des modalités pratiques de transfert de données, d'export et de récupération depuis les maquettes. Sans parvenir réellement à bénéficier de l'avantage du BIM en ACV. **Au niveau des études citée ci-dessus, les maquettes 3D se « prêtent bien au jeu », mais pour l'ACV le temps passé à paramétrer les logiciels, à vérifier la cohérence des échanges est pour le moment souvent plus important qu'une étude avec métré « classique ». C'est un frein notable pour la bonne diffusion du BIM.**

Il n'y a que récemment que nous parvenons à établir un flux de données entre une maquette REVIT, un logiciel d'ACV via base de données CSV. Cette base de données est aussi éditable par l'ensemble des contributeurs au projet, cela facilite de travail collaboratif.

Autre point qui nous a posé des difficultés, sur la durée de vie d'étude d'un projet, **les différentes fiches FDES liées aux ouvrages ne sont pas historisées et évoluent dans la base de données INIES. De ce fait, une étude parfaitement valable 6 mois auparavant ne présente alors plus les mêmes résultats.** Cela s'avère problématique quand des opérations sont suspendues et redémarrent. Difficile d'expliquer aux maîtres d'ouvrages une dégradation des performances à spécification identique.

Le E+/C- a fait se rencontrer deux métiers de notre bureau d'études, le thermicien et l'ingénieur en environnement, l'impact de la conception en thermique influe tant sur le poids carbone des matériaux que sur les émissions liées aux consommations. Emissions qui sont quantifiées par l'ingénieur en

environnement avec son calcul d'ACV mais conditionnées par le thermicien qui s'évertue d'avoir la meilleure performance au meilleur coût.

Il y a donc là un travail itératif et collaboratif mais qui subit les mêmes déconvenues que sur l'ACV pure bien que le report de l'impact énergétique soit sur certaines suites logicielles automatisés.

En somme, tant que la chaîne de traitement des outils BIM ne permettra pas de gain de temps, il sera complexe de généraliser le BIM et d'y trouver son compte. **La mise en place du BIM est coûteuse en matériel, en logiciels, en formation et en temps, naturellement sans véritable valeur ajoutée permettant un amortissement de ces investissements, il est donc souvent complexe de se projeter.**

Toutefois, nous constatons que les outils vont en s'améliorant. Les éditeurs de logiciels font leur œuvre, mais il reste un chemin à parcourir avant d'aboutir à des solutions fluides, cohérentes et partagées. Nous voyons l'intérêt des maîtres d'ouvrage grandir, les collaborateurs monter fortement en compétence et donc la transition qui s'amorce.

UNE VISION DU DEVENIR DU BIM ET DE L'ACV

Ces écueils ont fait l'objet de larges échanges au sein de la profession et régulièrement de nouvelles solutions voient le jour, les éditeurs de logiciels se saisissent de cela. Certaines solutions logicielles d'ACV proposent aujourd'hui de réaliser des calculs itératifs et multi hypothèses rapides afin de positionner un bâtiment et varier les solutions en un délai très court. D'autres outils permettent de travailler plus rapidement le tri des matériaux par une classification « intelligente ».



Le monde du logiciel saura rapidement s'adapter et proposer dans la cadre de la RE2020 des outils qui épargnent les tâches fastidieuses et sans valeur ajoutée (métrés, saisies) pour consacrer les temps d'étude à la recherche de solutions qualitatives.

Le BIM permet une historisation des phases de conception et les bases de données seront, j'imagine très prochainement reliées aux outils. Outils qui comporteront au fur et à mesure des ensembles et sous-ensembles cohérents, exportables en format standardisé. Mais aussi une valorisation graphique des impacts Carbone et leur mise en valeur sur différentes itérations, variantes, phases de conception.

Nous pourrions même imaginer (à un certain horizon) que sur la base de **l'intelligence artificielle, la conception des bâtiments soit grandement facilitée par l'exploration de multiples variantes tenant compte de très nombreux paramètres** (climat, ressources, chaînes d'approvisionnement, durabilité, recyclabilité). Le but étant de trouver **le meilleur point**

d'équilibre de tous ces facteurs ou d'en favoriser un sans dégrader les autres.

Il conviendra de **poursuivre nos efforts de formation continue** et d'acculturation de la profession, que les cursus des techniciens, ingénieurs comportent un bagage BIM pour faire monter nos collaborateurs en compétence.

En conclusion, **l'expérimentation E+/C- a permis d'identifier les forces et faiblesses du BIM sur le volet ACV, c'est d'ailleurs bien l'objet d'une expérimentation.** Il reste du chemin à parcourir et la crise COVID nous a permis de mettre en place dans un délai rapide des solutions collaboratives. Cette crise repousse aussi par choix politique la mise en application de la RE2020. **Même si le combat contre le réchauffement climatique ne doit pas connaître de répit, profitons de ces quelques mois de plus pour « affûter » nos outils et pratiques afin d'appliquer pleinement la RE2020 à l'été 2021.**

— **Julien GARNIER**

DGD de Cardonnel Ingénierie, CINOV Ingénierie, CINOV Numérique

LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE LA RE2020

**L'application de la RE2020 accélèrera-t-elle le déploiement du BIM sur les programmes de construction ?
L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) d'un bâtiment fédère plusieurs acteurs autour d'un projet. Faut-il mettre en place des processus collaboratifs pour faciliter la communication et optimiser le bilan carbone du projet ?**

Les équipes de maîtrise d'œuvre s'activent pour tester et expérimenter des cas d'usage autour des outils digitaux afin de répondre aux futures obligations.

Les bâtiments produisent 36% de toutes les émissions de CO₂ dans l'union européenne et 26 % en France. Pour atteindre la neutralité carbone inscrite dans la loi européenne, les pays mettent en place des règles/lois pour contraindre ce secteur. En France, l'expérimentation E+C- engagée depuis le 18 novembre 2016 permet de définir les contours de la RE2020 (réglementation environnementale) dont les textes référents sont attendus pour fin 2020 avec une application mi 2021.

L'ajout de la RE2020 à la RT2012 (réglementation en application depuis 2011) apporte des évolutions importantes :

- > La RT2012 concerne l'enveloppe thermique et les systèmes techniques (Chauffage, Refroidissement, ECS, Ventilation). La RE2020, quant à elle, englobe tous les matériaux et composants présents durant l'acte de la construction mais également la gestion du chantier et des transports associés. Si la RT2012 renvoie à des données thermiques (Lambda, R ...) pour son calcul, la RE2020 fait appel à des données environnementales calculées par les industriels suivant leur processus de transformation, fabrication et transport (Fiche FDES, PEP)
- > La RT2012 possède une méthode de calcul complexe basée sur les règles physiques de la thermique et de l'énergétique avec des données d'entrées plus ou moins simplifiées suivant leurs

paramètres. En complément de cette réglementation Thermique, la RE2020 engage le bâtiment dans une approche carbone basée sur un calcul simple (addition et multiplication) nécessitant des données d'entrées nombreuses (quantitatifs de tous les matériaux) et complexes (Fiche FDES et PEP).

- > L'application de la RT2012 impose à l'étape du PC le seul calcul de l'indicateur BBio (critère Bioclimatique) qui caractérise parfaitement l'étape de conception de ce jalon (conception architecturale placée dans son environnement). Il est fort probable que, dans le cadre de la RE2020, dès le PC, il soit demandé un calcul de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) du bâtiment alors que tous les choix techniques, aménagements et finitions ne sont pas encore définis. Pour autant, ce calcul nécessite l'extraction des quantitatifs (même approximatives) et l'affectation des matériaux.

Nous le constatons, l'application de la RE2020 demande donc de mettre en place un processus de mise à jour continue, basé sur des hypothèses qui seront validées, adaptées et corrigées au fil de la conception et de la construction. **Les outils numériques et le BIM (Building Information Modeling) s'imposent comme une formidable opportunité pour les équipes de gérer l'indicateur carbone de façon dynamique !**

Les Bureaux d'études thermiques ont récupéré cette mission carbone, du fait de la continuité de la mission énergétique. Toutefois, l'ACV devra être instruite avec les informations en provenance de l'économiste et de l'architecte, bien plus qu'actuellement avec la RT !

Dans la phase de conception, l'analyse carbone est un véritable

travail d'équipe entre le maître d'ouvrage, l'architecte, l'économiste et le thermicien pour lequel, un processus collaboratif s'impose.

Acteur depuis plus de 10 ans dans l'ingénierie thermique, fluides et carbone le BE Fluditec (Bretagne - adhérent CINOV Ingénierie) expérimente différentes solutions pour faciliter ces flux d'informations entre les différents acteurs.

EXPÉRIMENTATION D'INDICATEURS SUR PROGRAMME BBCA

Le premier cas d'usage concerne la conception d'un collectif BBCA (Bâtiment Bas Carbone) niveau excellence pour le compte de Coop-Logis à Orvault (44). Dès 2017, l'exigence du programme a mis en évidence la nécessité d'introduire des indicateurs de pilotage.

