



Modélisation des INformations INteropérables
pour les INfrastructures Durables



IREX

Institut pour la recherche appliquée
et l'expérimentation en génie civil

L'impact positif du numérique sur le bilan carbone d'un projet de construction

Note de positionnement MINnD

MINnDs2_note_positionnement_impact_carbone_numerique_055_2023
Septembre 2023

Site internet : www.minnd.fr

Président : François ROBIDA Chefs de Projet : Pierre BENNING / Vincent KELLER

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr

I. CONTEXTE

L'urgence climatique

Étant donné l'urgence climatique actuelle, les experts du GIEC¹, dans leur dernier rapport d'évaluation, ont formulé des préconisations, telles que la réduction de 45% des émissions de CO₂ liées à l'activité humaine entre 2010 et 2030, et l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, sur la base d'un seuil d'augmentation de la température moyenne mondiale de 1,5°C.

L'impact carbone du secteur de la construction

Le domaine de la construction est un des secteurs les plus impactants sur le plan écologique. En effet, selon une étude conduite par Carbone 4 pour le compte de la FNTP² en 2018, l'usage des infrastructures représente à lui seul 50% (soit 325Mt CO₂eq) des émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau français, tandis que la construction des infrastructures génère 3,5% (soit 22,9Mt CO₂eq) des émissions. Sur ce dernier pourcentage, 54% des émissions sont liés à l'achat des matières premières (en premier lieu l'acier et le béton conventionnel), et plus de 20% au carburant des engins de chantier (combustion du gazole et du gaz naturel).

La FNTP a donc fixé des objectifs de décarbonation du secteur de la construction, notamment la **réduction de 40% des GES d'ici à 2030**, par rapport à 1990, en 140 propositions et sept leviers d'actions prioritaires (quatre liés à l'énergie et trois aux matériaux). La FNTP s'est également engagée sur neuf actions, dont l'**optimisation**, la conception, la réalisation et la maintenance des infrastructures **grâce au numérique et au BIM**.

Le numérique comme levier pour infléchir la trajectoire carbone

Afin d'infléchir cette trajectoire carbone, des solutions techniques existent et des innovations doivent être élaborées et éprouvées, mais il est désormais évident **que la transformation numérique du secteur de la construction est une composante indispensable pour piloter cette transition écologique et énergétique**, ne serait-ce que pour évaluer correctement le bilan carbone d'un ouvrage ou d'une infrastructure, pendant tout son cycle de vie.

L'impact carbone des technologies numériques

Mais qu'en est-il de l'impact carbone des technologies numériques ? Un groupe de travail du projet de recherche national MINnD s'est penché sur cette question.

Le partenariat du projet national MINnD regroupe des experts de la filière de la construction mais également des éditeurs de solutions logicielles dédiées au secteur. Cette complémentarité a permis de mieux évaluer le bilan carbone du numérique d'un projet, pendant ses phases de programmation, de conception, de construction d'exploitation et de maintenance.

Il ressort de l'analyse que **le numérique a un impact carbone très faible par rapport à celui de la construction du projet (< 0,2 %)**, et ce, quel que soit le cas d'étude considéré. La part des technologies BIM (génération et gestion des modèles 3D...) dans les émissions de CO₂ est négligeable (< 0,03 %). La conclusion est donc que les processus numériques doivent contribuer efficacement à la transition écologique, puisque leur impact carbone est négligeable et que leur apport, en termes de simulation, d'optimisation et de suivi sont indéniables.

¹ GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

² FNTP : Fédération Nationale des Travaux Publics

2. APPORTS DE MINND SAISON2

Enjeux de MINnD

Peu de travaux de recherche ont été réalisés sur ce sujet³. Les enjeux de MINnD ont été :

- D'évaluer le ratio de l'impact carbone du numérique par rapport au bilan carbone complet d'un projet (en s'appuyant sur quelques cas d'étude représentatifs).
- De vérifier que les nouvelles technologies numériques (jumeau numérique, big data, machine learning...) permettent de réduire significativement l'empreinte carbone pendant tout le cycle de vie d'un ouvrage ou d'une infrastructure.

