

Exemples de bilans environnementaux de construction d'ouvrages



Cerema Méditerranée

02 mars 2017

**Journée technique sous l'égide de la CoTITA
« Ouvrages d'Art et enjeux environnementaux »**

Contexte de l'étude

Groupe de travail Sétra « Ecobilan »

- **Suivi de chantiers de construction d'OA (phase mise en œuvre) : données d'entrée pour l'établissement de valeurs forfaitaires d'impacts environnementaux utilisés par l'outil CIOGEN → ratios en fonction des types de structure (béton armé / béton précontraint OU mixte acier-béton)**
- **Nécessite un recueil de données sur :**
 - ✓ Les matériaux employés
 - ✓ Les transports utilisés
 - ✓ Les moyens pour la mise en œuvre
- **Prix spécifique prévu au marché**
 - ✓ Clauses spécifiques dans le CCTP, BPU et DE
 - ✓ Grille de recueil de données

Etapes de l'étude

- Définition des frontières du système et de l'unité fonctionnelle
- Réalisation du bilan des flux entrants et sortants à chacune des étapes du cycle de vie :
 - ✓ Les entrants : consommations de ressources naturelles, d'eau et d'énergie,
 - ✓ Les sortants : émissions dans l'eau, dans l'air et dans les sols, ainsi que les déchets produits
- Détermination des impacts environnementaux : transforme la liste d'entrants et sortants en impacts

Champ de l'étude

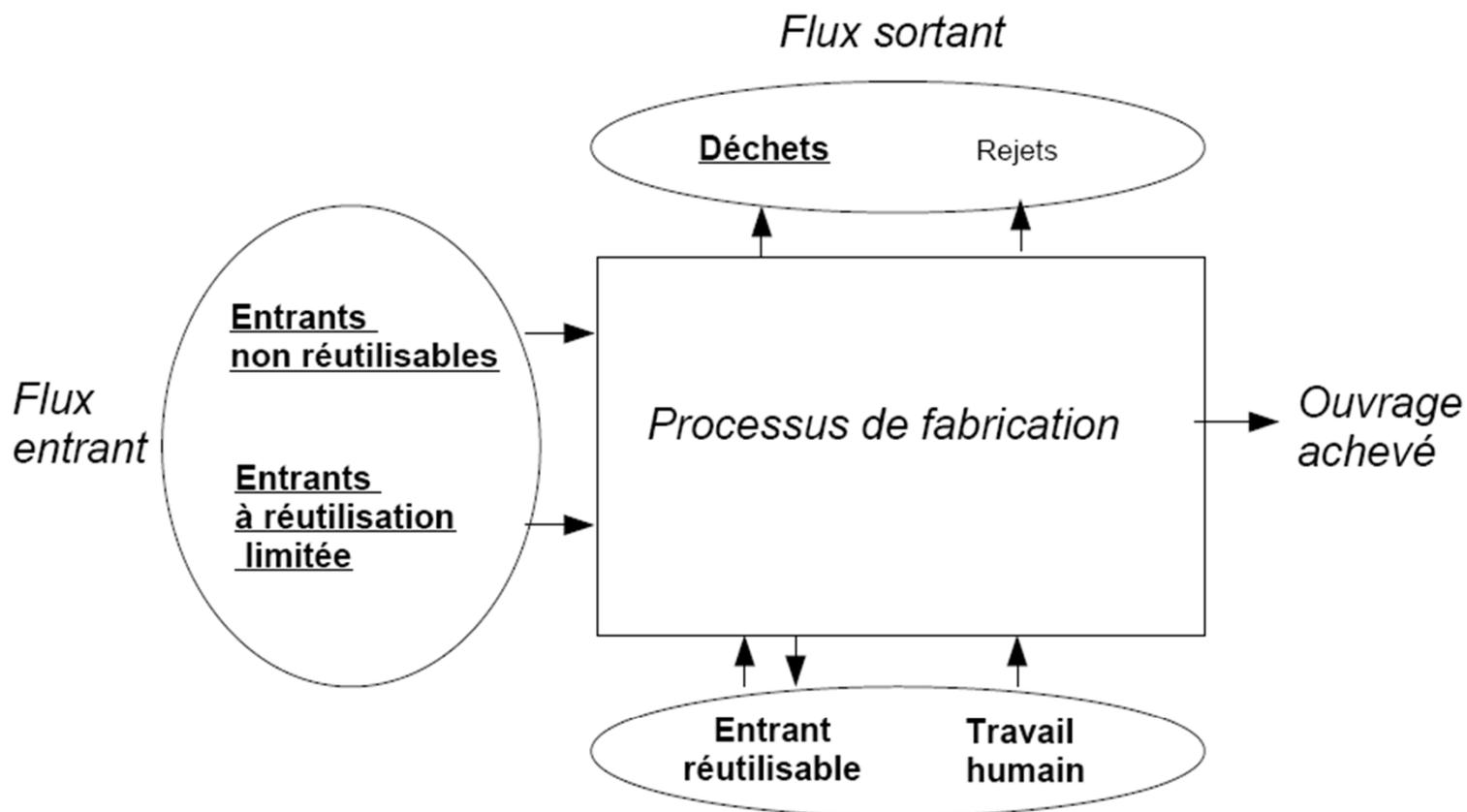
- **Unité fonctionnelle** : un passage inférieur constitué de deux tabliers à dalle précontrainte à deux travées de longueur totale 45,8m, portant la RN249 et franchissant la RD160,
- **Etapas du cycle de vie**
 - ✓ Production : de l'extraction des matières premières jusqu'à la sortie du site de fabrication du produit manufacturé
 - ✓ Transport : de la sortie du site de fabrication à l'arrivée sur le chantier de construction
 - ✓ Mise en œuvre : de l'arrivée sur le chantier de construction à la réception de l'ouvrage
- **Impacts environnementaux**
 - ✓ Consommation des ressources énergétiques
 - ✓ Epuisement des ressources
 - ✓ Changement climatique
 - ✓ Acidification atmosphérique
 - ✓ Destruction de la couche d'ozone stratosphérique
 - ✓ Formation d'ozone photochimique

