



carbone 4

# CONSTRUIRE BAS CARBONE : POURQUOI ET COMMENT ?

*26 novembre 2018*

CONFERENCE POUR LA SOCIETE DES  
INGENIEURS DIPLOMES DE L'ESTP

15 Rue Cortambert 75016 Paris

---

Roman Ledoux

[Roman.ledoux@carbone4.com](mailto:Roman.ledoux@carbone4.com)

## LA SID ESTP A BESOIN DE VOUS !

- **32 000** INGENIEURS ESTP EN ACTIVITE.
- **1 800** ADHERENTS (6%).
  
- MONTANT DE L'ADHESION EST **NEGLIGEABLE** DEVANT LA FORMATION ET LE RESEAU APORTE PAR L'ESTP.
- INCITER LES CAMARADES DE PROMOTION, LES COLLABORATEURS ET LES CONFRERES A ADHERER.
  
- PRENDRE CONSCIENCE DE L'ETENDU DU RESEAU ESTP POUR LES NON ADHERENTS ET LES JUNIORS NOTAMMENT.
- REDYNAMISER LE RESEAU ESTP EN INCLUANT DE NOUVEAUX PARTICIPANTS.
- CRÉER ET PÉRENNISER DES RELATIONS DURABLES DANS LES DIFFERENTS SECTEURS D'ACTIVITE.
- RECONTRER DES ANCIENS CAMARADES DE PROMOTION.

## Au programme

---

1. **Contexte : Energie et réchauffement climatique en 10 slides**
2. Quelle Stratégie 2° C pour un promoteur immobilier ?
3. Le passage à l'action nécessaire pour accélérer la transition bas carbone

# Introduction à l'énergie

## Humain vs pétrole

1 personne sur  
un vélo pendant  
1 jour

0,5 kWh

x 20

10 kWh

1 litre d'essence

4-5 kWh énergie  
mécanique  
3,5 kWh énergie  
électrique



20 personnes  
pendant 1 jour

$10\text{€}/\text{h} * 7\text{h} * 20 =$

1400 €

x 1000

1,5 €

1 litre d'essence

1,5 €/litre

Un français consomme en moyenne par jour 10 litres  
équivalent pétrole, soit environ **200 « jour.homme »**.

# Introduction à l'énergie

## *Humain vs pétrole*

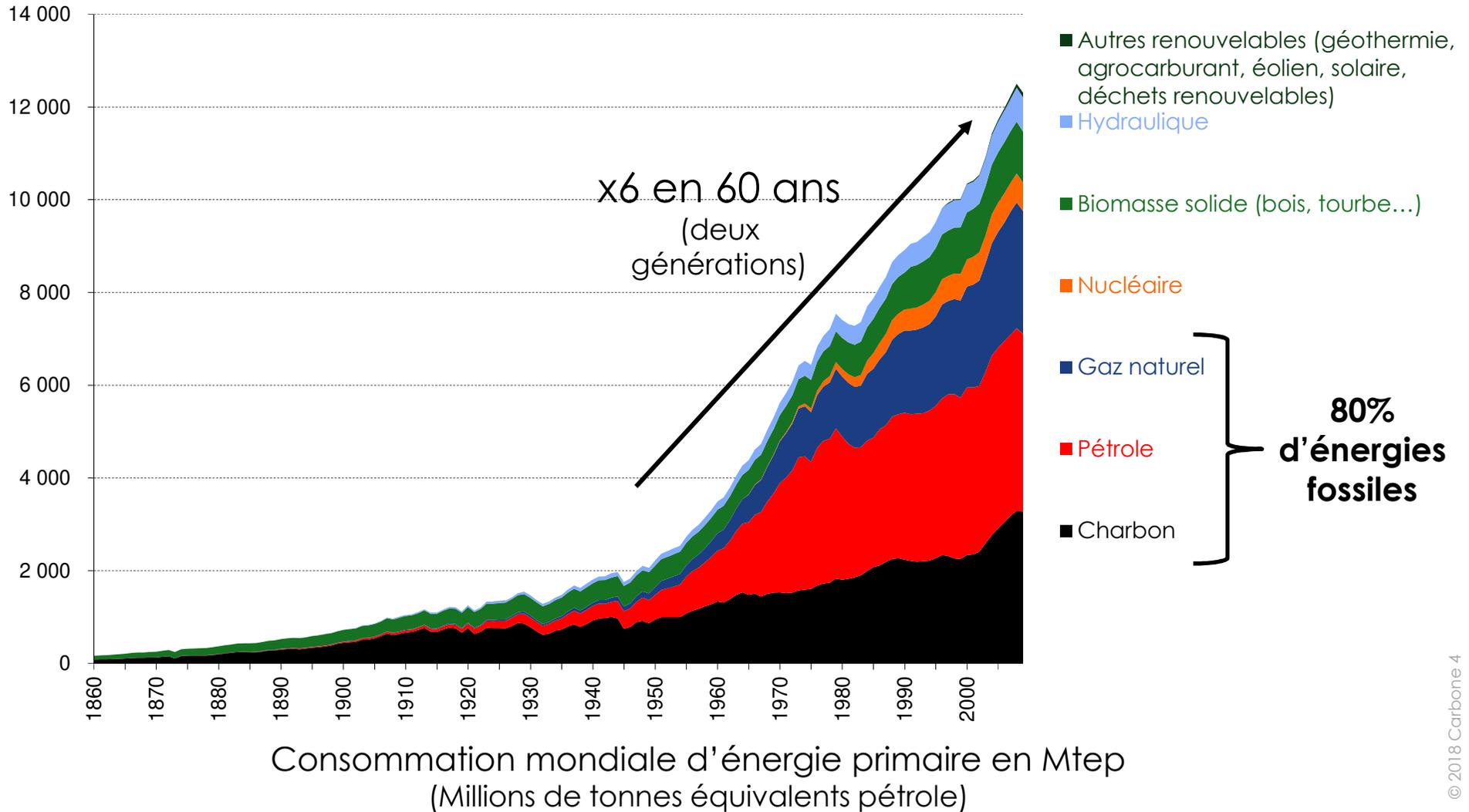


« L'écart de productivité qui sépare les paysans africains de leurs collègues nord-américains est de toute façon immense, de l'ordre de 1 à 500 pour ceux ayant accès à une culture attelée, plutôt de l'ordre de **1 à 2000 ou 3000** pour ceux travaillant avec des outils manuels. »

*L'agriculture comparée – Hubert Cochet*

# Introduction à l'énergie

La consommation mondiale d'énergie ne cesse de croître, et provient toujours à 80% d'énergies fossiles



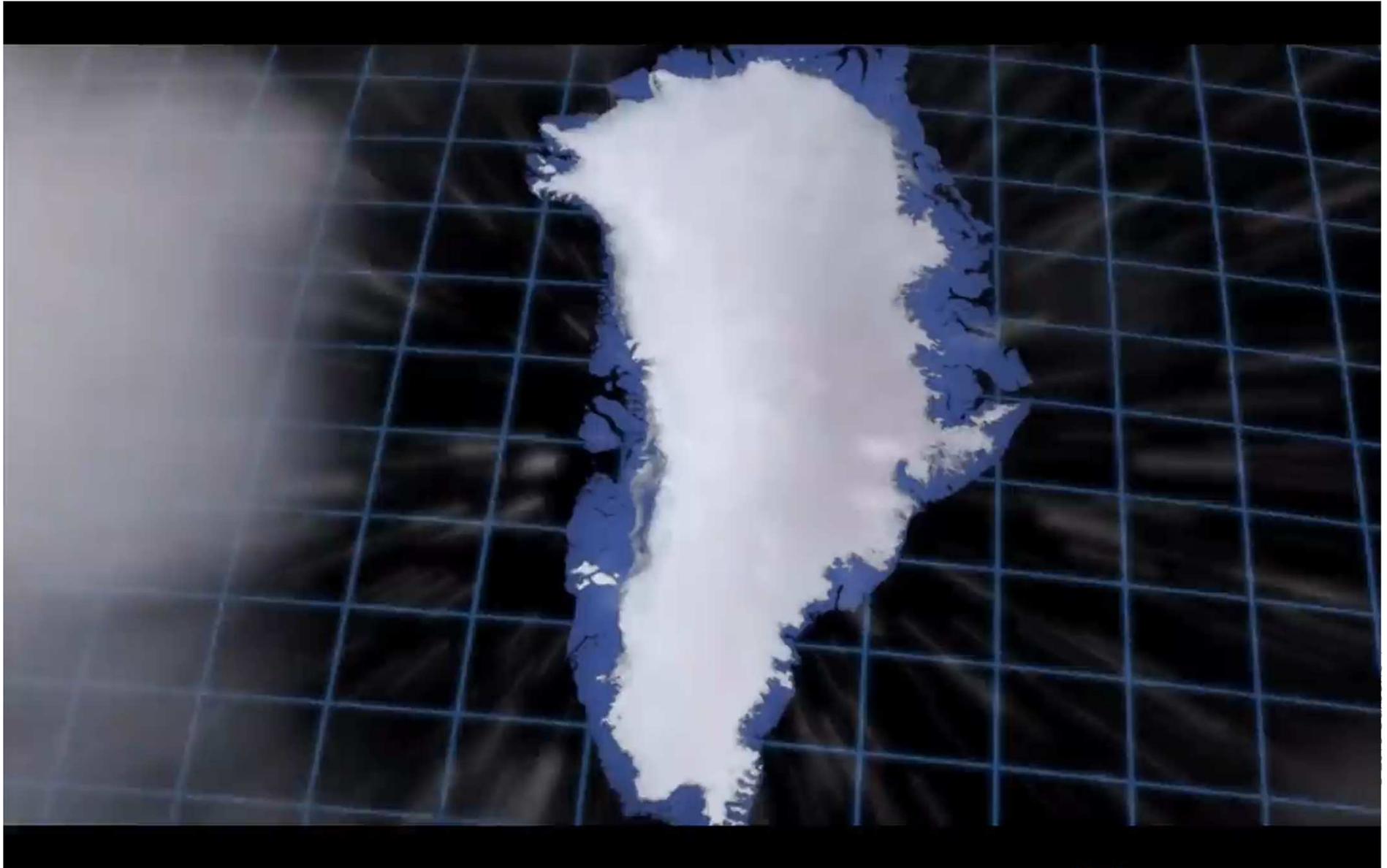
© 2018 Carbone 4

Source : Schilling & al + Observatoire énergie + AIE + BP Statistical Review 2010

