

Quelques applications de l'ACV dans la construction

Adélaïde Feraille
Laboratoire Navier

Aurore Wurtz
Co-innovation lab

Contexte

Les enjeux environnementaux de la construction

Le bâtiment, principal responsable de nombreux problèmes environnementaux



Source : UNEP, 2022

Source : ADEME, 2023

→ Limiter les impacts sur l'environnement par l'écoconception

Industrie cimentière : 5-8 % des émissions de CO₂

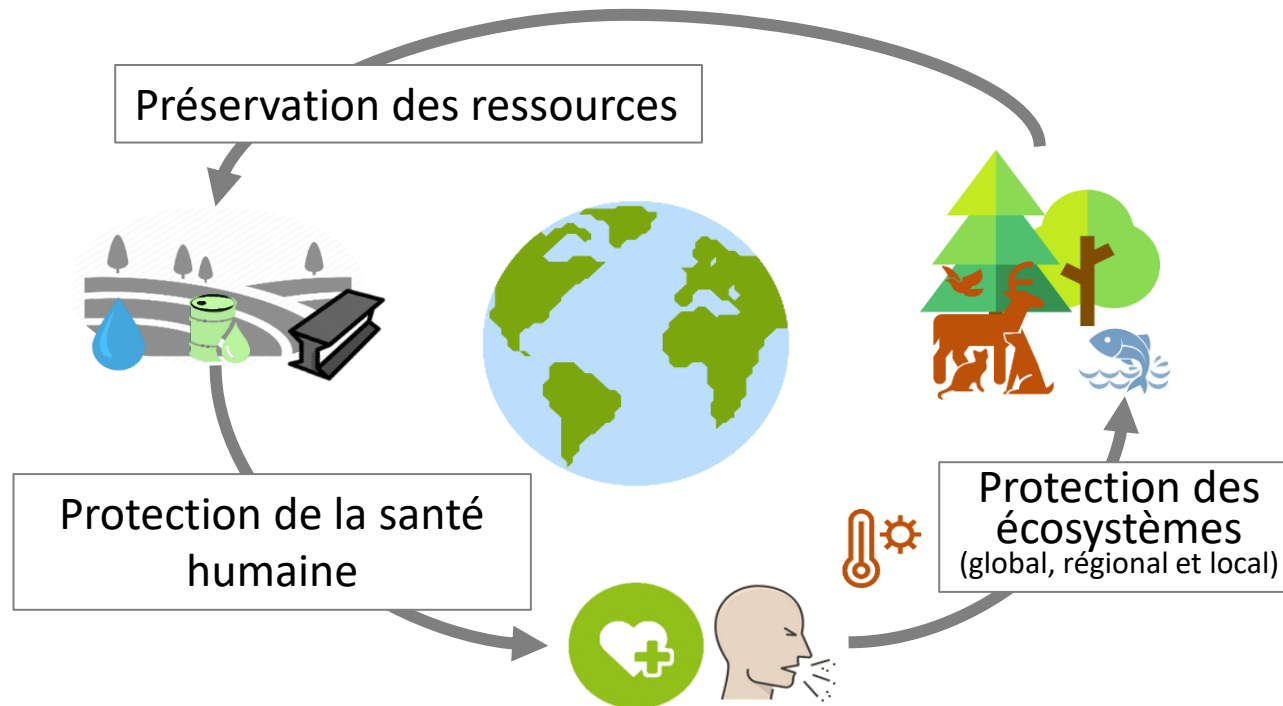
- Décarbonatation de la chaux (environ 500kg CO₂/t clinker)
- Energie nécessaire à la clinkerisation (1450°C)

Carbon footprint d'un béton contenant 280 kg/m³ de ciment : 285 kg eq. CO₂/m³ (infociment)

