

# C-CASCADES

a Marie Curie Innovative Training Network



## Le changement climatique et le cycle du carbone

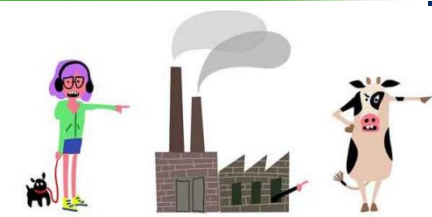
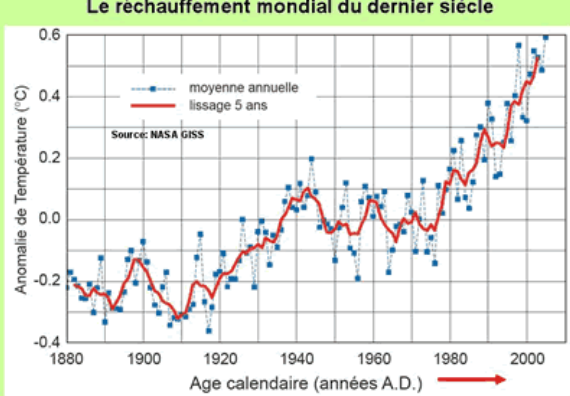


**Mardi, le 23 août 2016**

**Jens Terhaar, Audrey Marescaux, Domitille Louchard**, Anna Canning, Åsa Horgby, Jo Uhlbäck, Anna Nydahl,, Marie-Sophie Maier, Andreas Androulakakis, Matteo Puglini, Adam Hastie, Philip Pika, Andre Nakhavali, Simon Bowring, Fabrice Lacroix

"This C-Cascades project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 643052".



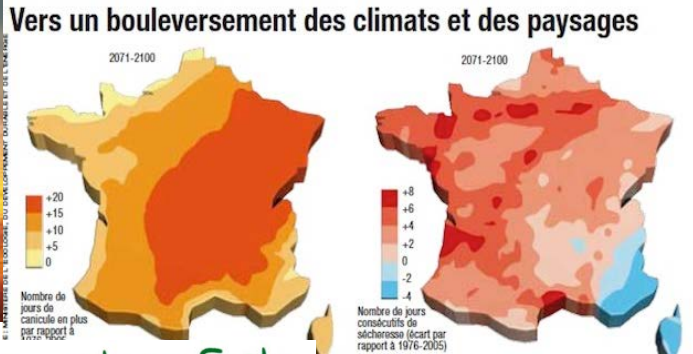


C'PAS MOI C'EST L'INDUSTRIE!

C'EST L'AGRICULTURE!

C'EST LE DÉO!

(BON, LA RÉALITÉ, C'EST QUE C'EST UN PEU TOUT LE MONDE.)





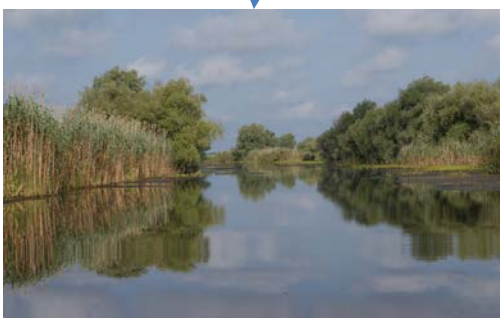
Hydrologue      Océanographe      Hydrogéologue      Limnologie  
 Géologue      Ingénieur civil      Bioingénieur      Chimiste



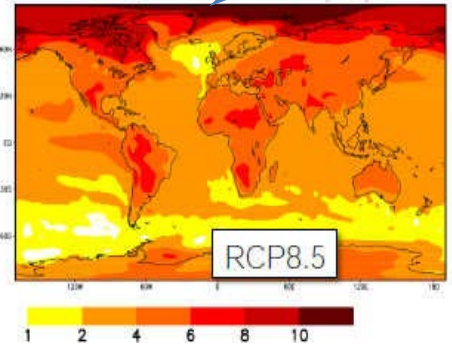
**C-CASCADES : 15 doctorants étudient le rôle du cycle du carbone dans la régulation du climat de la Terre**



Compréhension de processus, développement de techniques, observations et expériences



Applications à l'échelle régionale : études de référence sur les hotspots



Modélisation à l'échelle mondiale et rétroactions sur les processus du système terrestre