## L'effet de serre, de la vieille science...

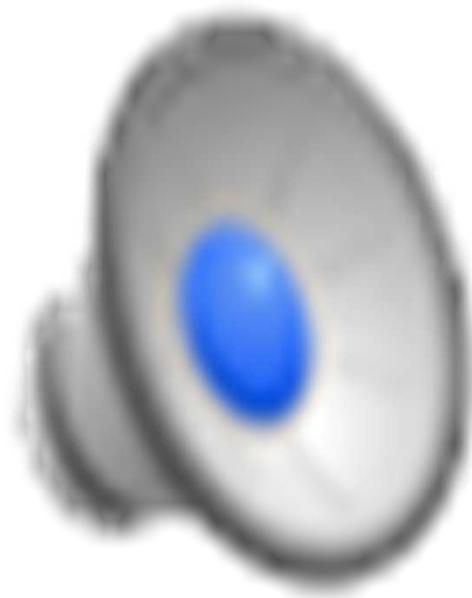
- **1824** : Joseph Fourier, physicien français, publie "Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires", où il expose que la température du sol est augmentée par le rôle de l'atmosphère
- **1838** : Claude Pouillet, physicien français, puis Joseph Tyndall, un irlandais, attribuent l'effet de serre naturel à la vapeur d'eau et au gaz carbonique. Pouillet affirme que toute variation de la quantité de vapeur d'eau, comme de CO<sub>2</sub>, doit se traduire par un changement climatique
- **1896** : **Svante Arrhenius**, chimiste Suédois (Prix Nobel 1903) prédit que l'utilisation intensive des combustibles fossiles engendrera un réchauffement climatique. Il donne un ordre de grandeur : **4° C en plus pour un doublement du CO<sub>2</sub> dans l'air.**
- **1950** : Le premier ordinateur (l'ENIAC) est utilisé pour expérimenter le premier modèle numérique de prédiction météorologique

**Les températures et les émissions de GES ont toujours évoluées naturellement ?**



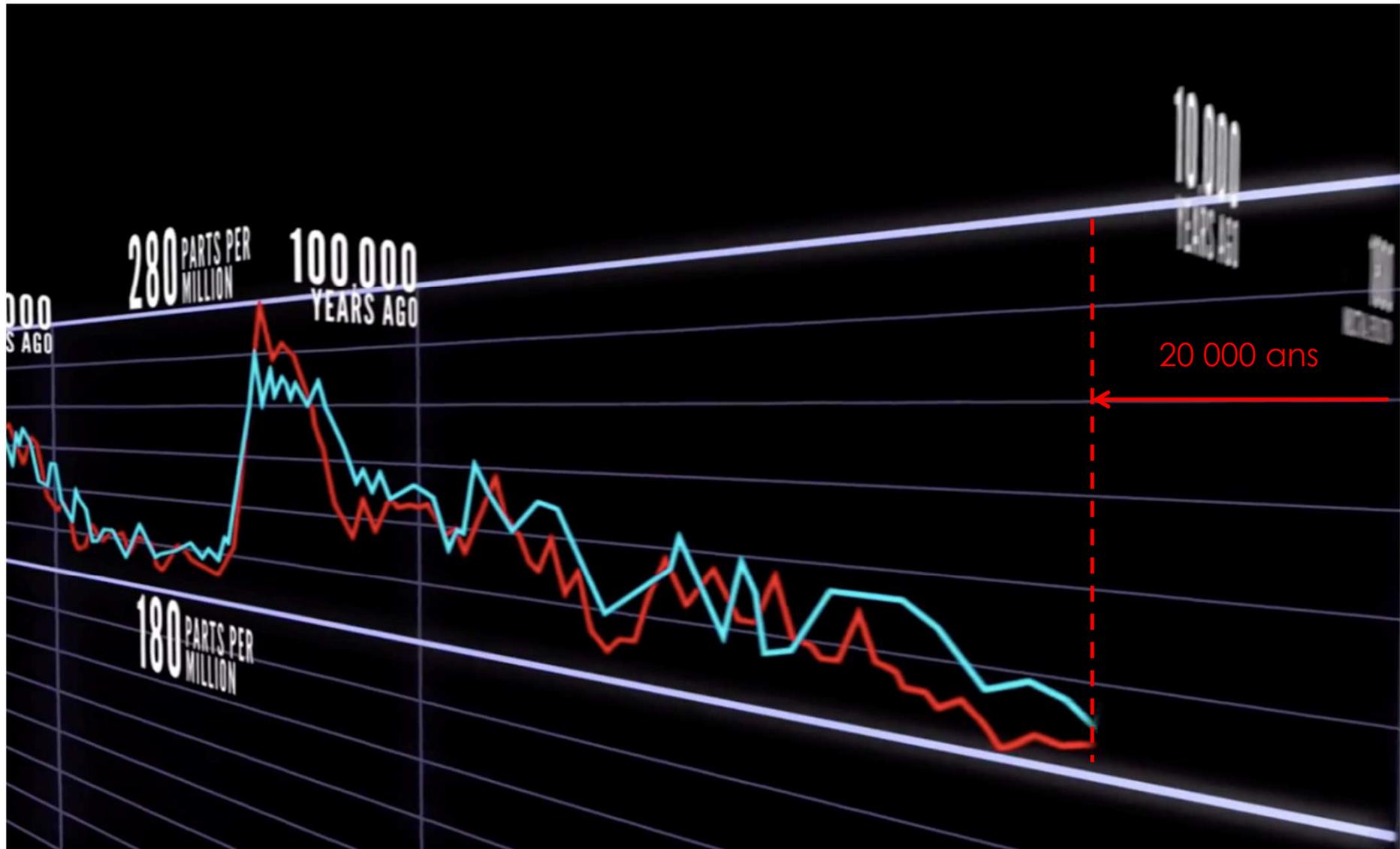
# Conséquences sur les températures depuis 150 ans

*Le XXI<sup>e</sup> siècle compte 15 des 16 années les plus chaudes*



# Une hausse de quelques degrés, est ce grave ?

Pour le comprendre, revenons 20 000 ans en arrière

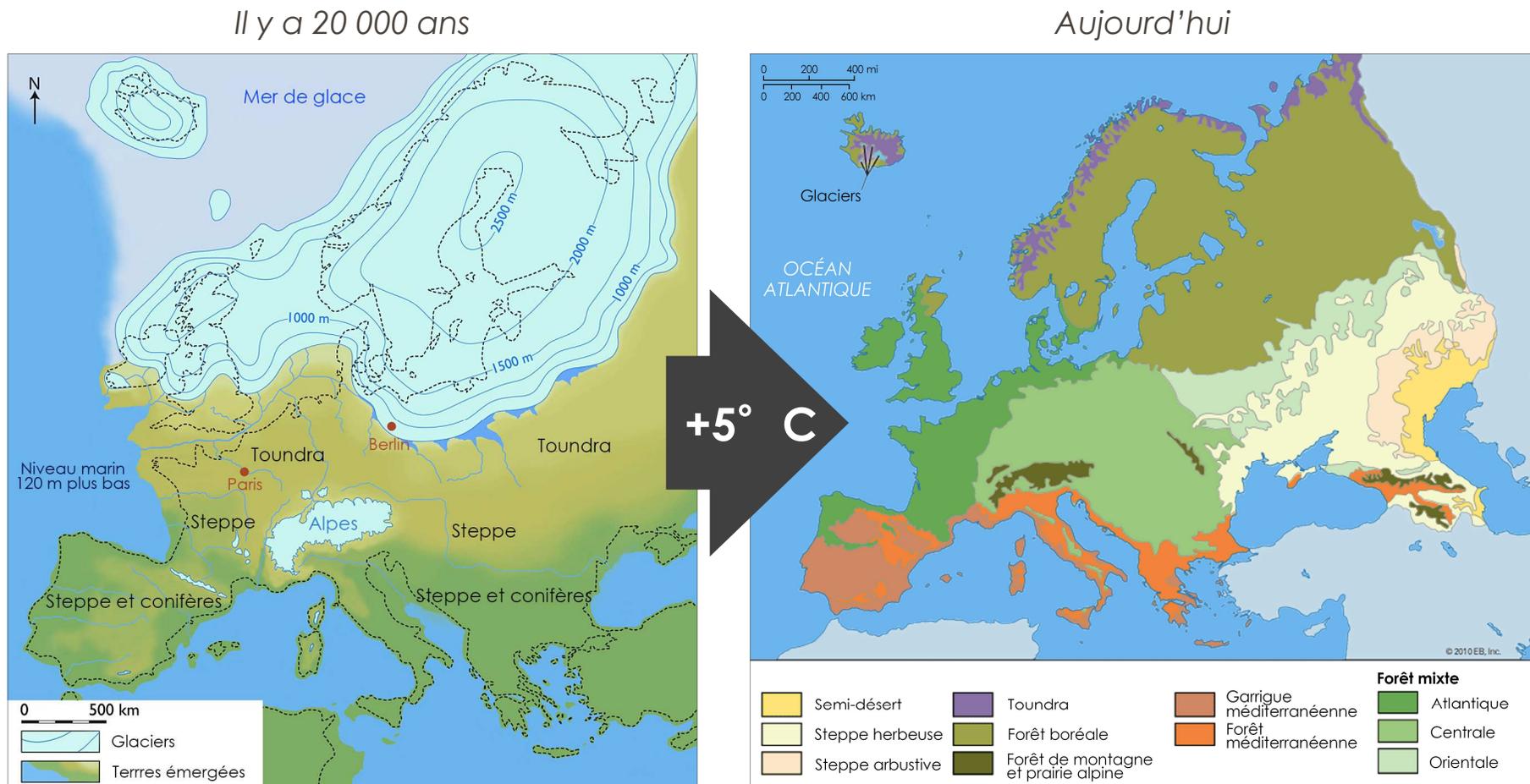


© 2018 Carbone 4

Pour le comprendre, revenons 20 000 ans en arrière

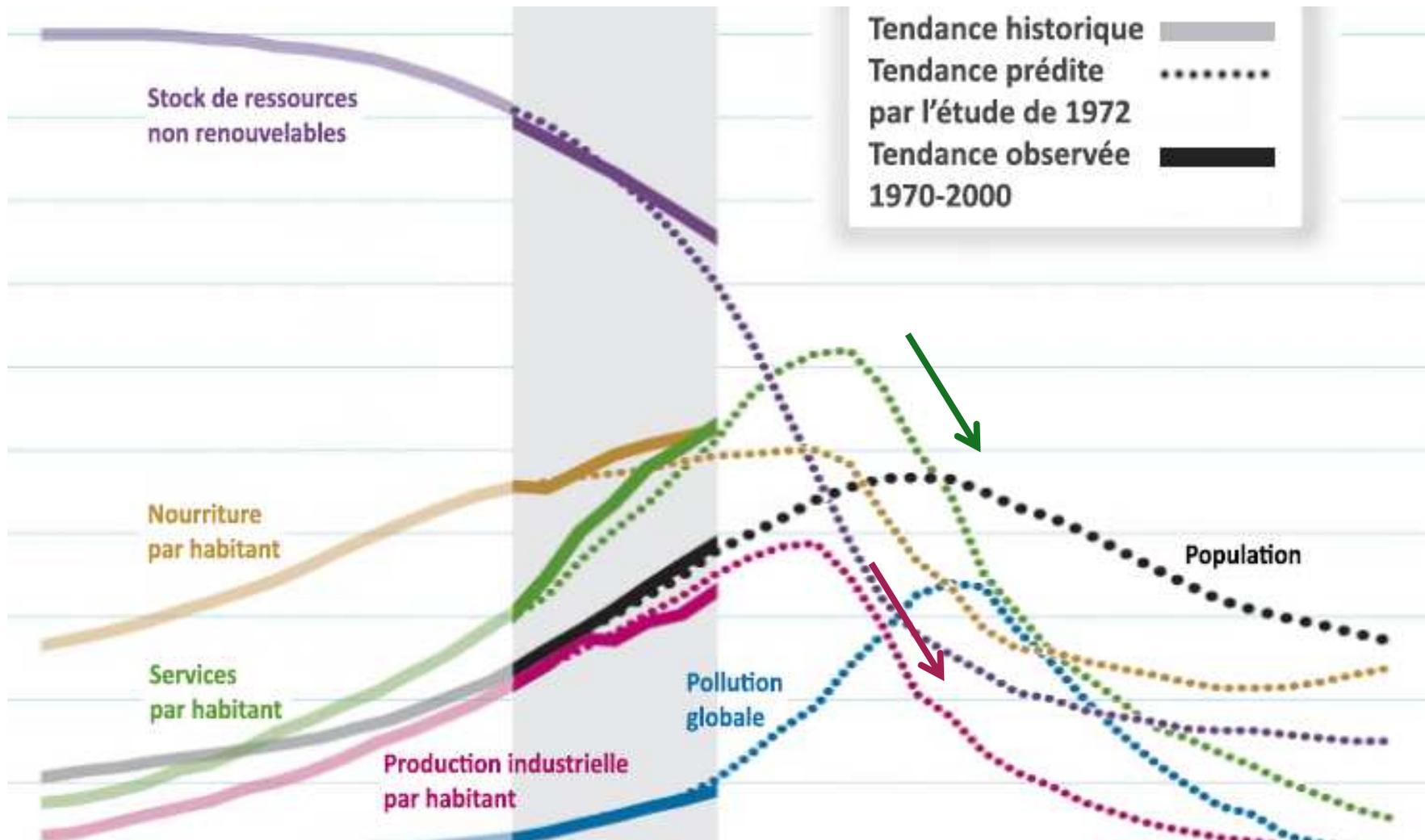
# Une hausse de quelques degrés, est ce grave ?