Recueil de données

Recueil des données : Collecte des informations par le titulaire du marché et transmission au maître d'œuvre

- **Matériaux**
 - ✓ Type
 - ✓ Provenance (mode de production, distance du lieu de fabrication au lieu de mise en œuvre)
 - ✓ Quantité
- **Ensemble des flux et matériels nécessaires à la mise en œuvre**
 - ✓ Energie, fluides : eau, carburant, électricité
 - ✓ Matériels ou matériaux consommables : nature, provenance, quantité
 - ✓ Matériels à réutilisation limitée (coffrages, étais, ...) : nature, provenance, quantité (amortissement)

Définition des flux



Données fournies par l'entreprise pour calcul écobilan

Données fournies par l'entreprise à titre indicatif

Données non fournies par l'entreprise

Recueil de données

Fabrication des matériaux, matériels et engins de chantier

- **Matériaux structurants et quelques équipements** : béton, acier de construction, armatures passives, câbles actifs, dispositifs de retenue, étanchéité asphalte, bois de coffrage, panneau de contreplaqué
- **Engins et matériels (amortissement)** : grue à tour, groupe électrogène, pelle de terrassement, compacteur, camion benne, chariot élévateur, nacelle élévatrice
- **Matériel semi-réutilisable (amortissement)** : coffrages, étaielements, matériel pour mise en œuvre de la précontrainte
- **Installations de chantier (amortissement)** : bureaux, vestiaires, réfectoire, sanitaire, container matériels

Recueil de données

Transport des matériaux, matériels et engins de chantier

- Toupie-béton : unité t.km (masse transportée)
- Transport par poids-lourd : unité t.km
 - ✓ 3.5 à 7.5 t
 - ✓ 16 à 32 t
 - ✓ > 32 t

Réalisation de l'ouvrage

- Groupe électrogène (diesel) : unité l
- Consommation engins de chantier : unité l
- Transport personnel : unité km

Recueil de données : matériaux

Catégorie	Désignation	Désignation précise	Quantité (y compris déchets et rebus de chantier)	Unité	Déchets chantier valorisables (%)	Déchets chantier non valorisables (%)	Approvisionnement « site production - chantier »		
							Distance aller (km)	Moyens de transport	Distance retour (km)
Béton Octobre		BP et BA	248	m3		2.00	1.5x38=57	Bétonnière portée	57 à vide
Bois Octobre		Bois de coffrage	5	m3	100		80	Poids lourd	frêt
Bois Octobre		Contre-plaqué	100	m2	100		80	Poids lourd	frêt
Aciers Octobre		Fers pour B.A (appuis)	146	t	0.50		70x6=420	Poids lourd	frêt
Béton Novembre		BA	654	m3		2.00	1.5x100=150	Bétonnière portée	150 à vide
Béton Décembre		BA	170	m3		2.00	1.5x28=42	Bétonnière portée	42 à vide
Béton Janvier		BA	365	m3		2.00	1.5x61=91	Bétonnière portée	91 à vide
Aciers Janvier		Fers pour B.A (appuis)	6	t	0.50		70x1=70	Poids lourd	frêt
Bois février		Bois de coffrage	7	m3	100		80	Poids lourd	frêt
Bois février		Contre-plaqué	150	m2	100		80	Poids lourd	frêt
Béton Février		BA	96	m3		2.00	1.5x16=24	Bétonnière portée	24 à vide
Aciers Février		Fers pour B.A (tablier)	24	t	0.50		70x1=70	Poids lourd	frêt
Précontrainte Février		Trompettes,gaines et ciment	25	t			350x1=350	Poids lourd	frêt
Aciers Mars		Fers pour B.A (tablier)	43	t	0.50		70x2=140	Poids lourd	frêt
Précontrainte Mars		Câbles en acier tablier 1	22	t	0.50		350x1=350	Poids lourd	frêt
Béton Mars		BA	615	m3		2.00	1.5x103=54	Bétonnière portée	154 à vide
Corniches béton Mars		Corniches en béton armé	46	ml			50x1=50	Poids lourd	frêt

Recueil de données : engins et matériels

Numéro engin	Type	Désignation précise	Transport des engins imputable au chantier			Caractéristiques	
			Distance aller (km)	Mode de transport	Distance retour (km)	Masse (T)	Puissance (kW)
1	Grue à tour	Raimondi 178 MTR	80	camion	80	120.0	
2	Groupe électrogène	SDMO 120 KVA	100	camion	100	2.0	
3	Pelle de terrassement	Komatsu PC240	100	camion	100	25.0	
4	Pelle de terrassement	Komatsu PC240	100	camion	100	25.0	
5	Pelle de terrassement	Komatsu PC240	100	camion	100	25.0	
6	Compacteur V3	BOMAG BW179	3	camion	3	15.0	
7	Compacteur 2 billes	BOMAG BW120	3	camion	3	2.5	
8	Camion benne	Mercedes 6x4	100	camion	100	26.0	
9	Camion benne	Volvo 6x4	100	camion	100	26.0	
10	Pelle de terrassement	Komatsu PC160	100	camion	100	25.0	
11	Pelle de terrassement	Komatsu PC240	100	camion	100	25.0	
12	Chariot élévateur 14m	Manitou MT1440	3	camion	3	10.0	
13	Nacelle élévatrice	180 ATJ	3	camion	3	8.0	

Recueil de données : engins et matériels

Phase chantier	Numéro engin	Consommations			Immobilisation		
		Durée d'utilisation (mois)	Conso horaire moyenne (litres)	Consommation globale (litres)	Durée de présence imputable au chantier (semaines)	Durée de vie (années)	Amortissement (%)
Ensemble	1	11			46	15	5.9
Ensemble	2	11			46	10	8.8
Terrassements	3	4			17	10	3.3
Terrassements	4	0.5			2	10	0.4
Terrassements	5	2			8.5	10	1.6
Terrassements	6	2			8.5	10	1.6
Terrassements	7	3			12.5	10	2.4
Terrassements	8	2.5			10.5	15	1.3
Terrassements	9	2			8.5	15	1.1
Terrassements	10	1			4	10	0.8
Terrassements	11	1			4	10	0.8
Décoffrage	12	1			4	8	1.0
Finitions	13	0.25			1	8	0.2

