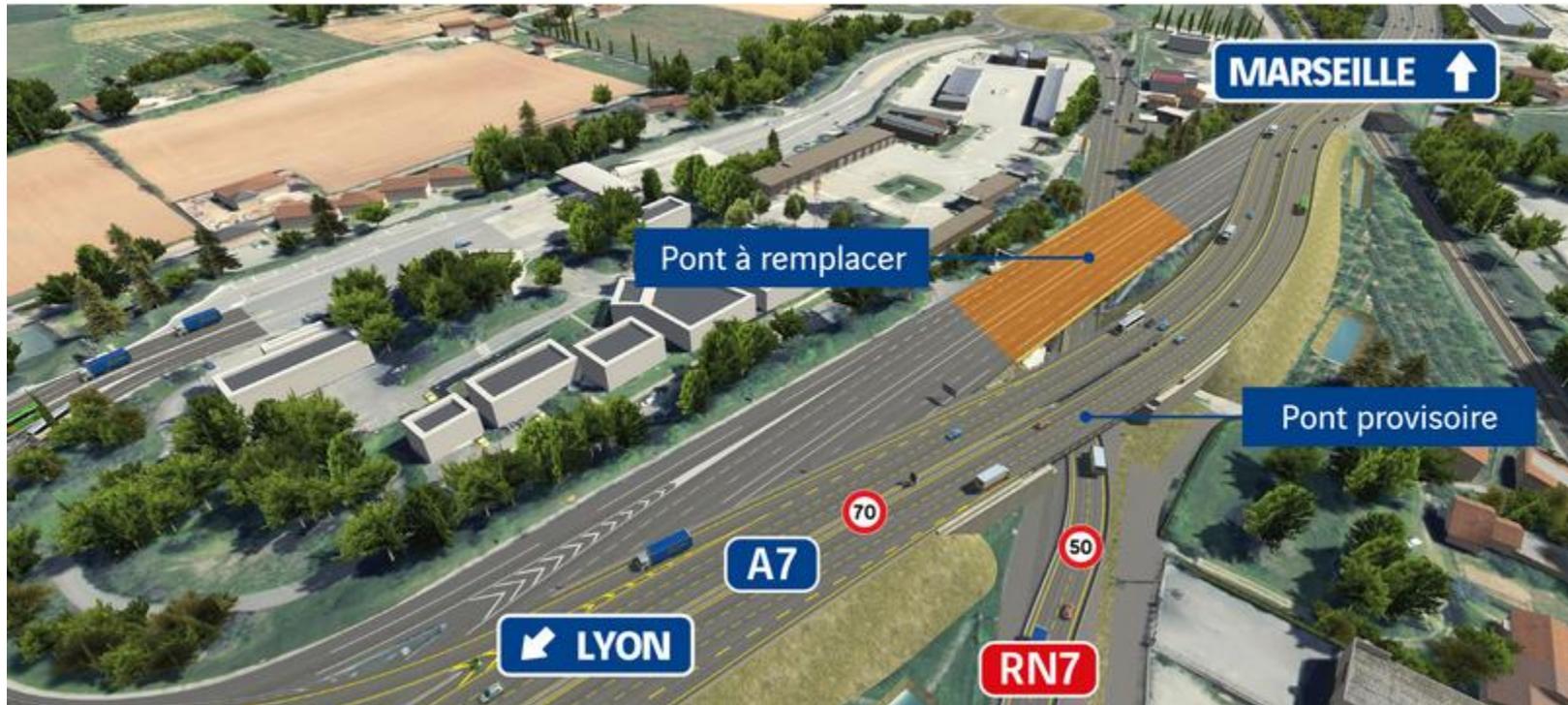




- Décarbonation de la reconstruction du PI661
- Tiffany DESBOIS
- Pierre PAYA

Remplacement du PI661



Démolition de l'ouvrage existant



Construction du nouveau pont



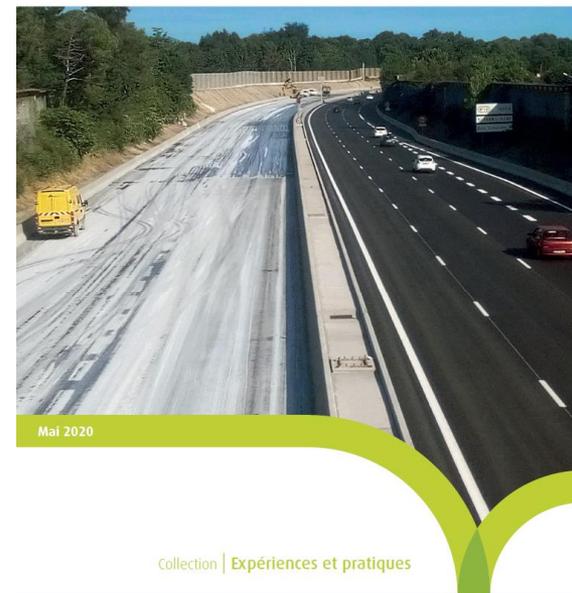
L'évaluation environnementale de l'opération

Demande de l'entreprise

- Une participation à l'analyse des offres du lot 2 sur le volet relatif aux données environnementales fournies par les entreprises
- Une évaluation environnementale des travaux prévus au lot 2 ;
- Une évaluation environnementale sommaire et globale de la construction de l'ouvrage d'art à partir du guide Cerema avec une comparaison des résultats obtenus avec ceux de l'évaluation environnementale des travaux.



Recommandations pour l'évaluation
des émissions de gaz à effet de serre
des projets routiers



L'évaluation environnementale de l'opération

Participation à l'analyse des offres du lot 2 - Démarche

Le règlement de consultation prévoyait la transmission par les entreprises de 3 documents

- Un mémoire environnement avec un paragraphe relatif à la maîtrise des ressources
- Un bilan carbone prévisionnel à partir d'un tableau excel fourni en annexe du DCE
- La calculatrice carbone des bétons

=> Participer à l'analyse des offres en ayant un regard critique sur les valeurs kg eq. CO₂ indiquées par les entreprises