## Pour le comprendre, revenons 20 000 ans en arrière



Une transition réalisée durant des milliers d'années

# Quel lien avec l'économie ?



# Lutter contre le changement climatique

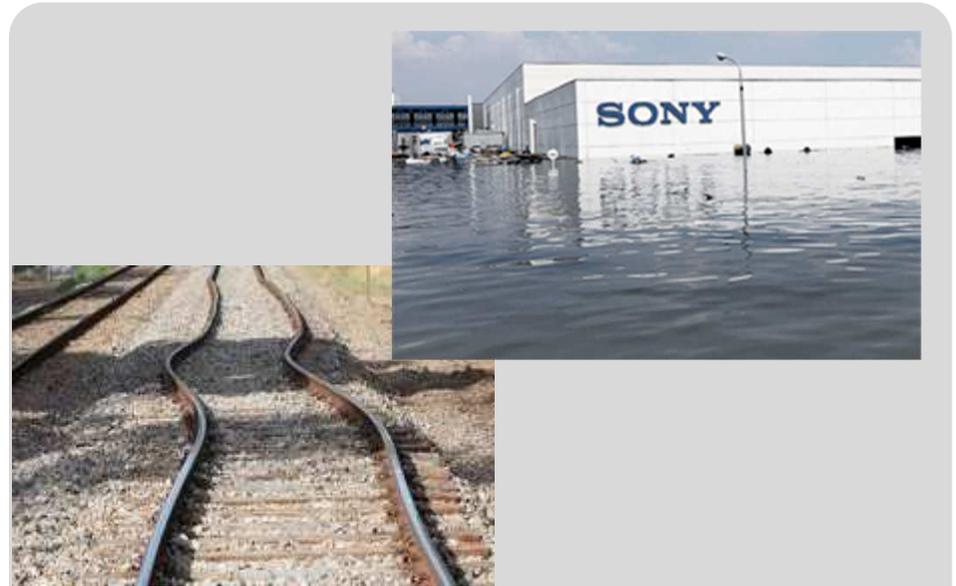
2 dynamiques parallèles : l'atténuation et l'adaptation



## Atténuation



Réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial



## Adaptation



Adapter les infrastructures aux impacts physiques du changement climatique

# La France s'engage très concrètement, non sans difficultés..



## Des actions concrètes pour atteindre les objectifs de neutralité carbone en 2050 (Facteur 8)

- Fiscalité carbone : **hausse de la taxe carbone**
- Transports : « **mettre fin à la vente de voitures émettant des gaz à effet de serre en 2040** »
- Mix électrique : **fermeture des centrales à charbon en 2022**
- **Fin de la production d'hydrocarbures d'ici 2040**
- **Fin du chauffage au fioul d'ici 2030**

# Qui sont autant de risques de transitions pour les entreprises

**L'Echo**  
ACTU > ENTREPRISES > AUTO  
**L'action BMW touchée par un profit warning**  
25 septembre 2018 13:55

Challenge<sup>s</sup> S'ABONNE

Actu auto  
**"Dieselgate": Pourquoi Volkswagen risque gros en Allemagne**  
devoye le 07.09.2018 à 12h32

**carADISIAC.COM**  
Rechercher par marque/modèle  
**La valeur des voitures diesels s'effondre sur le marché de l'occasion**  
Dans Economie / Politique / Marché  
Florent Ferrière Le 07 Novembre 2018

**Eramet pourrait investir €350-400 mlns dans le lithium argentin**  
REUTERS | LE 21/02/18 À 11:47 | MIS À JOUR LE 21/02/18 À 12:36

**LesEchos.fr** LES ECHOS: Tapez votre recherche + OK  
**Engie : le difficile désengagement du charbon**  
VINCENT COLLEN - VINCENT COLLEN | LE 04/04/18 À 18H04

## Au programme

---

1. Contexte : Energie et réchauffement climatique en 10 slides
- 2. Quelle Stratégie 2° C pour un promoteur immobilier ?**
3. Le passage à l'action nécessaire pour accélérer la transition bas carbone

## Contexte

Les promoteurs sont de plus en plus nombreux à définir leur stratégie carbone

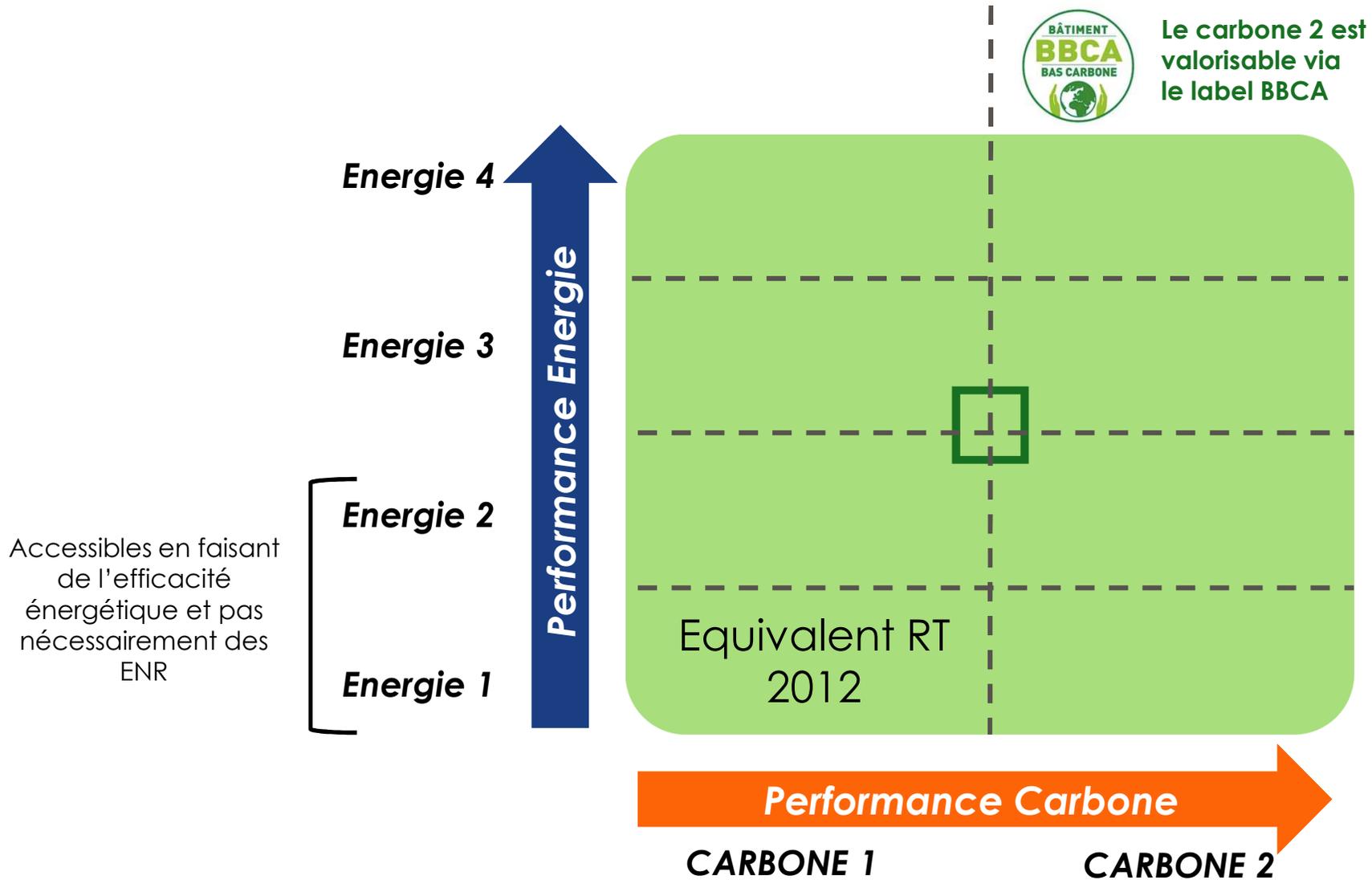


### Objectifs de réduction carbone à moyen terme

- **-30%** à 2030/ 2015 sur l'immobilier résidentiel (construction + exploitation)
- **-21%** à 2030/ 2015 sur l'immobilier d'entreprise (construction + exploitation)
- **-35%** à 2030/ 2015 sur les émissions de construction
- Stratégie 2°C en cours de validation
- Travail effectué en 2018 avec Carbone 4, sur la foncière et sur la promotion