#1 Matériau de construction manufacturé le plus utilisé au monde

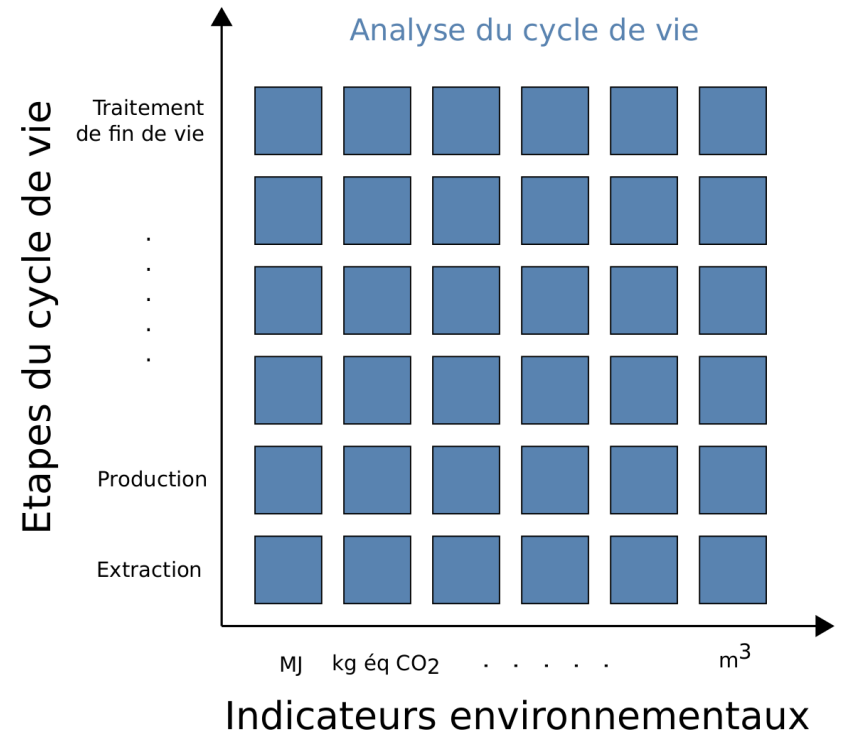
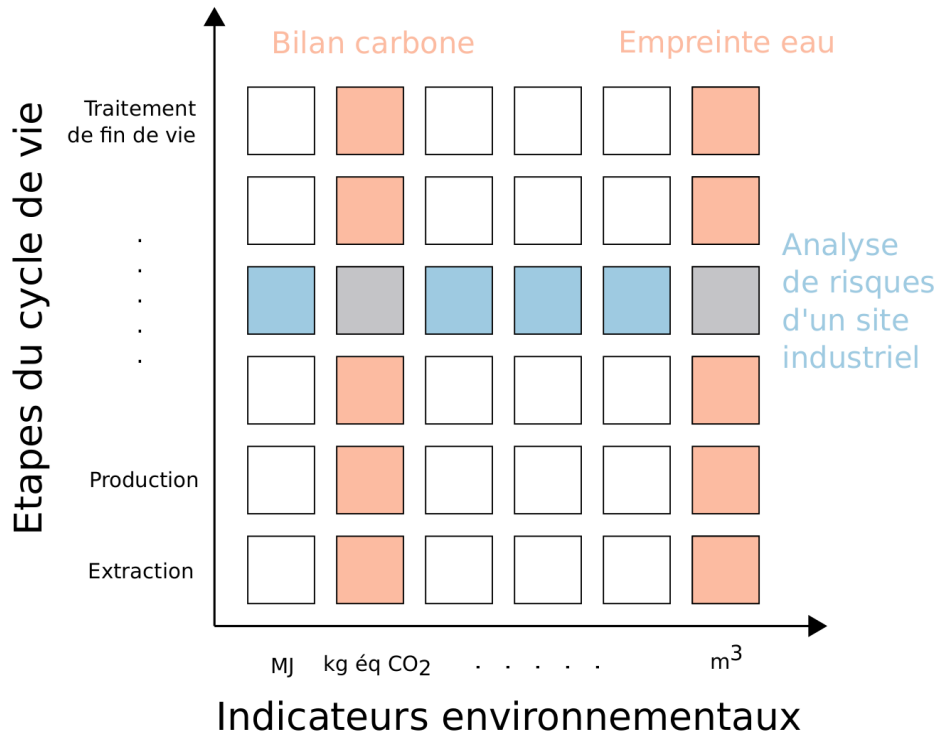
#2 Sable : ressource la plus consommée après l'eau (15 milliards de tonnes extraites par an)

Les préoccupations environnementales



La méthode d'analyse de cycle de vie

L'ACV : multi-étapes et multi-critères



1) Approche **multi-étapes** :

Prise en compte de **l'ensemble du cycle de vie** pour éviter les transferts de pollution dans le temps et dans l'espace

2) Approche **multi-critères** :

Prise en compte de **plusieurs impacts environnementaux** pour éviter de remplacer un problème par un autre

1) Approche **multi-étapes** :

Prise en compte de **l'ensemble du cycle de vie** pour éviter les transferts de pollution dans le temps et dans l'espace

2) Approche **multi-critères** :

Prise en compte de **plusieurs impacts environnementaux** pour éviter de remplacer un problème par un autre

3) Approche **comparative** :

Le calcul des émissions, extractions et impacts est rapporté à une fonction définie appelée **unité fonctionnelle**

Cadre de l'ACV

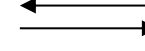
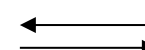
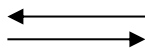
1. Définition des objectifs
et du champ de l'étude



2. Analyse de l'inventaire



3. Evaluation de l'impact



4. Interprétation

1. Définir le(s) objectif(s) de l'étude, le système concerné et ses frontières, l'unité fonctionnelle, les hypothèses sur le système (durée de vie), le public destinataire...

2. Inventorier toutes les émissions (eau/air/sol) et consommations de ressources induites par le système étudié. Choix de modélisation...

3. Caractérisation : agréger les flux émis et les ressources consommées en impacts environnementaux ; normalisation.

4. Interpréter les résultats, décider ou non d'affiner la modélisation. Analyse de sensibilité, incertitudes. Choix de représentation des résultats.