Trois cas d'étude (programmation d'une infrastructure urbaine, construction d'un ouvrage souterrain, maintenance d'une autoroute) ont permis de dégager des résultats qui autorisent à tirer des conclusions concernant les méthodes, indicateurs et outils de simulation.

Résultats

Les analyses et résultats sont basés sur des jeux de données réels collectés sur des projets d'infrastructure en cours.

Les résultats de l'étude montrent que l'impact carbone des équipements utilisés (fabrication, utilisation, recyclage) est prépondérant par rapport à l'ensemble des flux d'informations identifiés (génération de données, échange, stockage...).

L'étude prouve que l'impact carbone du numérique est très faible au regard de l'impact carbone des matériaux mis en œuvre sur les ouvrages **et de l'énergie nécessaire pour leur mise en œuvre**. Le ratio obtenu est de l'ordre de 2 pour mille si l'on considère toutes les technologies numériques, et encore 10 fois moins pour le numérique dédié à une démarche BIM.

Même si les volumes de données captées sur chantier explosent (relevés numériques, flux vidéo, captation de données brutes non contextualisées et non traitées...), l'impact carbone de leur captation, stockage et traitement reste négligeable par rapport à l'impact carbone des matériaux mis en œuvre et des matériels de construction.

La constitution de DataLakes (données brutes captées sur projet) et de Datawarehouses (données structurées, nettoyées) est indispensable, notamment pour alimenter les technologies futures de machine learning et d'intelligence artificielle. Ces technologies permettront d'identifier les gains carbone possibles.

Les éco-comparateurs

L'étude comparative des outils ACV (Analyse de Cycle de Vie)⁴ montre la diversité des approches et donc la disparité des résultats. Ces outils sont des éco-comparateurs qui ne réalisent pas en général une ACV complète, mais s'intéressent principalement à la phase de production des matériaux et à la phase de construction. La plupart des outils existants ne prennent pas en compte la phase de service de l'infrastructure, ni sa fin de vie.

Le développement de ces outils a pour vocation de faciliter l'accès aux données d'impacts environnementaux des matériaux et de tous les entrants nécessaires aux projets, afin d'en mesurer les impacts et de pouvoir travailler sur la réduction, voire l'évitement des émissions de GES. Aucun de ces outils ne prend en compte l'impact du digital dans le projet.

Les outils ACV dédiés aux projets d'infrastructure routière et le nombre croissant d'articles scientifiques dans le domaine, témoignent des progrès significatifs observés au cours des vingt dernières années et de la **mise en place d'une stratégie durable sur l'infrastructure**.

³ Les travaux existants identifiés sont cités dans le livrable n°32 de MINnD s2 « MINnDS2_GT0.5_impact_carbone_donnees_numeriques_032_2023»

⁴ Les outils ACV sont cités dans le livrable n°32 de MINnD s2 « MINnDS2_GT0.5_impact_carbone_donnees_numeriques_032_2023»

3. POSITION DE MINND

Position de MINnD

La performance des infrastructures est un facteur clé du développement des territoires et participe à la performance de leur économie.

Pour mieux concevoir, construire et exploiter les infrastructures, les ambitions du secteur de la construction, en termes de réduction de son impact carbone d'ici 2030 pour atteindre une neutralité d'ici 2050, sont particulièrement élevées et nécessitent donc de trouver des solutions disruptives.

La transition numérique du secteur (avec implication de l'ensemble de la chaîne de valeur) est un levier indispensable. Seul l'usage des nouvelles technologies numériques permettra de maintenir en conditions opérationnelles le patrimoine existant et de développer les territoires de façon soutenable.

Les technologies numériques (outils et processus) permettent le pilotage de la trajectoire bas carbone, par des évaluations et des suivis établis sur des bases de données ouvertes et partagées. Ces technologies permettent également de calculer, d'optimiser et de prédire les comportements des infrastructures et des ouvrages, en s'appuyant sur des jeux de données effectifs, dont l'évolution autorise à anticiper l'avenir et assurer la performance et la résilience du patrimoine.