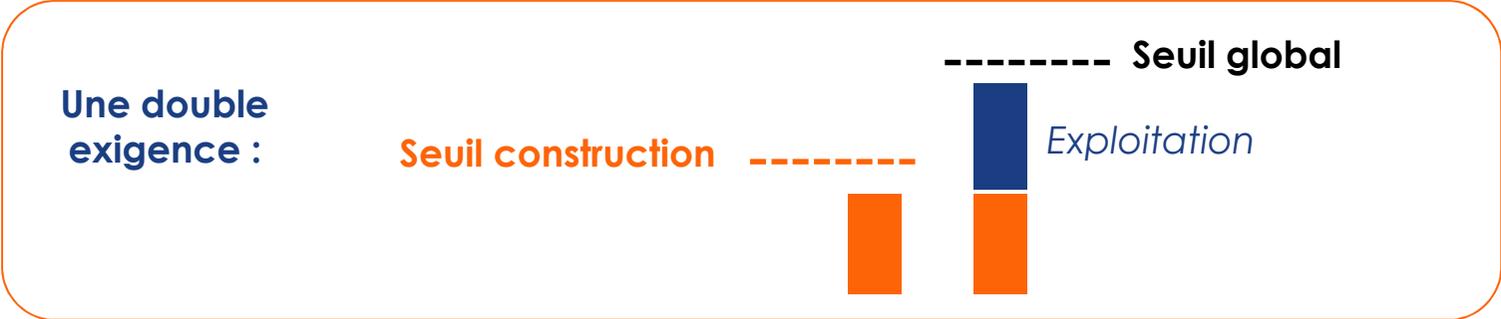
# Contexte

Des stratégies 2 ° C en phase avec l'évolution de la réglementation thermique

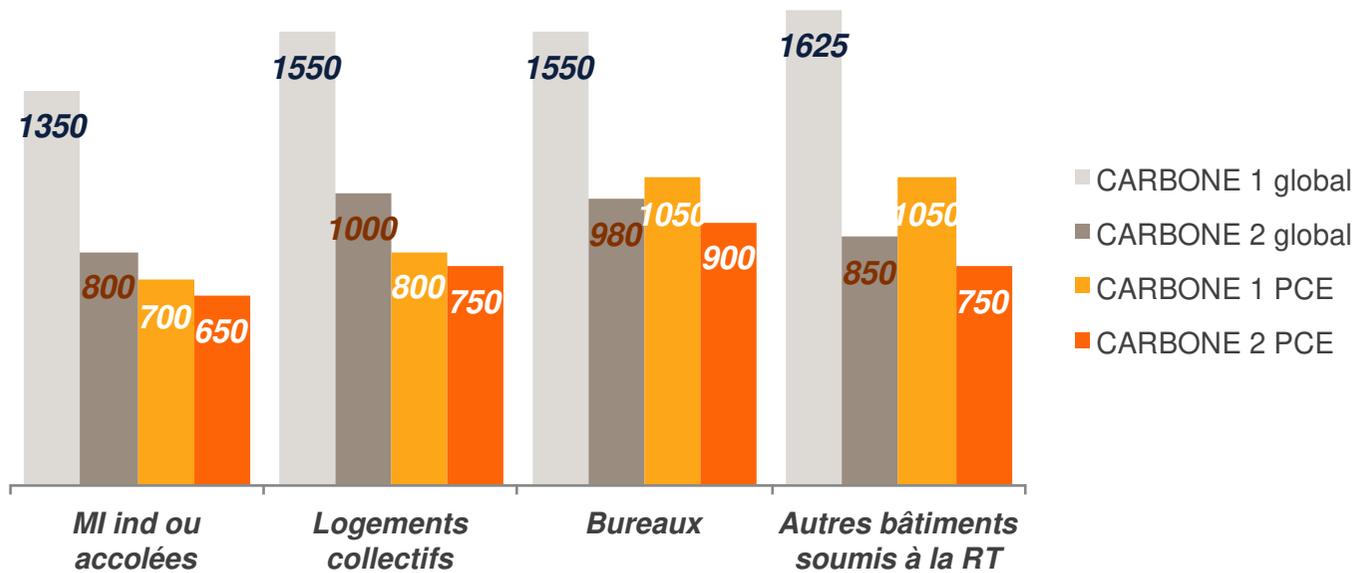


# Contexte

Des stratégies 2 ° C en phase avec l'évolution de la réglementation thermique



Valeurs pivot Label E+C-

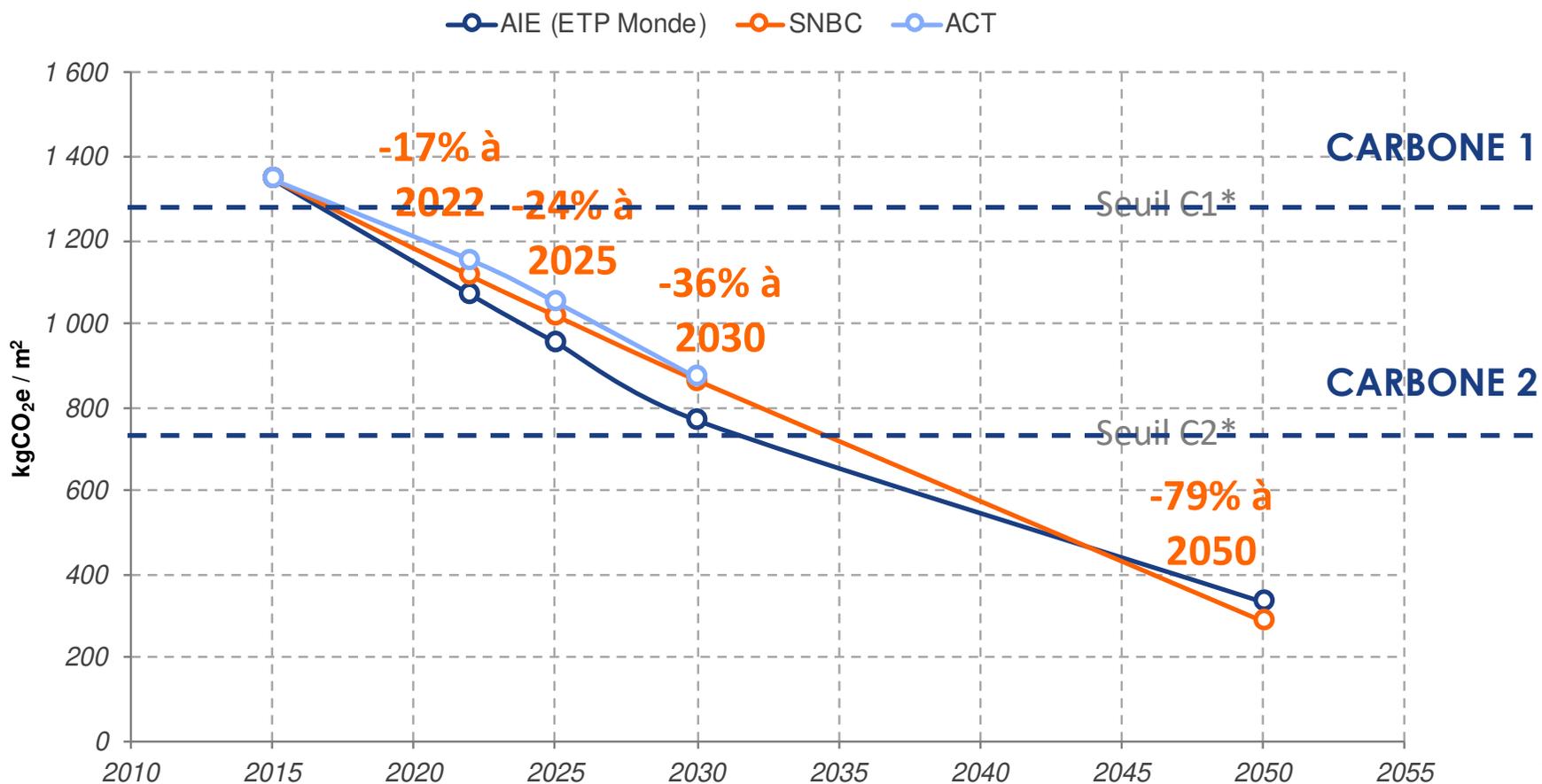


Source : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Referentiel\\_Energie\\_Carbone\\_Niveau\\_de\\_performance.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Referentiel_Energie_Carbone_Niveau_de_performance.pdf)

\*si imposées et effectivement réalisées

# Pour être compatible avec l'Accord de Paris, une baisse de l'ordre de 30-40% de l'empreinte carbone d'un bâtiment neuf s'impose d'ici à 2030

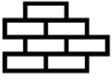
## Ambitions possibles pour la promotion résidentielle

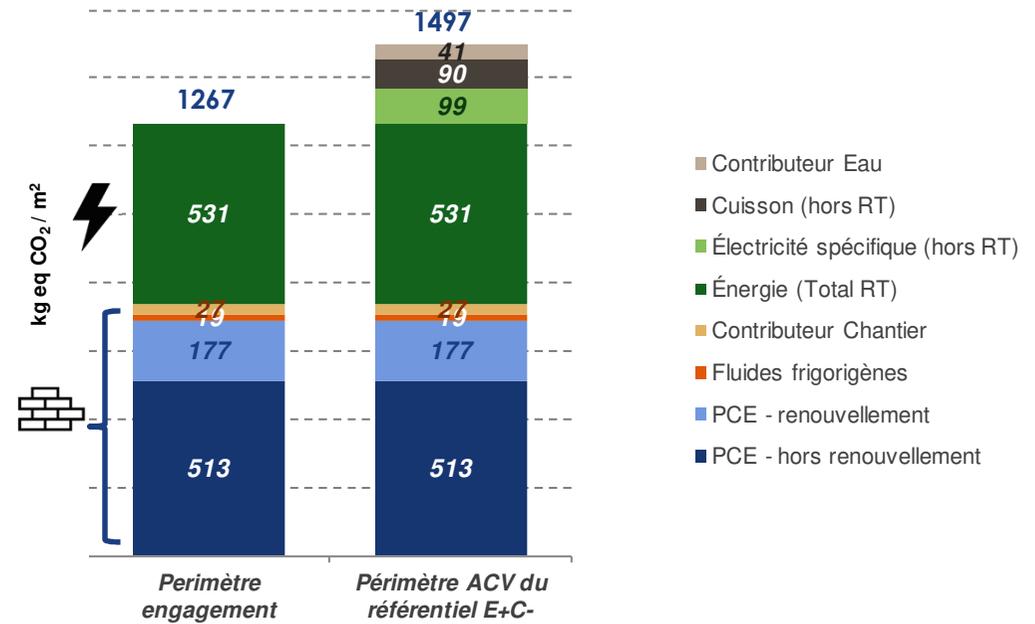


**Viser 100% de Carbone 2 en 2032**

(\*) Corrigé du périmètre d'engagement (sans l'énergie de cuisson, l'électricité spécifique et le contributeur eau).  
Varie selon le nombre de places de parking dans le PLU.

