



Valorisation de la durabilité des structures en acier

Cas d'études



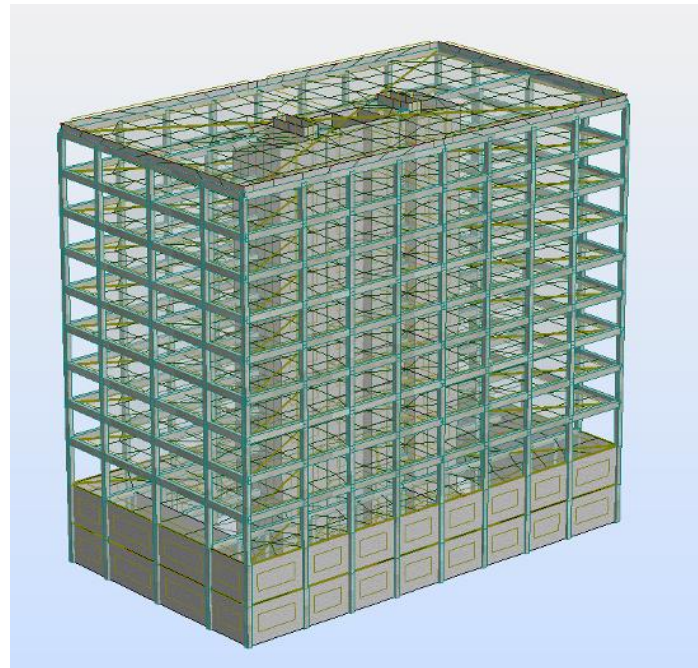
Juin 2014



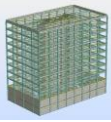
Plan

- 1) Bâtiment à bureaux : classique pour le marché français
- 2) Bâtiment résidentiel : maison CasaBuna en Roumanie
- 3) Hall industriel : Structure en portique en acier et en béton à Paris

1) Bâtiment à bureaux , classique pour le marché français



Objectif de l'étude

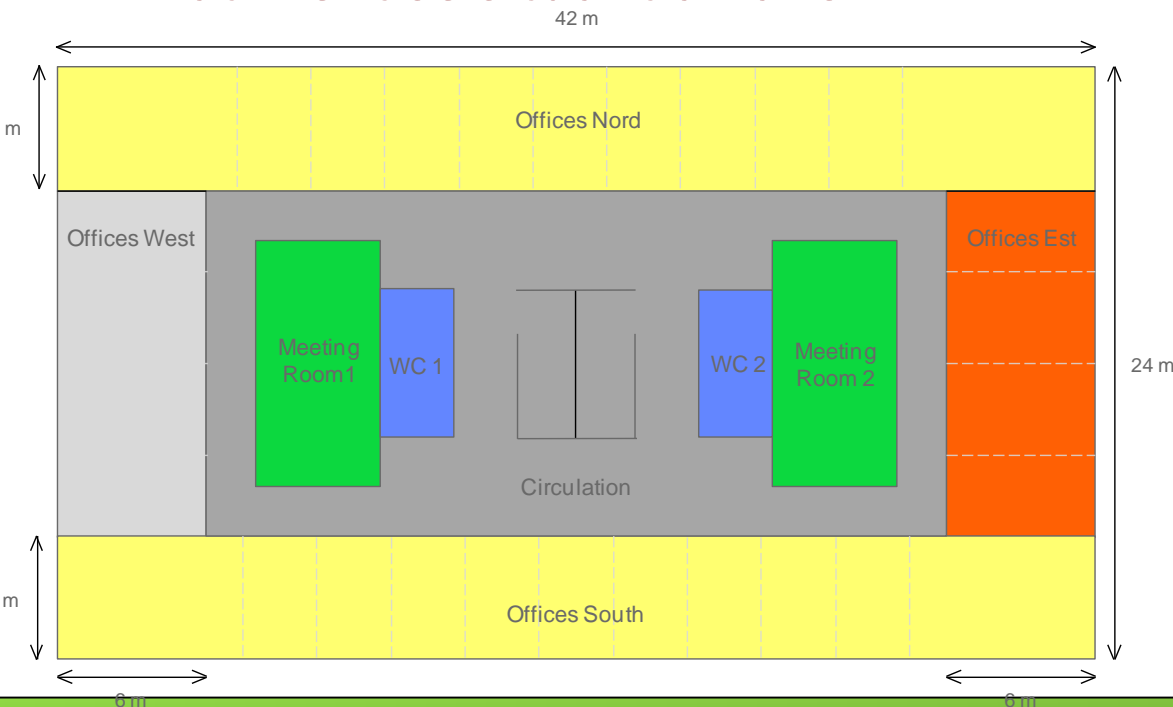
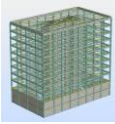


Comparer la qualité environnementale de la structure d'un bâtiment à bureaux en choisissant différentes solutions structurales:

- Structure mixte acier-béton
- Structure en béton
- Structure mixte acier-béton **optimisée**
(optimisation réalisée sur base d'un dimensionnement écologique – ECO-Design)

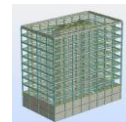
Présentation du bâtiment

- Superficie du bâtiment : 42x24 m
- Nombre d'étages dans la superstructure (sans les niveaux en sous-sol): 8 étages
- Bâtiment se situant à Paris



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof
North - South facade Length	42.4	m		
East - West facade length	24.4	m		
Floor height	3.4	m		
Floor height under ceiling	2.7	m		
Number of intermediate floors	8			
Area of intermediate floors	8276.48	m ²		
Total area of building	9311	m ²		
Structure only	No			
Building type	Office			

Éléments de l'enveloppe

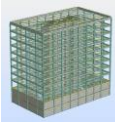


	Nord/Sud [m ²]	Ouest/Est [m ²]	Total [m ²]
Murs	908	523	1431
Vitres	389	224	613
Aires totales	1297	747	4088

Facade				
Direction	North	East	South	West
Facade area	1297,44	746,64	1297,44	746,64
Opening area	30	30	30	30

- Façade : panneaux en acier léger, isolés avec 50mm de polystyrène extrudé (XPS)
- Fenêtres : double vitrage, certaines avec une protection solaire
- Toit : isolé avec 18cm de polystyrène expansé (EPS)

Occupation et systèmes



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Bâtiment à bureau type →

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- Chauffage et refroidissement : système séparé
- Ventilation mécanique avec récupération de la chaleur
- Système d'eau chaude : chauffe-eau électrique

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

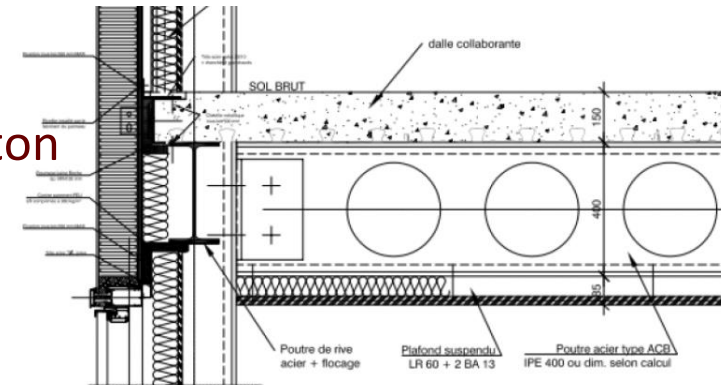
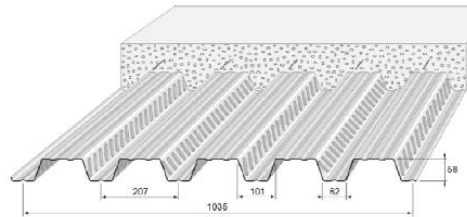
Heat recovery percentage