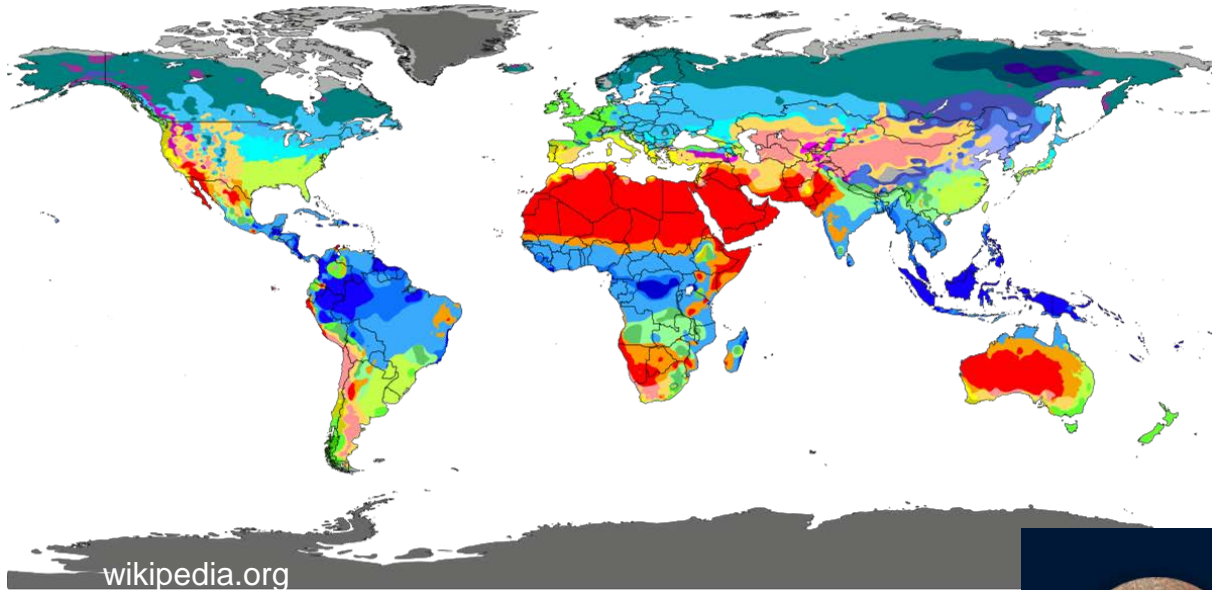


## Plan

- Introduction sur le climat
- Le cycle du carbone
- L'impact des hommes sur le climat
- Conséquences du réchauffement climatique

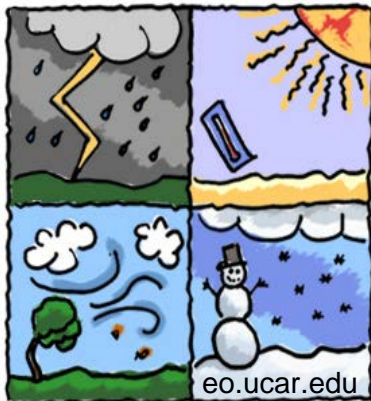
# Qu'est-ce que le climat?