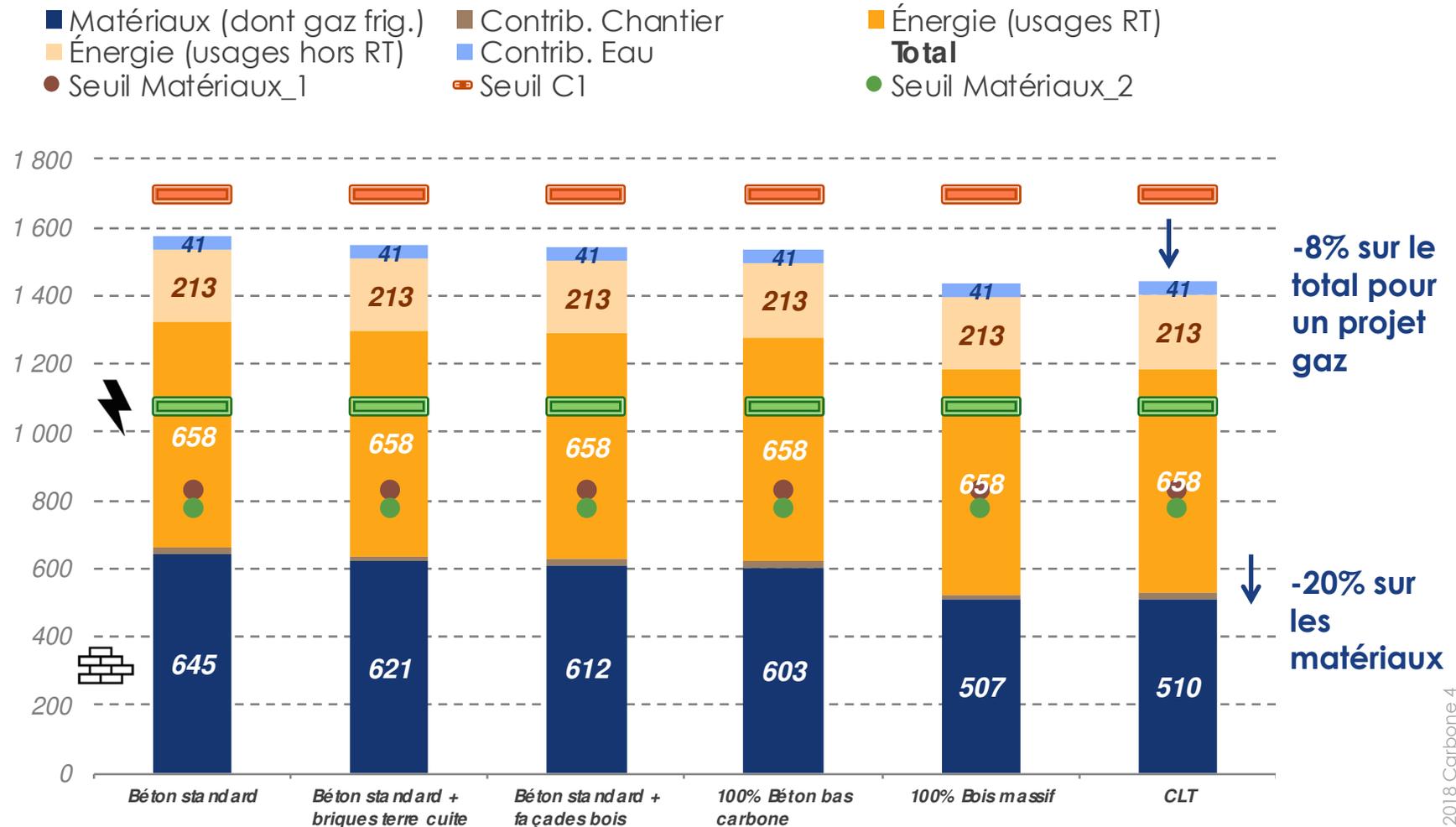
# Les principaux postes d'émissions pour un bâtiment neuf

- 1  Produits de construction et équipements (PCE)
- 2  Consommations énergétiques sur 50 ans (usages RT)
- 3  Consommations énergétiques sur 50 ans (autres usages RT)
- 4  Déplacements des occupants



Les promoteurs s'engagent sur la construction (produits de construction et équipement et émissions de chantier) et sur une partie des consommations énergétiques (usages RT seulement).

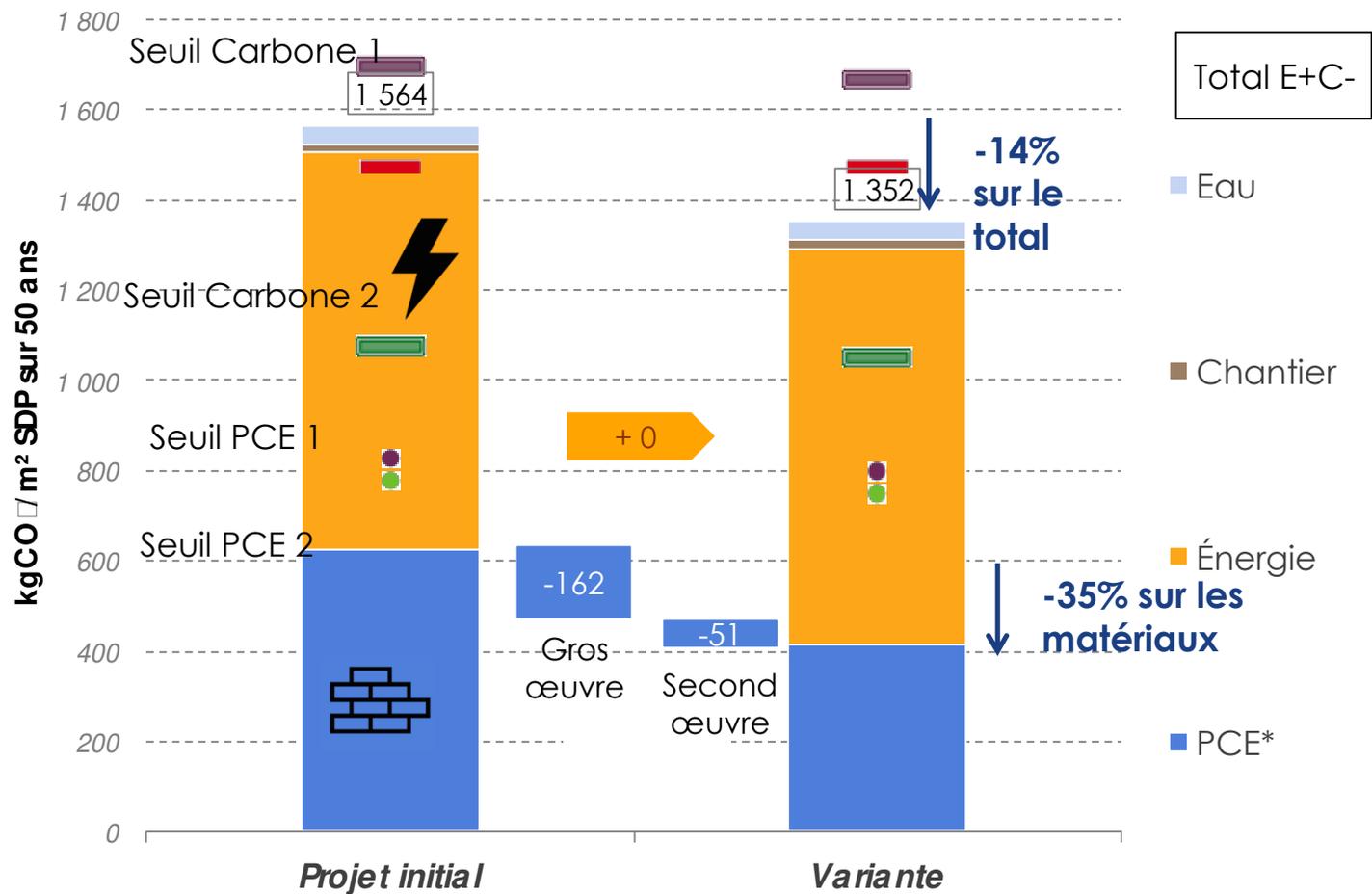
# Des solutions sur le gros œuvre qui permettent d'économiser jusqu'à -20% sur la partie matériaux, -8% au global par rapport à un projet gaz



Les émissions énergétiques correspondent à un logement collectif de performance E2 avec chauffage et ECS au gaz naturel

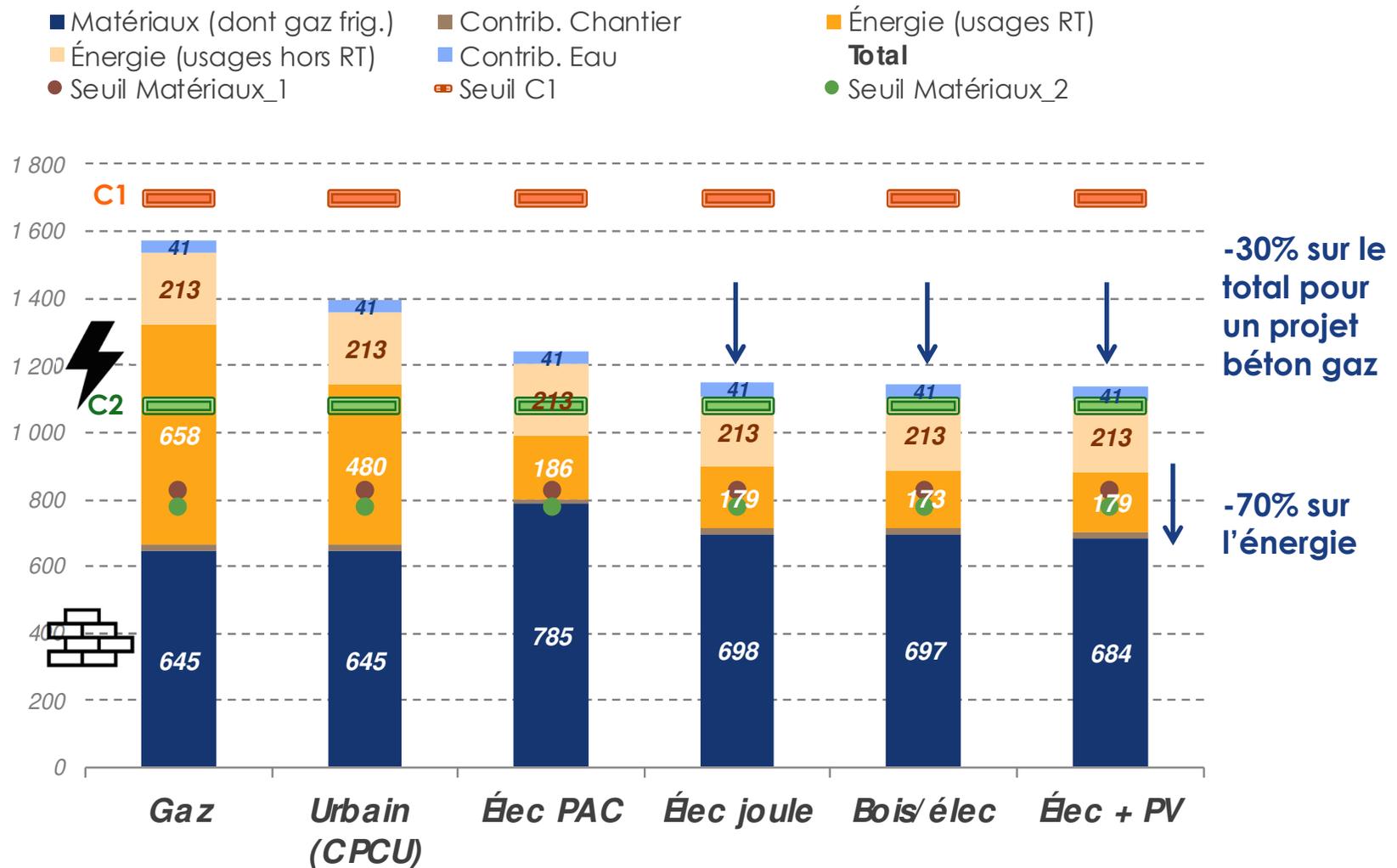
# Des gains maximaux sur les matériaux jusqu'à -35% sur le poste, -14% au global sur un projet classique chauffé au gaz

Comparaison de l'empreinte carbone du projet initial et de la variante sur le périmètre E+C-