DHW system

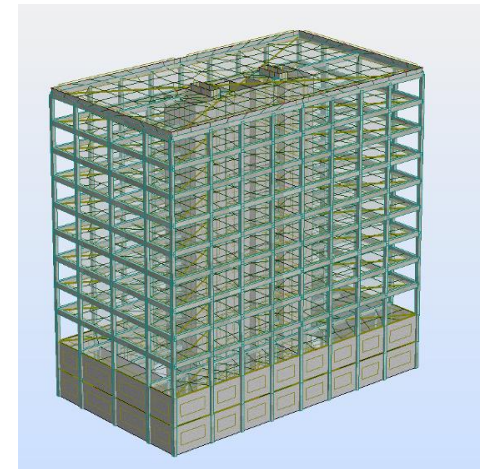
DHW system type

Solutions structurales

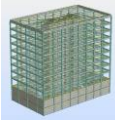
- Structure mixte acier-béton
 - Poutres cellulaires mixtes en acier S355
 - Tôle nervurée COFRA+60 avec 15 cm de béton (C30/37)



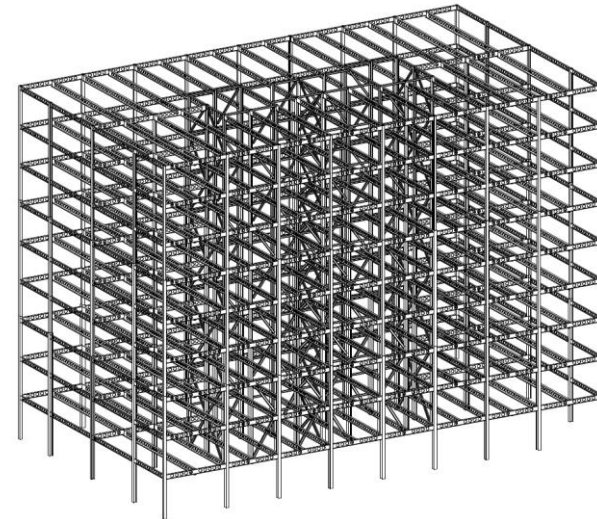
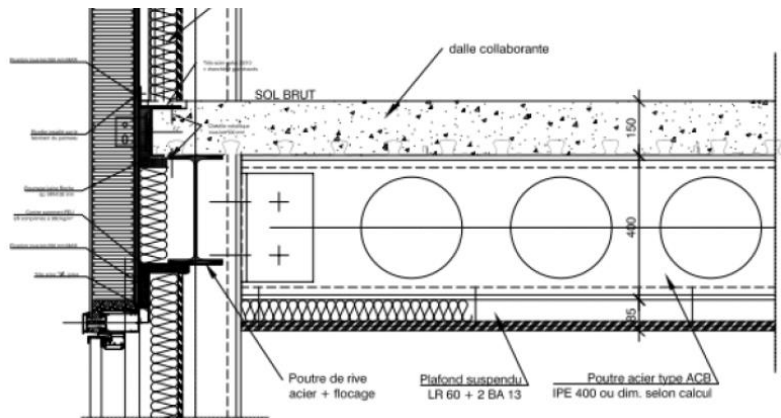
- Contreventement via un **noyau central** en béton (C30/37)
- Structure en béton
 - Dalle en hourdis (C30/37)
 - Poutres et poteaux en béton armé (C30/37)
 - Contreventement via un **noyau central** en béton (C30/37)



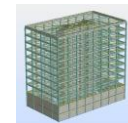
Solutions structurales



- Structure mixte acier-béton “ECO-Design”
 - Poutres cellulaires mixte en acier S460
 - Tôle nervurée COFRA+60 avec 15 cm de béton (C30/37)
 - Système de contreventement en acier (acier S460)



Superstructure du bâtiment à bureaux

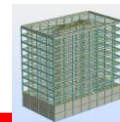


Éléments structuraux	Variante 1 Structure mixte	Variante 2 Structure en béton	Variante 3 Structure mixte “ECO-Design”
Eléments principaux	239.9 t de sections acier	1199 t de béton	197.1 t de sections acier
Plats en acier pour assemblage	14.994 t	59.1 t	11.827 t
Noyau en béton	Béton C30/37 1941 t Armatures 44.16 t	Béton C30/37 1941 t Armatures 44.16 t	/
Contreventement en acier	Bearing structure of the building		Sections en acier 75.46 t Plats en acier pour assemblage 6.037 t
	Steel elements		
	Beams (Hot rolled profiles)	239.9	t
	Columns (Hot rolled profiles)	0.0	t
	Studs	0.0	t
	Bolts	0.0	t
	Plate Connections	14.99	t

12/10/2014

10

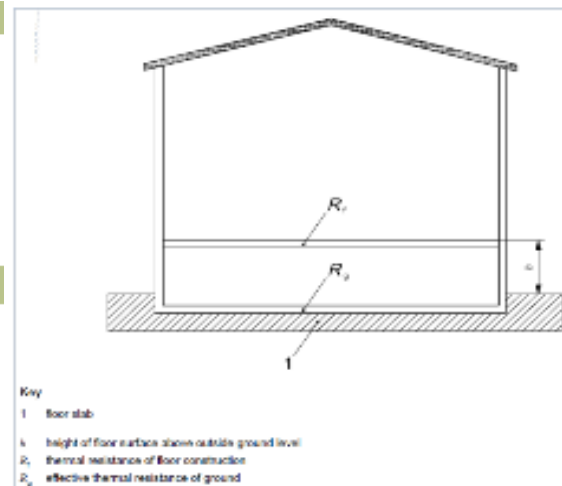
Plancher du bâtiment à bureaux



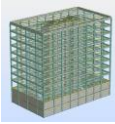
Éléments structuraux	Variante 1 Structure mixte	Variante 2 Structure en béton	Variante 3 Structure mixte "ECO-design"
Éléments en acier	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Épaisseur totale	150 mm	240 mm + 70mm de chape	150 mm
Dalle en béton	2246 t	4688 t	2246 t
Armatures en acier	16.56 t	16.56 t	16.56 t

Steel elements	
Type of slab	Composite slab
Steel deck	Cofraplus 60
Thickness of the deck	0.750 mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53 kg/m ²
Mass of sheeting for the building	70.6 t
Minimum depth of the floor	100 mm

Concrete elements	
Total depth of the floor	150.0 mm
Concrete Type	In-situ/Poured
Concrete Grade	C30/37
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735 t
Steel reinforcement	0.0 t
Total mass of the floor slabs	2805 t



Transport



- Transport d'acier :
 - Poids total : 369.6 t
 - Transport : 500 km par camion
- Transport du béton :
 - Poids total : 4676 t
 - Transport : 50km par camion toupie

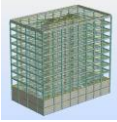
Roof
Occupancy
Systems
Structure
Floors
Transport
Results