= des **conditions moyennes** à un endroit sur une longue période de temps

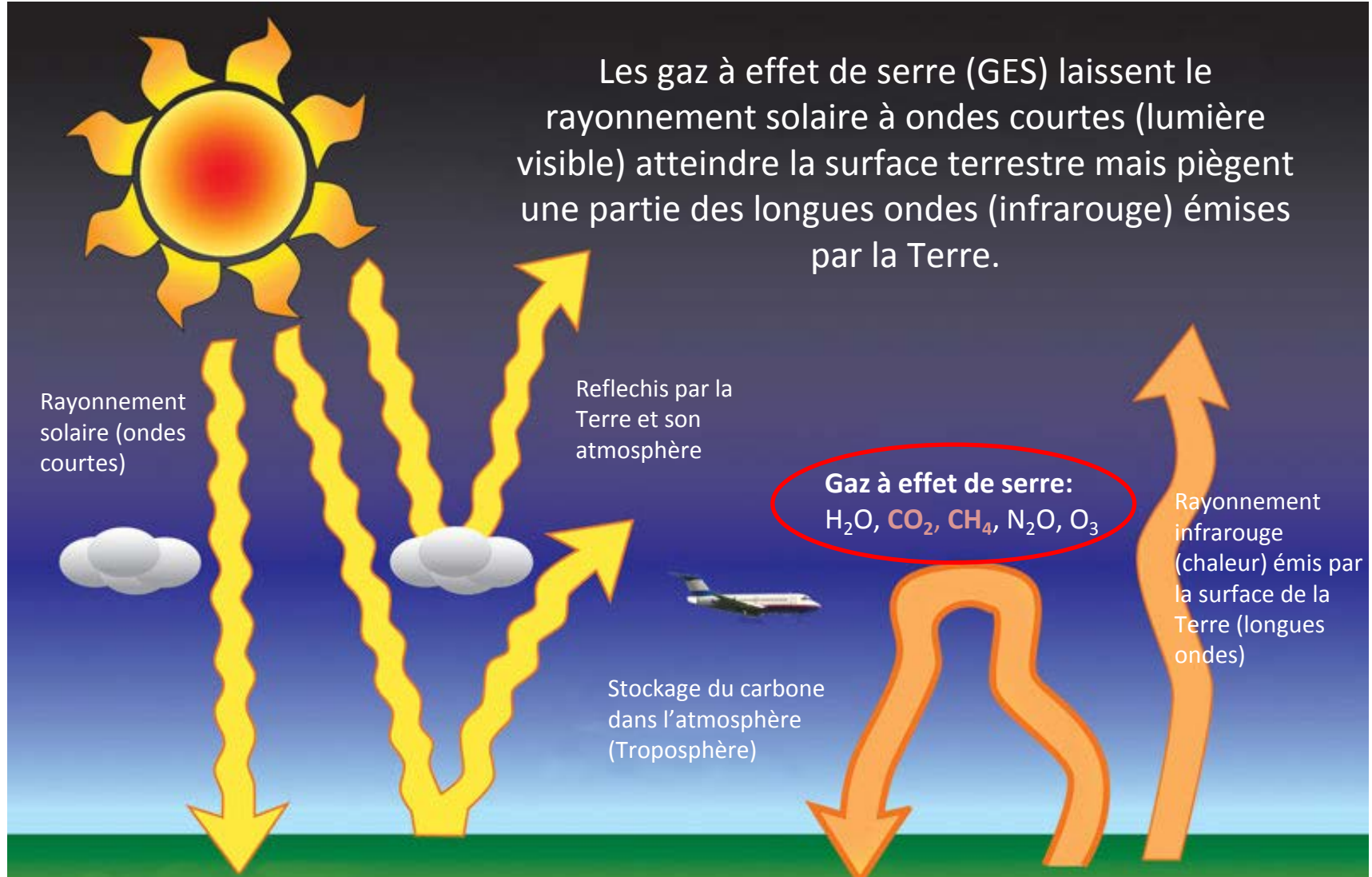


wikipedia.org

Carte des différents climats dans le monde



# L'effet de serre



Température moyenne sur Terre: **+15°C**  
Sans les GES, il ferait : **-18°C**

# Qu'est ce que le carbone, présent dans deux GES? (CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>)

## TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

<http://www.periodni.com/fr/>

PÉRIODE	1 IA												13 IIIA						14 IVA						15 VA						16 VIA						17 VIIA						18 VIIIA	
	1 1.0079		2 4.0026		3 6.941		4 9.0122		5 10.811		6 12.011		7 14.007		8 15.999		9 18.998		10 20.180		11 22.990		12 24.305		13 26.982		14 28.086		15 30.974		16 32.065		17 35.453		18 39.948									
1	<b>H</b> HYDROGÈNE		<b>He</b> HÉLIUM																																									
2	<b>Li</b> LITHIUM		<b>Be</b> BÉRYLLIUM						<b>B</b> BORE		<b>C</b> CARBONE		<b>N</b> AZOTE		<b>O</b> OXYGÈNE		<b>F</b> FLUOR		<b>Ne</b> NÉON																									
3	<b>Na</b> SODIUM		<b>Mg</b> MAGNÉSIMUM																																									
4	<b>K</b> POTASSIUM		<b>Ca</b> CALCIUM		<b>Sc</b> SCANDIUM		<b>Ti</b> TITANE		<b>V</b> VANADIUM		<b>Cr</b> CHROME		<b>Mn</b> MANGANÈSE		<b>Fe</b> FER		<b>Co</b> COBALT		<b>Ni</b> NICKEL		<b>Cu</b> CUIVRE		<b>Zn</b> ZINC		<b>Ga</b> GALLIUM		<b>Ge</b> GERMANIUM		<b>As</b> ARSENIC		<b>Se</b> SÉLÉNIUM		<b>Br</b> BROME		<b>Kr</b> KRYPTON									