2. Analyse de l'inventaire

Substances émises et puisées dans l'environnement

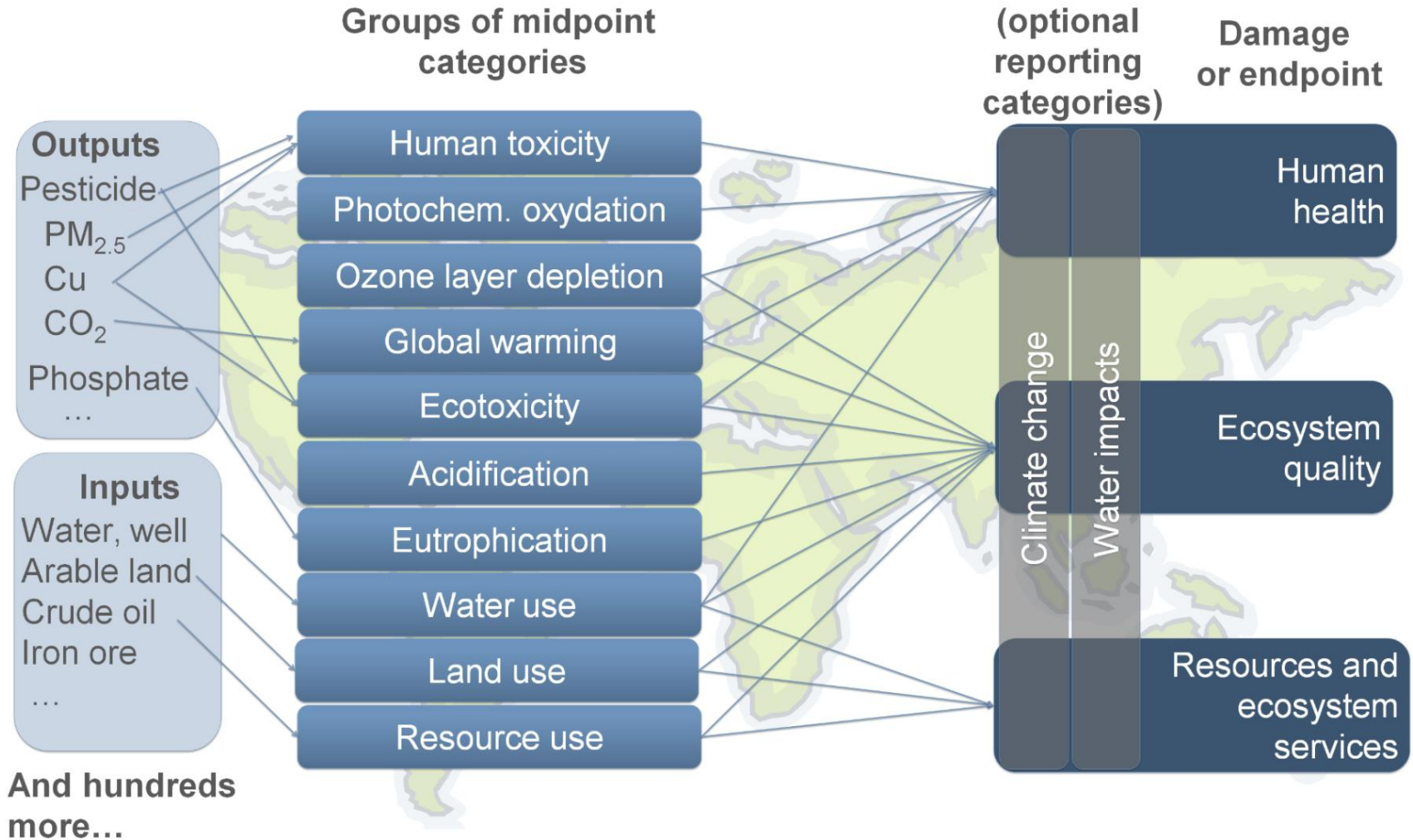
- Matières premières, combustibles...
- Émissions dans l'air
- Émissions dans l'eau
- Émissions dans le sol, déchets

Bases de données environnementales

- Ecoinvent
- INIES



3. Evaluation environnementale



DIOGEN : Données des Ouvrages de GÉNIE CIVIL

- Constat : Manque de données environnementales pour les ouvrages de génie civil dans le contexte français
- 2010 : GT initié par l'AFGC
- Objectif : construire et enrichir une base de données environnementales des matériaux, produits et éléments de construction utilisés dans le domaine du génie civil sur le territoire national

