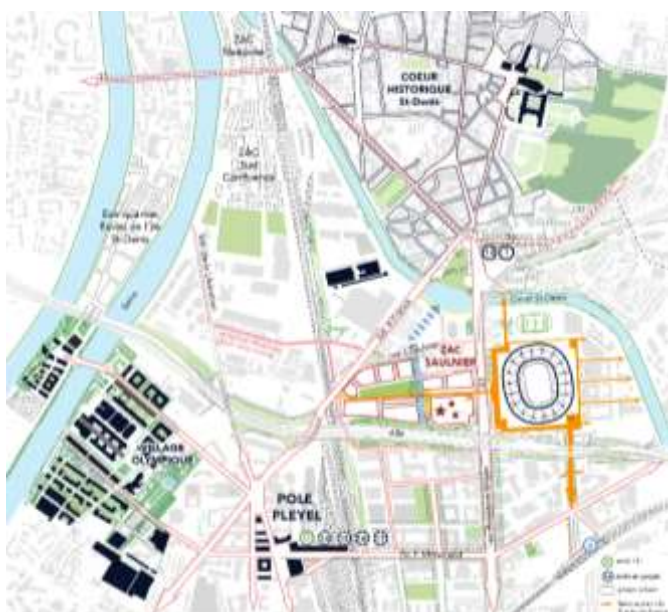


Les Impacts de la logistique sur le métabolisme d'un projet d'aménagement : L'étude du chantier du Centre Aquatique Olympique (93)

Le métabolisme urbain vise à considérer les flux entrants et sortants d'un territoire, afin d'engager une réflexion visant à les réduire ou tout le moins à en optimiser la gestion. Au niveau d'un projet d'aménagement, cette notion permet d'étudier la production de déchets et les besoins en matériaux, et de proposer des stratégies de recyclage afin de limiter l'extraction de matériaux bruts. Cependant, au-delà des volumes de flux entrants et sortants, il est important de prendre en compte les modalités de leur gestion, c'est-à-dire la logistique associée à ces flux. En effet, les origines et destinations des matières ainsi que les modes de transport choisis ont un impact majeur sur la performance des chantiers, notamment en termes de coût et d'émissions de gaz à effet de serre.

La Chaire économie circulaire et métabolisme urbain a réalisé une étude prenant en compte l'ensemble de ces dimensions pour le chantier du futur Centre Aquatique Olympique (CAO), implanté au cœur de la ZAC Plaine Saulnier.

1. Terrain étudié : la ZAC Plaine Saulnier



LOCALISATION DE LA ZAC SAULNIER (CREDITS : METROPOLE DU GRAND PARIS)

La ZAC Plaine Saulnier se situe en Seine-Saint-Denis (93), à l'ouest du Stade de France.

Le projet d'aménagement articule 2 phases :

- La phase *Jeux Olympiques de Paris 2024*, comprenant le CAO (bassin de 50 m, bassin de plongeon, 6000 places) ainsi que des équipements temporaires.
- La phase *Écoquartier*, qui verra la transformation du CAO en configuration « héritage » (bassin olympique, 2500 places) ainsi que l'aménagement d'un quartier mixte à l'horizon 2032.

La proximité du canal Saint-Denis permet d'envisager un approvisionnement par voie fluviale pour les matériaux.

La présente étude se concentre sur le CAO. Elle a été menée en parallèle de l'attribution du marché pour la construction de cet équipement. L'analyse se base ainsi sur une vision en amont, sans donnée précise sur le projet architectural.



LE PROJET DE CENTRE AQUATIQUE OLYMPIQUE (CREDITS : PARIS 2024)

2. Quantification des matériaux

2.1. Méthode

La quantification de matériaux se base sur la méthodologie proposée par Fernandez et. al. (2018) et comprend 2 volets : l'estimation des matériaux existants, présents sur la zone avant le projet, et celle des matériaux nécessaires en fonction des scénarios de construction retenus.

Les bâtiments existants ont été identifiés à partir d'une base de données transmise par la Métropole du Grand Paris.

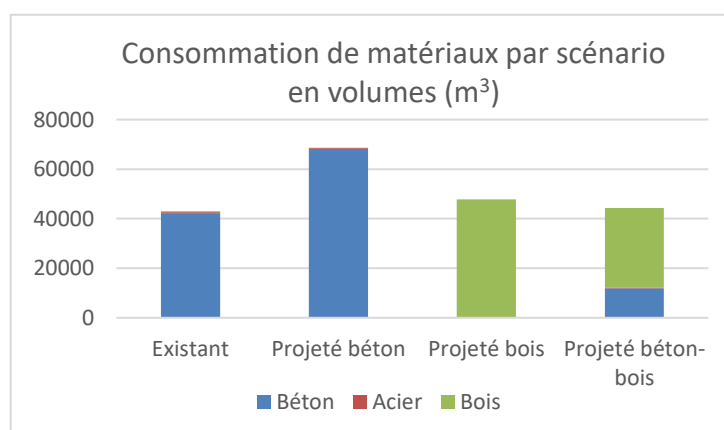
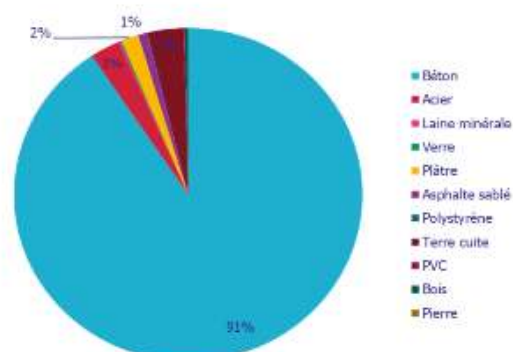
Concernant les matériaux nécessaires, le CAO de Londres a été pris comme référence pour une première estimation d'une construction en béton (150 000 tonnes de béton, 3200 tonnes d'acier). L'entreprise Bouygues Bâtiment IDF a remporté l'appel d'offres pour la construction du CAO avec un scénario constructif en bois. La quantité finale de bois intégrée dépendra des choix architecturaux ; 3 scénarios de construction sont ainsi étudiés : béton, bois et béton-bois.