5	<b>Rb</b> RUBIDIUM		<b>Sr</b> STRONTIUM		<b>Y</b> YTTRIUM		<b>Zr</b> ZIRCONIUM		<b>Nb</b> NIOBIUM		<b>Mo</b> MOLYBDÈNE		<b>Tc</b> TECHNÉTIUM		<b>Ru</b> RUTHÉNIUM		<b>Rh</b> RHODIUM		<b>Pd</b> PALLADIUM		<b>Ag</b> ARGENT		<b>Cd</b> CADMIUM		<b>In</b> INDIUM		<b>Sn</b> ÉTAIN		<b>Sb</b> ANTIMOINE		<b>Te</b> TELLOURE		<b>I</b> IODE		<b>Xe</b> XÉNON									
6	<b>Cs</b> CÉSIMUM		<b>Ba</b> BARYUM		57-71 <b>La-Lu</b> Lanthanides		<b>Hf</b> HAFNIUM		<b>Ta</b> TANTALE		<b>W</b> TUNGSTÈNE		<b>Re</b> RHÉNIUM		<b>Os</b> OSMIUM		<b>Ir</b> IRIDIUM		<b>Pt</b> PLATINE		<b>Au</b> OR		<b>Hg</b> MERCURE		<b>Tl</b> THALLIUM		<b>Pb</b> PLOMB		<b>Bi</b> BISMUTH		<b>Po</b> POLONIUM		<b>At</b> ASTATE		<b>Rn</b> RADON									
7	<b>Fr</b> FRANCIUM		<b>Ra</b> RADIUM		89-103 <b>Ac-Lr</b> Actinides		<b>Rf</b> RUTHERFORDIUM		<b>Db</b> DUBNIUM		<b>Sg</b> SEABORGIUM		<b>Bh</b> BOHRIUM		<b>Hs</b> HASSIUM		<b>Mt</b> MEITNERIUM		<b>Ds</b> DARMSSTADTIUM		<b>Rg</b> ROENTGENIUM		<b>Cn</b> COPERNICIUM		<b>Uut</b> UNUNTRIUM		<b>Fl</b> FLEROVIUM		<b>Uup</b> UNUNPENTIUM		<b>Lv</b> LIVERMORIUM		<b>Uus</b> UNUNSEPTIUM		<b>Uuo</b> UNUNOCTIUM									