L'impact carbone des technologies numériques utilisées par la construction est actuellement négligeable par rapport à l'impact carbone des ouvrages eux-mêmes (matériaux constitutifs, matériels et énergies nécessaires à leur mise en œuvre). Et même lorsque le secteur aura adopté le numérique dans tous ses processus, l'impact restera négligeable au regard des besoins concrets des matériaux structurels nécessaires à la circulation des biens, ainsi qu'à la fabrication et au transport des ressources énergétiques.

Préconisations de MINnD

MINnD préconise donc :

- De mobiliser les experts pour **normaliser** les méthodes et services ainsi que **les bases de données nécessaires** à l'évaluation et au suivi de la trajectoire bas carbone de chacun.
- De rester vigilant sur l'adéquation des matériels informatiques utilisés avec les missions des acteurs mobilisés (nombre d'équipements, durée de vie, réattribution, recyclage...).
- De favoriser l'utilisation de **plateformes collaboratives hébergées localement** pour les échanges et stockage de données.
- De promouvoir l'utilisation de **technologies ouvertes et pérennes** (comme le format openBIM des IFC), afin d'**éviter les transformations de données**.
- De collecter et de structurer les données captées sur chantier ou pendant l'exploitation des ouvrages, afin d'alimenter demain les technologies numériques d'intelligence artificielle, en **privilégiant la fiabilité et la qualité de données contextualisées** plutôt que la quantité de données non adaptées à leur exploitation.

MINnD préconise également de **travailler sur la sobriété**, non seulement numérique, mais aussi de tout le projet de construction jusqu'à son exploitation et son démantèlement.

La sobriété numérique consiste à mettre en place une démarche d'usage raisonné du numérique en prenant en compte les impacts environnementaux de sa mise en œuvre. Elle permet de limiter ces impacts en travaillant sur la juste adéquation des moyens et des usages.

Ces impacts environnementaux sont principalement de quatre ordres :

- L'épuisement des ressources naturelles utilisées pour la fabrication du matériel.
- Les dégâts causés à l'environnement, l'énergie et l'eau consommées par les activités d'extraction minières.
- L'énergie consommée durant l'usage du numérique (croissance annuelle de l'ordre de 9 %/an).
- La pollution provoquée par les déchets en fin de vie du cycle du matériel.

Les échanges de données structurées sont un prérequis pour assurer un impact carbone maîtrisé des technologies numériques nécessaires à la réalisation d'un projet de construction. Ils assurent :

- La **sobriété** numérique, car cela garantit l'unicité de la donnée sans redondance ;
- L'**interopérabilité** des données, qui évite les transformations d'un format dans un autre ;

L'**intégrité** de la donnée (fiabilité et responsabilité) pour ne livrer que l'information juste nécessaire.

Perspectives

Dès lors qu'il apparaît que l'impact numérique de la construction et des ouvrages est relativement négligeable par rapport aux gains potentiels, l'effort est à porter sur la réduction de l'impact de la construction et du fonctionnement des ouvrages.

Le livrable de MINnD Saison 2 est un donc point de départ à **compléter par de nouveaux travaux de recherche**, en particulier pour **proposer des méthodes et indicateurs** permettant de mesurer, simuler et décider de l'impact de carbone exhaustif de l'ensemble des phases de la vie des infrastructures dans leur contexte environnemental.

L'utilisation des normes

Pour capter et stocker les données nécessaires, les processus d'échange de données préconisés par la suite des normes ISO19650, devront prendre en compte les informations requises pour faire des simulations et prendre des décisions concernant l'impact carbone.

Le CDE (Common Data Environment) gère plusieurs containers d'informations, qui doivent répondre aux exigences liées aux échanges d'informations du processus BIM, à spécifier dans les EIR (Exchange Information Requirements). Ces EIR constitue le dispositif le plus opérationnel pour atteindre les objectifs finaux du projet, car on y identifie en détail l'ensemble du flux de travail à suivre, en gérant à l'avance l'ensemble du processus de développement d'un projet.