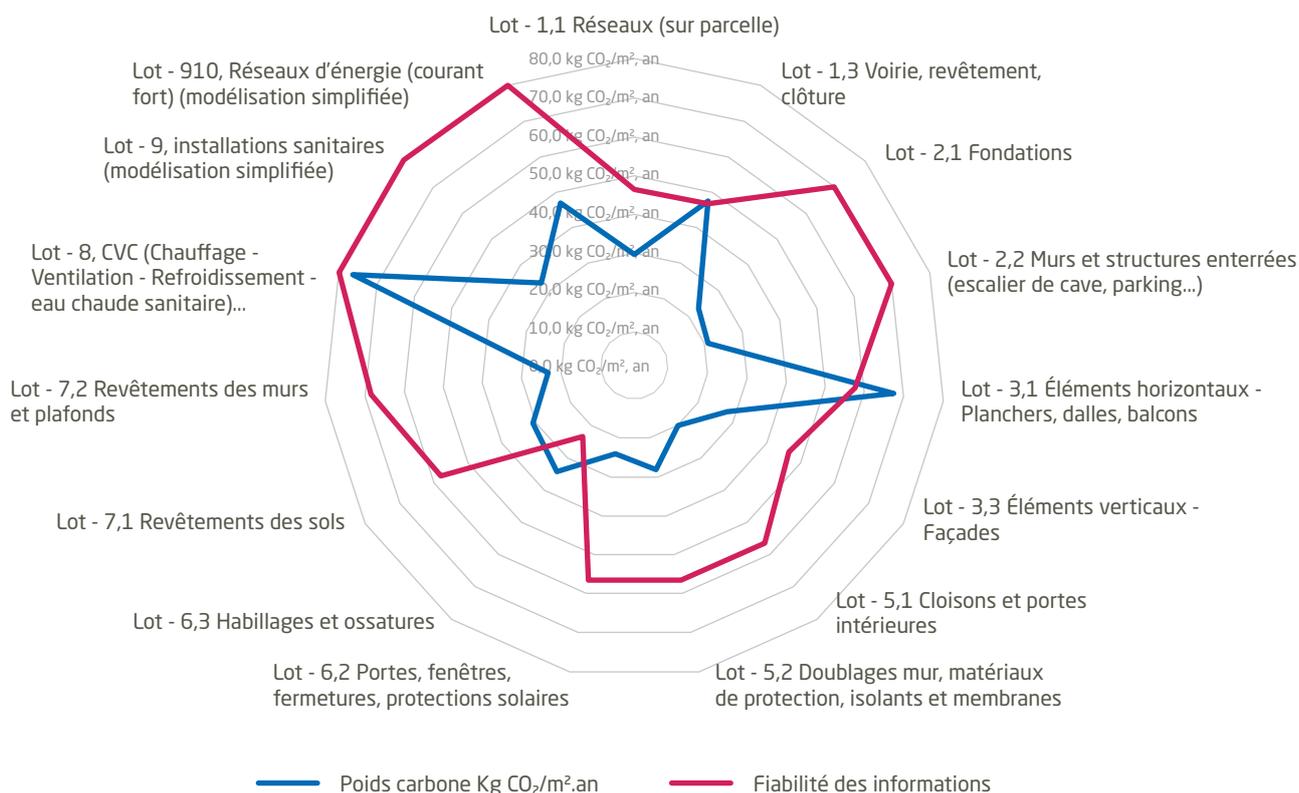
Reprenant la structure des lots du calcul ACV établie dans le cadre de l'expérimentation E+C- (7 lots pour les produits de construction - PCE, 7 lots pour les systèmes), une cartographie colorée a permis aux équipes de mesurer la robustesse des données au regard de plusieurs critères :

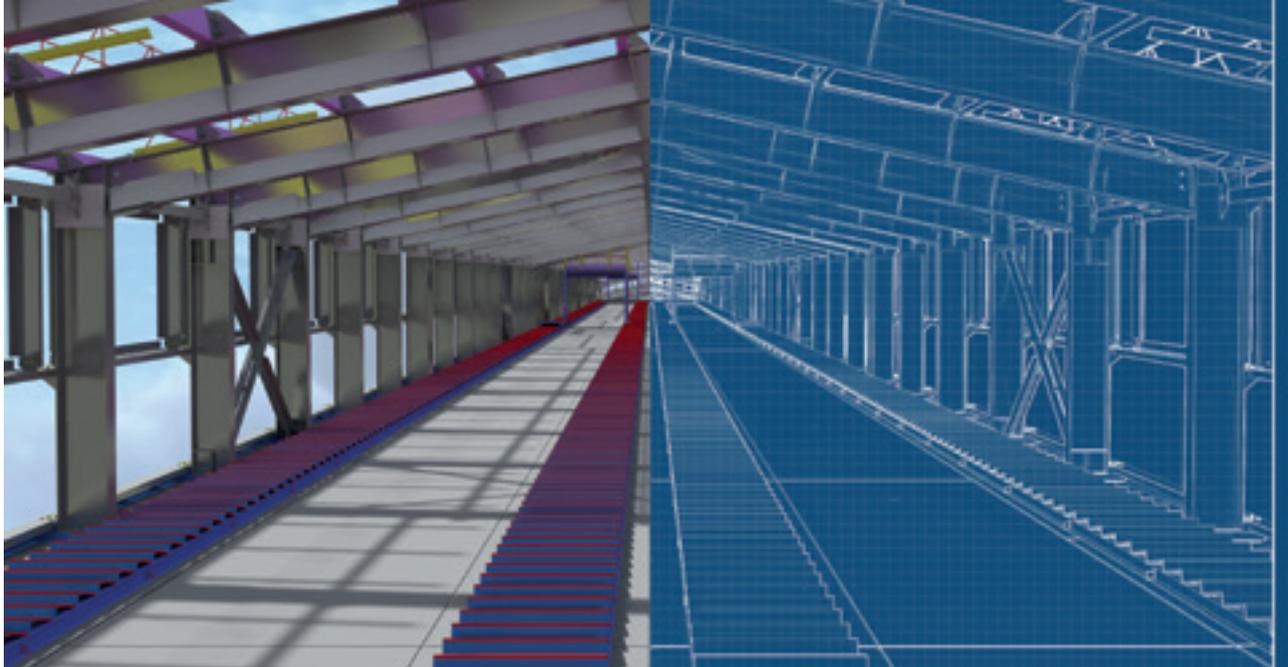
- > Saisie du quantitatif (plus ou moins robuste en fonction de l'origine des informations)
- > Saisie des fiche FDES / PEP (Par défaut, par famille, individuelle...)

Ce niveau de fiabilité exprimé en pourcentage est matérialisé dans un graphe de type Radar (voir ci-après) qui visualise le poids carbone du lot (vert) au regard de la fiabilité des informations saisies (jaune).

Par l'intégration d'un indicateur de fiabilité de la saisie technique, les

↓ SUIVI DE FIABILITÉ DE LA SAISIE ACV





acteurs du projet peuvent gérer les priorités et visualiser les informations au gré de l'avancement du projet. L'objectif est de faire évoluer l'indicateur carbone en apportant le plus possible d'éléments qualifiés (Fiche FDES et Quantité) et robustes afin d'atteindre une fiabilité de 100%.

DIGITAL ET ACV

Dans le chapitre précédent, nous avons mis en évidence la nécessité d'utiliser des données fiables. La MN (Maquette Numérique) BIM est un élément qui permet de lier les quantités aux plans de conception établis par la maîtrise d'œuvre. L'évolution du modèle suivant les niveaux de définitions (LOD -Level Of Développement) successifs permettra de compléter d'affiner et de fiabiliser la donnée extraite.

Toutefois, il est important de prendre en considération que tous les acteurs ne sont pas « BIM Ready ». Encore aujourd'hui le BIM n'est pas généralisé sur tous les projets et encore moins sur les projets de petite taille (Maison individuelle/petit collectif). Pour prendre en compte ces contraintes liées à l'accessibilité à la MN (Maquette Numérique) et la nécessité de préparer l'application de la RE2020 (mi 2021), le BE Fluditec expérimente un workflow regroupant Maquette BIM / Outil de calcul ACV / Tableau Excel / Flux collaboratif.

Une équipe travaille depuis mi-2019 sur l'intégration d'un flux continue :



Fluditec - BE thermique



Perrenoud - Editeur de logiciel thermique, ACV, BIM



BIMEO - Editeur de solution numérique dont sa Plateforme collaborative

La base du Workflow s'appuie sur 2 formats de données :

- > Les fichiers au format IFC issues des Maquettes Numériques produites par la maîtrise d'œuvre. Ces fichiers fournissent l'ensemble des quantitatifs des différents objets recensés,
- > Un fichier « csv » reprenant l'ensemble des données (Quantitatif et Fiche carbone) de chaque matériau.