100 % de Carbone



18 % de Carbone



# C-CASCADES

*a Marie Curie Innovative Training Network*



## Le cycle du carbone



# Les réservoirs de carbone

## Unités

GtC (Gigatonne de Carbone) =  $10^9$  tonnes de carbone

1 GtC = Une pile de bois de 1,4m de haut sur la surface de Paris

Atmosphère  
590

Biomasse continentale  
450-650



Sols

1500-2400

Combustibles fossils  
1002-1940

Océans  
38703

Roches sédimentaires  
50 000 000

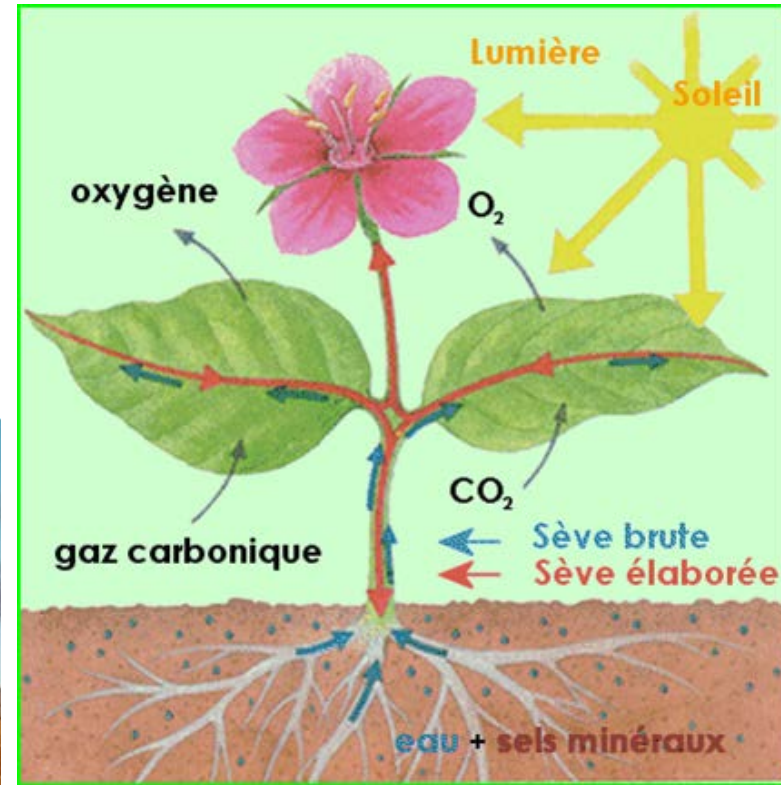
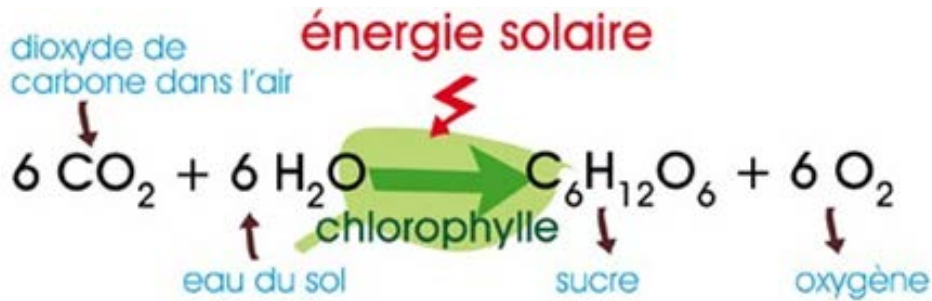
Atmosphère    Réservoir de carbone