Transport parameters

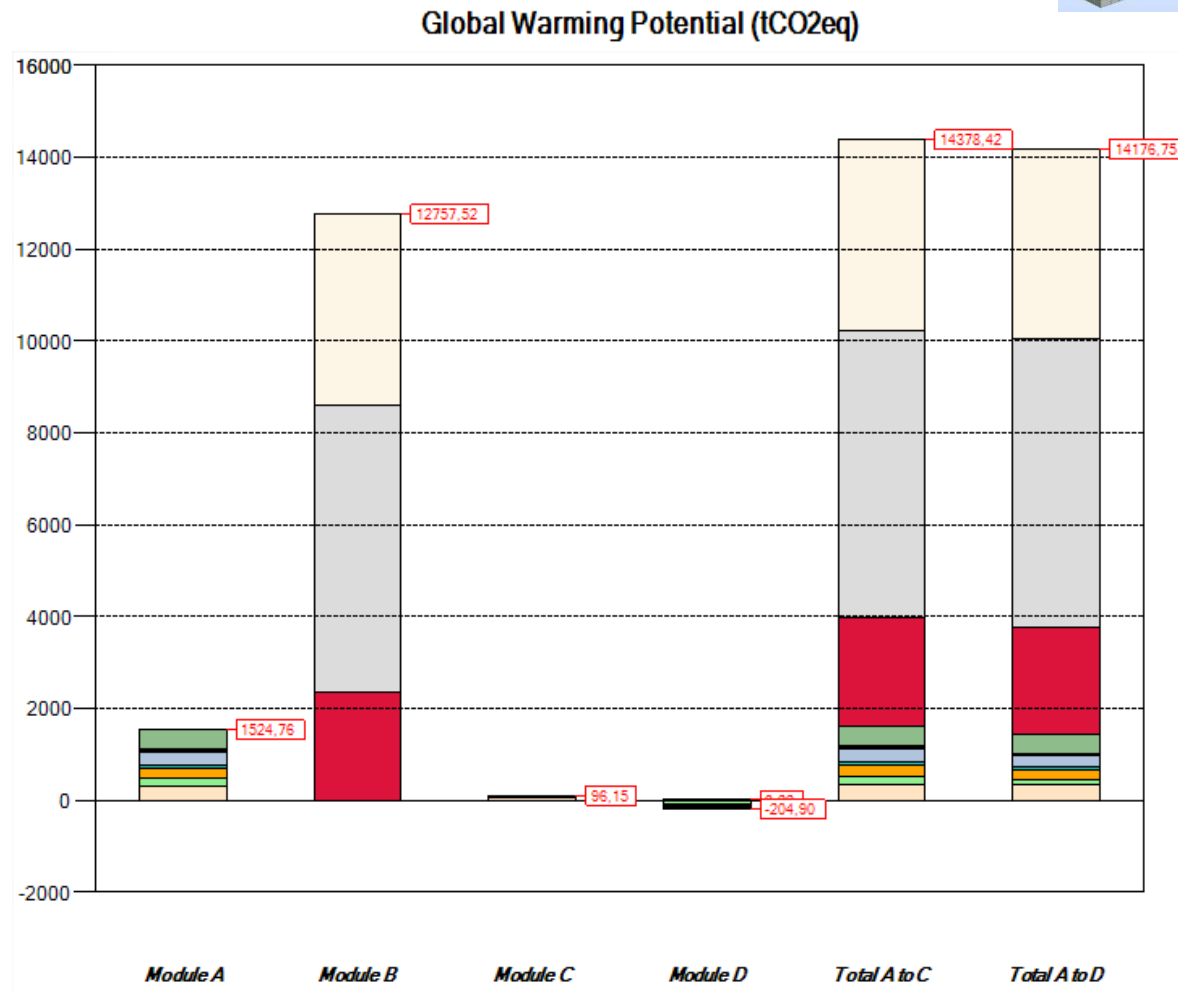
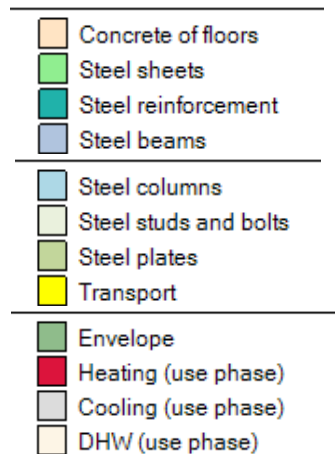
Steel elements		
Total steel transported	<input type="text" value="369.6"/>	t
Values for the transport impacts	<input type="text" value="User values"/>	
Mass transported by electric train	<input type="text" value="0.0"/>	t
Distance	<input type="text" value="0.0"/>	km
Mass transported by regular trucks	<input type="text" value="369.6"/>	t
Distance	<input type="text" value="500"/>	km

Concrete elements		
Total concrete transported	<input type="text" value="4676"/>	t
Concrete produced on site	<input type="text" value="4676"/>	t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="50.0"/>	km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0.0"/>	t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0.0"/>	km

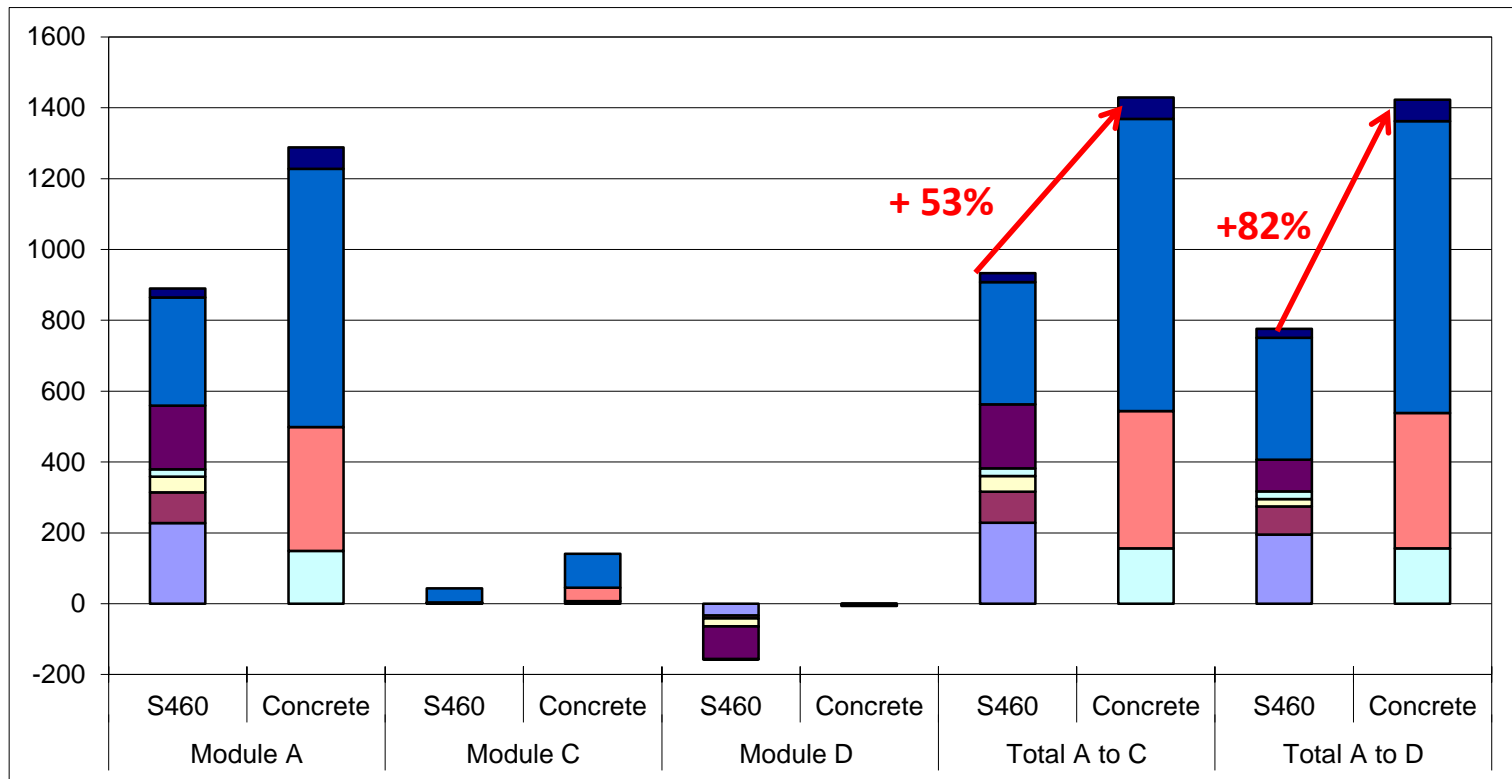
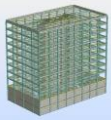
Résultats globaux pour le bât. à bureaux (acier S355)