La méthodologie d'ACV doit permettre de quantifier la performance environnementale d'un projet d'infrastructure durant les différentes phases de son cycle de vie. Elle doit s'appuyer sur les normes déjà existantes dont :

- La norme européenne NF EN 17412 (Modélisation des Informations pour la Construction (BIM) - Niveau d'Information Requis - Concepts et Principes), énonce les concepts et les principes permettant de définir le niveau du besoin d'information et les livraisons d'information dans le cadre des processus d'échange d'informations au cours du cycle de vie des actifs bâtis en BIM.
- La norme européenne de l'ACV NF EN 15804 +A2⁵, définit les étapes du cycle de vie et modules pour l'évaluation des ouvrages de construction.

⁵ NF EN 15804+A2, Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction, Collections AFNOR, 2019.

<p>Définition d'un jeu de propriétés normalisé</p>	<p>Par exemple, dans les IFC 4.0 (norme ISO 16739)⁶, il n'y a pas de PropertySet (jeu de propriétés) spécifique au poids carbone des matériaux de construction (béton, acier, déblais...), et encore moins pour les énergies consommées pour leur mise en œuvre.</p> <p>Il est possible de définir un PropertySet pour un projet donné (et pour chacun des matériaux consommés sur le projet), il faut le définir dans la convention BIM afin que tous les acteurs utilisent la même dénomination pour établir un bilan global, à travers plusieurs standards (dont l'IFC), par le biais de dictionnaires de propriétés.</p> <p>De même, les énergies nécessaires sur le chantier pourraient être décrites dans un PropertySet spécifique, avec un lien vers les matériaux de construction tenant compte des différents types d'énergie utilisés sur le chantier.</p> <p>Enfin, la définition d'un « PropertySet Carbon » par le donneur d'ordre permettrait d'homogénéiser et de faciliter le calcul de l'impact carbone de certains matériaux de construction utilisés sur chaque lot d'un projet. Les valeurs d'émission de ce PropertySet seraient donc indexées sur une base de données commune à tous les intervenants.</p>
<p>Des préconisations de méthodes générales</p>	<p>Les travaux sur la définition des dictionnaires de données et des ontologies pour chaque domaine de la construction doivent être poursuivis et intégrer les objectifs bas carbone.</p> <p>En effet, pour obtenir un résultat cohérent, il serait également nécessaire d'imposer à tous les modélisateurs d'utiliser une classification commune d'objets, avec en particulier un nommage commun des matériaux à mettre en œuvre (puisque les émissions de CO₂ sont affectées à des matériaux, en fonction de leur localisation et provenance).</p> <p>Une fois la partie étude terminée, les données du BIM devront être conservées sur une longue période (plusieurs décennies), ceci implique des modèles d'archivages adaptés. Les infrastructures nécessaires à ce type d'archivage peuvent être « tièdes » (données accessibles en lecture seule), « froides » (données accessibles de manière limitée en lecture seule et en faible intensité, par des équipements ne nécessitant pas de grandes performances), ou « inertes » (données stockées sur des équipements à l'arrêt).</p>
<p>Conclusion</p>	<p>Le BIM et les nouvelles technologies numériques, par leurs capacités de structuration des données, de calcul, de partage des données et de simulation sont donc incontournables pour permettre concrètement d'organiser le suivi de l'impact carbone au niveau des projets, mais aussi pour élaborer des technologies disruptives de conception, de construction et d'exploitation, dans le but de satisfaire les ambitions de réduction d'émission des gaz à effet de serre du secteur de la construction.</p>

Rédacteurs Pierre BENNING, Layella ZIYANI, Régine TEULIER

Références des livrables de MINnD S2 en rapport avec l'impact carbone d'un projet de construction :

- [MINnDs2_GT0.5_impact_carbone_donnees_numeriques_032_2022](#)

⁶ NF EN ISO 16739, *Classes de fondation d'industrie (IFC) pour le partage des données dans le secteur de la construction et de la gestion des installations*, Collections AFNOR, 2016.