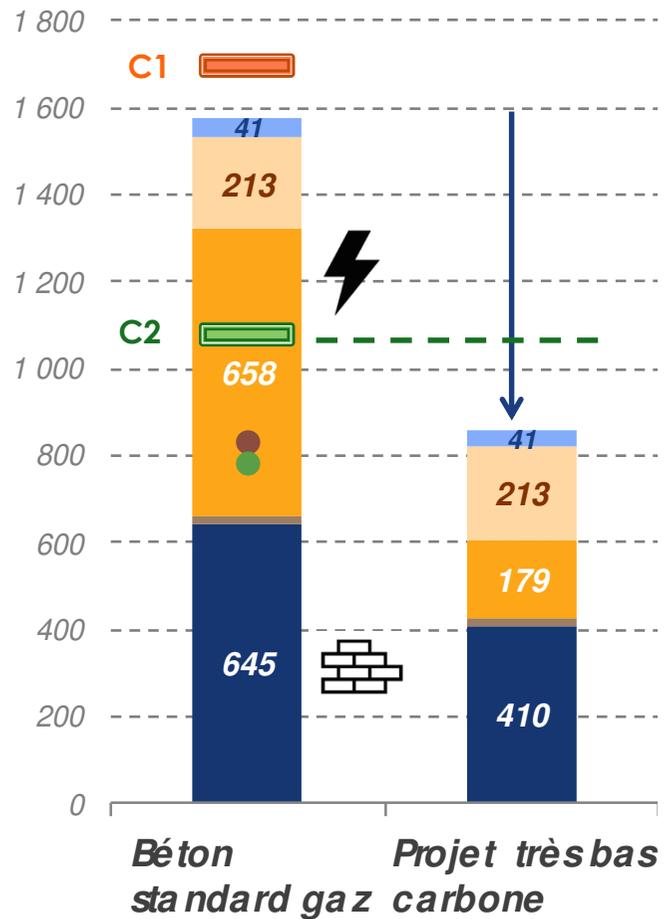


Les émissions énergétiques correspondent à un logement collectif de performance E2 avec chauffage et ECS à l'électricité

# Des gains possibles de l'ordre de -70% sur le poste énergie, soit -30% au total par rapport à un bâtiment chauffé au gaz



# Gain maximal sur un projet très bas carbone



Il est donc possible d'atteindre au mieux :

-50% sur le total

-55% sur le périmètre d'engagement des promoteurs  
(en excluant usages de l'énergie hors RT)

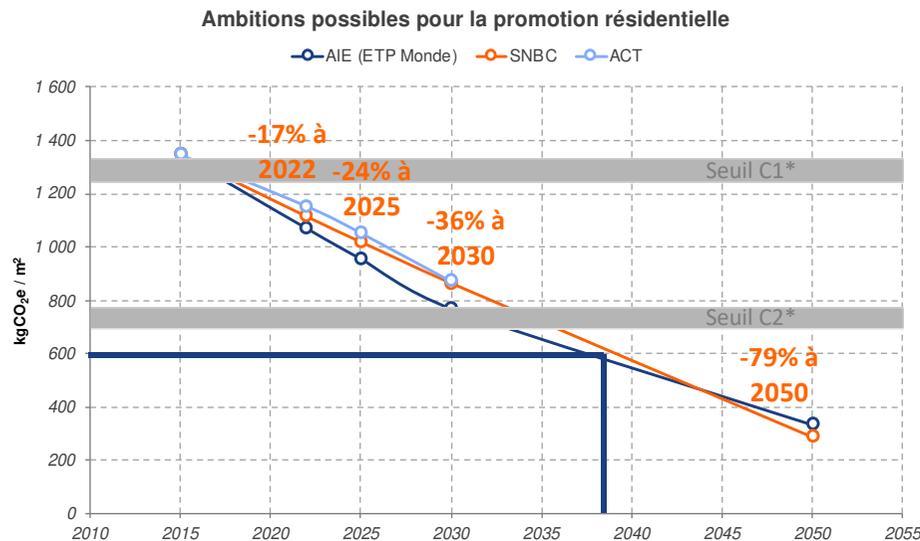
- Matériaux (dont gaz frig.)
- Contrib. Chantier
- Énergie (usages RT)
- **Total**
- Énergie (usages hors RT)
- Contrib. Eau
- Seuil Matériaux\_2
- Seuil Matériaux\_1
- Seuil C1

© 2018 Carbone 4

# Les solutions existent !

Autrement dit, **avec les solutions techniques actuelles, il est déjà possible de construire les bâtiments bas carbone de 2040 !**

- 2/3 des gains en visant des énergies bas carbone : électricité, bois ou réseau de chaleur biomasse
- 1/3 des gains grâce à la construction bas carbone, sur les matériaux du gros œuvre et du second oeuvre



L'effort supplémentaire des fabricants de matériaux sera nécessaire pour atteindre les objectifs climatiques à 2050.

Et les industriels se préparent au bas carbone !

# La première cimenterie verte ouvre en France

MYRIAM CHAUVOT | Le 22/11 à 07:14 | Mis à jour à 10:02 |



© 2018 Carbone 4

# Et les industriels se préparent au bas carbone !

## De Dietrich développe sa production de pompes à chaleur en Alsace

par Batirama.com 15/11/2018 0



Le chauffagiste BDR Thermea (marque De Dietrich) va investir 50 millions d'euros et créer environ 100 emplois en trois ans dans son usine de Mertzwiller (Bas-Rhin) pour développer sa production de pompes à chaleur.

Les effectifs du centre de R&D passeront de 36 à 100 personnes et les ateliers de production poursuivront "le rythme d'une dizaine d'embauches par an" tenu depuis 2016. Le marché des pompes à chaleur "est en pleine expansion", au contraire des chaudières au fioul, autre spécialité de Mertzwiller, dont la demande baisse depuis plusieurs années, a souligné M. Leroy

© 2018 Carbone 4

## Au programme

---

1. Contexte : Energie et réchauffement climatique en 10 slides
2. Quelle Stratégie 2° C pour un promoteur immobilier ?
- 3. Le passage à l'action nécessaire pour accélérer la transition bas carbone**

# Constats actuels et évolutions nécessaires

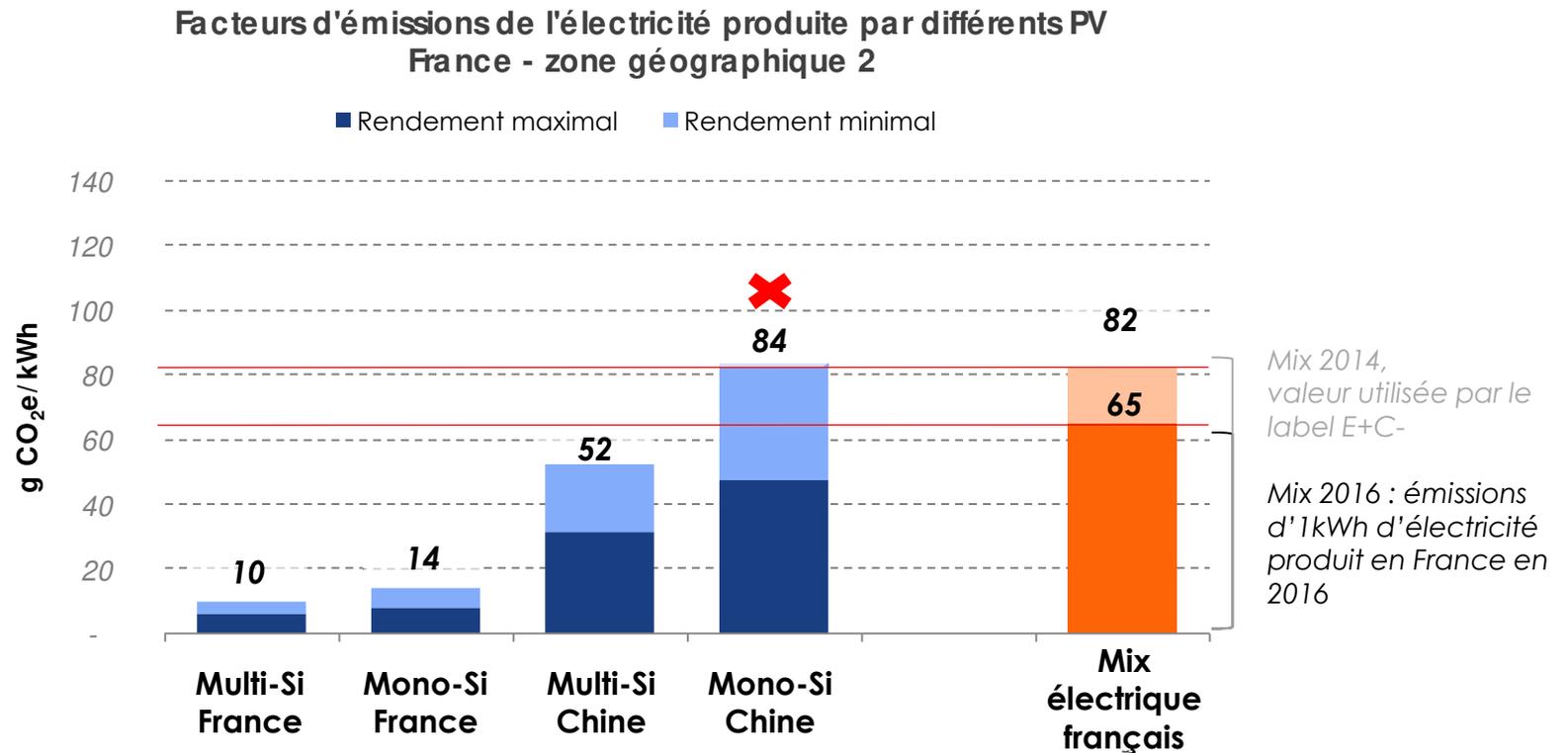
La tendance actuelle est plutôt carbonée dans la promotion résidentielle :

- Beaucoup de **béton classique**
- Beaucoup de **gaz**

La transition bas carbone de la construction implique des changements :

- L'électricité est un vecteur d'avenir, d'autant plus avec le développement des énergies renouvelables, qui est pénalisé à cause du Coefficient en énergie primaire ( Cep). A l'ère de la lutte contre le réchauffement climatique, il est **incohérent de viser le bas carbone et en même temps de maintenir des indicateurs en énergie primaire !**
- **Il n'y a pas de lien direct entre niveau d'énergie et niveau carbone.** Autrement dit, un projet énergie 3, meilleur en énergie, peut être moins bien qu'un Energie 2 sur le volet carbone. **Cela implique de considérer l'indicateur carbone comme un indicateur principal,** et pas secondaire. Il ne suffit pas de mettre des panneaux solaires pour être bas carbone !