L'enchaînement des tâches se fait suivant un processus définit :

- 1 Le concepteur (architecte / Maître d'œuvre) partage les maquettes numériques au format IFC sur la plateforme app.bimeo et les quantités de chaque objet sont inscrites dans les propriétés du fichier IFC.

- 2 Le bureau d'étude thermique importe les maquettes IFC dans la suite logicielle Perrenoud pour renseigner les données carbonées (FDES/PEP) de chacun des objets. Ces objets peuvent être composés de plusieurs fiche matériaux de sous-objet (par exemple un mur composé d'un parement, d'une peinture, d'une isolation, d'une ossature, d'une structure et d'un enduit). Le BE réalise les calculs RT2012 et RE2020 pour générer les indicateurs de performance (BBio, Cep, PCE, E, C ...). A l'issue de ses calculs, un fichier csv se génère et s'importe sur la plateforme app.bimeo.

- 3 Les données « csv » sont accessibles et modifiables par tous les acteurs du projet. Il est alors possible de modifier les caractéristiques des matériaux ou les quantités suivant l'évolution du projet sans avoir nécessité d'accéder à la maquette numérique ou de posséder de logiciel BIM.

- 4 Après avoir mis à jour les données, ce fichier csv modifié est importé dans les logiciels pour relancer un nouveau calcul RE2020 et vérifier l'évolution des indicateurs.



Par ce processus nous démontrons que la démarche openBIM peut s'appliquer par l'échange d'informations sous format texte ou tableur.

Cette approche, par sa méthode, peut surprendre les experts du BIM du fait de la perte de relation avec la maquette BIM au profit d'un tableur. Nous voulons démontrer par ce processus qu'il est possible de mettre en application des méthodes organisées simples et pragmatiques basées sur des cas d'usage accessibles. Cet usage du BIM nous paraît être un bon compromis pour la conception des pavillons ou collectifs de petites surfaces (inf 1000 m²) pour lesquels l'utilisation du BIM ne doit pas apporter de surcoûts prohibitifs et être intégré simplement.

Ce modèle est en cours de prototypage sur des projets en cours avec les différents intervenants afin de vérifier sa pertinence auprès d'acteurs qui souhaiteraient le tester dans les prochains mois.

Plusieurs obstacles restent à surmonter :

- L'absence de maquette BIM réalisée par l'architecte. Compte

tenu de son utilisation sur des bâtiments simple et non technique (logement), il ne serait pas illogique que cette maquette soit faite par le Bureau d'études Thermique.

- La finalisation des travaux sur les propriétés de l'IFC concernant l'environnement et l'impact carbone. Au stade du PC, les objets sont souvent des éléments génériques conçus de plusieurs matériaux ou objets composés. Il est important de définir les règles de classification et les unités associées pour faciliter les échanges entre les logiciels.
- Actuellement les lots 8 à 12 sont des lots génériques pour lesquels le calcul ACV s'effectue par l'utilisation d'un coefficient multiplicateur appliqué à la surface du projet. Au stade du PC les systèmes ne sont pas toujours définis (même s'il est fortement conseillé de les simuler dans le calcul RT2012). Cette approche forfaitaire doit absolument être maintenue pour simplifier les calculs et faciliter la simulation RE2020
- Il est évident que l'approche RE2020 est un travail progressif qui demande des mises à jour récurrentes afin de faire évoluer le projet vers les objectifs du maître

d'ouvrage (coût, impact carbone, énergie...).

- Le passage de la phase conception à la phase exécution est souvent l'occasion de déléguer aux entreprises la responsabilité des livrables. Dans ce cas des maquettes peuvent être reconstruites en intégrant les niveaux de détail utiles à l'entreprise. Le bureau d'étude devra, alors, refaire un calcul ACV à partir de ces nouvelles maquettes.

La digitalisation des processus dans le secteur de la construction est une véritable opportunité pour optimiser et rationaliser les relations entre les acteurs d'un projet. A chaque étape, il est essentiel de poser les bases d'une organisation simple et efficace. L'initialisation d'une MN au plus tôt dans le projet permet de fédérer l'équipe autour de bases de données fiables et robustes. De nombreuses entreprises ont compris l'intérêt de ce flux pour mieux gérer et optimiser leur organisation. Cela se confirme en particulier pour l'atteinte des objectifs Carbone pour lequel l'utilisation du numérique est un formidable levier.

— **Eric LEROGNON**
Fluditec, CINOV Ingénierie

L'INNOVATION SOCIALE DANS LA GESTION DES AMBIANCES ET DE LA BIODIVERSITÉ POUR LA QUALITÉ DE VIE, CONSUBSTANTIELLES DE LA RE2020

La mesure, ou tout au moins la compréhension des enjeux économiques dans l'innovation sociale de la RE2020 pour les logements, doit s'appuyer sur les connaissances des risques liés au bruit, aux ambiances, à la biodiversité et sur la capacité à se projeter sur des dispositifs qui changent le comportement des individus et modifient le cadre de vie. Pour les experts de la Fédération CINOV et ici en particulier l'acousticien et l'ergonome, il nous paraît important de parler des enjeux de la qualité de vie et de la biodiversité pour le logement.

La mesure ou tout au moins la compréhension des enjeux économiques dans l'innovation sociale de la RE2020 pour les logements doit s'appuyer sur les connaissances des risques liés au bruit, aux ambiances, à la biodiversité et sur la capacité à se projeter sur des dispositifs qui changent le comportement des individus et modifient le cadre de vie. Pour les experts de la Fédération CINOV et ici en particulier l'acousticien et l'ergonome, il nous paraît important de parler des enjeux de la qualité de vie et de la biodiversité pour le logement.

Le questionnement des enjeux d'usages, de la gestion des ambiances et de la biodiversité, étroitement



liés à ceux de la RE2020 pour le logement peut se construire au travers de 6 items¹ :

- > L'innovation de produit, de service ou d'usage, avec l'objectif d'améliorer ceux-ci ou en créer de nouveaux
- > L'innovation sociale, avec l'objectif d'apporter de nouvelles réponses ou méthodes de consultation
- > L'innovation de procédé ou d'organisation, avec l'objectif de changer la manière dont on organise l'activité et tient compte des usages réels
- > L'innovation marketing et commerciale, avec l'objectif d'éduquer et rendre une consommation responsable

- > L'innovation technologique, avec pour objectif une transition maîtrisée et adaptée au plus grand nombre
- > L'innovation de modèles d'affaires, avec pour objectif la recherche de nouvelles règles d'accès aux biens.

L'approche ne pourra pas **être segmentée**, car comme dans la compréhension du risque acoustique et son impact sur la biodiversité, la démarche d'innovation sera **plurifactorielle**.

D'un, elle passera d'une démarche **de compréhension** de l'existant avec une recherche de l'amélioration, à une démarche accompagnée **de conduite du changement** avec des solutions

innovantes partagées et adaptées par et pour le plus grand nombre.

Une démarche innovante doit aussi s'appuyer au préalable sur un processus d'expérimentation avec une approche itérative et surtout intégrer **un processus d'évaluation**.

Si l'on prend la question du logement, la crise du COVID-19, nous a largement démontré que l'offre n'était pas adaptée aux conditions d'exercices d'une activité satisfaisante.

La soudaineté a beaucoup contribué à la pénibilité d'exercice d'une activité.

La cohabitation des publics (horaires décalés pour les soignants, entretiens, ...) la conception des logements et l'aménagement urbain, mais aussi d'autres facteurs exogènes au bâti (présence de la cellule familiale au complet et co activité) ont été des déterminants d'une perception de confort et de qualité d'ambiances qui nous interpellent dans le respect d'une biodiversité.

Pour cela la réflexion sur des nouveaux usages et modes de vie prend tout son sens dans la conception de la ville, du logement et la gestion des ambiances sonores.

L'INNOVATION DE PRODUIT (LOGEMENT, ESPACE URBAIN) DE SERVICE OU D'USAGE, AVEC L'OBJECTIF D'AMÉLIORER CEUX-CI OU EN CRÉER DE NOUVEAUX

Enrichir et donner **de l'adaptabilité** à l'espace existant entre le logement et la ville avec un traitement des ambiances sonores s'appuie sur la compréhension des nouveaux modes de vie et des exigences de qualité de vie individuelle et collective. La notion d'espaces partagés, autrefois appelés parties communes, peut devenir un

prolongement de chez soi et lieu de socialisation et/ou de protection.

La modularité joue aussi sur la réponse à donner aux parcours de vie et exigences des situations. L'activité télétravail, poussée comme une solution miracle, rencontre bien des difficultés dans son application technique, organisationnelle ou humaine, et a été source de désordres acoustiques importants. La perception sonore des extérieurs a encore rendu plus pénible la perception sonore intérieure aux logements.

La conception des espaces, logements et la réponse acoustique doit aussi intégrer dans ses éléments de biodiversité, les multiples activités, services, capacités des usagers, enjeux sociaux et **les exigences perceptives** du bien-être.

Cette compréhension, accompagnement et évaluation des contextes, s'appuie sur une approche globale et des méthodes de concertation.