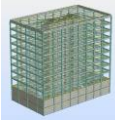
- La phase utilisation (module B) compte pour +/- 90% de l'impact global GWP, quel que soit le type de structure



Résultats : acier S460 vs structure en béton (impacts GWP)



Résultats : conclusions

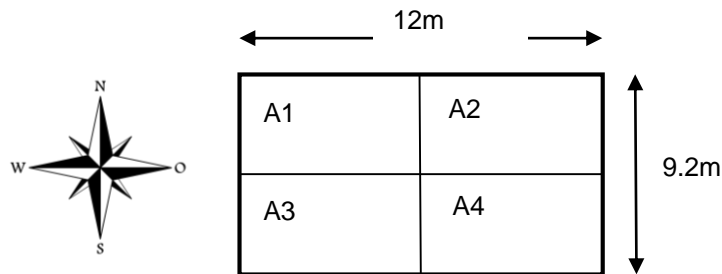


- L'exploitation du bâtiment représente une partie significative de l'emprunte environnementale. De ce fait, des ***systèmes de façade efficaces*** peuvent impacter de façon significative l'analyse de cycle de vie du bâtiment. Mais c'est indépendant du **système structural** utilisé.
- Les ***structures mixtes*** faites de ***sections laminées à chaud*** sont plus durables que celles en béton, même en ne prenant pas en compte le recyclage. Grâce au ***recyclage*** du matériau en ***fin de vie***, la différence entre la solution acier et béton augmente d'environ 82%
- Limiter l'utilisation de matériaux via l'utilisation ***d'aciers haute résistance*** est bénéfique pour l'environnement.

Bâtiment résidentiel : maison CasaBuna en Roumanie



Définition du bâtiment



- 4 appartements de 55m² répartis de façon identique sur deux étages
- Situé à Timisoara

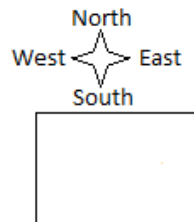


Project **Building** Envelope Base Floor Roof

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	12	m
East - West facade length	9.2	m
Floor height	2.9	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	110,4	m ²
Total area of building	220,8	m ²
Structure only	No	
Building type	Residential	



Location

Country Romania

Location Timisoara

Display

Éléments de l'enveloppe



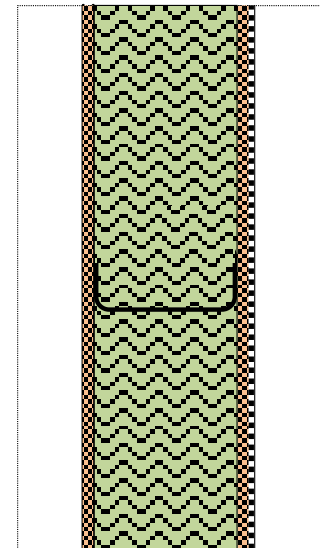
	Nord/Sud [m ²]	Ouest/Est [m ²]	Somme [m ²]
Murs	47	41	87
Vitrages	22	12	34
Surfaces totales	69	53	122

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m ²
Opening area	22	12	22	12	%

- Façade: panneaux légers en acier, isolation via 120mm de laine de roche
- Fenêtres : double vitrage & châssis en aluminium
- Toiture : isolation via 18 cm de polystyrène expansé



Occupation du bâtiment et équipements techniques



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Bâtiment de
type résidentiel



Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

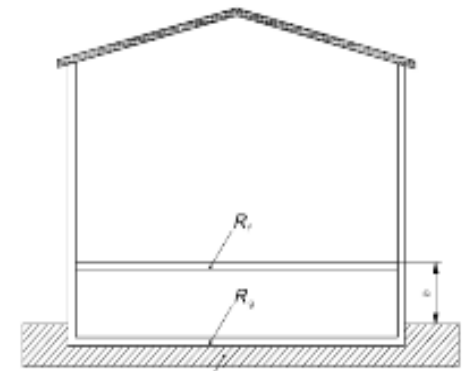
- Système de chauffage : chauffage au gaz
- Pas de système de climatisation
- Pas de système de ventilation
- Chauffe-eau électrique

Dalle de fondation et structure du bâtiment



Project Building Envelope **Base Floor** Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

- Dalle de fondation d'une épaisseur de 0,2m en béton armé (0.7t d'armatures)



Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems **Structure** Floors Transport

- Structure avec éléments minces en acier, comprenant la façade et le toit → pas d'éléments structuraux en acier additionnels

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t

Transport



- Transport de l'acier :
 - Poids total : 1.6 t (armatures)
 - Transport : valeur moyenne Européenne pour 1t, sur une distance moyenne Européenne
- Transport du béton :
 - Poids total : 52 t (dalle de fondation)
 - Transport : 30 km avec camion toupie

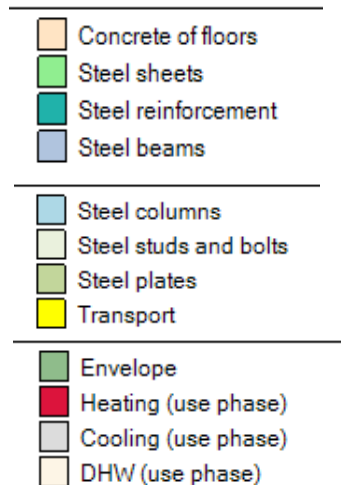
Transport parameters		
Steel elements		
Total steel transported	1,583	t
Values for the transport impacts	Average values	
Concrete elements		
Total concrete transported	52,11	t
Concrete produced on site	52,11	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km

Résultats globaux pour la maison CasaBuna

Global Warming Potential (tCO₂eq)



- La phase utilisation (module B) compte pour 99% de l'impact global GWP, quel que soit le type de structure