Type	Désignation précise (si disponible)	Puissance (kW) (facultatif)	Consommation matériels		
			Durée globale estimée d'utilisation (semaines)	Consommation globale (litres)	Consommation globale (kWh)
Pour l'ensemble du chantier nous avons utilisé 23 100l de fuel et 5 500l de gazole pour les camions benes					

Recueil de données : matériel semi-réutilisable

Type	Désignation précise (si nécessaire)	Masse (T)	Durée de présence imputable au chantier (semaines)	Durée de vie estimée (ans)	Amortissement (%)	Transport imputable au chantier		
						Distance aller (km)	Mode de transport	Distance retour (km)
Coffrages	Banches SATECO	50.0	21	15	2.7	2x100=200	camion	200
Divers	Bennes à béton, lests...	70.0	46	20	4.4	3x100=300	camion	300
Banches	Banches SATECO	25.0	17	15	2.2	1x100=200	camion	100
Etaiements	Profilés métalliques	25.0	21	25	1.6	1x100=200	camion	100
Etaiements	Profilés métalliques	75.0	21	25	1.6	3x100=300	camion	300
Etaiements	Tours	35.0	21	10	4.0	2x100=200	camion	200
Coffrages	Plateaux coffrants	35.0	21	15	2.7	2x100=200	camion	200
Coffrages	Encorbellements	20.0	21		100.0	1x100=200	camion	100
Etaiements	Divers étaiements	30.0	21	10	4.0	2x100=200	camion	200
Précontrainte	Enfileuse, vérins, pompes...	20.0	2	10	0.4	1x350=350	camion	350
Précontrainte	Enfileuse, vérins, pompes...	20.0	2	10	0.4	1x350=351	camion	351

Recueil de données : installations de chantier

Type d'unité	Surface (m ²)	Consommation électrique (kWh)	Durée d'utilisation (semaines)	Durée de vie estimée (ans)	Amortissement (%)	Masse (T)	Transport imputable au chantier		
							Distance aller (km)	Mode de transport	Distance retour (km)
Bureau-double	30.0		46	15	5.90	4.0	100	camion	100
Vestiaires	15.0		46	15	5.90	2.0	50	camion	50
Réfectoire	15.0		46	15	5.90	2.0	50	camion	50
Sanitaire	15.0		46	15	5.90	2.0	50	camion	50
Container matériels	15.0		46	20	4.42	7.0	50	camion	50
Container matériels	15.0		21	20	2.02	7.0	100	camion	100
Vestiaires	15.0		46	15	5.90	2.0	50	camion	50
Réfectoire	15.0		46	15	5.90	2.0	50	camion	50

Recueil de données : moyens humains

<u>Phase chantier</u>	Désignation précise (si nécessaire)	<u>Intervenant</u>	Nom de l'entreprise	Durée intervention (heure)	Nombre hommes.jour
Installation et appuis	octobre	Titulaire travaux	LEPINE TP	1 123	140
Appuis	octobre	Sous-traitant travaux	OUEST POSE	406	51
Appuis + remblais	novembre	Titulaire travaux	LEPINE TP	1 419	177
Appuis	novembre	Sous-traitant travaux	OUEST POSE	1 141	143
Appuis + remblais	décembre	Titulaire travaux	LEPINE TP	1 245	156

<u>Intervenant</u>	<u>Véhicules professionnels</u>	Distance aller-retour au chantier (km) (à titre indicatif)	Distance parcourue imputable au chantier (km)	Consommation réelle (l/100 km)	Commentaires
Titulaire travaux	Utilitaire (5 à 8 m3)		1 260	8	oct-12
Titulaire travaux	Société (diesel)		2 800	6	oct-12
Sous-traitant travaux	Société (diesel)		800	6	octobre OUEST POSE
Titulaire travaux	Berline		560	7	oct-12
Titulaire travaux	Utilitaire (5 à 8 m3)		1 440	8	nov-12
Titulaire travaux	Société (diesel)		3 200	6	nov-12
Sous-traitant travaux	Société (diesel)		2 500	6	novembre OUEST POSE
Titulaire travaux	Berline (diesel)		640	7	nov-12
Titulaire travaux (intérim)	Berline (diesel)		1 000	6	nov-12

Bilan global consommation

Désignation	Unité	Quantité
<i>Eau</i>	m3	200
<i>Main d'œuvre</i>	h.jour	2 301
Matériaux		
Béton C16/20	m3	418
Béton C25/30	m3	116
Béton C30/37	m3	1 168
Béton C35/45	m3	1 265
Acier de construction	kg	37 453
Armatures passives HA B500A et B500B	kg	276 000
Câbles actifs	kg	44 000
Barrières BN4	MI	100
Étanchéité asphalte	m ²	1 503
Bois de coffrage non traité	m3	12
Panneau de contreplaqué	m ²	250
Energie pour mise en œuvre		
Diesel groupe électrogène	l	23 100
Diesel Engins de chantier	l	5 500
Transport des moyens humains par VL	km	81 080