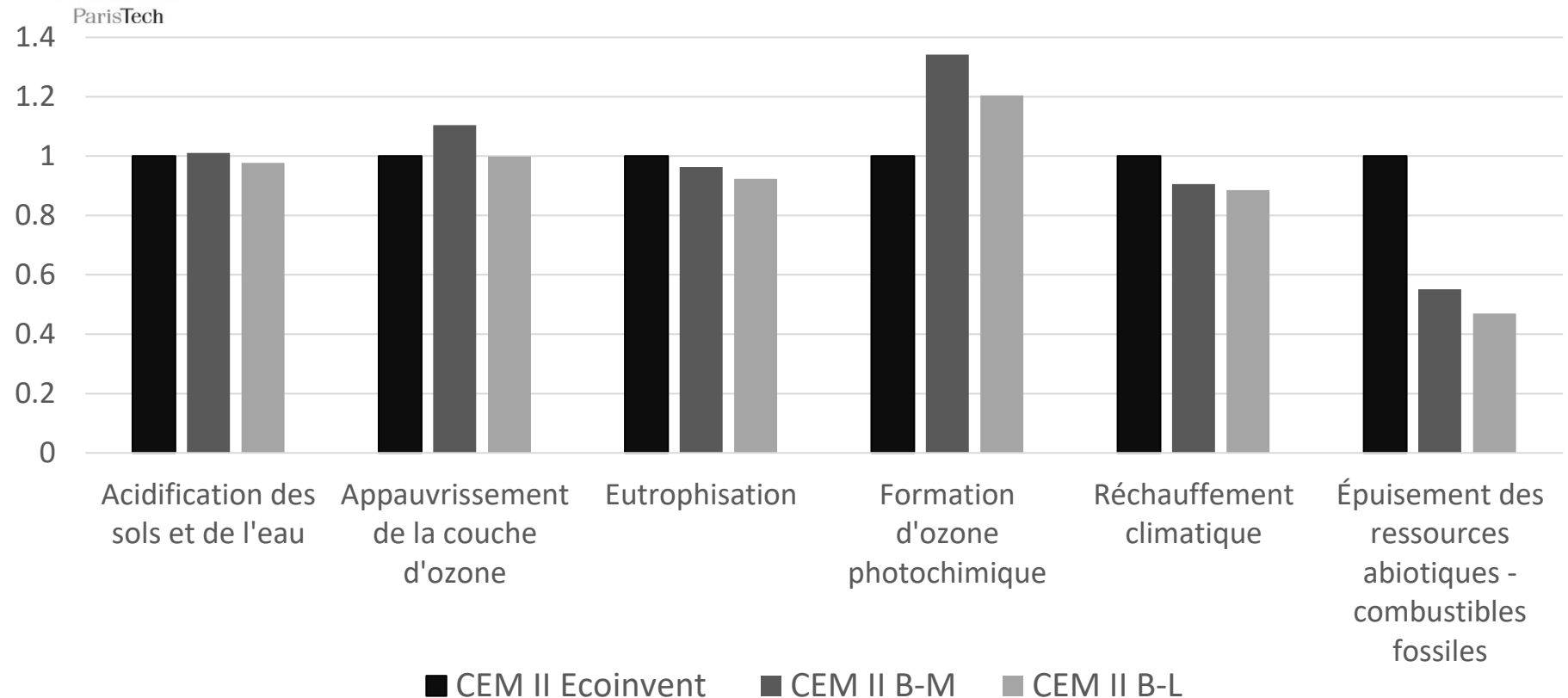
Co animation GT Tiffany Desbois Cerema

<https://www.afgc.asso.fr/ressources/diogen/>





Constat – comparaison ciments

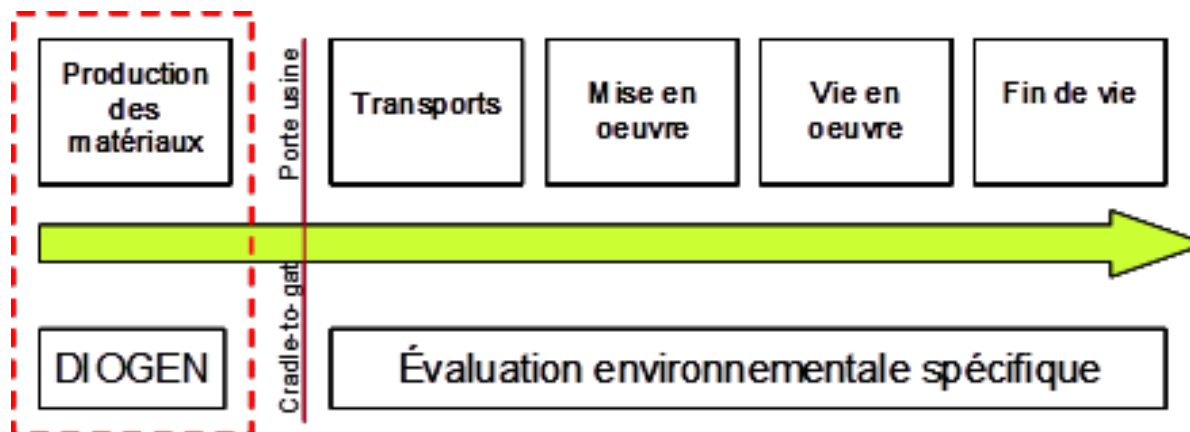


Comparaison des impacts environnementaux selon la norme NF EN 15804+A1 de différents procédés industriels de ciments : un procédé Ecoinvent « ciment production, alternative constituants 21-35% » représentant un CEM II B fabriqué en Autriche et deux ciments fabriqués en France, un CEM II B- L et un CEM II B-M, issus d'EPD du site infociment



Objectif du GT

- Création d'une base de données spécifiques à la phase de production des matériaux entrant dans la construction d'ouvrage de génie civil en France
- Base de données gratuite
- Objectif double
 - Collecter des données spécifiques et pertinentes => fiches matériaux
 - Qualifier ces données => cotation
- Montée en compétences des acteurs du GT
 - Présentation d'experts (allocations, ACV dynamique, épuisement des ressources, ACV conséquentielle, évolutions normatives...)
 - Fiches allocations



- Inventaires de cycle de vie de deux carrières – collecte de données
 - Carrière de Montdardier (2023)
 - Carrière de Sireuil - Rocamat (carrière à l'ouest d'Angoulême) (2021)
- Modèle ACV réalisé sous OpenLCA version 2.0.2 appuyé sur la base de données ecoinvent 3.8 cut-off
- Calculs avec la méthode EF 3.0 compatible avec EN15804+A2/CN
- Modèle divisé en 3 parties :
 - Extraction de la pierre
 - Transport jusqu'à l'atelier
 - Transformation dans l'atelier

Allocations ou répartition des impacts

- Allocation économique

		Unité	Quantité
Moellons bruts	Caractéristiques	Masse vol	1,6
	Quantité	t/an	2912,29
	Prix	€/t	47
Moellons d'assise	Caractéristiques		
	Quantité	t/an	0
	Prix	€/t	0
Pierre de taille	Caractéristiques	Masse vol	2,65
	Quantité	t/an	965
	Prix	€/t	322,58
Lauzes	Caractéristiques	Masse vol	1,6
	Quantité	t/an	381
	Prix	€/t	256,37
Granulat	Caractéristiques	–	1,5
	Quantité	t/an	7879,28
	Prix	€/t	12,23
Blocs enrochement	Caractéristiques	–	1,8
	Quantité	t/an	790,45
	Prix	€/t	48,1

- Facteur d'allocation

Changement climatique total kg eq CO₂

- Comparaison à 3 EPD avec pour unité fonctionnelle « Assurer la fonction d'un mètre carré de paroi en pierre massive, d'épaisseur de 23 à 25 cm, pour une durée de vie de référence de 100 ans. »

Noyant	41,5
Verrecchia	50
Vassens	41,4
Sireuil	33,3
Montdardier	116

- Limites : unité fonctionnelle adaptée (passage du kg au m³)