L'INNOVATION SOCIALE, AVEC L'OBJECTIF D'APPORTER DE NOUVELLES RÉPONSES OU MÉTHODES DE CONSULTATION

Pour lever les freins au partage de l'analyse et à l'engagement dans l'innovation, il est utile d'apporter de nouvelles formes de participation.

L'analyse des usages dans une recherche **quantitative et qualitative**, permet de confronter la subjectivité aux usagers et les aider à rentrer dans leurs images perceptives, à objectiver le contexte et les données. La perception sonore induit de la subjectivité par son impact psychologique (bruit ami, connu, aimant, bruit ennemi subi, culturel...) et sociologique (sentiment d'appartenance).

Cette approche compréhension, diagnostic, s'appuie sur une **démarche participative** qui aide à la représentation et la recherche du compromis favorable à tous. La consultation n'est pas un débat public, elle est organisée sous forme d'ateliers ouverts, ordonnancés dans une construction de choix hiérarchisés qui aideront à définir les exigences techniques de la conception (matériaux, concepts, ambiances...) les exigences organisationnelles (règles, bons gestes...), les exigences humaines (sensibilisation, accompagnement...), pour un espace, logement, vertueux et efficace.

L'innovation tient aussi à un engagement **sur l'évaluation** du résultat. La simulation doit permettre au plus juste de projeter le résultat final et cela demande que le temps et moyens donnés soient appropriés aux enjeux de la performance de l'innovation.

L'INNOVATION DE PROCÉDÉ OU D'ORGANISATION, AVEC L'OBJECTIF DE CHANGER LA MANIÈRE DONT ON ORGANISE L'ACTIVITÉ ET TIENNT COMPTE DU RÉEL

La gestion des ambiances acoustiques dans l'évolution des modes de vie et des usages doit tenir compte de la variabilité, pluridisciplinarité, co activité.

L'organisation des espaces, leurs fonctionnalités, le choix des matériaux peuvent être complétés par les aménagements internes.

Des ouvertures qui donnent sur des espaces paysagers calmes², des circulations qui permettent des croisements des flux et usages (horaires décalés, co activité, cellule familiale...).

Des principes constructifs qui **permettent l'adaptabilité**, avec des cloisons, des flux techniques, des aérations, des connectiques... qui garantissent la maîtrise des risques identifiés.

Des aménagements **urbains** qui tiennent compte des bruits induits par la variabilité des usages, les exigences de la mobilité, la réponse des offres de services (livraison à domicile, ...) les besoins de maintenance (travaux domestiques, d'entretien, paysagers...).

L'INNOVATION MARKETING ET COMMERCIALE, AVEC L'OBJECTIF D'ÉDUCER ET RENDRE UNE CONSOMMATION RESPONSABLE

La gestion des ambiances thermiques dans des études précédentes, a montré combien il était difficile de permettre une gestion raisonnable du fait de la variabilité de la perception du confort.

La maîtrise des ambiances acoustiques et l'appropriation **des « bons gestes »** doit passer par des phases de sensibilisation et d'éducation. Permettre aux utilisateurs de trouver le son juste, le ton juste pour partager les espaces et se protéger soi-même.

Cela va aussi passer par la teneur des messages et des contenus qui valorisent le respect des recommandations pour les produits, la maîtrise des seuils pour les espaces et matériaux.

La proposition de **typologies atypiques**³ qui pourront donner aux logements des opportunités de co-habitation et des lieux communs dessinés pour générer de véritables espaces de vie, de rencontres, d'informations.

Des offres **espaces traversants**, habillés, végétalisés pour faciliter le phénomène d'absorption et le décroissement, complètent l'innovation commerciale et ce dispositif est accentué par des espaces extérieurs tournés vers un cœur d'îlot afin de centrer les bruits « amis » et d'éloigner les bruits exogènes.

L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE, AVEC POUR OBJECTIF UNE TRANSITION MAÎTRISÉE ET ADAPTÉE AU PLUS GRAND NOMBRE

La transition « numérique » apporte de nombreux avantages, mais peut parfois ne pas tenir compte des capacités des usagers.

L'évolution technologique des systèmes de commandes peut entraîner **une dépendance** qui pourrait se traduire par une « nonchalance physique » et l'usager a besoin d'être acteur pour ne pas s'endormir dans un confort aseptisé et subi de la technique.

Le besoin de variabilité, de **confort acoustique**, différent selon que je sois assis au bureau, devant le fourneau, à lire ou jouer doit pouvoir être inter-actif et différencié. Les sons doivent correspondre à des représentations « cognitives ». La situation avec des extérieurs miraculeusement silencieux des bruits habituels a généré chez nombre d'usagers des situations de stress par une perception du vide. Cela nous laisse faire l'hypothèse que le traitement des espaces, de l'urbain devra, permettre « aux espèces » animales, végétales, humaines, technologiques, techniques, d'harmoniser « les bruits » pour continuer à éveiller les sens des usagers.



L'INNOVATION DE MODÈLES D'AFFAIRES, AVEC POUR OBJECTIF LA RECHERCHE DE NOUVELLES RÈGLES D'ACCÈS AUX BIENS

L'adaptabilité du logement, des espaces urbains est un véritable enjeu du point de vue de la performance de la biodiversité.

La multiplicité des usages doit permettre de passer **d'une économie linéaire** à une économie circulaire.

La conception du logement sur un principe de « vente au mètre » peut permettre de pouvoir accéder facilement aux biens avec une réponse et **aux besoins qui pourront évoluer**, s'adapter aux évolutions des populations.

L'idée recherchée n'est plus l'usager qui s'adapte au logement, mais **le logement qui s'adapte** à l'habitant, qui suit son parcours de vie, l'évolution de la famille, de ses moyens.

L'innovation passe par **des mesures d'usages**⁴ sur le foncier (principe locatif avec des arbitrages qui tiennent compte des impératifs d'entreprises et évolutions territoriales), des démarches participatives et collaboratives, des

systèmes mixtes de promotions immobilières privées et programmes sociaux.

Si l'innovation sociale qu'apporte la RE2020 intègre les enjeux phares de la réduction d'émission de carbone et de consommation d'énergie, elle ne peut rompre avec les enjeux sonores, d'ambiances et de biodiversité. Cette transformation doit s'accompagner d'une mise à niveau de l'ensemble des paramètres de qualité de vie. Que gagneraient les usagers d'avoir des logements hyper isolés, coupés du monde extérieur, et entendre le moindre mouvement de son voisin, qui au final rendrait le logement impropre à sa destination ? La conjugaison de la thermique, de l'acoustique, de l'ergonomie et de la biodiversité sont nécessaires pour la qualité de vie.

— **Jean Paul VAN CUYCK**

Société A²MS, Cinov GIAC

— **Jean Luc REINERO**

Société Rainbow Ergonomie, Cinov Ergonomie

¹ Cahier innovation avisé

² Projet Nudge cabinet architecture Catherine Dormoy « regards croisés » CINOV

³ Projet cabinet architecture Siz-ix Emmanuelle Andreani « regards croisés » CINOV

⁴ CINOV action « regards croisés » cinov

UN BÂTIMENT PEUT-IL ÊTRE « FUTUR OU CLIMATE-PROOF » ?

Le bâtiment est-il « futur ou climate-proof » ? C'est l'une des questions qui a émergé au cours de la décennie précédente, lors de l'élaboration de référentiels de bâtiments durables et d'autres initiatives sur l'impact du changement climatique pour le secteur immobilier. La réponse n'est pas aisée, non seulement parce que les bâtiments, aux usages et performances différenciés, sont érigés sur un territoire dans un environnement spécifique, mais aussi parce que l'ampleur du changement climatique reste soumise à des scénarii d'évolution différents. La variation entre 1,5° et 2° de réchauffement, telle qu'analysée et présentée dans le Rapport du GIEC en octobre 2018, s'accompagne d'impacts significativement différents, alors que la soutenabilité de ces objectifs est elle-même interrogée.