Consommation en chauffage



Use phase heating

Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

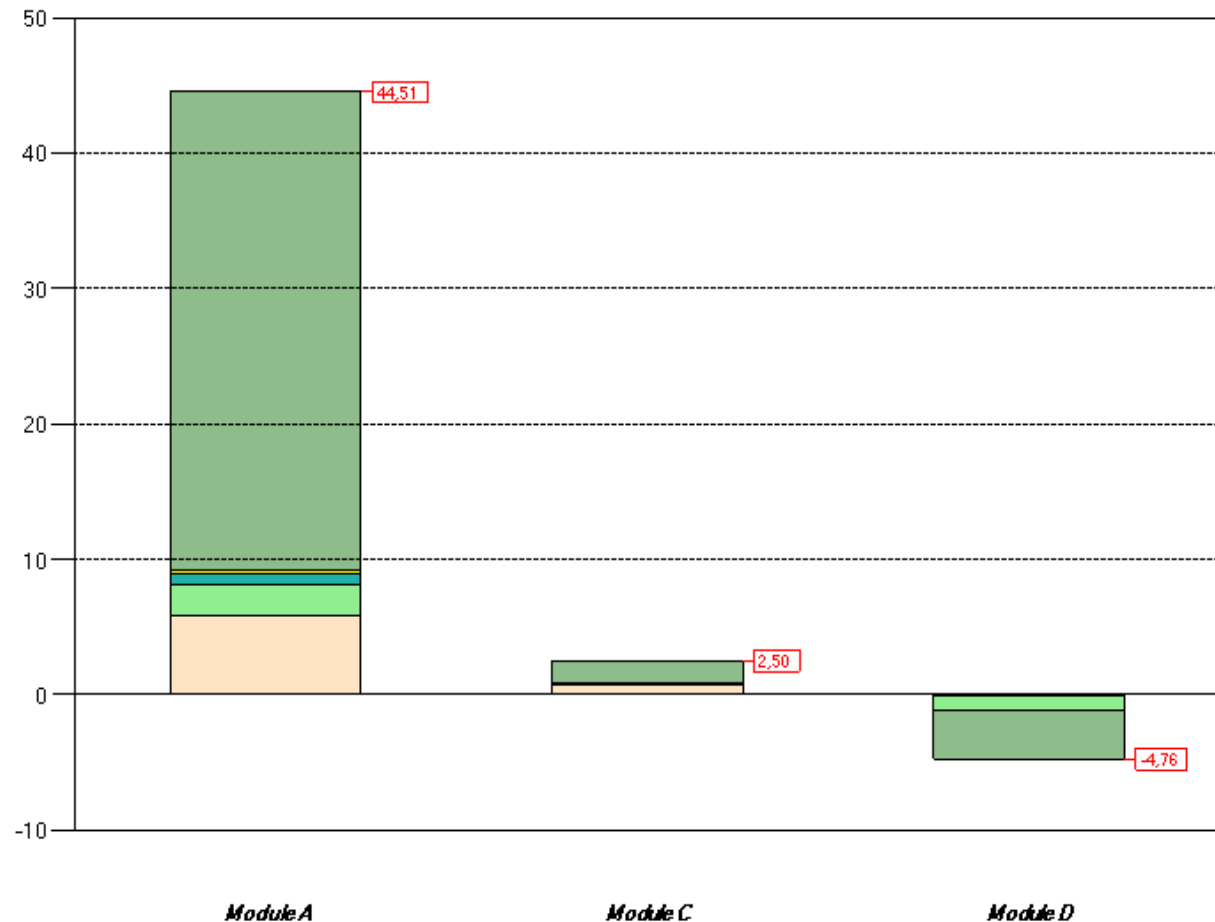
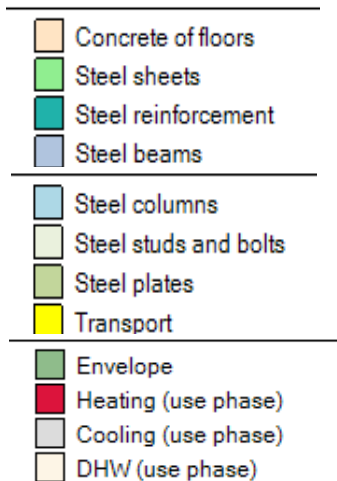
Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m²/year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m²/year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m²/year

Résultats : impacts des matériaux

Global Warming Potential (tCO₂eq)



- Les matériaux de l'enveloppe représentent 79% de l'impact total GWP de la **phase produit & production** (module A)



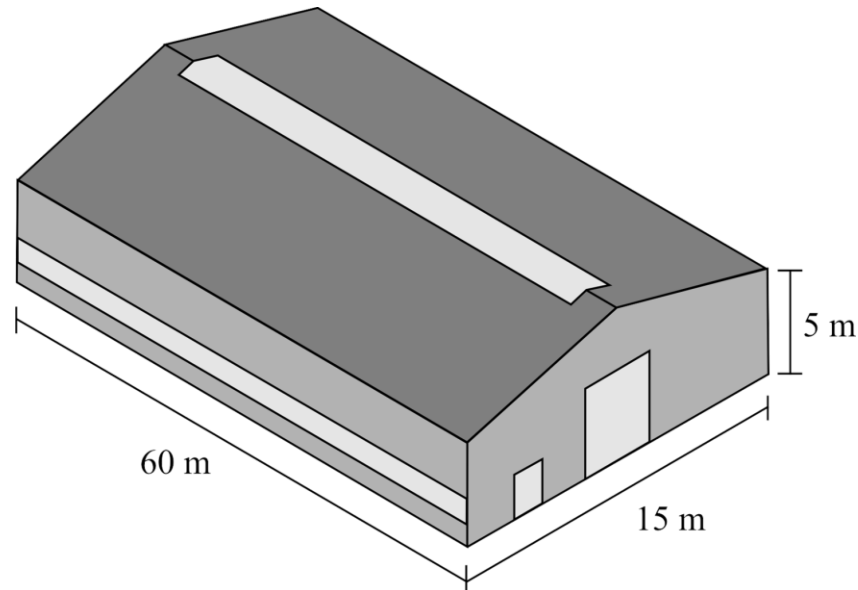


Résultats : conclusions

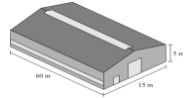


- La **phase utilisation** (Module B) de bâtiments résidentiels représente pratiquement la totalité de l’emprente environnementale.
- Le système structural est pratiquement négligeable. De ce fait, l’utilisation de systèmes de façade efficaces peut impacter de façon significative l’analyse de cycle de vie du bâtiment.

Hall industriel : structure de type portique en acier et en béton à Paris



Objectif de l'étude

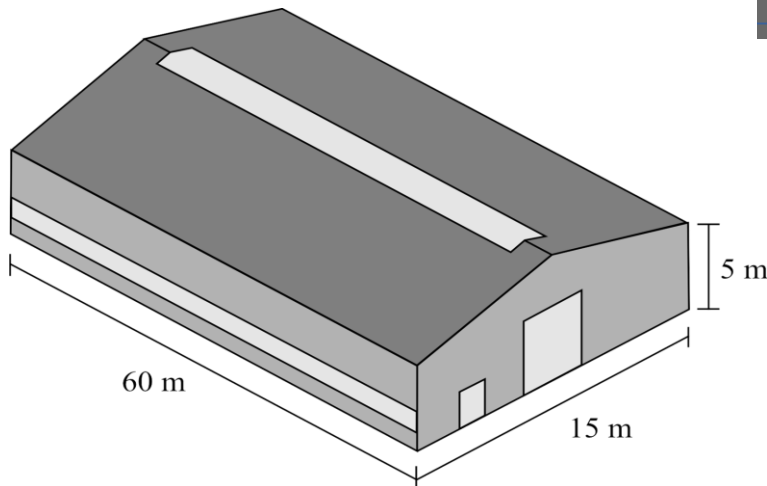


Comparer l'analyse de cycle de vie d'un bâtiment industriel composé de deux systèmes structuraux :

- Portique avec pieds de poteau articulés et éléments laminés à chaud
- Pieds de poteau rigides, assemblages articulés, composés d'éléments en béton armé



Définition du bâtiment



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Definition of the building							

General parameters		
North - South facade Length	60	m
East - West facade length	15	m
Floor height	5	m
Floor height under ceiling	5	m
Number of intermediate floors	0	
Area of intermediate floors	0	m ²
Total area of building	900,0	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Industrial	▼

North

West East

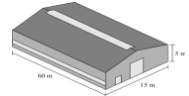
South

- Hall industriel de 900m²
- Localisé à Paris

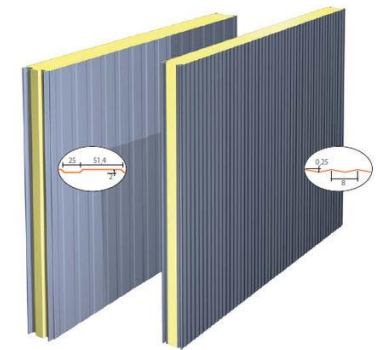
Location	
Country	France ▼
Location	Paris ▼
Display	