589    Stock de carbone (en GtC)

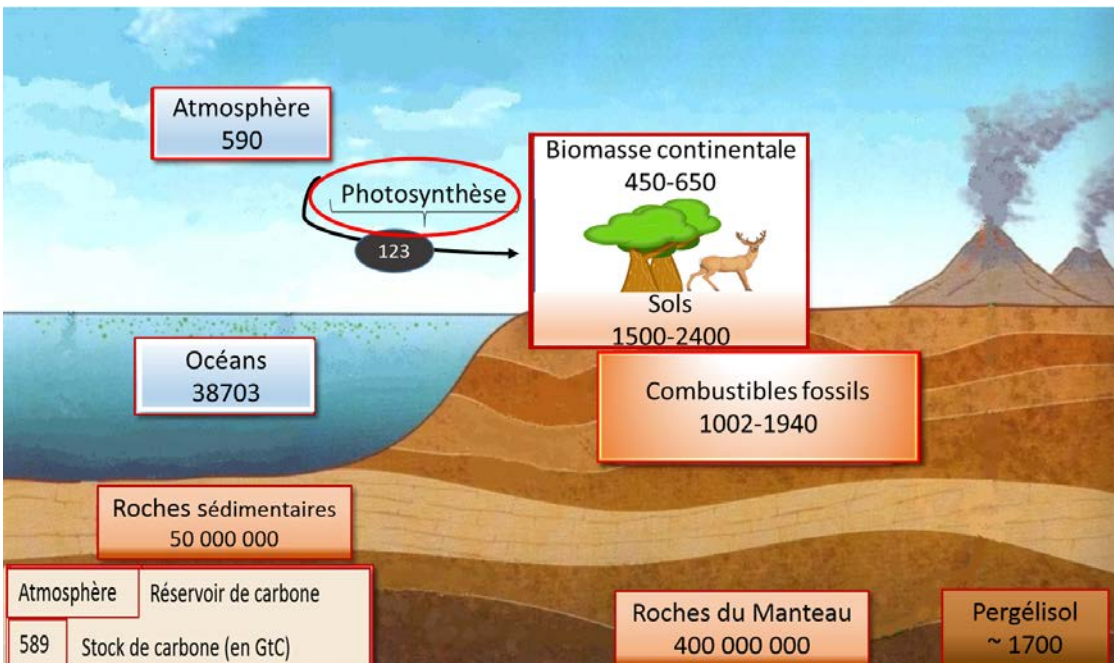
Roches du Manteau  
400 000 000

Pergélisol  
~ 1700

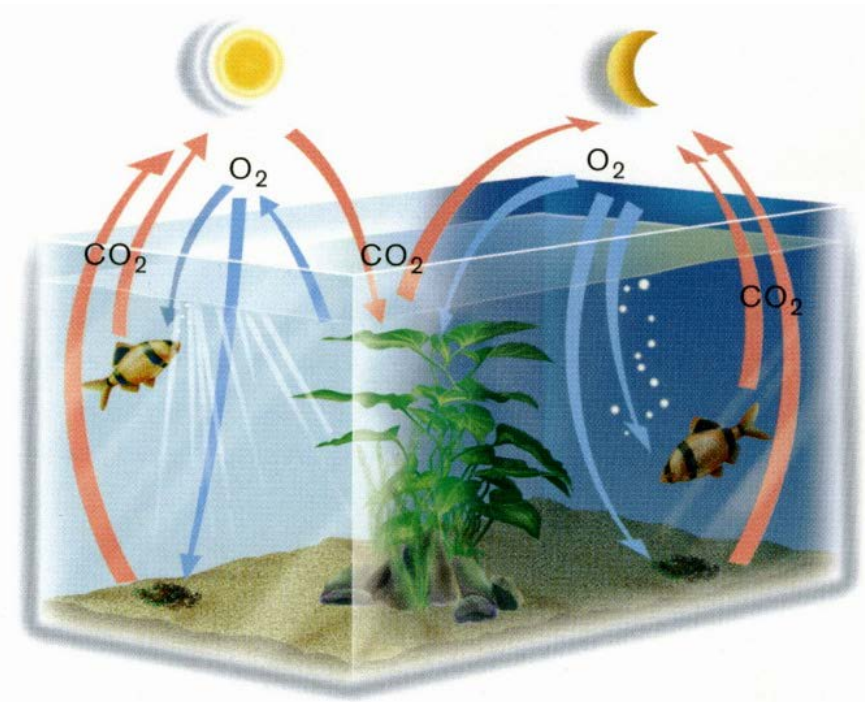
# La photosynthèse



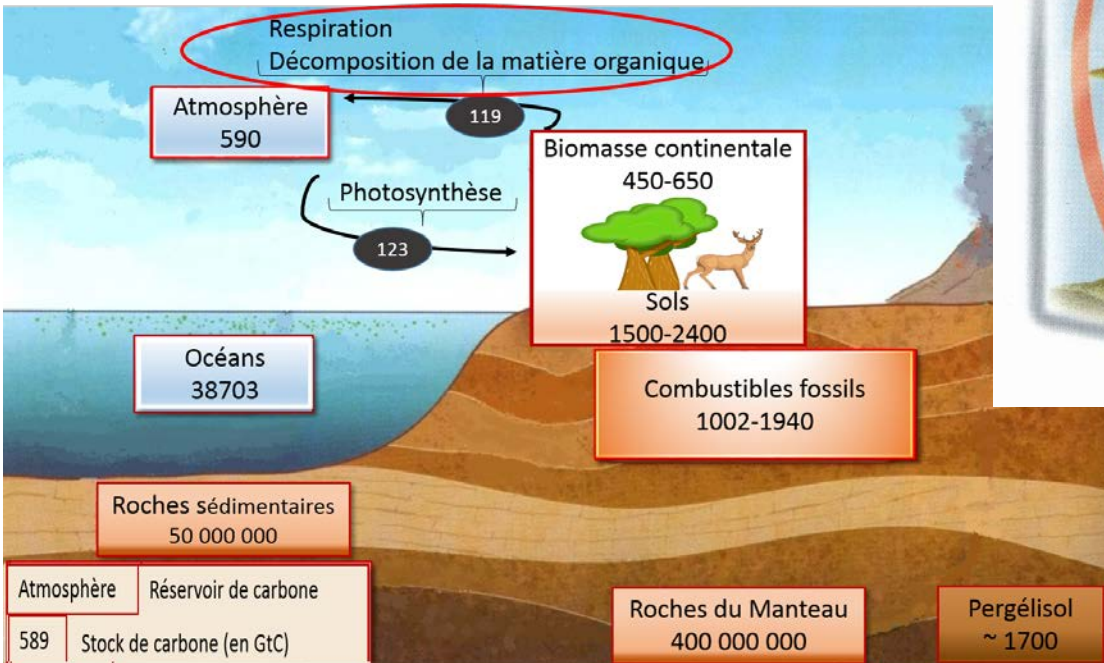
www.factmonster.com



# La respiration et la décomposition

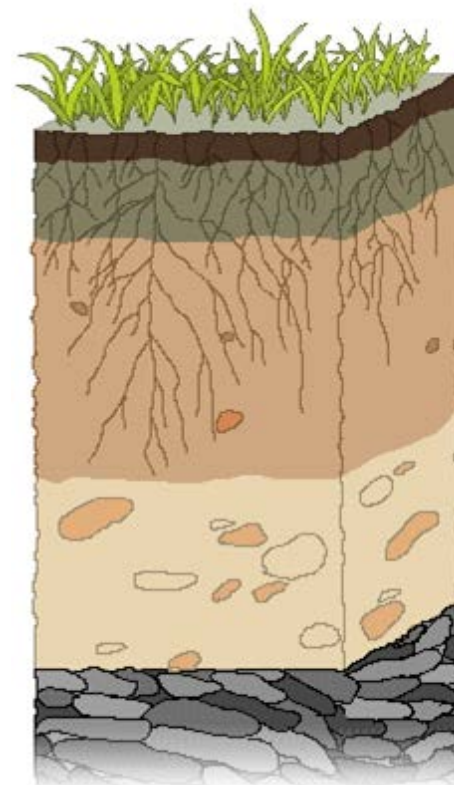