Dans le cadre de l'expérimentation E+C-, l'attention a été particulièrement apportée à l'atteinte de niveaux de performances énergétique et carbone, à une construction plus compatible avec les objectifs déclarés dans la politique pluriannuelle de l'énergie (PPE) et la stratégie nationale bas carbone (SNBC), et autant que possible au confort d'été. Les autres approches qui concourent à ces objectifs ont été développées parallèlement, notamment en relation avec plan national d'adaptation au

changement climatique (PNACC 2) qu'il s'agisse de la prise en compte des sols, du végétal, de l'eau dans l'aménagement de la parcelle et la construction de l'ouvrage (cf article sur l'aménagement et l'empreinte environnementale dans ce dossier) ou encore de la vulnérabilité et d'adaptation au changement climatique des constructions. C'est ce dernier aspect qu'aborde cet article. Dès lors, comment caractériser l'adaptation au changement climatique pour un bâtiment ? Comment intégrer cette préoccupation dans les projets de construction ? Quelles sont les

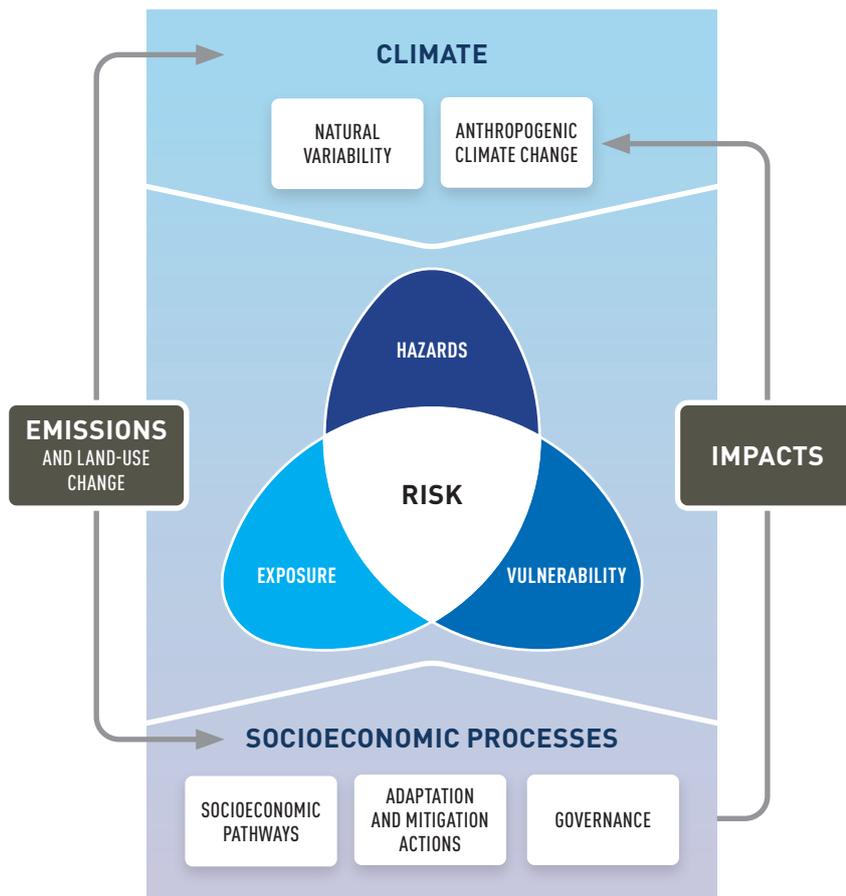
perspectives d'une double prise en compte des enjeux carbone et d'adaptation ?

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE, DE QUOI PARLE-T-ON ?

Si la définition des émissions de gaz à effet de serre tend à être connue aujourd'hui, celle de l'adaptation au changement climatique et des termes connexes d'exposition et de vulnérabilité aux aléas, sans doute moins rencontrés, méritent d'être explicités.

L'adaptation au changement climatique, selon le GIEC, est « une démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences ».

Les conséquences, impacts potentiels et donc risques de changement climatique découlent de la vulnérabilité et de l'exposition aux aléas. Par vulnérabilité, on entend la « propension ou prédisposition à subir des dommages ». L'exposition est quant à elle définie par « la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptible de subir des dommages ».



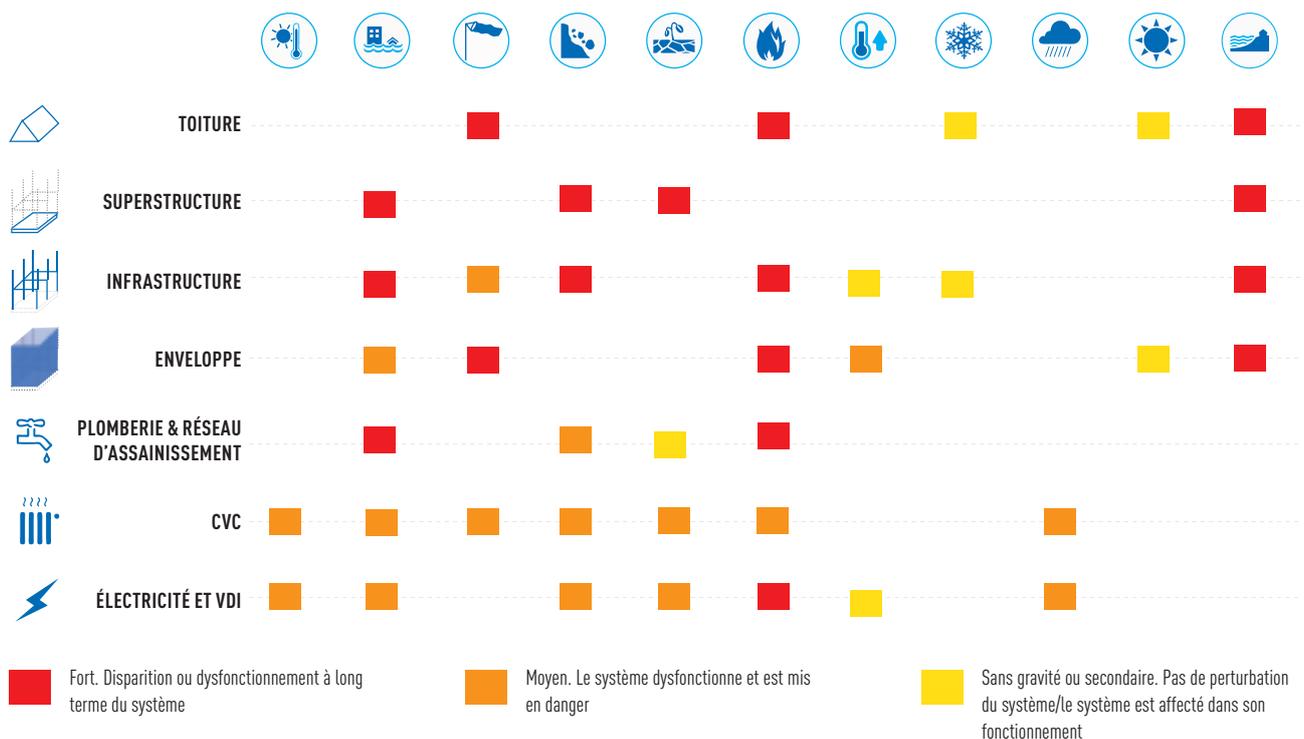
Les aléas concernent « l'apparition potentielle d'évènements physiques naturels ou induits par l'homme, ou une tendance qui peut causer des pertes humaines, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, tout comme des dégâts et pertes immobilières et d'infrastructures, ... ».

DES RISQUES COMMUNÉMENT DÉFINIS, MAIS SPÉCIFIQUES À CHAQUE PROJET DE CONSTRUCTION ET/OU RÉNOVATION !

Comme défini ci-dessus, il est convenu de désigner les risques d'adaptation au changement climatique comme la combinaison de l'exposition à une évolution tendancielle du climat, de ses aléas et d'une vulnérabilité, conduisant à des conséquences possibles, négatives ou positives.

GIEC, 2014, Rapport II pour les décideurs, Impacts, Adaptation et vulnérabilité (p.4)

↓ **INFOGRAPHIE DES RISQUES**



ADEME, 2015, Impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030-2050 (extrait p.23)

Chaque territoire et chaque bâtiment est exposé à des risques différents. Une illustration de ces risques est apportée par l'infographie ci-dessous, qui présente pour un aléa donné, le risque pour les composants d'un bâtiment.

Un dialogue est à conduire sur les risques liés au changement climatique avec les parties concernées par le projet de construction et/ou de rénovation, notamment avec les organismes chargés des infrastructures et les futurs utilisateurs et gestionnaires de bâtiments.

Dès la phase initiale, selon la durée de vie d'un projet de construction et/ou rénovation, un scénario de référence de l'exposition au changement climatique, à son évolution tendancielle et à ses aléas peut être élaboré.



EXPOSITION

La situation initiale et un scénario de référence peuvent être examinés selon les informations régionalisées proposées par le GIEC et Météo-France : 2°, 1.5° ou RCP 2.5, 4.5, 6, 8.5 à l'horizon 2030, 2050, 2070 ou encore plus lointaine 2120, peuvent être examinées selon le projet et l'importance du bâtiment.



EXPOSITION EN SITUATION TENDANCIELLE

Le scénario climatique retenu fournit une hypothèse pour établir les besoins de fonctionnement du bâtiment (énergie, confort, ...) lié à l'évolution tendancielle du climat. La conception des bâtiments est appelée à tenir compte de ces besoins. Lors de l'exploitation, le comportement des utilisateurs et/ou gestionnaires de bâtiment est également important car il affecte positivement ou négativement les besoins de fonctionnement du bâtiment. Par exemple, le chauffage peut être insuffisant en hiver et le rafraîchissement également insuffisant en été selon les besoins et comportement des utilisateurs.