		Unité	Valeurs à renseigner (lorsqu'applicable)	émissions GES - kg CO ₂ équivalent
Energie/eau consommée sur site				
Conso énergie/eau	Electricité (réseau)	kWh		0
	Fioul lourd	litres		0
	Gazole non routier	litres		0
	Gaz	m ³		0
	Eau de réseau	m ³		0
Carburant - engins de chantier et véhicules équipés				
Carburants	Sans Plomb	litres		0
	Gazoil	litres		0
	E85	litres		0
	B30	litres		0
	GNV	m ³		0
	GPL	litres		0
	GNL	litres		0
	Biodiesel	litres		0
	Bioethanol	litres		0
Matériaux				
Déblais/remblais	Déblais mis en décharge	m ³		0
	Déblai mis en remblais	m ³		0
	Remblais d'apport (incluant transport 10km)	m ³		0
	Remblais traités à la chaux	m ³		0
Trait.	Enduits superficiels (incluant transports)	m ²		0
	Supplément traitement couche de forme	m ³		0
Matériaux (sortie usine, m ³)	Granulats	m ³		0
	Fines d'apport	m ³		0
	Bitume	m ³		0
	Emulsion	m ³		0
	Liant hydraulique routier	m ³		0
	Clinker	m ³		0
	Chaux	m ³		0

L'évaluation environnementale de l'opération

Participation à l'analyse des offres du lot 2 – Note produite

Comparaison des documents fournis

- les mémoires environnement, sur le volet maîtrise des ressources, selon les 20 objectifs recherchés par ASF (ex. Privilégier les matériels et engins électriques par rapport aux engins thermiques ; Puissances de matériels non surdimensionnées par rapport au travail à accomplir ; etc.)
- les bilans carbone prévisionnels
- le remplissage des calculatrices carbone des bétons