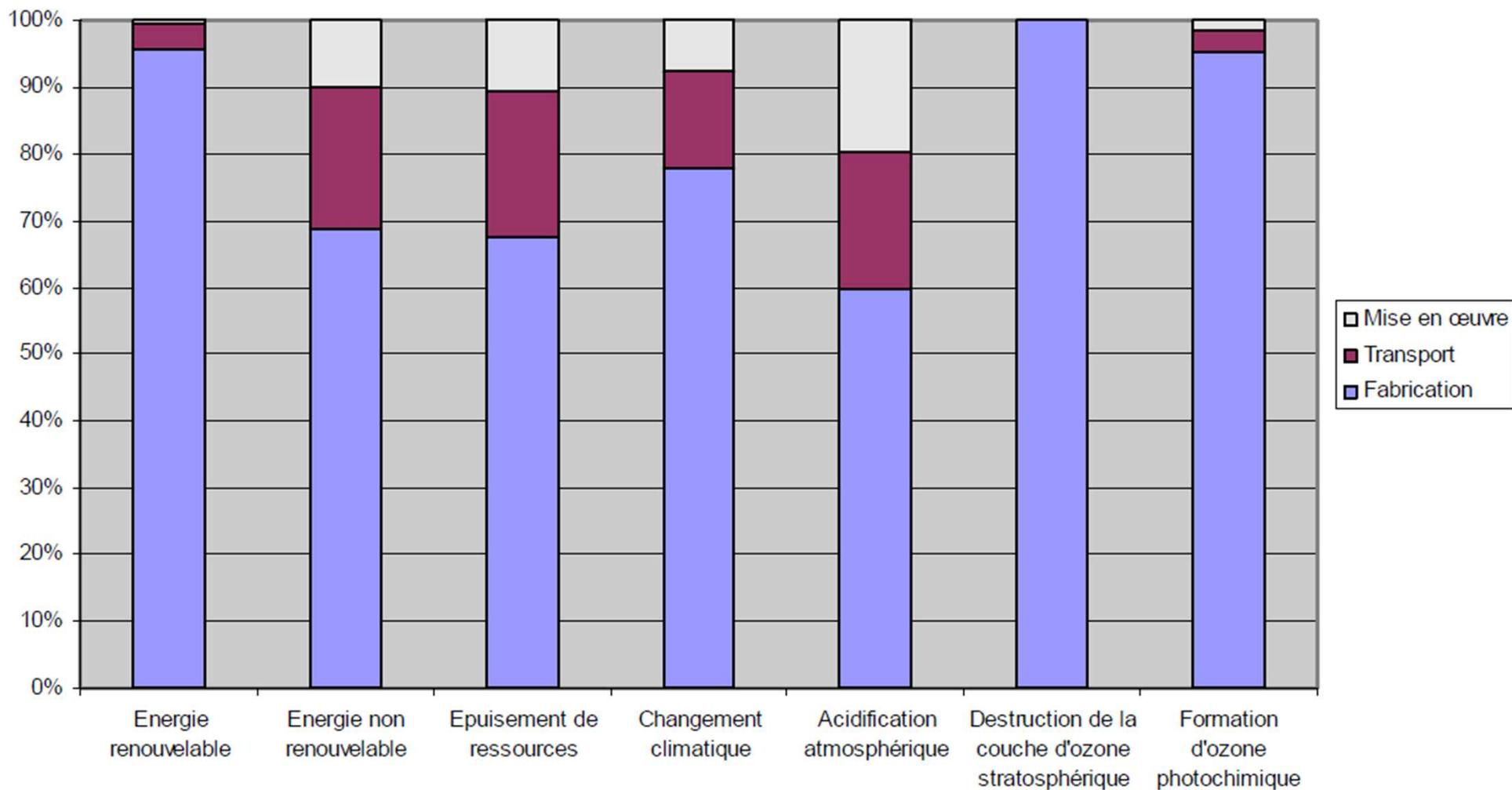
Transport matériaux	Quantité (t.km)
Toupie béton	11 092
Camion 3,5 – 7,5 t	210
Camion 16-32 t	79 805
Transport engins de chantier	Quantité (t.km)
Camion 3,5 – 7,5 t	208
Camion 16-32 t	17 800
Camion > 32 t	9 600
Transport matériels et installations de chantier	Quantité (t.km)
Camion 3,5 – 7,5 t	1 950
Camion > 32 t	47 000

« des d'Art et enjeux environnementaux »