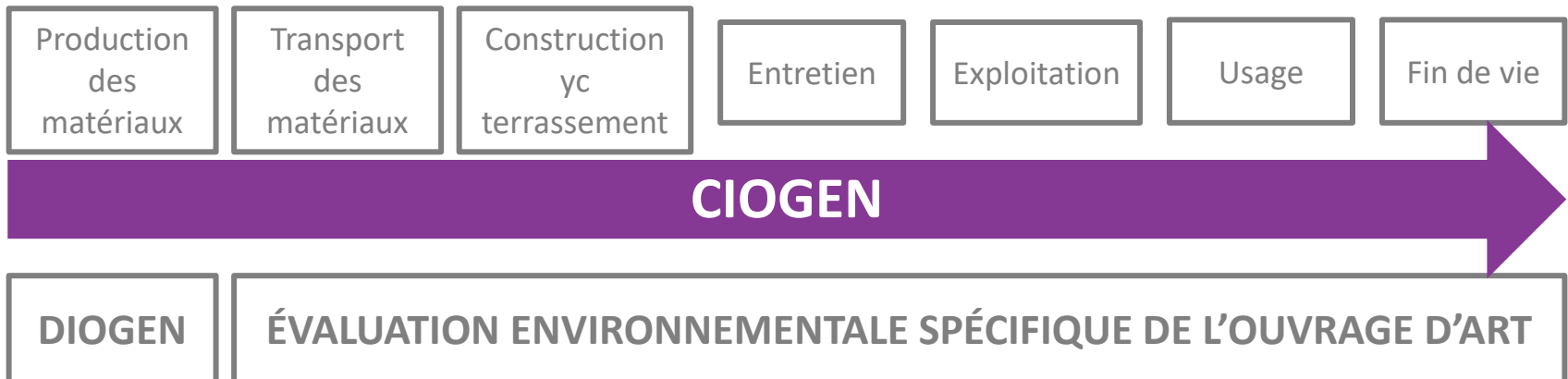
CIOGEN : CALCUL des impacts des ouvrages de génie civil

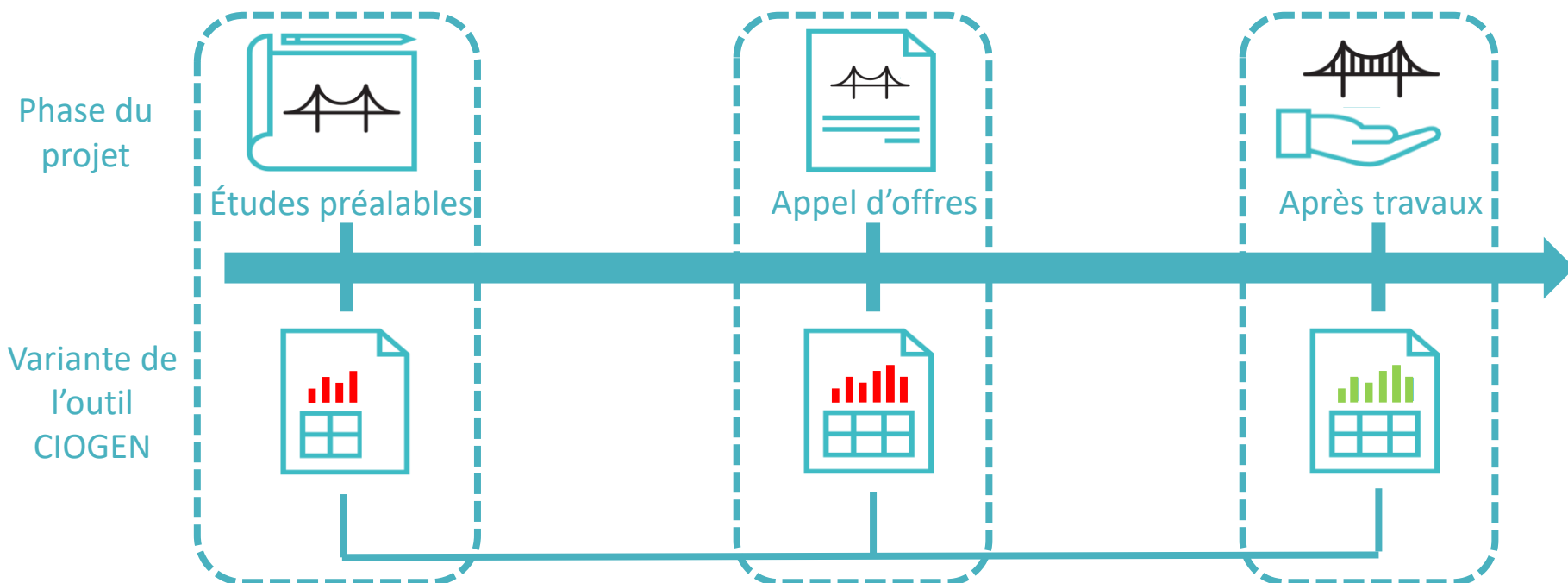
Genèse du projet d'outil

Un seul outil répertorié sur les OA

- Développé en Europe du Nord (Norvège, Suède, Finlande et Danemark) dans le cadre du projet ETSI, i.e. outil partagé par plusieurs pays avec des contextes supposément différents
- Ne permet pas une évaluation à différents stades de la vie du projet : point primordial pour les acteurs du génie civil impliqués dans le projet

Objectif : Développer un outil exploitant la base de données DIOGEN et permettant de réaliser un bilan environnemental à l'échelle d'un ouvrage sur l'ensemble de son cycle de vie





Application bâtiment

Accompagnement des maîtrises d'ouvrage - ECOMOA

Partenaires :