EXPOSITION EN SITUATION ANORMALE LORS D'ALÉAS CLIMATIQUES

Le scénario climatique apporte également des indications sur les aléas auxquels le bâtiment est exposé : vent, pluie, inondation... L'expérience récente montre que de nombreux aléas exposent à des risques peu ou insuffisamment caractérisés : inondation, tempête, neige, grêle, sols argileux, ...



VULNÉRABILITÉ

La situation, la conception et l'usage des bâtiments sont confrontés à des évolutions tendancielle (température, précipitations, ...) et des événements extrêmes susceptibles d'affecter les services apportés par les bâtiments. Par exemple, dans le cas d'une canicule, un bâtiment disposant d'un très faible confort d'été peut exposer ses utilisateurs à de longues périodes de chaleur à une température plus élevée que celle ambiante, même si elle peut baisser la nuit, en raison de la chaleur absorbée la journée et restituée par les matériaux la nuit. Dans le cas d'un vent d'une extrême intensité, si une conception de bâtiment est en capacité de supporter des vents à 250 km/h, alors un événement extrême avec des vents à 200 km/h est exposé à un risque de dégâts faible. À l'inverse, une conception établie pour des vents à 180 km/h est exposée à un risque de dégâts élevé.



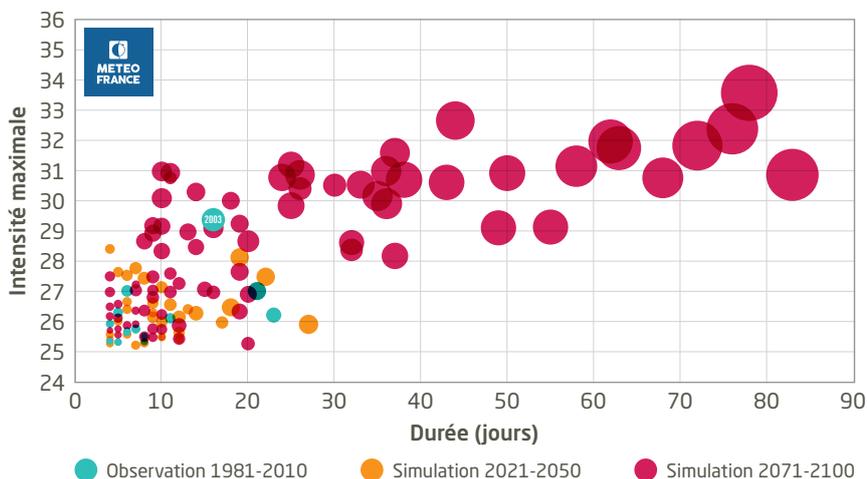
IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LES BÂTIMENTS

Les services qu'apportent un bâtiment peuvent être partiellement ou totalement affectés, de manière ponctuelle ou permanente, par les risques auxquels il est exposé. L'impact de l'évolution tendancielle et des aléas climatiques, compte tenu de la vulnérabilité du bâtiment peut être décrite par l'exemple suivant pour quelques aléas.



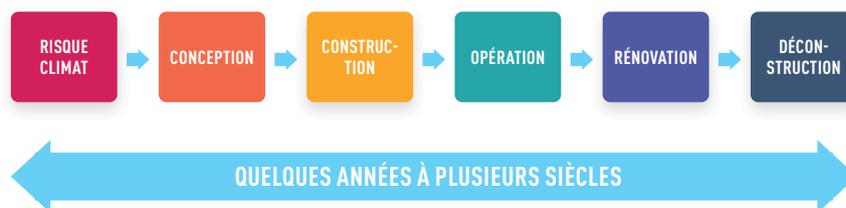
ÉVOLUTION DES VAGUES DE CHALEUR EN CLIMAT FUTUR

Simulation Aladin-Climat pour le scénario RCP8.5 aux horizons 2021-2050 et 2071-2100



Usages exposés à	Impact	Usage partiel, impact ponctuel	Usage total, impact ponctuel	Usage partiel, impact permanent	Usage total, impact permanent	Leviers adaptation et résilience
Canicule	Confort, sécurité, activité	* si durée limitée < 45°	* >45°	-	* si sécurité compromise en raison de dégradation structurelle	Comportement, Equipement supplémentaire, Conception bâtiment
Interruption électrique	Confort, sécurité, activité	*	* si sécurité compromise	-		Comportement, Equipement supplémentaire, Conception bâtiment
Vent, tempête, grêle intenses	Dégât, Confort, sécurité, activité	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise, en raison de dégradation structurelle	Conception bâtiment
Sols dilatés	Dégât, Confort, sécurité, activité	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise	* si sécurité compromise, en raison de dégradation structurelle	Conception bâtiment

Comme l'illustrent les exemples dans la colonne de droite, l'adaptation et la résilience des bâtiments dépendent non seulement de leur conception, mais aussi du comportement des utilisateurs.



MIEUX INTÉGRER L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA PLANIFICATION DE LA CONCEPTION ET DE LA MISE EN ŒUVRE DES BÂTIMENTS, DANS UNE PERSPECTIVE DE CYCLE DE VIE

Le sujet de l'adaptation au changement climatique est récent pour le secteur de la construction. Comme pour d'autres enjeux, il est utile de le prendre en compte explicitement dès la phase initiale du projet de construction et/ou de rénovation, dans une perspective de cycle de vie. La période couverte peut-être de quelques années, par exemple pour un bâtiment d'activité, ou de plusieurs siècles pour un bâtiment culturel.

Sa prise en compte peut s'appuyer sur des dispositions réglementaires ou volontaires, référentiels, méthodes, outils, et capacités des acteurs de la construction.

> Pour les projets de construction soumis à une étude d'impact environnementale réglementaire, depuis 2018, en relation avec les documents de planification territoriale et urbaine, le code de l'environnement impose en son article 122-5 l'évaluation « Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ». Bien que récente, cette disposition installe les nouveaux projets de constructions concernés dans le contexte de l'adaptation au changement climatique.

> La préfiguration de la RE2020 avec le référentiel E+C-, applicable à tous les bâtiments de plus de 50 m² pour l'ensemble des typologies concernées, prévoit d'intégrer une exigence de confort d'été, en s'appuyant sur données météorologiques récentes, tenant mieux compte des épisodes caniculaires. Cette disposition permet de mieux répondre au constat d'une évolution tendancielle de la température moyenne annuelle avec une fréquence, une intensité et une durée de période caniculaire plus longue.

> S'il existe depuis 2019 une norme d'adaptation au changement pour les organisations « Adaptation au changement climatique – Principes,

exigences et lignes directrices - ISO 14090 : 2019 », une déclinaison pour les ouvrages de construction n'est pas encore disponible.

- > Les méthodes actuelles sont donc généralement développées par des organisations publiques ou privées, laissant aux applicateurs la responsabilité d'intégrer de manière proportionnée le niveau d'exigence à prendre en compte pour répondre aux attentes des maîtres d'ouvrages et des parties concernées. De ce point de vue, les référentiels de bâtiments durables prévoient dorénavant une rubrique d'exigences pour l'adaptation au changement climatique (HQE®, LEED®, BD, ...).
- > Des outils ont été développés depuis quelques années en France, combinant des moyens d'évaluation numériques, des bases de données et des fiches pratiques reposant sur des retours d'expériences, tels que :
 - Le Diagnostic de Performance Résilience (DPR), proposé par la Mission des Risques Naturels
 - Le Diagnostic de site BAT-ADAPT, proposé par l'Observatoire de l'immobilier durable
 - Les fiches outils Vulnérabilité, mises à disposition par l'Association Qualité Construction
- > De par ses dimensions transversale et spécifiques à chacun des risques climatiques, la capacité des acteurs sur ces sujets est appelée à se développer, notamment pour :
 - La planification, l'assistance, l'évaluation, la conception, l'ingénierie, la vérification, l'assurance
 - L'aménagement de la parcelle, les sols, sous-sol, l'eau et le végétal
 - La construction de l'ouvrage
 - Les composants de l'ouvrage
 - La gestion, l'entretien, la rénovation
 - Les usages

Le champ de l'adaptation au changement climatique pour le cadre bâti émerge progressivement, tant au niveau de la programmation, du diagnostic, des préconisations, que de la conception et de l'ingénierie de projet de construction.

PERSPECTIVES POUR LES CHOIX DE PROGRAMMATION, DE CONCEPTION, D'EXÉCUTION ET DE VIE EN ŒUVRE

Pour répondre aux enjeux d'un bâtiment « futur ou climate-proof », ses usages devraient générer une faible empreinte écologique, voire apporter des services à son environnement (stockage carbone, production et export d'énergie, services éco-systémiques,...). A l'avenir, il doit aussi pleinement intégrer les enjeux d'adaptation au changement climatique, tant du point de vue du confort d'été, que des aléas.