Comparaison des émissions de GES annoncées par les différentes entreprises et recherche d'explications sur les différences

Numéro d'offre	Bilan carbone (kg CO ₂ eq.)	Calculatrice béton (kg CO ₂ eq.)	Total (kg CO ₂ eq.)	Comparaison
1	1 230 441	478 601	1 709 042	100%
2	1 012 462	395 634	1 408 096	82%
3	999 743	511 996	1 511 739	88%
4	807 538 *	511 996	1 319 534 *	77%

L'évaluation environnementale de l'opération

Participation à l'analyse des offres du lot 2 – Retour d'expériences

Une grande disparité dans le contenu des mémoires environnement

- Niveau de détail et d'appropriation de ces problématiques
- Ambition des mesures proposées

Des erreurs de remplissage par des candidats (ex. : erreur liée à l'unité, kg au lieu de tonnes, etc.)

Comparaison plus aisée quand un formalisme est donné comme avec la grille pour le bilan carbone ou la calculatrice carbone des bétons (documents comparables)

L'évaluation environnementale de l'opération

Réalisation d'une évaluation environnementale des travaux du lot 2 – Démarche

En 4 étapes

- Fourniture d'éléments de rédaction pour le DCE afin que la récolte des données soit prise en considération
- Suivi de l'envoi des données au fil de l'eau et vérification de leur complétude
- Modélisation des données et interprétation des résultats selon la norme NF EN 15804
- Rédaction du rapport

La récolte des données est scindée par phase du chantier

- Démolition du PI existant
- Construction du nouvel ouvrage d'art

L'évaluation environnementale de l'opération

Réalisation d'une évaluation environnementale des travaux du lot 2 – Avancement de la mission Cerema

Fourniture d'éléments de rédaction pour le DCE afin que l'entreprise titulaire récolte les données nécessaires à l'évaluation environnementale des travaux de déconstruction et de reconstruction

- Prix supplémentaire au BPU
- Clauses à insérer au CCTP
- Fichier excel de récolte des données

Grille de recueil de données : construction OA

DESIGNATION, QUANTITE ET APPROVISIONNEMENT DES MATERIAUX CONSTITUTIFS DE L'OUVRAGE OU EMPLOYES AU TITRE DE LA MISE EN ŒUVRE								
Catégorie	Désignation	Désignation précise	Quantité (y compris déchets et rebus de chantier)	Unité	Approvisionnement « site production - chantier »			Commentaires (inclus notamment les modes de transport pour l'approvisionnement et données complémentaires sur l'utilisation des matériaux)
					Distance aller (km)	Moyens de transport	Distance retour (km)	
Béton	Béton C20							
Béton	Béton C40							
Béton	Béton C30							
Béton	Béton C30							
Béton	Autre béton							
Métal	Autre acier							
Autre	Autres matériaux							
Métal	Autre acier							
Métal	Aciers HA							

Extrait de
l'onglet
« matériaux »