# Il ne suffit pas de mettre des panneaux solaires pour être bas carbone !



- **Les émissions** des différents PV présentées sont liées aux **émissions de fabrication** et à leur efficacité (rendement)

## Constats actuels et évolutions nécessaires

- Il faut trouver des **solutions bas carbone de chauffage pour le logement collectif**. Les systèmes de pompes à chaleur hybrides (complément gaz pour les vagues de froid) sont d'après différentes études la meilleure solution en terme de cout / CO<sub>2</sub>, mais peu de solutions industrielles sont actuellement disponibles/déployées.
- **Réduire le nombre de places de parking en souterrain** a un impact très efficace sur l'empreinte carbone
- Il n'y a **pas** non plus **de lien entre seuil énergie et qualité du bâti** (Bbio)
- Le bâtiment à énergie positive (Energie 4) restera **expérimental**, pour des bâtiments sans étages et chauffés au bois ou au réseau de chaleur

## En conclusion

- **La transition bas carbone du bâtiment neuf est nécessaire** pour lutter contre le réchauffement climatique. Elle doit changer en profondeur les habitudes de conception pour réussir.
- Le référentiel E+C- permet à la France de fixer un cadre d'analyse qui bouscule déjà les filières industrielles. **Ce référentiel permet de fixer un objectif lisible pour tous: 100% de Carbone 2 en 2030.**
- Avec les solutions actuelles, **on sait construire un bâtiment bas carbone avec une empreinte carbone divisée par 2 !** Les efforts sont portés à 2/3 par les choix du type d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.
- Les industriels sont en train de se structurer pour proposer des solutions bas carbone (béton HP2A et pompes à chaleur notamment)
- **L'analyse carbone ne peut se résumer à l'analyse énergétique** (Cep ou BEPOS), il n'y a pas de lien direct entre les indicateurs énergie et Carbone. **Chaque métier doit donc intégrer les émissions de gaz à effet de serre dans ses outils de décision.**
- **La nouvelle stratégie bas carbone vise à présent la neutralité carbone**, et de nombreux acteurs se positionnent avec Carbone 4 pour aller plus loin que la réduction



# Annexes

# Les exigences portées sur la construction neuve

Deux indicateurs : BEPOS et CARBONE



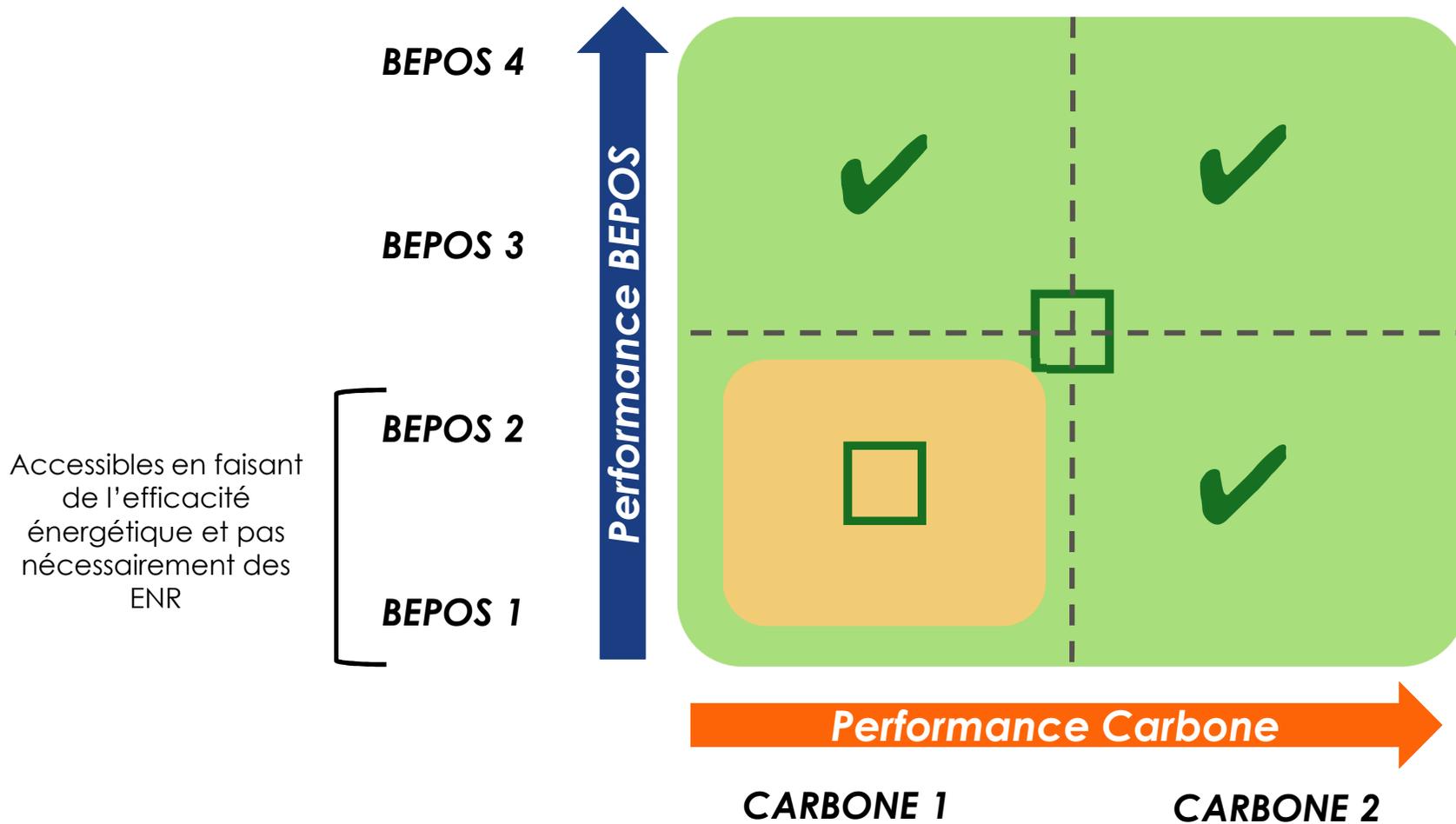
Label énergie-carbone



Bonus de constructibilité



Socle énergie-climat (préfigure la future réglementation)



# BEPOS : qu'est-ce donc ?

Les indicateurs « énergie » des bureaux d'étude thermiques

Indicateurs  
RT2012  
=  
conservés

- **Bbio** : conception bioclimatique
  - **Cep, et Cep hp** (hors production locale) : sobriété énergétique
  - **Tic** : confort d'été
- Calculés avec la méthode ThBCE 2012 (inchangé / RT 2012)

Bilan BEPOS  
=  
nouvel  
indicateur

- **Bilan BEPOS** : bilan global, exprimé en **énergie primaire**, sur tous les usages

Bilan BEPOS

=

Energie primaire  
consommée non  
renouvelable

(Tous usages énergétiques après  
déduction de l'autoconsommation)

-

Energie primaire  
produite exportée

(Electricité exportée, avec une valorisation  
plus importante des 10 premiers kWh /m<sup>2</sup>)

Indicateurs  
informatifs

- Taux de recours aux énergies renouvelables et de récupération (ENR&R)
- Indicateur de confort d'été (DIES)
- Consommation d'énergie primaire non renouvelable
- Production d'électricité exportée

# Les exigences portées sur la construction neuve

Seuils BEPOS 1 à 4 - bilans énergie primaire en kWh<sub>ep</sub>/ m<sup>2</sup>.an

## BEPOS 1-2

$$\begin{aligned} \text{Seuil MI} &= 50 \times \begin{matrix} -5\% \\ -10\% \end{matrix} \times \text{Modulation zone climatique, altitude, surface} + \text{Consos de réf. autres usages} \\ \text{Seuil LC} &= 57,5^* \times \begin{matrix} -5\% \\ -15\% \end{matrix} \times \text{Modulation zone climatique, altitude, surface} + \text{Consos de réf. autres usages} \end{aligned}$$

*\*Dérogation au 50 valable jusqu'au 31/12/17*

## BEPOS 3

$$\text{Seuil} = 50 \times -20\% \times \text{Modulation zone climatique, altitude, surface} + \text{Consos de réf. autres usages} - 20$$

*Prod. ENR de réf.\**

*\*Valorisation à 2,58 des 10 premiers kWh / m<sup>2</sup> contre 1 pour le reste*

## BEPOS 4

$$\text{Bilan BEPOS}^* < 0$$

*\*Valorisation à 2,58 des 10 premiers kWh / m<sup>2</sup> contre 1 pour le reste*

# Les exigences portées sur la construction neuve

## Seuils CARBONE 1 et 2



**Seuil construction**

= Valeur pivot construction + Modulation parking\*

**Seuil global**

= Valeur pivot globale + Modulation parking\* + Modulation zone climatique, altitude, surface

Valeurs pivot :

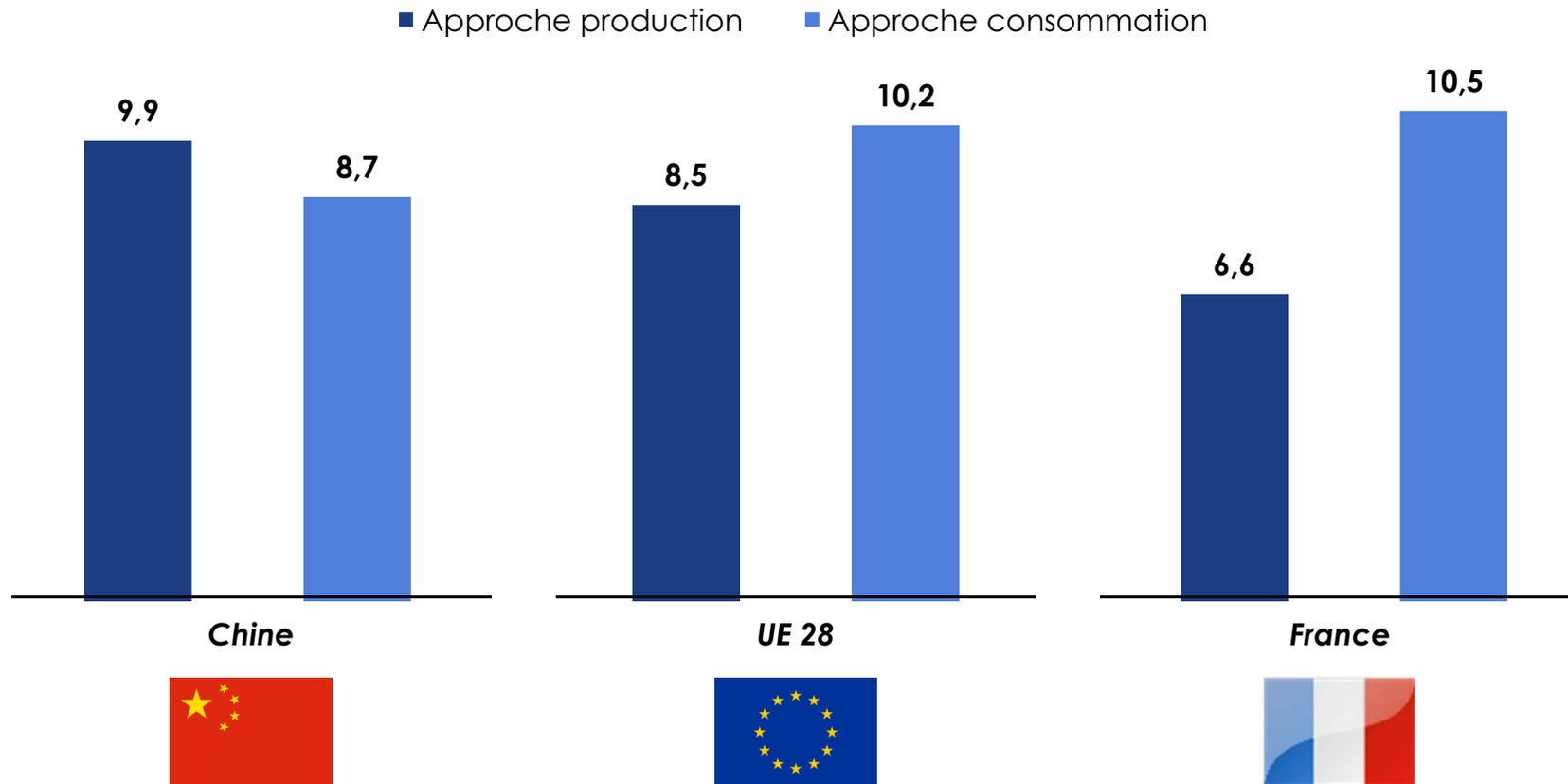
CARBONE kg CO <sub>2</sub> e / m <sup>2</sup> SDP	Maison individuelle	Immeuble collectif	Bureaux
<b>Global 2</b>	800	1 000	980
<b>Construction 2</b>	650	750	900
<b>Global 1</b>	1 350	1 550	1 500
<b>Construction 1</b>	700	800	1 050