<http://domidpro.free.fr>

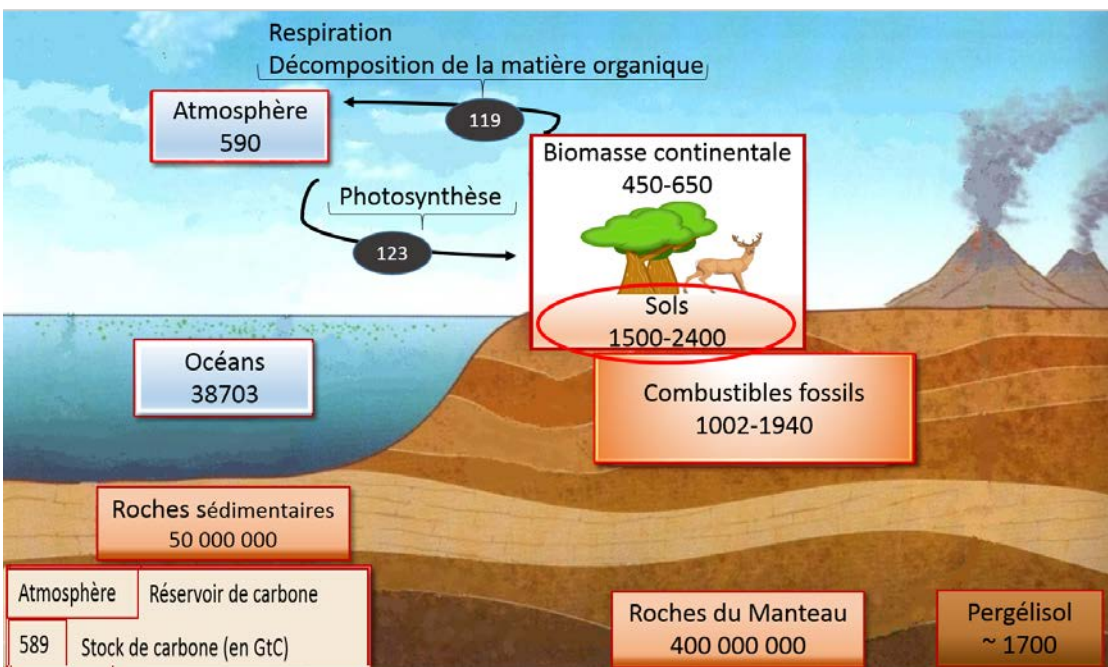


# Réserve de carbone organique

- Les sols contiennent la plus grande réserve de carbone organique terrestre
- 3 premiers mètres du sol
- Transfert de carbone des sols vers les rivières de 1.7 GtC/an