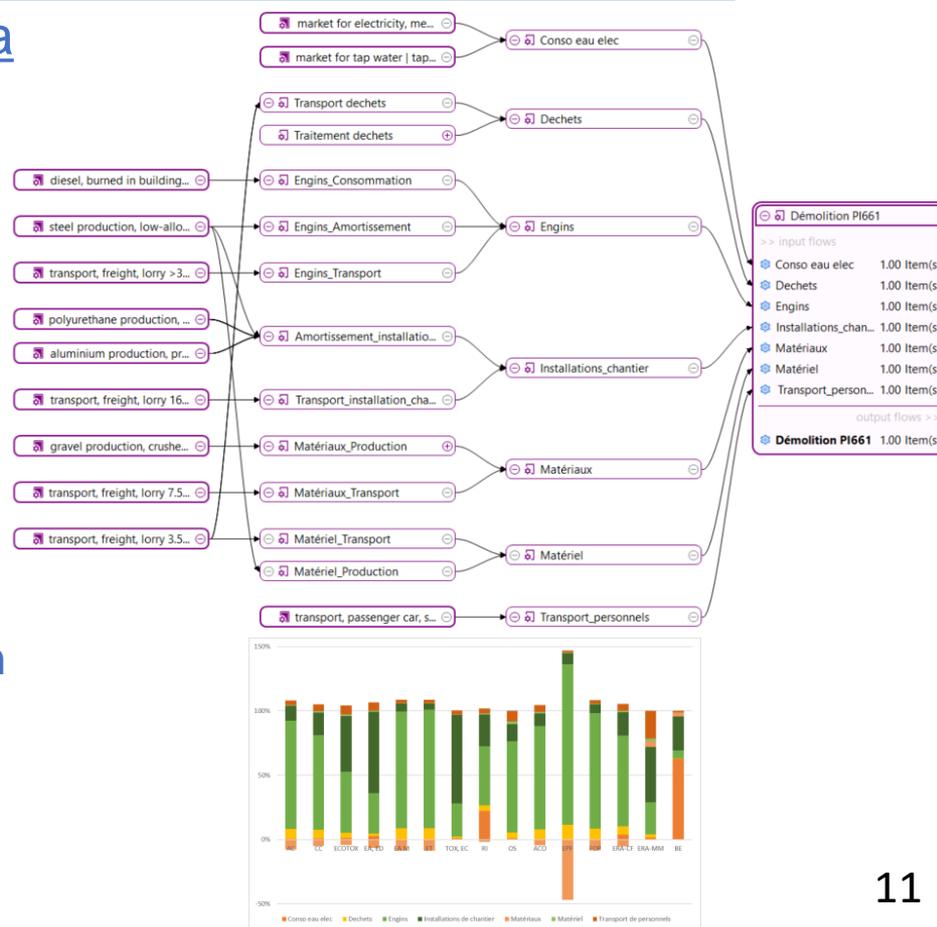
L'évaluation environnementale de l'opération

Réalisation d'une évaluation environnementale des travaux du lot 2 – Avancement de la mission Cerema

Suivi de l'envoi des données au fil de l'eau auprès du MOE et de l'entreprise en charge des travaux et vérification de leur complétude

- Aller-retours nécessaires pour préciser des chiffres
- Données complètes sur la déconstruction et en cours de vérification sur la reconstruction

Modélisation des données, interprétation des résultats selon la norme NF EN 15804 et rédaction du rapport en cours



L'évaluation environnementale de l'opération

Réalisation d'une évaluation environnementale des travaux du lot 2 – Retour d'expériences

Intégration aisée de la récolte des données dans le marché travaux

Difficulté à mettre en place le remplissage des données du fait d'une démarche similaire d'ASF (bilan carbone de l'opération) avec des tableaux à remplir différents

=> Confusion pour l'entreprise en charge des travaux

=> Délais de restitution allongés

=> Il aurait été intéressant vis-à-vis de l'entreprise d'avoir un fichier unique de suivi avec un double usage

L'évaluation environnementale de l'opération

Evaluation environnementale sommaire – Démarche

Afin d'avoir un retour sur la démarche : réalisation d'une évaluation environnementale sommaire et globale des travaux du lot 2.

=> A partir de l'offre et avec l'utilisation du guide Cerema, réalisation d'une évaluation environnementale de l'impact des travaux et comparaison avec les résultats obtenus par l'ACV sur les travaux réels

Non réalisée à ce jour

La décarbonation du béton

objectif du maître d'ouvrage :

réduire de 25% l'émission de GES sur ce poste par rapport à une solution de base

AMO du Cerema :

orientation vers l'approche performantielle plutôt que vers les liants alternatifs car :

- objectif atteignable avec approche performantielle : réduction de 80 % du L_{eq} , rapport E_{ff}/L_{eq} majoré de 0,1, rapport $A/(A+C)$ majoré
- faible RetEX sur liants alternatifs sur OA

La décarbonation du béton

Répartition des bétons entre l'approche prescriptive classique et l'approche performantielle en fonction des enjeux .