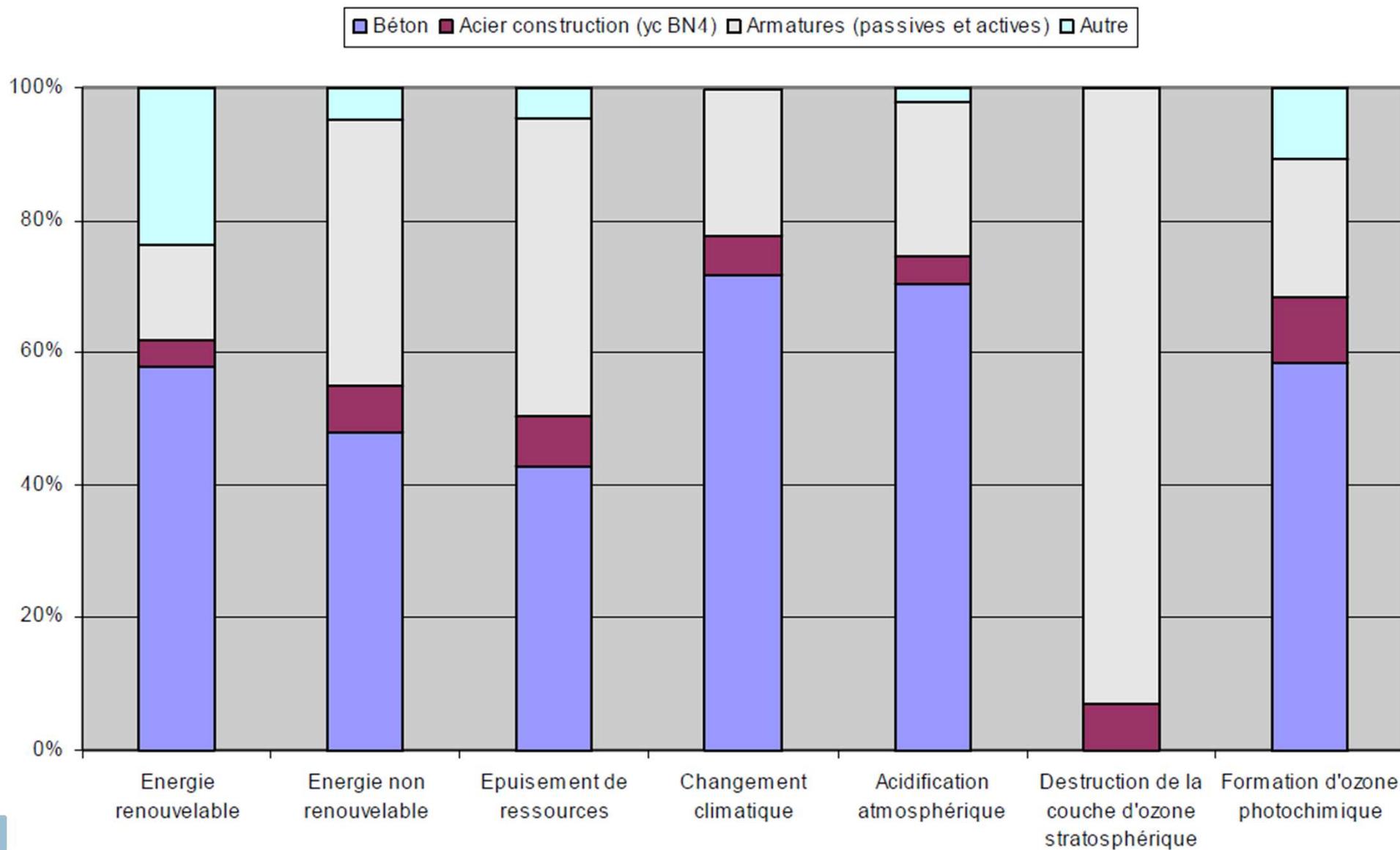
Bilan des impacts environnementaux

Impact environnemental	Unité	Quantité	Par m ² de surface totale de tablier
Energie renouvelable	MJ	0,708 E+06	0,44 E+03
Energie non renouvelable	MJ	16,9 E+06	11 E+03
Epuisement des ressources	kg.eq.Sb	6,94 E+03	4,4
Changement climatique	kg.eq.CO ₂	1,46 E+06	0,92 E+03
Acidification atmosphérique	kg.eq.SO ₂	6,38 E+03	4,0
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg.eq.CFC-11	17,4 E-03	11 E-06
Formation d'ozone photochimique	kg.eq.C ₂ H ₄	0,305 E+03	0,19