2.2. Résultats

Le bâti existant est estimé à 43 000 m³ de matières, dont 98% de béton, voir graphique ci-dessous.

Les volumes de matériaux nécessaires au projet en fonction des scénarios de construction sont ensuite comparés avec l'existant. Les comparaisons sont effectuées en volumes (m³) plutôt qu'en tonnes, étant donné la faible densité du bois. Pour un scénario classique en béton, on observe que le stock de matériaux nécessaires à la construction du projet est largement supérieur à l'existant. Le recyclage du béton ne peut donc couvrir que partiellement les besoins en béton de ce scénario.

Répartition massique des matériaux existants



Les projets en bois ou en béton-bois permettent de limiter les volumes de matériaux nécessaires. Le travail a ensuite consisté à analyser les moyens d'améliorer la performance du chantier, en mobilisant 2 leviers :

- La réduction des flux adossée sur le recyclage, notamment du béton ;
- L'optimisation de la gestion des flux via les choix d'organisation logistique.

3. Stratégies de recyclage du béton

Le recyclage de matériaux *in situ* est envisageable sur des chantiers de cette ampleur. Deux stratégies de recyclage du béton sont ici testées pour le scénario de construction en béton :

1. La stratégie de recyclage dite « réglementaire »¹ permet d'utiliser 30% de granulats recyclés. Les besoins en granulats de la construction neuve étant estimés à 150 000 t, on peut espérer ainsi mobiliser 45 000 tonnes de granulats recyclés.
2. La stratégie dite « maximale » intègre 100% des granulats issus du concassage du béton existant dans la construction neuve, soit 93 019 tonnes.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

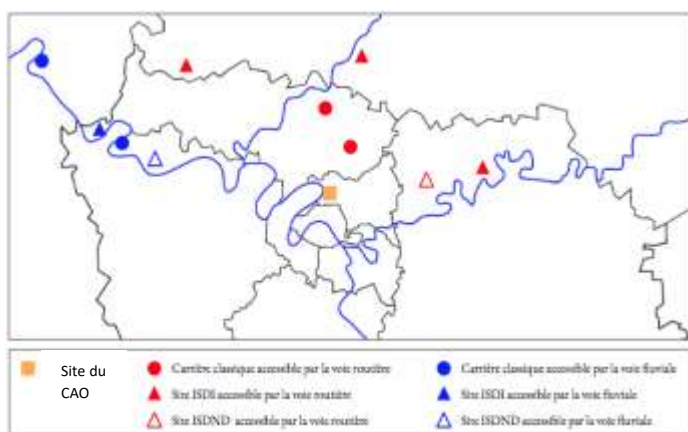
	Quantité de granulats recyclés (tonnes)	% du stock de béton existant recyclé	% des besoins en granulats couverts par des granulats recyclés
Stratégie 0	0	0	0
Stratégie réglementaire	45 000	48.37	30
Stratégie maximale	93 019	100	62.01

STRATEGIES DE RECYCLAGE POUR LE SCENARIO DE CONSTRUCTION EN BETON

Le potentiel de recyclage est par contre limité pour les scénarios de construction en bois et béton-bois, vu la part réduite de béton utilisée. Par exemple, le scénario de construction béton-bois ne permettrait de recycler que jusqu'à 30% du stock de béton existant (stratégie de recyclage maximale).

4. Stratégies logistiques

L'optimisation de la gestion des flux constitue également un levier d'amélioration de la performance des chantiers. Différentes stratégies logistiques ont ainsi été testées, en faisant varier tout particulièrement le choix du mode de transport (route ou fleuve).