Approche prescriptive :

- Pieux : volume modéré (280 m³), enjeu de mise en œuvre
- Gros béton : dosage en ciment initial faible
- Béton de longrine : volume faible (120 m³), exposition aux sels

Approche performantielle :

- piédroit, traverse : gros volume (1750 m³)
- Semelles : volume modéré (350 m³), pièce massive

La décarbonation du béton

Définition des seuils pour l'approche performantielle sur la base du Fascicule 65.

Partie d'ouvrage	Classe exposition	Classe résistance (10)	$P_{\text{eau } 90j}$ (%)	$K_{\text{gaz } 90j}$ (10^{-18} m^2)	$D_{\text{app } 90 j}$ ($10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	Caractéristiques complémentaires (3)
Semelles	XC2, XD2	C30/37	13		7	RAG(C) RSI(Ds) LCH
Piédroit, traverse, dalle de transition	XC4, XD3, XF2	C35/45	12	150	3,5	RAG(C) RSI(Ds) EQP

La décarbonation du béton

	solution de base		offre retenue	
			appui, traverse	semelles
ciment (kg/m ³)	350 (CEM II/A-L)	300 (CEM IV/A)	322 (CEM III/B)	
addition (kg/m ³)		50 (filler)		
sable (kg/m ³)	750	795	804	
gravillons (kg/m ³)	850	1098	1077	
kg eq CO ₂ (m ³ de béton)	247	179	98	
<i>avec transport</i>	255	187	109	

La proposition retenue (Eiffage) aboutissait à une réduction de GES de 31 % par rapport à la solution de base.

La décarbonation du béton

L'émission de GES a été calculée sur la base des ratios ci-dessous :

<i>Additions</i>	Facteur d'émission (en kg CO2 eq /UF) UF = tonnes
laitier	16
metakaolin	139
filler	75
Fumées de silice	354
Cendres volantes	0,3

<i>Ciments</i> UF = tonnes	Facteur d'émission (en kg CO2 eq /UF)
CEM III/A (non PM-ES)	464
CEM I	765
CEM II/A-L	676
CEM II/A-S	671
CEM II/B-L	579
CEM II /B-M	585
CEM III/B	274
CEM III/A PM-ES	319
CEM IV/A	491
CEM V/A	468

<i>Transport matières premières</i>	Facteur d'émission (kg eq CO2/t.km)	Type de véhicules
Route	0,0919	Articulé - < 34 tonnes - Diesel routier, incorporation 7 % de biodiesel
Fret	0,0057	Train - Motorisation moyenne - Chargement dense
Mer	0,00741	Vraquier - 10 000 à 100 000 tonnes - HFO - MGO
Fluvial	0,0359	Bateau automoteur - 400 à 649 TPL

La décarbonation du béton

Coefficient de diffusion apparente des chlorures :

Résultat obtenu en convenance : $3,1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} < D_{\text{rcm}} < 8,1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$

Seuil CCTP (issu du Fascicule 65) : $3,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} < D_{\text{rcm}}$

Application du FD P 18-480 : $9 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s} < D_{\text{rcm}}$

Porosité :

Résultat obtenu en convenance : $11,2 \% < P_{\text{eau},90\text{j}} < 12,7 \%$

Seuil CCTP (issu du Fascicule 65) : $12 \% < P_{\text{eau},90\text{j}}$

Application du FD P 18-480 : $P_{\text{eau},90\text{j}}/fV_p = 45 \% (< 50\%)$

La décarbonation du béton

Les enseignements :

- L'approche performantielle comme outils de décarbonation
- L'apport du FD P 18-480 qui introduit des modulations de seuils plus fines que le Fascicule 65
- La nécessité de :
 - Intégrer la demande en amont du projet
 - Fournir des outils de comparaison et d'analyse

Merci de votre attention