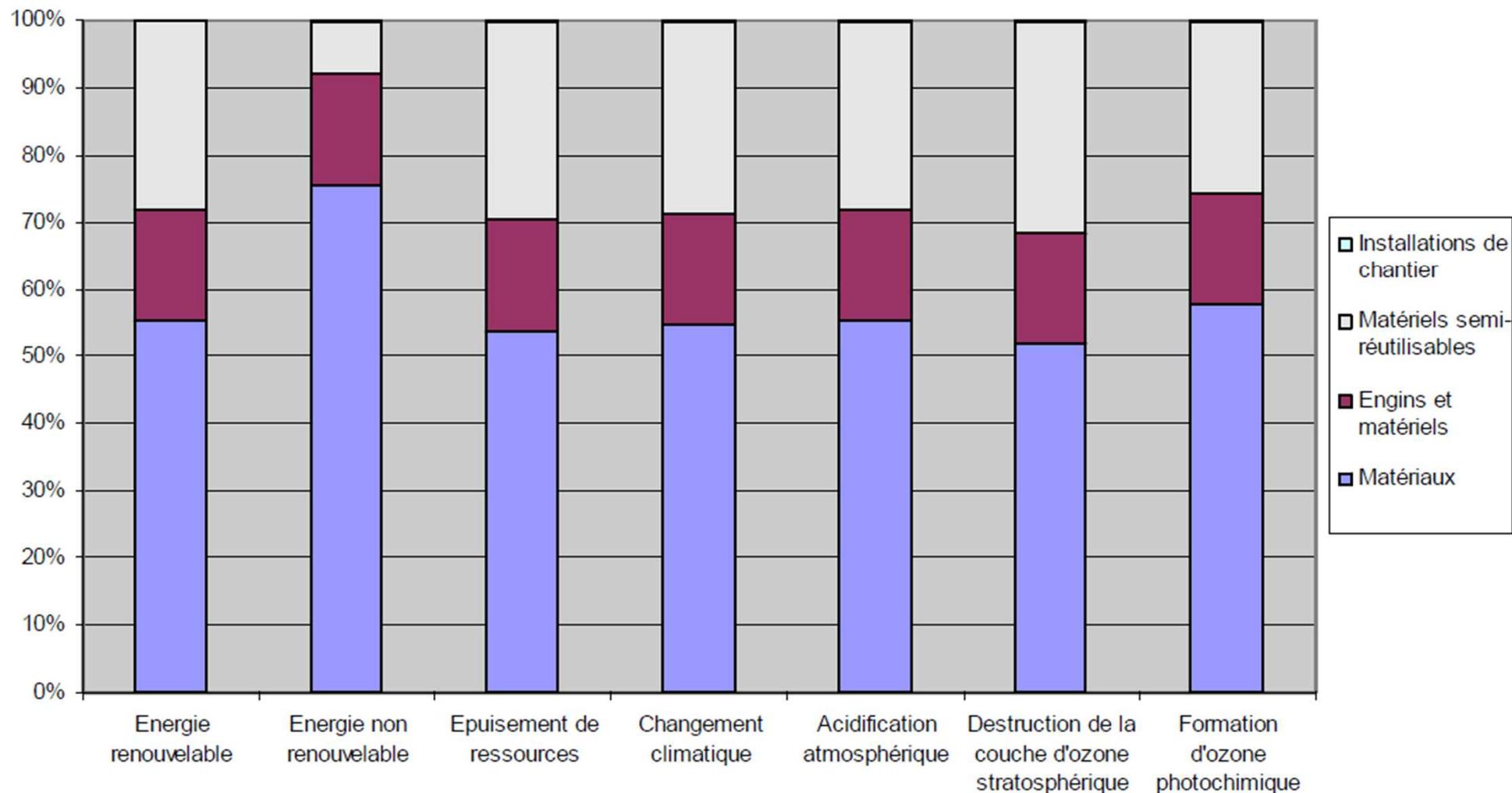
Répartition entre les étapes



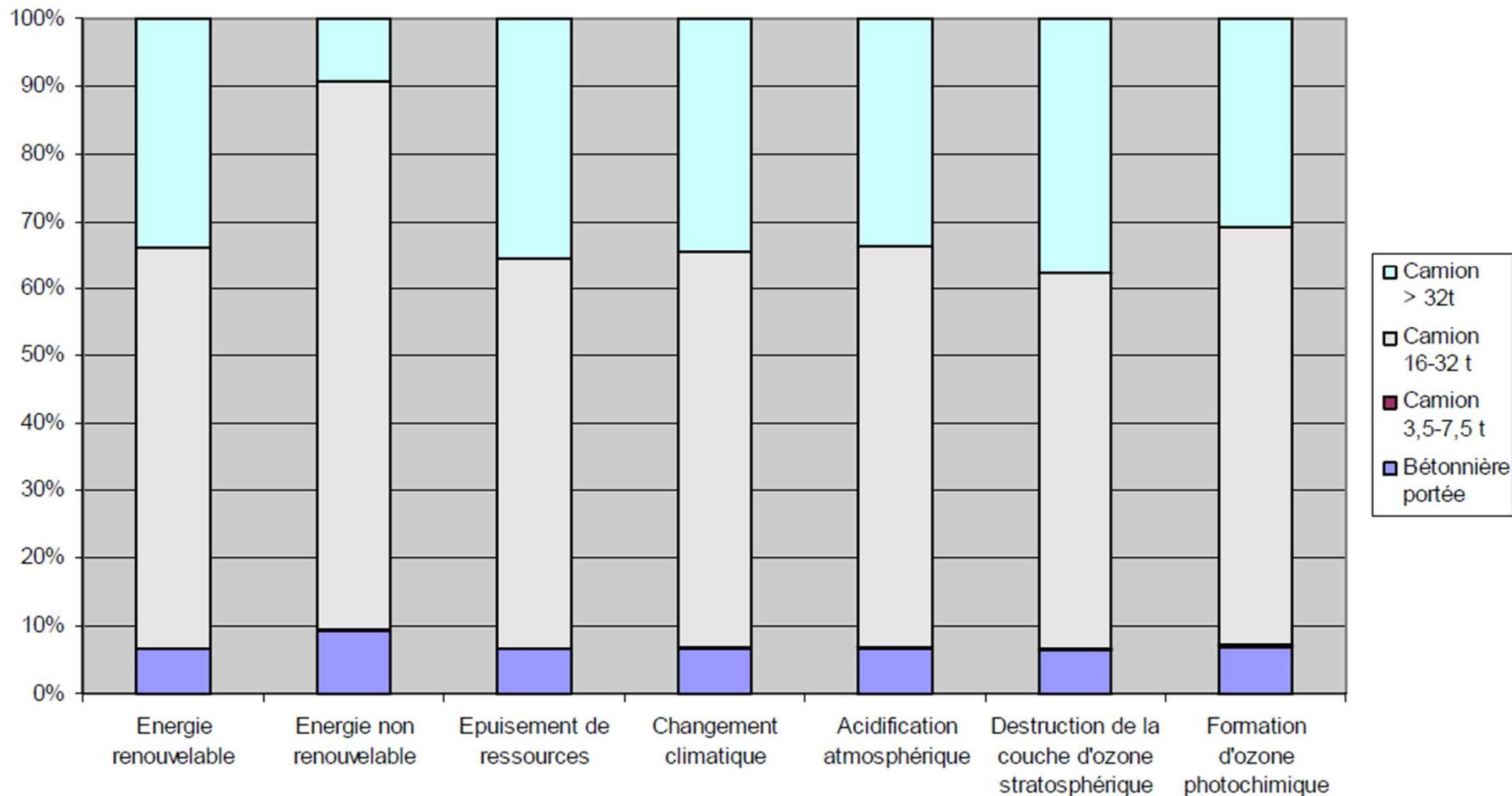
Etape fabrication des matériaux



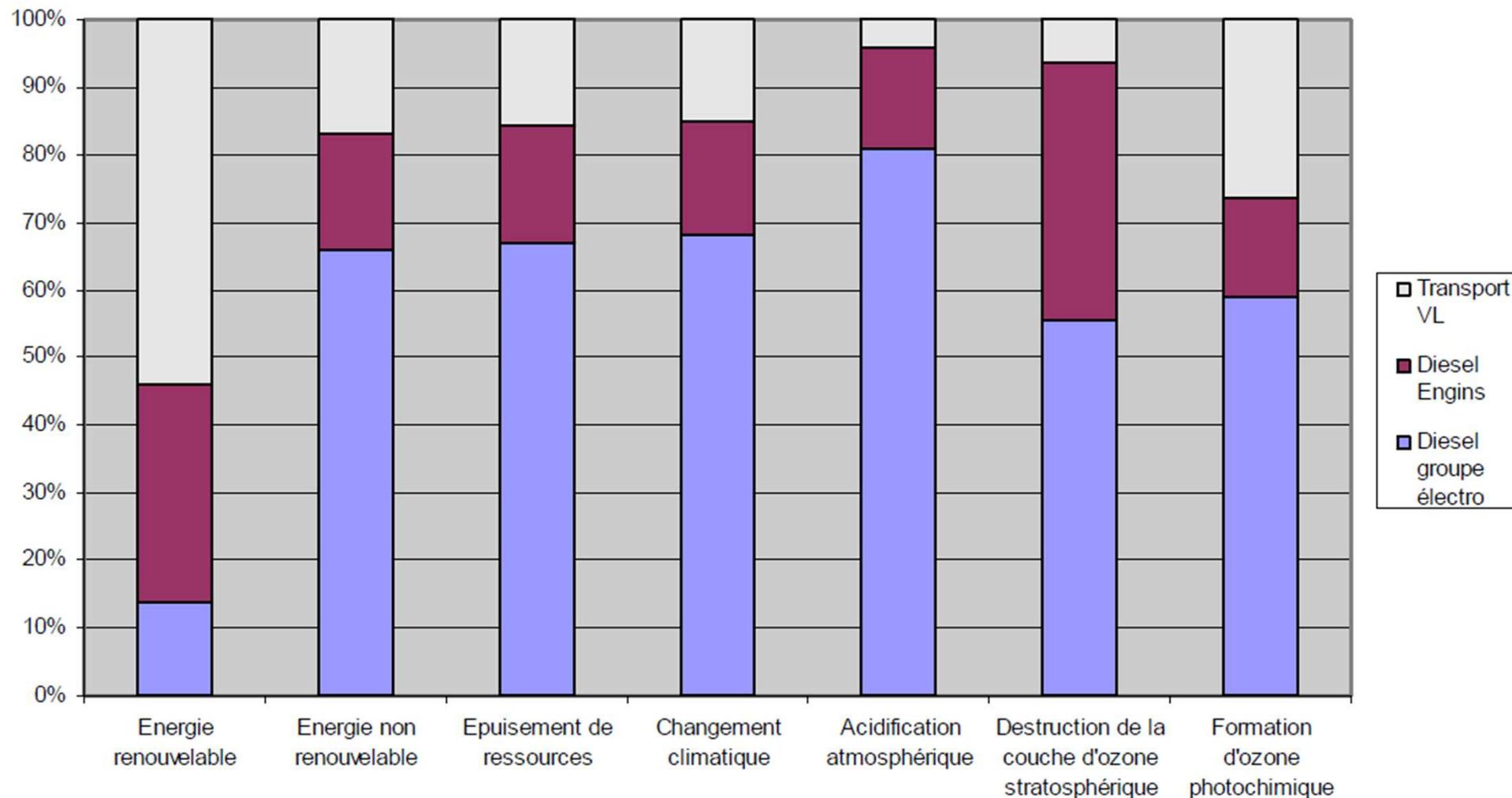
Etape transport



Etape transport



Etape énergie pour mise en œuvre



Conclusions

- Fabrication des matériaux : part la plus importante pour tous les impacts
- Etape transport : part matériaux > 50% pour tous les impacts
- Transport béton : < 10% pour tous les impacts → importance de la distance d'approvisionnement des différents matériaux (acheminement de moins de 2 km dans le cas présenté)
- Etape mise en œuvre : part la plus importante pour le fonctionnement des groupes électrogènes

Autre exemple : bilan consommation

Unité fonctionnelle : un passage inférieur constitué d'une dalle précontrainte à trois travées de longueur totale 43,8m, portant une RD et franchissant un ruisseau.

Désignation	Unité	Quantité
Eau	m3	Non renseignée
Main d'œuvre	h.jour	1 011
Matériaux		
Béton C16/20	m3	185
Béton C30/37	m3	402
Béton C30/37	m3	86
Béton C35/45	m3	283
Acier de construction	kg	6 683
Armatures passives HA B500A et B500B	kg	71 014
Câbles actifs	kg	7 873
Barrières BN4	MI	186
Chape d'étanchéité	m ²	416
Bois de coffrage non traité	m3	6
Panneau de contreplaqué	m ²	750
Energie pour mise en œuvre		
Diesel groupe électrogène	l	11 675
Diesel Engins de chantier	l	5 491
Transport moyens humains par VL	km	74 568

Transport matériaux	Quantité (t.km)
Toupie béton	34 697
Camion 3,5 – 7,5 t	1 672
Camion 16-32 t	49 779
Transport engins de chantier	Quantité (t.km)
Camion 16-32 t	10 700
Camion > 32 t	5 982
Transport matériels et installations de chantier	Quantité (t.km)
Camion > 32 t	67 408
Transport déchets	Quantité (t.km)
Camion 3,5 t 7,5 t	1 365