Éléments d'enveloppe

- Façade : panneau sandwich avec isolant (PUR) de 80 mm
Variante énergétique : panneau sandwich avec isolant (PUR) de 200 mm
- Fenêtres : double vitrage & châssis en aluminium

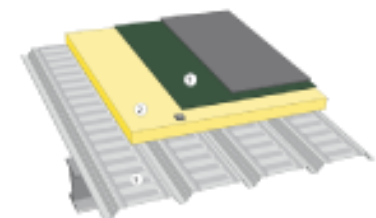


Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Facade properties							
Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)						
U-value for walls	0,3						W/(m².K)
Opening type	Double glazing						
U-value for openings	2,9						W/(m².K)
Shading device type	No shading device						
Shutter type	No shutter						

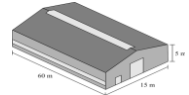


- Toiture : membranes étanches avec isolation de 140 mm de laine minérale

Roof	
Roof type	Waterproof membrane
U-value for the roof (flat part)	0,31



Dalle de sol



Élément structural	Variante 1 Portique acier S235	Variante 2 Portique acier S460	Variante 3 Portique béton
Dalle de sol	<p>Béton : 425.7 kg</p> <p>Armatures : 14.4 t</p>		

Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport	Results
---------	----------	----------	------------	------	-----------	---------	-----------	--------	-----------	---------

Base floor

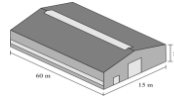
U-value for the base floor	0.44	W/(m ² .K)
Base floor type	Slab on Ground Floor ▼	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of internal wall	0	J/(m ² .K)

Key

- 1 floor slab
- 2 ground
- w thickness of external walls

Figure 1 — Schematic diagram of slab-on-ground floor

Occupation du bâtiment et équipements techniques



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Bâtiment de type industriel



Comfort requirements		
Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- Système de chauffage au gaz
- Pas de système de climatisation
- Pas de système de ventilation
- Pas de chauffe-eau

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

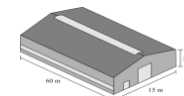
Heat recovery system

DHW system

DHW system type



Structure du hall industriel

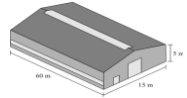


Éléments structuraux	Variante 1 Portique acier S235	Variante 2 Portique acier S460	Variante 3 Portique béton
Poutres	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Éléments préfabriqués en béton T80 (34.19 t) Armatures BSt500 202.5 kg/m ³ (2.93 t)
Colonnes	Primaires : IPE400 Secondaires : HEA480 (4.17 t)	Primaires : IPE400 Secondaires : HEA480 (4.17 t)	Section de béton 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Armatures BSt500 108.1 kg/m ³ (1.38 t)
Boulons	43 kg		/
Plats d'assemblage	336 kg		/

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t

Total mass of structure	8,879	t
-------------------------	-------	---

Transport



- Transport de l'acier :
 - Poids total : 26 t de Poutres & Colonnes & Éléments d'assemblage
 - Transport : valeur moyenne Européenne pour 1 t, sur une distance moyenne Européenne
- Transport du béton :
 - Poids total : 425 t de Poutres & Colonnes
 - Transport : 30 km par camion toupie

Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport** Results

Transport parameters

Steel elements

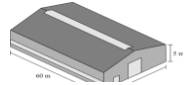
Total steel transported t

Values for the transport impacts

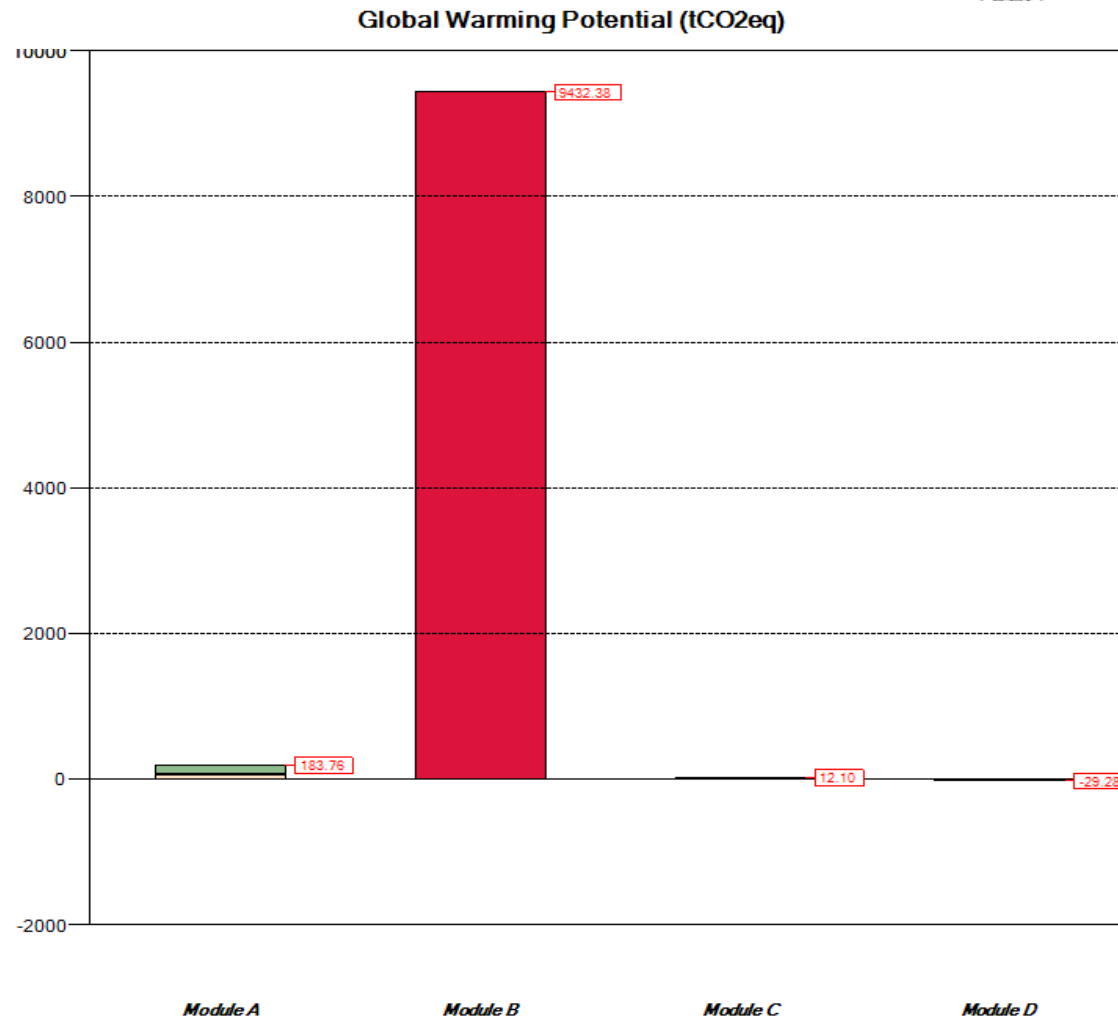
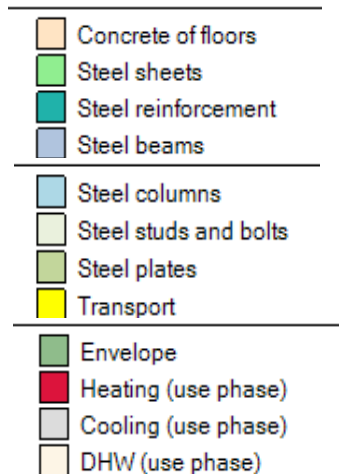
Concrete elements

Total concrete transported	<input type="text" value="424.8"/>	t
Concrete produced on site	<input type="text" value="424.8"/>	t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="30.0"/>	km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0.0"/>	t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0.0"/>	km