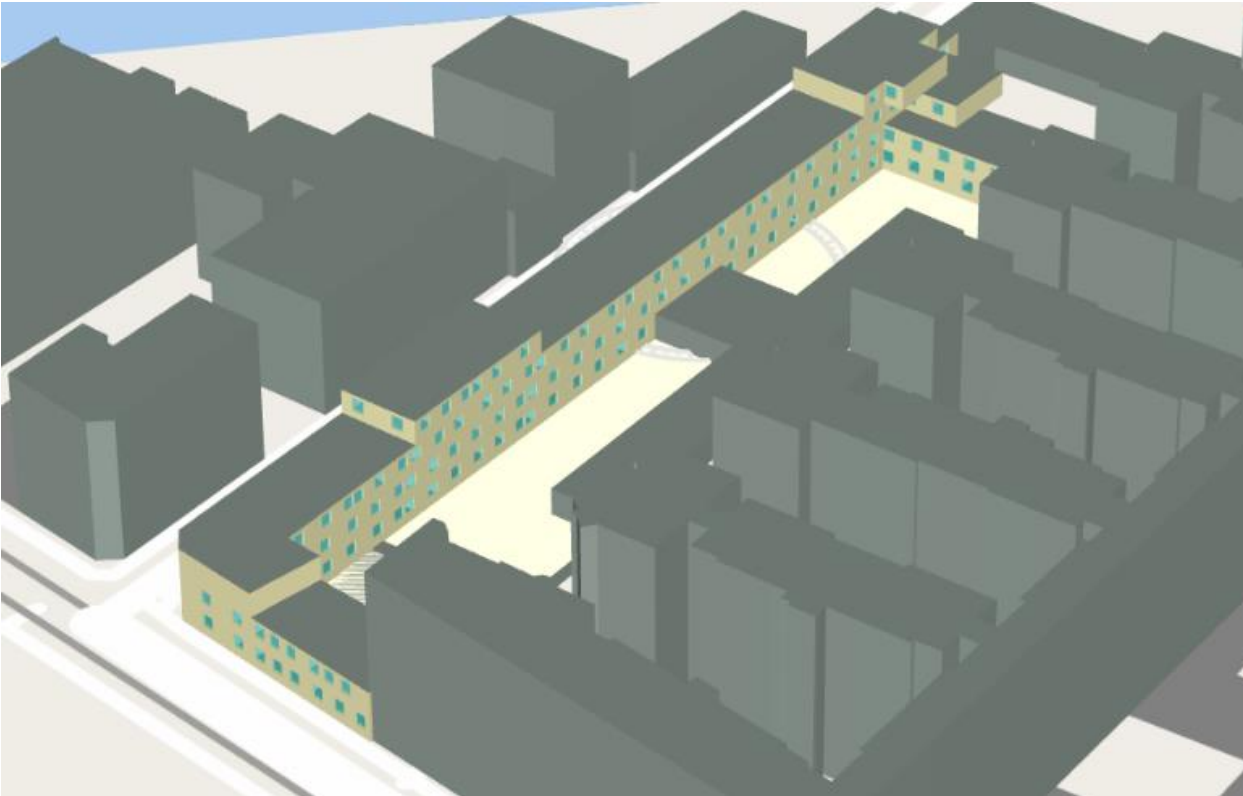
- Projet financé par l'ADEME, appel à projets « Vers des bâtiments responsables »



Objectifs :

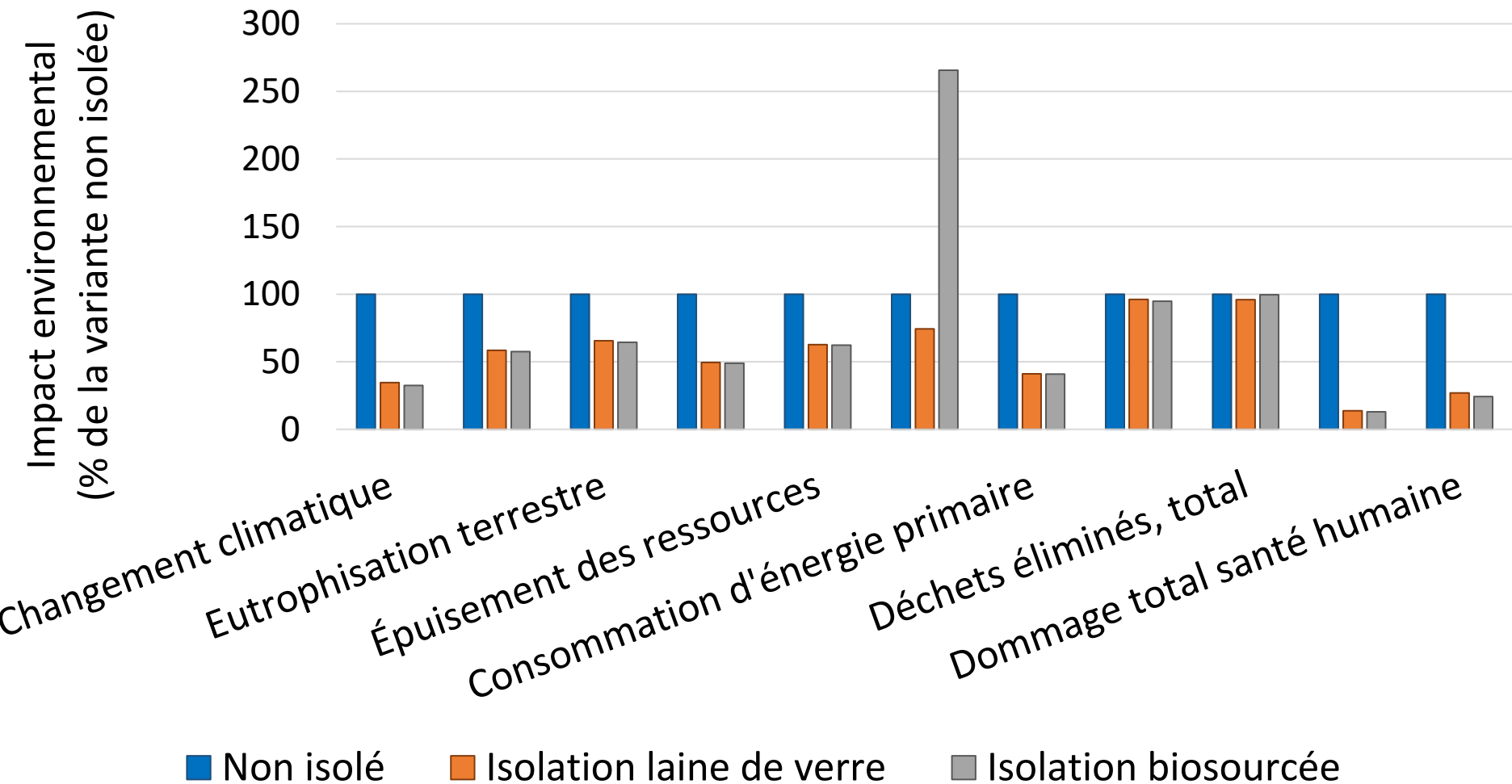
- Accompagner la montée en compétence des maîtres d'ouvrage sur l'écoconception
- Adapter les outils d'écoconception pour un usage par les maîtres d'ouvrage
- Focus sur le parc des écoles parisiennes et le confort estival