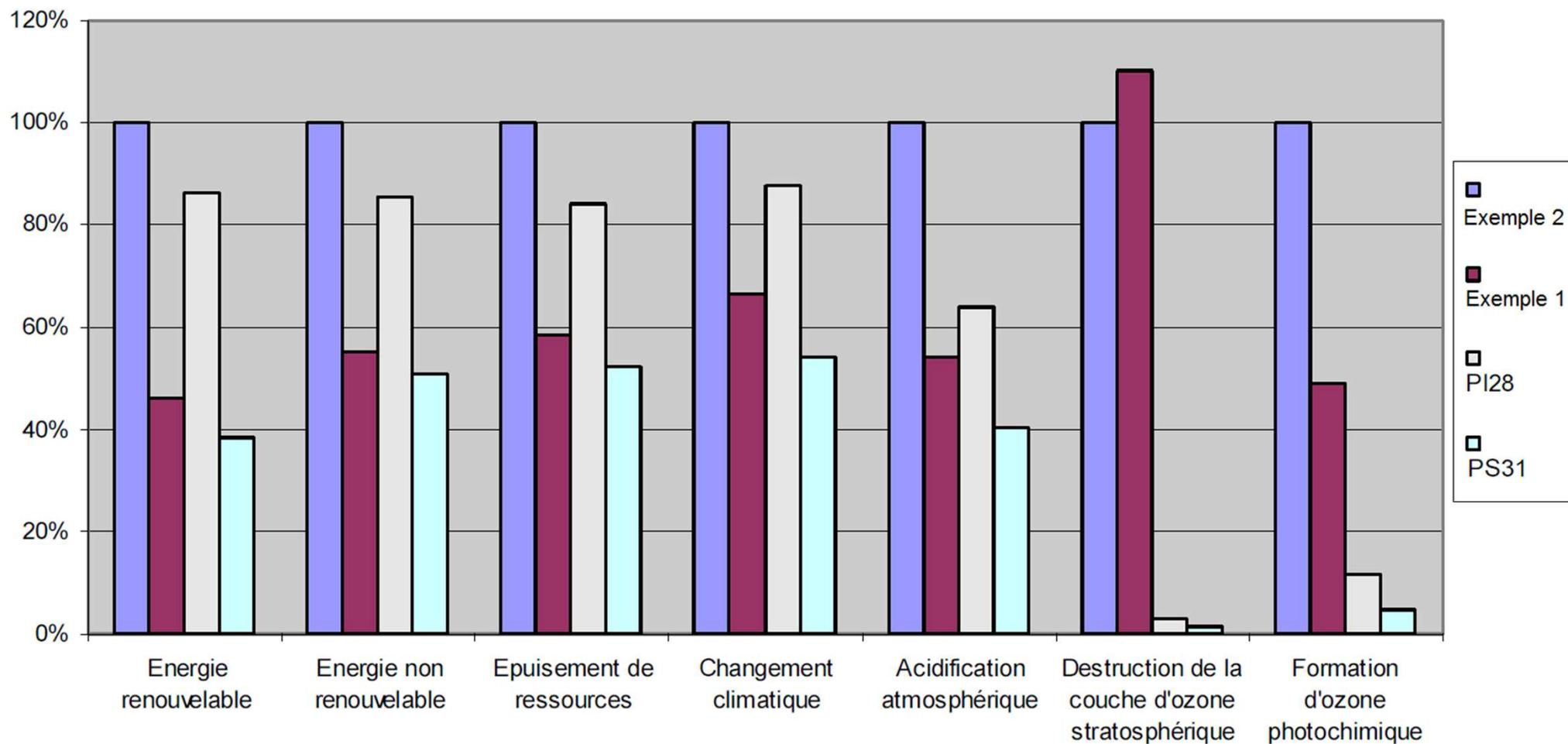
Autre exemple : bilan impacts

1^{er} exemple



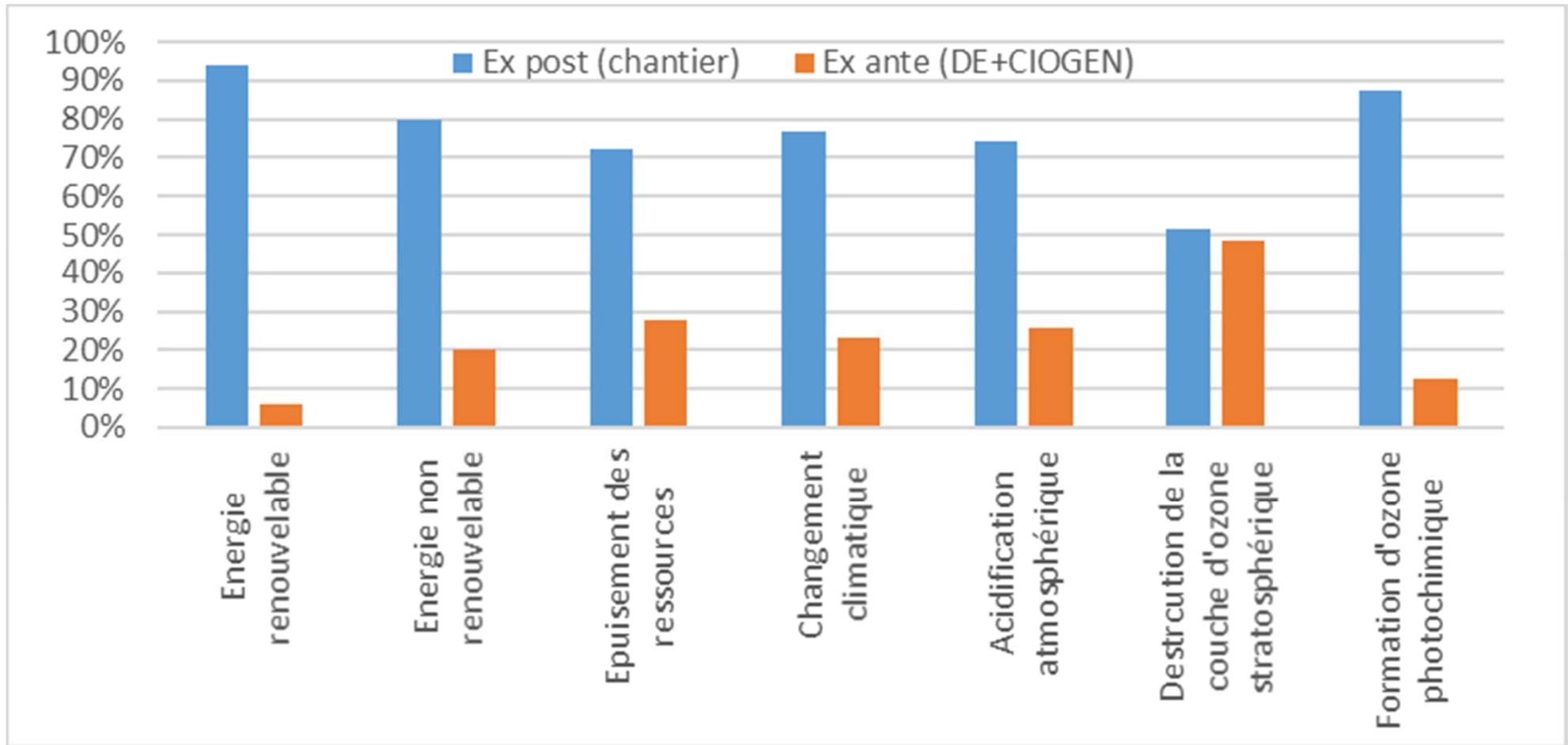
Impact environnemental	Unité	Quantité	Par m ² de surface totale de tablier	Par m ² de surface totale de tablier
Energie renouvelable	MJ	4,21 E+05	0,90 E+03	0,44 E+03
Energie non renouvelable	MJ	8,04 E+06	17,3 E+03	11 E+03
Epuisement des ressources	kg.eq.Sb	3,25 E+03	7,0	4,4
Changement climatique	kg.eq.CO ₂	0,60 E+06	1,28 E+03	0,92 E+03
Acidification atmosphérique	kg.eq.SO ₂	3,22 E+03	6,9	4,0
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique	kg.eq.CFC-11	4,39 E-03	9,4 E-06	11 E-06
Formation d'ozone photochimique	kg.eq.C ₂ H ₄	0,17 E+03	0,37	0,19

Autre exemple : comparaison



Autre exemple : évaluation ex-ante

A partir des quantités du détail estimatif et de CIOGEN



Autre exemple : conclusions

- Etape fabrication des matériaux : mêmes valeurs qu'autres chantiers (part la plus importante pour tous les impacts)
- Etape transport : écarts importants → provenance des matériaux (béton 15 km ; > 500 km aciers passifs ; > 700 km profilés de coffrage et blindage)
- Etape mise en œuvre : valeurs plus importantes (zone rurale → transport VL plus important).



Merci de votre attention

benoit.poulin@cerema.fr