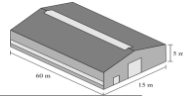
Résultats globaux pour le hall industriel



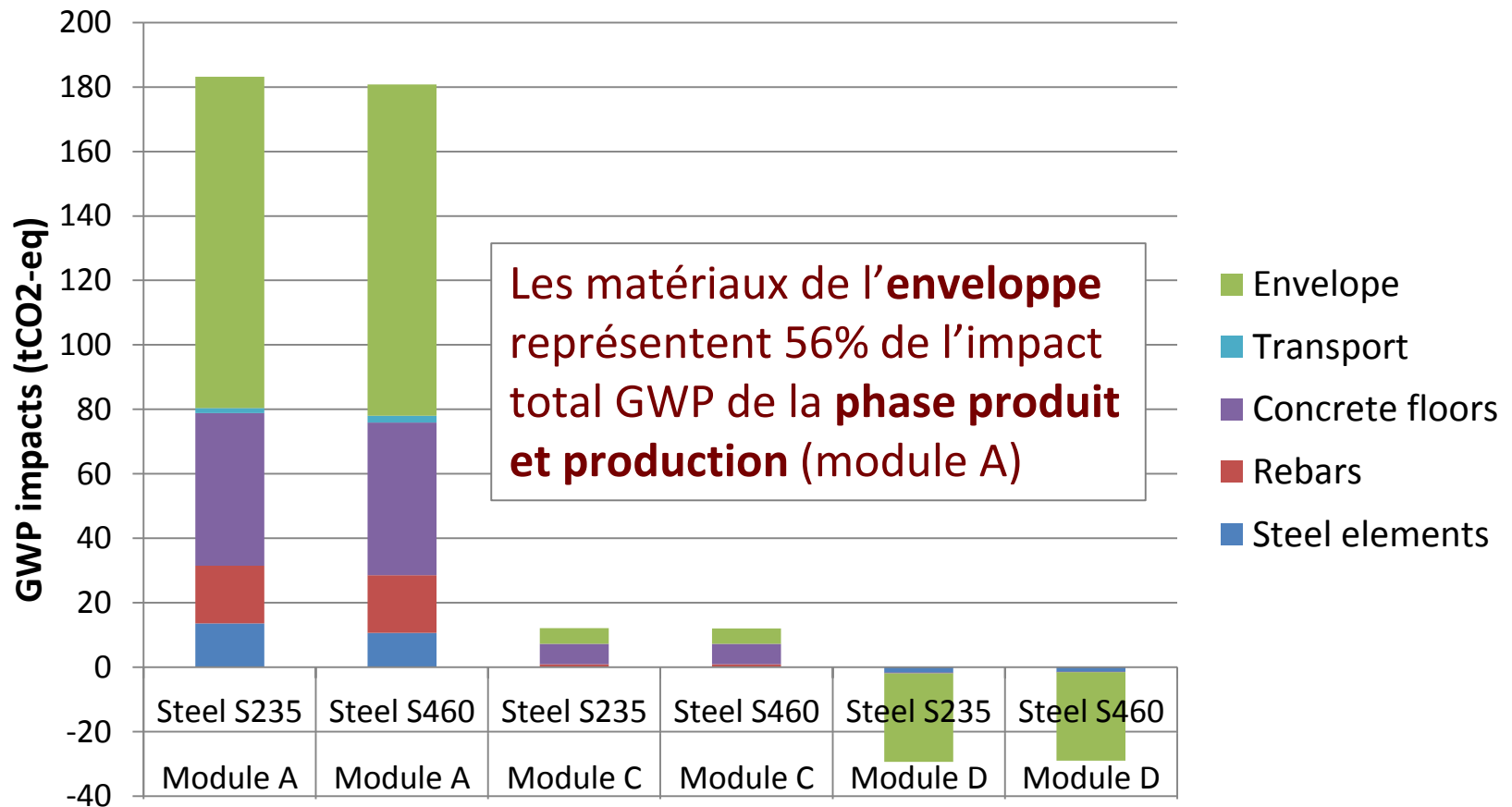
- La phase d'utilisation (module B) représente 99% de l'impact global GWP, quel que soit le type de structure



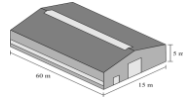
Résultats : structures en acier



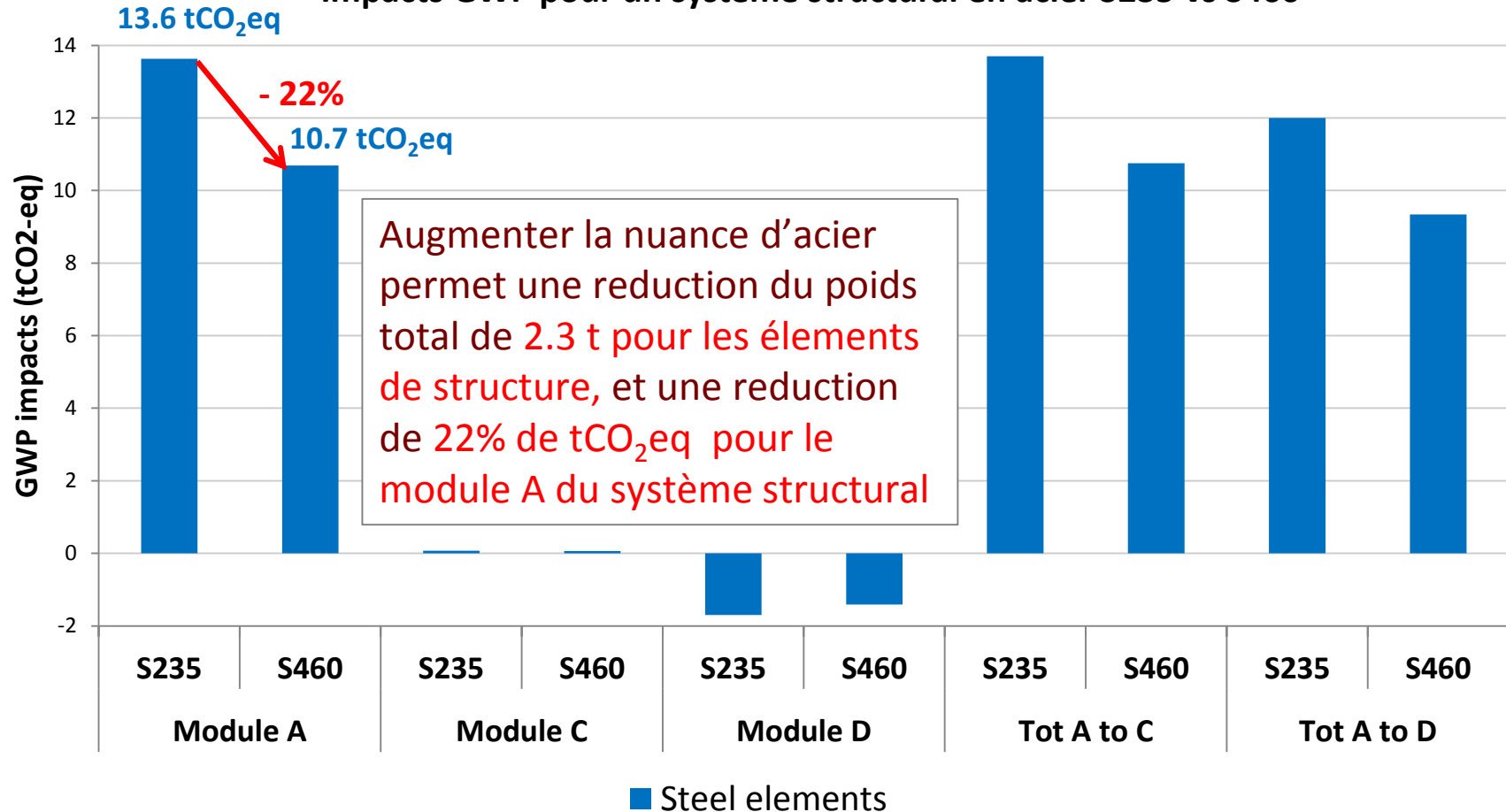
Comparison of the GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460