L'acceptabilité des surcoûts liés à un niveau d'exigence élevé pour réduire la vulnérabilité de l'ouvrage aux aléas constitue un véritable sujet de dialogue, de concertation et de programmation. Au-delà, lors des choix pour les critères de performances carbone et d'adaptation climatique d'autres arbitrages pourraient être nécessaires : Lors de la conception des bâtiments,

l'ensemble des produits et équipements pour les construire et les faire fonctionner peuvent être caractérisés et quantifiés sur la base du référentiel E+C-, afin d'atteindre un niveau de performance pour les différentes cibles visées. Un renforcement structurel pour faire face à un sol argileux ou à des vents de forte intensité pourraient être acceptés ; cependant, le recours à la végétalisation en toiture peut nécessiter un renforcement structurel et des produits supplémentaires, qui accroissent l'impact environnemental, conduisant à vouloir le supprimer. En milieu urbain, cette végétalisation peut-être à l'origine d'un meilleur confort thermique dans le bâtiment et d'un service en matière d'îlot de chaleur urbain (moindre albédo et rafraîchissement par évapo-transpiration) et de qualité de l'air (absorption de polluants locaux).

La prise en compte des impacts environnementaux des usages du bâtiment dès leur conception avec le référentiel E+C-, en tenant compte de l'offre locale de services tels que la mobilité, offre des perspectives pour identifier les choix adaptés pour répondre aux enjeux, notamment de neutralité carbone des bâtiments. Il s'agit d'intégrer en synergie l'enjeu de l'adaptation et de la résilience à l'évolution du climat.

— Idriss KATHRADA

Fondateur-dirigeant de Novasirhe, CINOV Conseil en Management, CINOV Numérique



POUR ALLER PLUS LOIN

- > Mission des risques naturels : www.mrn.asso.fr
- > OID - BAT-ADAPT : www.bat-adapt.fr
- > Association qualité construction : <https://qualiteconstruction.com>
- > Ministère de l'écologie, ONERC, CEREMA : www.adaptation-changement-climatique.fr

LA NATURE ET L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DANS LE PROJET D'AMÉNAGEMENT, DU MYTHE À LA RÉALITÉ TECHNIQUE

La prise en compte de la biodiversité dans les projets de construction et d'aménagement, permet d'aborder les impacts environnementaux de façon globale et complémentaire à l'expérimentation E+C-.

Cet article présente quelques clefs pour mieux s'adapter à la présence de la biodiversité et propose des cas pratiques, des expérimentations professionnelles, afin d'engager une forme de perspective au regard du potentiel de la normalisation dans un domaine qui comporte des éléments vivants.

I NTRODUCTION, ENJEUX ET PROBLÉMATIQUE

Depuis que la loi paysage de 1993 a introduit l'obligation de prise en compte du paysage existant dans la demande de permis de construire,

la place de la nature dans le projet a entamé une longue route pour parvenir à exister, au même titre que les multiples enjeux techniques que recouvre la construction d'un ouvrage. Les écologues ne sont souvent qu'observateurs des évaluations environnementales

spécifiques à certains impacts, comme les bilans énergétiques et carbone dont les débats se tournent davantage vers les matériaux et leurs performances lors de leur mise en œuvre à l'échelle de l'ouvrage. Pourtant, aussi innovant soit-il, comment lui reconnaître les qualités d'un bâtiment si son installation a fait table rase d'un écosystème, de boisements, qui ont mis des dizaines d'années à se développer ? Comment envisager l'insertion des enjeux en termes de biodiversité, de changement d'affectation des sols et d'artificialisation, de potentiel de rafraîchissement urbain dans les formules dédiées aux bilans énergétiques et carbone ?

Les cahiers des charges des maîtres d'ouvrage intègrent désormais plus souvent des exigences environnementales portant sur la nature, le changement d'affectation



des sols et l'artificialisation, le potentiel de rafraîchissement urbain. Cet article se propose d'aborder plus particulièrement la prise en compte de la nature, du vivant et de leurs incidences sur l'environnement, avec une approche complémentaire de celle des évaluations environnementales en cycle de vie telle que proposée par le référentiel E+C-, dans les projets d'aménagement et de construction, en s'appuyant sur les résultats de travaux universitaires.

Les chercheurs universitaires partagent leurs résultats d'observations sur les opportunités et la faisabilité d'une ville-nature (Clergeau, 2011), les éditions du BTP proposent des ouvrages de références pour aider les professionnels à s'engager sur ce terrain (Blanc, 2013), les séminaires foisonnent... Alors, cet article propose de partager les réflexions menées avec des géographes urbanistes, observateurs de la place de ces nouveaux métiers du paysage (Donadieu, 2012), au

cœur des projets urbains, et plus particulièrement la position des bureaux d'études qui ont la charge d'adapter les aménagements à la biodiversité existante ou à venir. Il s'appuie en particulier sur une thèse soutenue en 2019 (Moualy, 2019) et sur les constats récents d'écologues qui pratiquent dans le secteur privé, sur des opérations d'aménagement.

ABORDER UN PROJET POUR MIEUX LE GÉRER AU REGARD DE LA BIODIVERSITÉ

Le premier constat porte sur la pluralité des configurations des équipes de maîtrise d'œuvre au sens de leur composition mais surtout de leur fonctionnement. Au-delà de la présence d'un écologue parmi les co-traitants, tout l'objet est d'appréhender la place réelle de ce prestataire dans les choix d'aménagement : du simple « faire-valoir » de l'architecte à la situation d'un échange pluridisciplinaire franc et propice aux compromis entre les différents corps de métiers, ainsi qu'aux solutions pérennes.

En ce sens, les commanditaires demandent aujourd'hui davantage de précision sur les contenus des études et commencent à prêter une attention particulière aux liens entre ces productions intellectuelles et la réalisation des chantiers. C'est-à-dire la traduction dans les plans d'aménagement, dans les cahiers des charges et dans l'installation des chantiers. Pour cela, un effort est encore nécessaire pour la mise en cohérence des outils de l'écologie, qui travaille sur les systèmes d'information géographique, et ceux des concepteurs, qui opèrent du DAO, voire du BIM.

À travers l'organisation des compétences, c'est aussi l'emboîtement des échelles spatiales et temporelles qui se joue au service de la biodiversité. La nature ne connaît pas les limites cadastrales et ses rythmes d'évolution sont systématiquement en décalage avec les opérations. Du temps très court (végétaux invasifs par exemple) au temps très long (croissance d'un arbre, recolonisation par des espèces animales etc.). Un espace à caractère

naturel ne saurait être pensé sur sa parcelle, indépendamment de ce qui l'entoure. Ainsi, une exigence ou une notation sur ce volet doit tenir compte d'une prise de recul à l'instar de ce que l'on nomme plus couramment « l'insertion du bâtiment dans le paysage ». Un paysage esthétique mais aussi avec sa logique de fonctionnement écosystémique. L'exemple de la noue, est emblématique. Le traitement des eaux de ruissellement à ciel ouvert n'est pas toujours pertinent à l'échelle de la parcelle, en particulier dans un contexte de densification. La couture entre espaces publics et privés doit bénéficier d'une attention accrue. Aussi, l'installation parfois systématique de pompes de relevage en sous-sol mérite réflexion lorsque l'eau pourrait directement être guidée vers la noue... Sur le volet temporel, tout l'enjeu est de **ne pas se contenter d'inventaires mais**

bien de les mettre en perspective tout au long des chantiers jusqu'à la livraison des bâtiments. Mesure de protection, installation du chantier, accompagnement des terrassiers, des conducteurs d'opération, il devient courant pour les écologues de travailler avec les techniciens du BTP et c'est une nouveauté très prometteuse qui mériterait un bonus d'évaluation.

Et pour autant, cela génère-t-il des surcoûts ? Il apparaît que non. La biodiversité devient une contrainte réglementaire mais aussi politique et technique. C'est pourquoi **la présence de l'ingénierie écologique dès le démarrage des projets évite souvent des aléas budgétaires, voire ouvre des possibilités d'économie via des solutions techniques simples en accord avec le milieu.** Il n'est pas rare, que des chantiers soit à l'arrêt parce que la

collectivité constate un défaut de préservation des arbres par exemple, ou bien de devoir redessiner une implantation d'ilots parce que les haies n'étaient pas à l'échelle réelle sur les données du géomètre, ou encore parce que les besoins de l'implantation du chantier (chemin de grue, baraquement etc.) n'avaient pas été pris en compte. Sans oublier que la qualité paysagère ne pourra être que bénéfique à la commercialisation des bâtiments. C'est cette pluralité d'enjeux qui justifie d'autant plus la composition d'équipes pluridisciplinaires solides, sous la forme d'un tryptique Architecte - Ecologue - Paysagiste et permettant finalement un résultat économique équilibré.