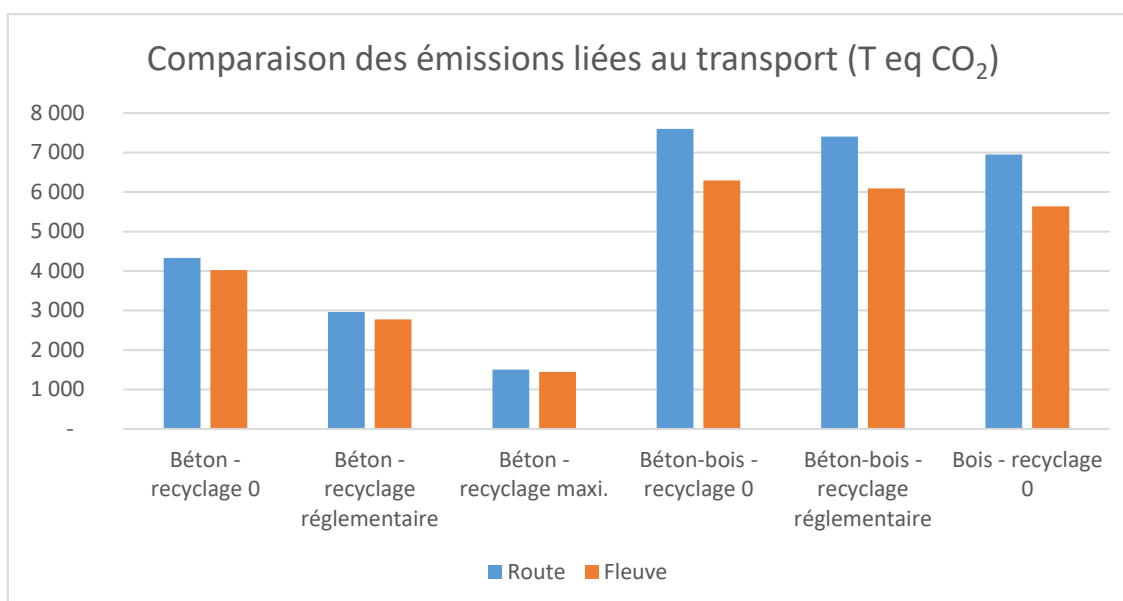
CARTE DES EXUTOIRES A PROXIMITE DU CHANTIER

Flux sortants : on considère ici une évacuation des déchets dans trois types d'exutoires (Installation de Stockage des Déchets Inertes, Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux, carrière/remblai) en sélectionnant les destinations les plus proches du chantier par la route et par le fleuve, voir carte ci-contre.

Flux entrants : Pour l'approvisionnement en matières premières, on considère des distances moyennes pour l'Île-de-France :

- Le sable et les granulats provenant à 55% d'Île-de-France et à 45% d'un rayon de 188 km ;
- Le bois provenant à 50% de France et à 50% d'Europe.

¹ Le taux « réglementaire » d'intégration de granulats recyclés dépend de chaque chantier, en fonction de sa situation géographique et des constructions prévues. Se référer aux normes NF EN 206 CN et Eurocode 2 pour les calculs.



Sur la base de ces hypothèses et des niveaux d'émissions du transport issus du PREDEC (2015), on obtient les résultats suivants.

On observe que l'utilisation du transport fluvial permet une légère amélioration pour l'ensemble des scénarios : dans un scénario béton sans recyclage, il permet une baisse des émissions de CO₂ liés au transport de 6%. Si le mode fluvial est moins émissif, le bilan global pâtit des distances parcourues augmentées du fait des méandres de la Seine et de la localisation plus lointaine des installations connectées à la voie fluviale.

L'hypothèse du recyclage *in situ* d'une partie du béton permet une réduction importante des impacts du transport pour le scénario de construction en béton : les émissions de CO₂ sont alors réduites de 31% entre la stratégie 0 (pas de recyclage) et la stratégie maximale (62% des besoins couverts par des granulats recyclés *in situ*). En revanche, l'analyse souligne l'impact important du transport pour les scénarios utilisant du bois: la quasi-absence de bois dans les matériaux existants ne permet pas de mettre en place un recyclage *in situ* du bois, et l'inexistence d'une filière d'agroforesterie locale nécessite un approvisionnement national voire européen.

5. Premiers enseignements

Cette étude confirme dans un premier temps l'importance de la consommation de matières des opérations de renouvellement urbain. Pour un même mode de construction, le recyclage du stock de matériaux existants ne permet pas de couvrir l'intégralité des besoins nouveaux pour la construction.

Si l'utilisation du fleuve pour l'évacuation des déchets améliore la performance logistique, le recyclage *in situ* d'une partie du béton permet également une économie substantielle en émissions eq CO₂ liés au transport. Le recyclage permet également de réduire la production de déchets et l'extraction de matières premières (45 000 tonnes non extraites pour la stratégie dite réglementaire). Le métabolisme du chantier est ainsi sensiblement amélioré.

Une piste intéressante à creuser est la mise au point de schémas constructifs *ad hoc*, couplant l'utilisation maximale des matériaux recyclables *in situ* avec en complément des matériaux issus de filières locales et/ou biosourcés. Les chantiers de grande ampleur tels que celui du Centre Aquatique Olympique offrent en effet un cadre opportun au recyclage *in situ*, les espaces concernés et les volumes de matériaux rendant possibles le concassage, le stockage et le recyclage sur place. Une vision à une échelle plus large serait dans cette perspective intéressante à développer : des synergies pourraient être trouvées avec le chantier du Village Olympique à proximité.