Visualisation 3D de l'école primaire



- Hypothèses simplificatrices :
- Pas d'isolation
 - Fenêtres simple vitrage

Analyse de cycle de vie



L'ACV dynamique

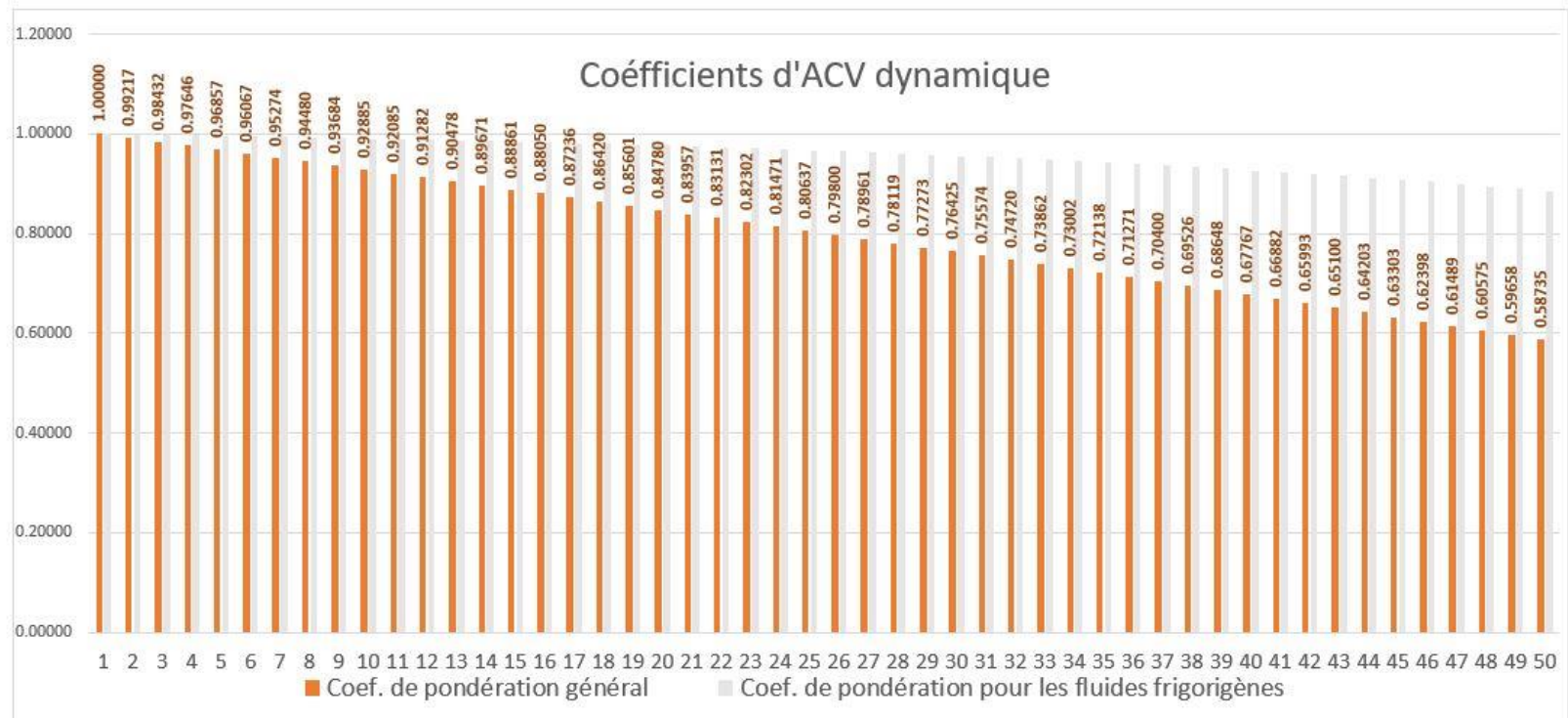
Carbone biogénique

Comment comptabiliser le stockage du carbone dans les matériaux biosourcés ?