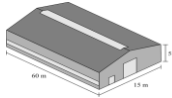
Résultats : Structures en acier



Impacts GWP pour un système structural en acier S235 vs S460



Résultats : Module D pour la structure en acier S460



Global Warming Potential (tCO₂eq)

- Les gains au-delà de la limite du système (module D) de la structure en acier S460 a un impact GWP total de:

-27.60 t CO₂-eq

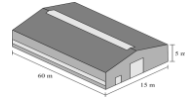
- Cela met en évidence l'avantage de l'utilisation des matériaux recyclés dans les éléments enveloppes :
 - éléments légers en acier* dans les façades
 - tôles en acier* dans la toiture



Concrete of floors	Steel columns	Envelope
Steel sheets	Steel studs and bolts	Heating (use phase)
Steel reinforcement	Steel plates	Cooling (use phase)
Steel beams	Transport	DHW (use phase)

Résultats : structure en béton

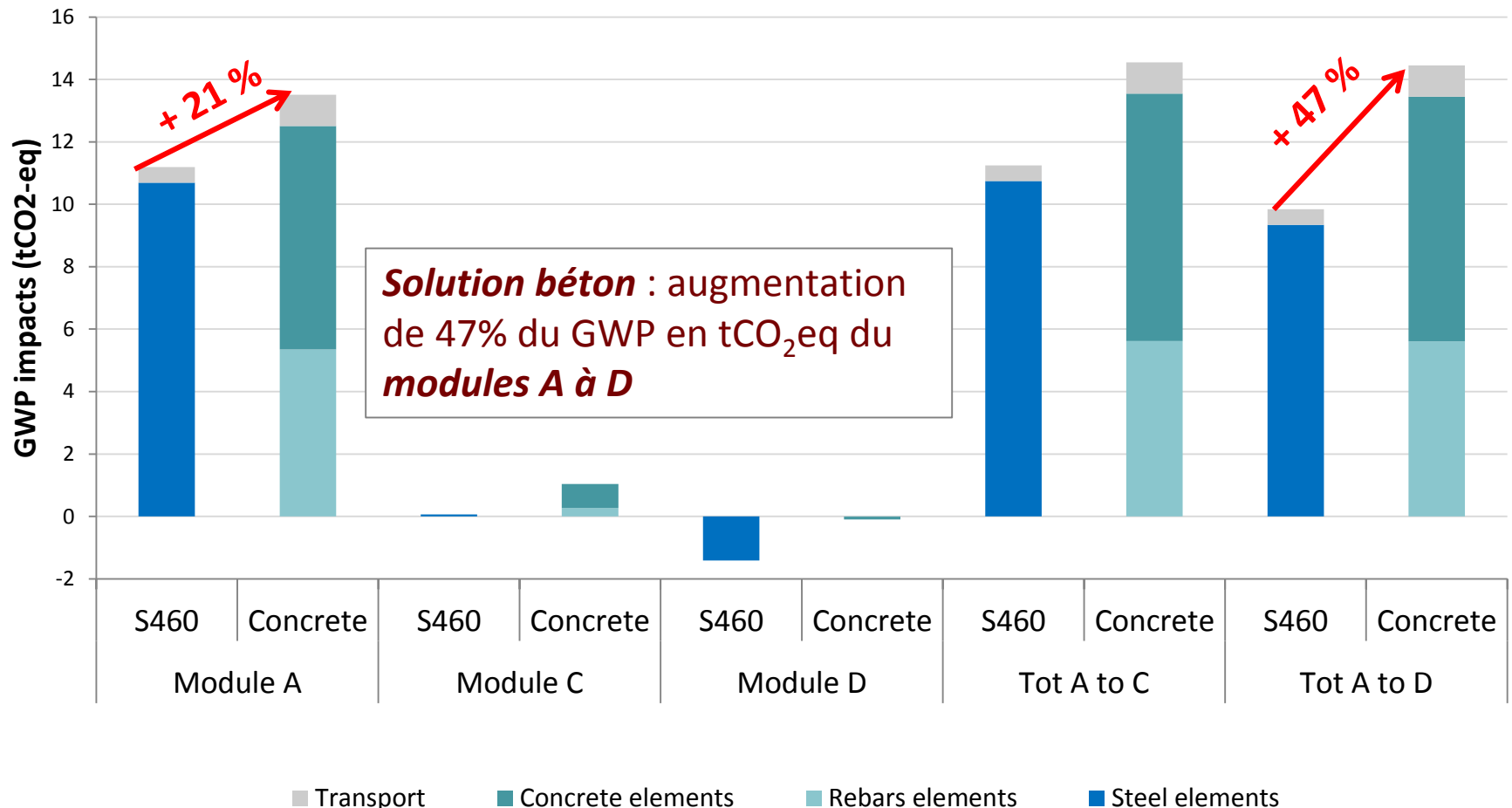
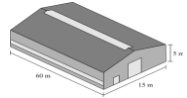
Global Warming Potential (tCO₂eq)



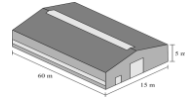
- Le **Module A** a un impact total GWP = 183 tCO₂eq
- L'impact total GWP dû au **système structural** = 80 tCO₂eq, donc 40% associés à la dalle en béton.



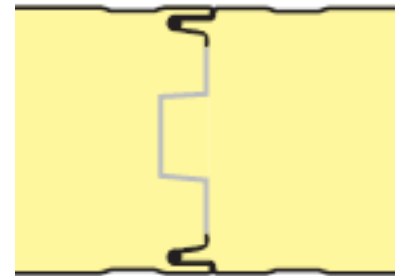
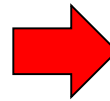
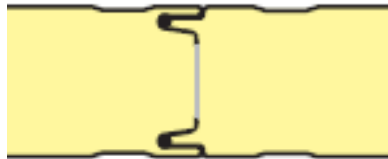
Résultats : structures acier vs béton – Impacts GWP



Bénéfices environnementaux associés à l'utilisation d'un isolant plus épais



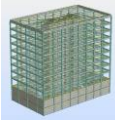
80 mm



200 mm

- Facile avec AMECO3 : convivial
- **Phase utilisation** (module B): gain net de 888 tCO₂-eq
- **Phase produit & production** (module A) : augmentation de 13.12 t CO₂-eq, dû à la quantité supplémentaire d'isolant
 - Comparé à la réduction de consommation d'énergie, c'est négligeable, se qui met en évidence l'intérêt d'améliorer la performance énergétique du bâtiment

Résultats : conclusions



- **L'exploitation du bâtiment** représente une partie significative de l'emprunte environnementale. De ce fait, des **systèmes de façade efficaces** peuvent impacter de façon significative l'analyse de cycle de vie du bâtiment.
- Les **structures en acier** faites de **sections laminées à chaud** sont plus durables que celles en béton, même en ne prenant pas en compte le recyclage. Grâce au **recyclage** des matériaux en **fin de vie** (recyclage infini de l'acier et valorisation du béton concassé), la différence entre la solution acier et béton augmente
- réduire l'utilisation de matériaux via l'utilisation d'**aciers haute résistance** est bénéfique pour l'environnement.