NATURE ET BÂTI : DU BEAU DESSIN À LA RÉALITÉ TECHNIQUE

Donner une valeur à l'adaptation et à la biodiversité dans la mécanique carbone/énergie/matériaux demande donc une gymnastique intellectuelle subtile. **Cet éventuel progrès ne doit pas déboucher sur des pratiques trop « de séries » et permettre des process de bon sens, issus des échanges pluridisciplinaires.** Les réflexions engagées sur nos manières d'évaluer la qualité environnementale enrichissent le débat (Plante et Cité, 2019). Il semblait donc pertinent, à travers quelques situations comparées, d'ouvrir les esprits sur la complexité de nos métiers, porteur de « contrat naturel » (Serres, 2009).

Végétaliser le bâti, oui mais...

L'accroissement des villes est-tel que l'avenir semble propice à la végétalisation des bâtiments. De magnifiques trames urbaines aux verts clinquants circulent sur les réseaux. Il convient néanmoins, sans avoir l'air rabat-joie, de noter quelques « garde-fous ». Ces techniques, aussi bénéfiques soient-elles, ne rivalisent pas



avec des végétaux au sol (voir le Coefficient de Biotope par Surface). Plus simplement, malgré les efforts techniques, un jardin sur dalle ne rivalise pas avec un espace à caractère naturel en pleine terre. (Imaginez, un chêne adulte apprécie 100 à 200 litres d'eau par jour et une emprise au moins équivalente à son envergure). Mais il convient de mettre encore davantage en avant la balance matériaux, la mise en œuvre, l'entretien, et les bénéfices en terme de confort thermique. Les guides et ouvrages se multiplient sur le sujet (Lausanne, 2014), Club U2B.

De l'espace pour la nature et des entités « complètes »

« Un bâtiment bien fait, avec des arbres et des végétaux au bon endroit », c'est le témoignage clair d'un ingénieur arboricole. La présence de biodiversité implique l'existence d'un milieu pour l'accueillir. Ce dernier se caractérise en partie par un espace suffisant et des conditions environnementales satisfaisantes pour son développement, son fonctionnement. Prenons le cas des haies de bocages. Trop souvent n'en sont préservés que les arbres, souvent abîmés par les opérations de nivellement. Et les habitants qui avaient aménagé dans un quartier verdoyant, voient ce patrimoine dépérir puis disparaître pour des raisons de sécurité. Une haie, c'est aussi des arbustes, une strate herbacée, et parfois même des fossés hérités des aménagements agricoles.

« Modes et Techniques », attention aux faux-plans !

Alors que les orientations métiers encouragent la réalisation d'espaces de nature qui remplissent des fonctions urbaines, il semble que cela génère des automatismes. Pourtant, **les précurseurs des aménagements plus écologiques ne revendiquent pas la systématisation de leurs pratiques mais bien une ingénierie qui adapte, invente, en fonction**

du paysage qu'elle doit façonner.

Dans nombre de projets, les noues sont doublées de réseaux parce qu'elles ne remplissent pas leur fonction technique et n'apportent pas vraiment de bénéfices en termes de biodiversité. C'est lors de l'évaluation coût/bénéfice des aménagements liés aux problématiques de biodiversité, que la place d'un écologue, sensible aux enjeux urbains, prendra tout son sens. Les processus de labellisation de type Biodiversity ou Effinature prévoient justement une intégration auprès du maître d'ouvrage dans l'équipe de maîtrise d'œuvre, dès l'amont du projet d'aménagement.

CONCLUSION : « NATURE, JE T'AIME, MOI NON PLUS »

Faire entrer la nature dans la balance carbone / énergie/ matériaux doit donc être une démarche fine et subtile (vive les algorithmes complexes !!). Il faut

prendre conscience qu'insérer cette thématique dans les évaluations demande des remises en perspective temporelles, spatiales, humaines, dont cet article tente une brève synthèse. Si les écologues ne peuvent que se réjouir de l'implication croissante de leur domaine de compétence dans les opérations d'aménagement, ils restent néanmoins prudents sur les risques et les opportunités d'une normalisation environnementale des projets de construction et de pratiques concernant du vivant. Il importe de bien intégrer la diversité des services apportés par la nature, en synergie avec les orientations prises par la réglementation environnementale des bâtiments 2020.

— Sabine EL MOUALY

Géographe chez Aubépine,
CINOV TEN

— Pierre AUDIFFREN

Fondateur de Chic Planète,
CINOV TEN



BIBLIOGRAPHIE

Blanc, N. (2013). *Trames vertes urbaines, de la recherche scientifique au projet urbain*. Le Moniteur.

Clergeau, P. (2011). *Ville et Biodiversité, les enseignements d'une recherche pluridisciplinaire*. Presses Universitaires de Rennes.

Donadieu, P. (2012). *Sciences du paysage : entre théories et pratiques*. Tec & Doc Lavoisier.

Lausanne. (2014). *Toiture végétalisées, guide de recommandations*.

Moualy, S. E. (2019, 02). *La nature en ville, comment les pratiques aménagistes s'adaptent en continu*. Rennes: Université Rennes 2, UFR de géographie et Sciences Sociales.

Plante et Cité. (2019). *Questionner l'Évaluation, pour des stratégies et des actions favorables à la nature en ville*.

Serres, M. (2009). *Le contrat naturel*. Flammarion.



RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DES 32 CONTRIBUTIONS DU DOSSIER SUR WWW.CONSTRUCTION21.ORG

QU'EST-CE QU'UN BÂTIMENT BAS CARBONE ?

Neutralité carbone : comment faire évoluer l'habitat

Association Promotelec

Bâtiment bas carbone : sortons des fausses certitudes

Bernard Aulagne, Président de Coénove

Le label BBCA, le «bas carbone» pragmatique !

Jean-François Coroller, Dirigeant fondateur du BET Kerexpert

30 secondes pour connaître les outils de la performance énergétique et environnementale

CSTB

RETOUR D'EXPÉRIENCE E+C-

E+C- : Retours d'expériences pour du bon sens

Thierry Chemin, Co-fondateur de Kanopés

Communauté E+C- en Auvergne-Rhône-Alpes pour faire vivre le retour d'expériences

Claire Vilasi (chargée de missions - Ville & Aménagement Durable), en collaboration avec les membres de la communauté E+C-

Résultats enquête : Les impacts de l'expérimentation E+C- pour les bailleurs sociaux

Cercle Promodul/INEF 4

DONNÉES ENVIRONNEMENTALES

Quelles données environnementales pour la réalisation d'ACV de bâtiments ?

Alexandre Escudero, Responsable équipe « Systèmes Urbains Résilients et Fonctionnels » NOBATEK/INEF4

Retours d'expériences sur l'utilisation des sciences de la donnée pour la réalisation de projets E+C

Marine Foquet, CTO de Vizcab.io

Produits de construction et équipements pour les maisons individuelles à l'heure de la RE2020

Hala Rochdi, ingénieure d'études, Tommy Michelin, apprenti ingénieur d'études et Virginie Zambelli, ingénieure d'études chez Bastide Bondoux

CIELE, le nouveau calculateur des impacts environnementaux de l'installation électrique développé par IGNES

Valérie Michel, IGNES

Le Hub des prescripteurs bas carbone : des outils et un atout de conception

IFPEB / Institut Français pour la performance énergétique du bâtiment

BIM

COCON-BIM : réaliser des ACV de bâtiments à partir de leur maquette numérique (BIM)

Luc Floissac, conseiller environnemental chez Eco-etudes, chercheur à l'ENSA Toulouse et auteur du logiciel cocon-bim

ENERGIE & MATÉRIAUX

Impact carbone des matériaux : l'acier peut-il faire aussi bien que le bois ?

Propos recueillis par Manon Salé, Construction21

La production locale de biométhane au service des bâtiments bas carbone

Frédéric Aguilé et Stéphanie Cadrieu, Direction Développement de GRDF

Mesurer l'empreinte carbone dans l'acte de construire

Nathalie Mehu, Cheffe de Service Performance durable, VINCI Construction France

Impact environnemental et évolution des fluides frigorigènes

Yorick Fizel, Manager de la prescription tertiaire, Daikin Airconditioning France

La place des équipements dans le calcul ACV

Emmanuelle Brière, Responsable technique Froid climatisation chez Uniclimate

Solutions électriques pour des bâtiments durables et responsables

Laurent Grignon-Massé (EDF- Direction Stratégie et Développement) et Nathalie Mougéot (EDF - Direction Commerce)

ENVIRONNEMENT, ÉCONOMIE & SOCIÉTÉ

Comment intégrer les exigences bas carbone et RE2020 dans les marchés publics de travaux des bâtiments ?

Louis Bourru, chef de projet en Qualité Environnementale des Bâtiments au Cerema

Construction terre, recyclage et circuits courts : éloge de la simplicité

Julien Staal, responsable du pôle AMO et environnement chez Amoès

La RE2020 : la comptabilité carbone ou l'enjeu d'une innovation sociale

Yacine Bennouna, Directeur Analyse et Etudes économiques au CSTB

Fédération CINOV

4 avenue du Recteur Poincaré

F-75782 PARIS Cedex 16

T. +33 (0)1 44 30 24 53

www.cinov.fr

Ce dossier a été réalisé en partenariat
avec