- Méthode (0/0) : le carbone capté lors de la croissance des plantes sera réémis en fin de vie, donc on considère un bilan neutre
- Méthode (-1/+1) : Stockage temporaire. Distingue les scénarios de fin de vie
- ACV dynamique

ACV dynamique – RE2020

- Basée en partie sur Levasseur et al. (2010)
- Appliquée à l'indicateur changement climatique
- Définit un point fixe dans le temps – Intégration du forçage radiatif entre le moment de l'émission et le point fixe
- RE2020 : point fixe à 100 ans



Recommandations du GIEC :

- Définir un horizon temporel glissant (Par exemple 100 ans après le moment où l'émission a lieu pour le GWP100)
- Impact sur le réchauffement climatique identique quelque soit la date de l'émission

Problèmes/controverses liés à l'utilisation d'un point fixe :

- Paradoxe scientifique : la même émission survenant à la même date a un impact différent pour des bâtiments construits à des dates différentes.
- un kg de CO₂ émis dans le futur aurait moins d'impact qu'un kg de CO₂ émis aujourd'hui - donne moins d'importance aux impacts subis par les générations futures.

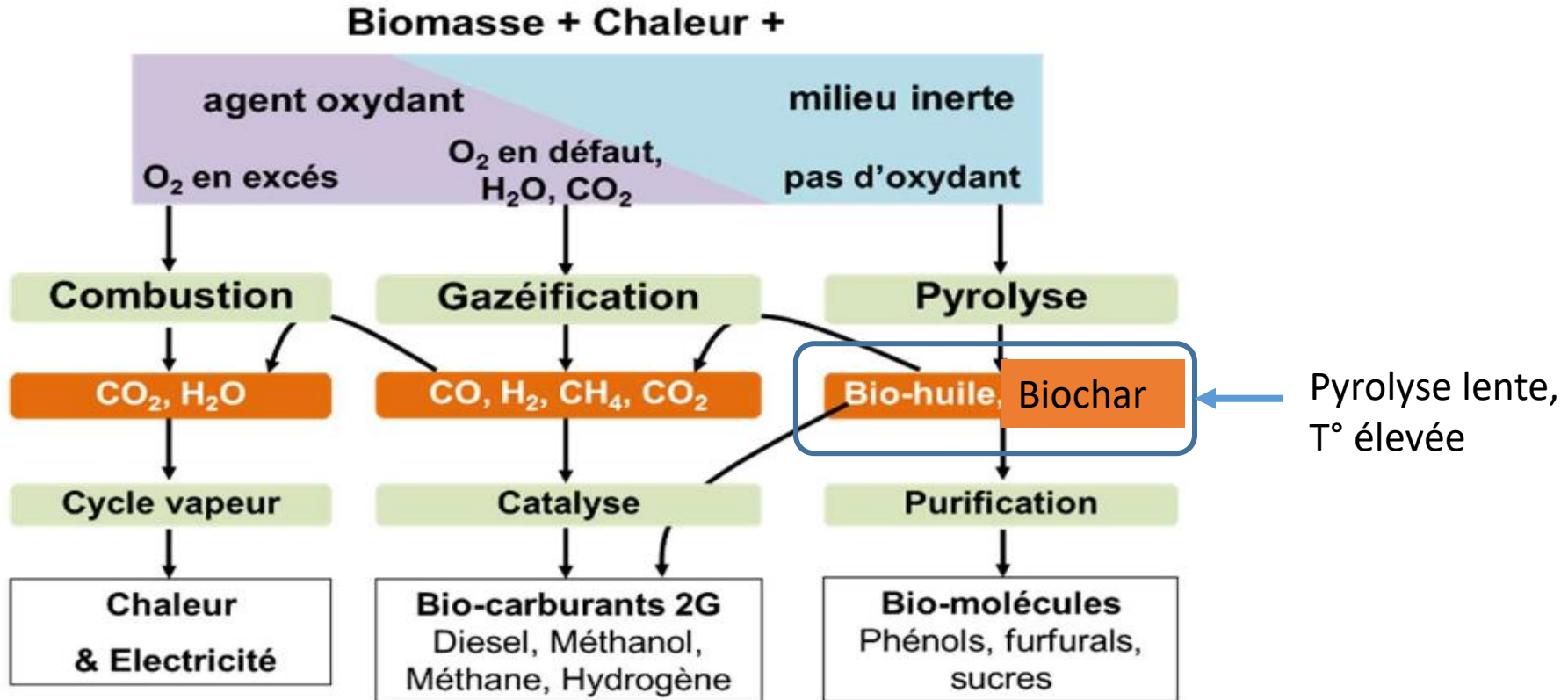
Stockage du carbone avant la date de construction (croissance de l'arbre)

→ L'arbre aurait stocké le carbone, qu'ils soit dans la structure ou toujours dans la forêt

Certaines méthodes préconisent de comptabiliser le stockage du carbone que si un nouvel arbre est planté ET que la forêt est gérée durablement

Application au biochar

Biochar



Trois grands types de conversion thermochimique en voie sèche (Mauviel, 2016)

Il existe autant de biochars que de type de biomasse, et de technologies (pyrolyseur, température, etc.)

Pyrolyse	Conditions	Liquide (%)	Biochar (%)	Gaz (%)
Rapide	T° ~ 500°C Temps de séjour ~1 s	75	12	13
Modérée	T° ~500°C Temps de séjour ~10 – 20 s	50	20	30
Lente	T°~500°C Temps de séjour : 5-30 min	30	35	35
Gazéification	T°>750°C Temps de séjour : 10-20 s	5	10	85

Influence des conditions opératoires de la pyrolyse sur les rendements des biochars. Image : (ADEME, 2026).

La norme 15 804 (+A1 ; +A2) impose un cadre de comptabilité des émissions carbone.

Quel est l'impact environnemental réel du biochar ?

- Modélisation du biochar spécifique
- Estimation de la détérioration en fin de vie
- Comptabilité carbone – quel acteur bénéficie des crédits carbone ?

Conclusion

L'ACV, une méthode utile et fonctionnelle mais encore avec des limites

- Collecte de données
- Prise en compte de l'évolution temporelle
- Prise en compte de la prospective