Source : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Referentiel\\_Energie\\_Carbone\\_Niveau\\_de\\_performance.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Referentiel_Energie_Carbone_Niveau_de_performance.pdf)

\*si imposées et effectivement réalisées

# Ça n'est pas la faute aux autres

## Émissions de gaz à effet de serre par habitant tCO<sub>2</sub>e / hab. | 2015



# Comment sont comptabilisés les panneaux solaires dans les seuils carbone du label E+C- ?

- 3 cas possibles :

## Cas 1 : l'électricité produite par les PV est entièrement autoconsommée par le bâtiment

- **Les émissions liées à la fabrication des panneaux sont comptabilisés dans le seuil carbone construction**
- Cela suppose aussi des économies d'énergie (gaz, fioul, électricité réseau) qui se traduisent par des économies d'émissions qui seront constaté dans le seuil carbone global

## Cas 2 : l'électricité produite par les PV est entièrement exportée (revendu au réseau)

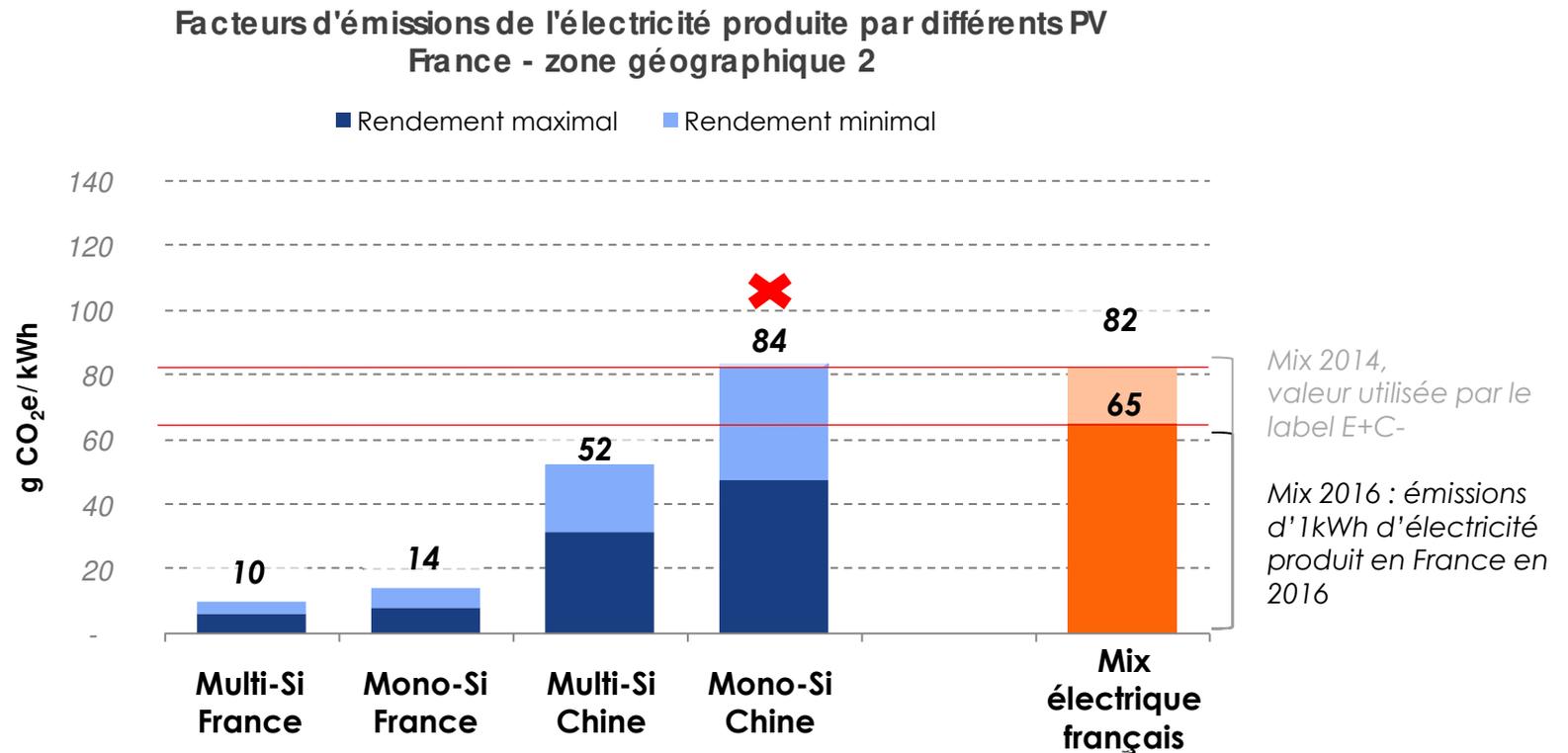
- Les émissions liées à la fabrication des PV ne sont pas comptabilisées dans le seuil carbone PCE
- Le bénéfice, c'est-à-dire **les émissions évitées par le PV sont comptabilisées au niveau du seuil carbone global**  
:  $kWh \text{ sur } 50 \text{ ans} * (\text{facteur d'émissions PV} - \text{facteur d'émissions électricité mix français}) < 0$

## Cas 3 : une partie de l'électricité produite par les PV est autoconsommée, l'autre partie est exportée

- Les émissions liées à la fabrication des PV sont comptabilisées dans le seuil carbone PCE au prorata des kWh autoconsommés
- Les émissions évitées comptabilisées au niveau du seuil carbone global (construction + exploitation) sont considérées au prorata des kWh exportés

# Cas d'étude 1 : différents PV pour une zone géographique donnée

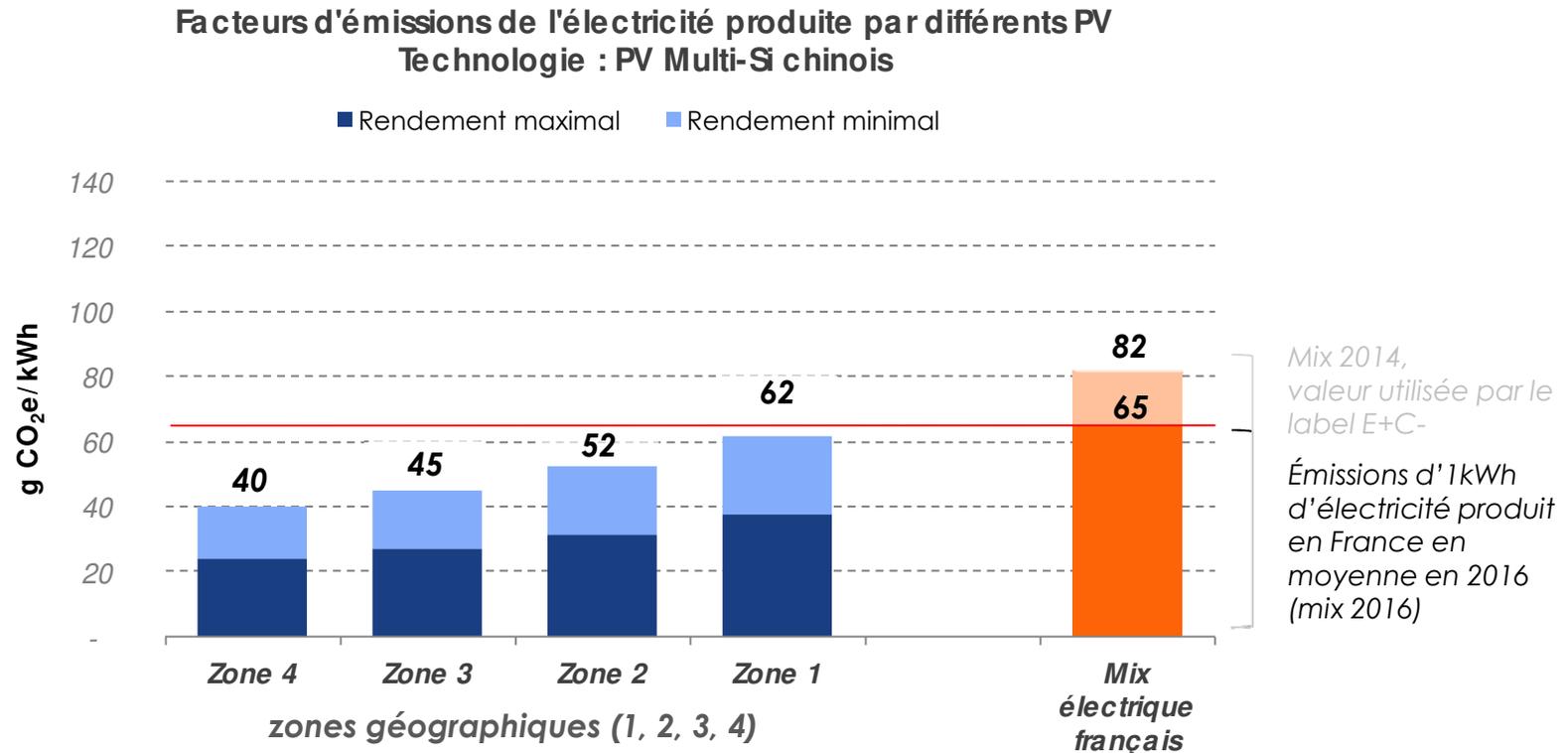
Le PV Mono-Si chinois émet plus d'émissions GES que le mix électrique français moyen



- **Les émissions** des différents PV présentées sont liées aux **émissions de fabrication** et à leur efficacité (rendement)

## Cas d'étude 2 : un PV pour différentes zones géographiques

Le PV multi-Si chinois peut être aussi émissif que le mix moyen français en zone 1



- Le graphique montre que le **PV multi-Si provenant de Chine n'est pas très recommandé en zone 1**, puisqu'il émet, pour la production d'un kWh d'électricité, quasiment autant d'émissions de GES que le mix électrique moyen français actuel

# Constats actuels et évolutions nécessaires

- Il n'y a pas non plus de lien entre seuil énergie et qualité du bâti ( Bbio)
- Le bâtiment à énergie positive (Energie 4) restera expérimental, pour des bâtiments sans étages et chauffés au bois ou au réseau de chaleur

\*attention, résultats indicatifs pour le cas d'un immeuble de 53 logements, zone H1a

	Gaz		Effet Joule		PAC		ENR	
	condensation	+ ECS Thermo	2 usages	Bois, réseau				
E1	Bâti	PV						
	PV/C	PV/C						
E2	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0,6 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	Inadapté
	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2	Inadapté
E3	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈2,4 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈0 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	Inadapté
	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2	Inadapté
E4	≈4,3 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	Inatteignable	≈3,5 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	≈7,1 m <sup>1</sup> /t <sup>1</sup>	Inatteignable			
	C1/C2?	Inatteignable	C2	C2	C2	C2	C2	Inatteignable