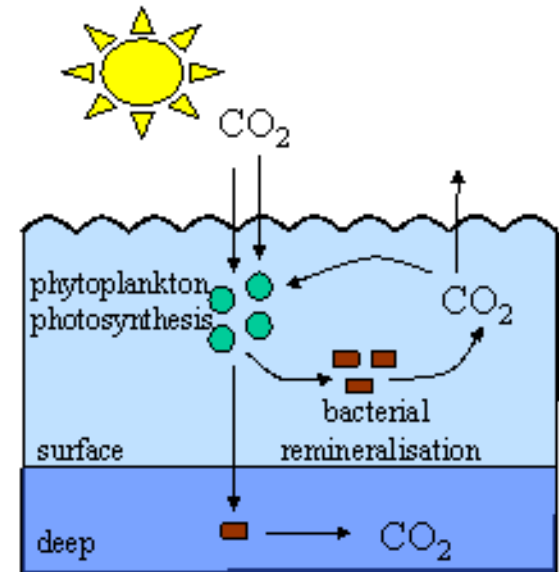


<http://commons.wikimedia.org>

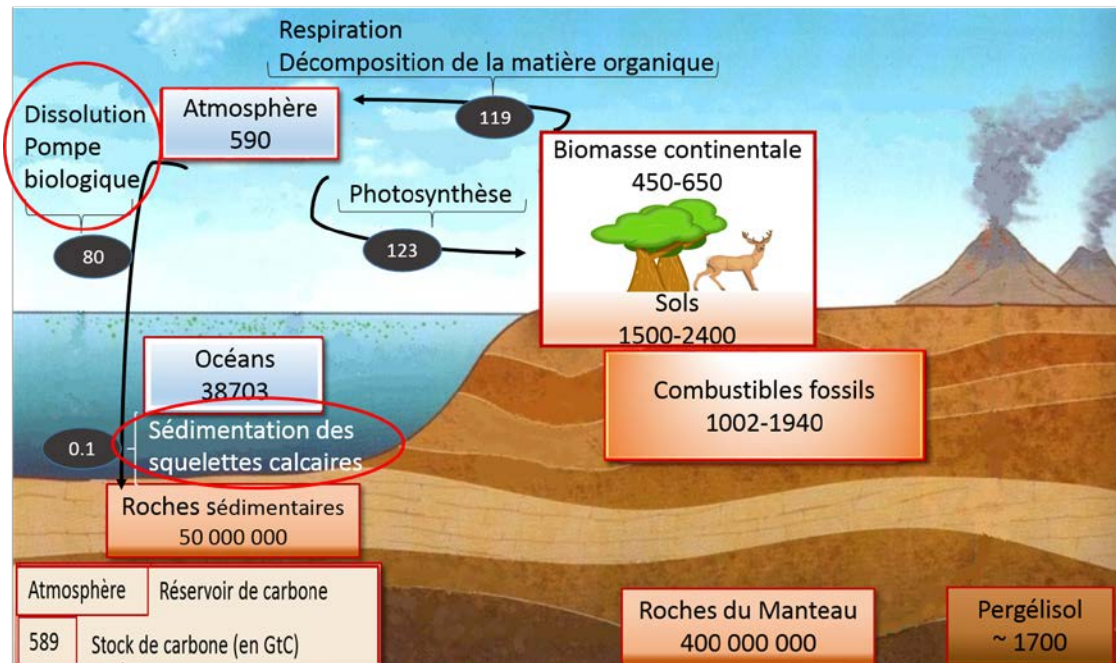


# La pompe biologique

- Le carbone est fixé par la **photosynthèse** (tissus mous) ou pour la formation d'une couche de **protection** (tissus durs).
- Ces tissus mous et durs sont recyclés dans la **chaîne alimentaire** ou sont **piégés** dans le fond de l'océan.
- Il est décomposé par les **bactéries**.

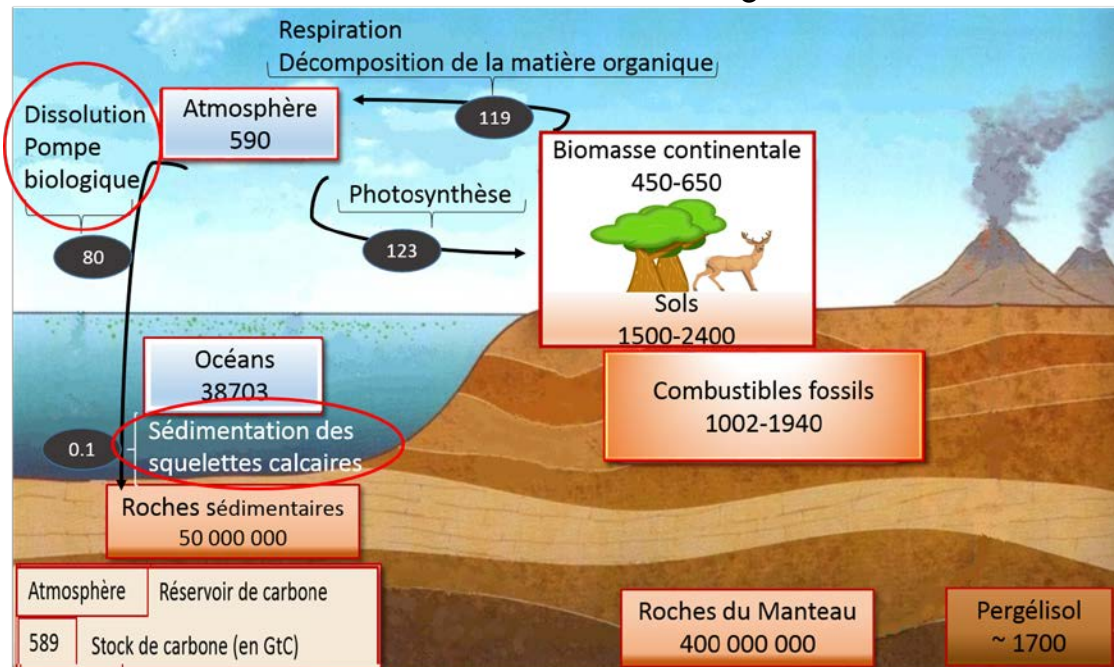


klimat.czn.uj.edu.pl



# La pompe biologique : les carbonates

Plusieurs organismes marins (ex. : coraux, huîtres, foraminifères) utilisent des ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) pour former des coquillages de carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).

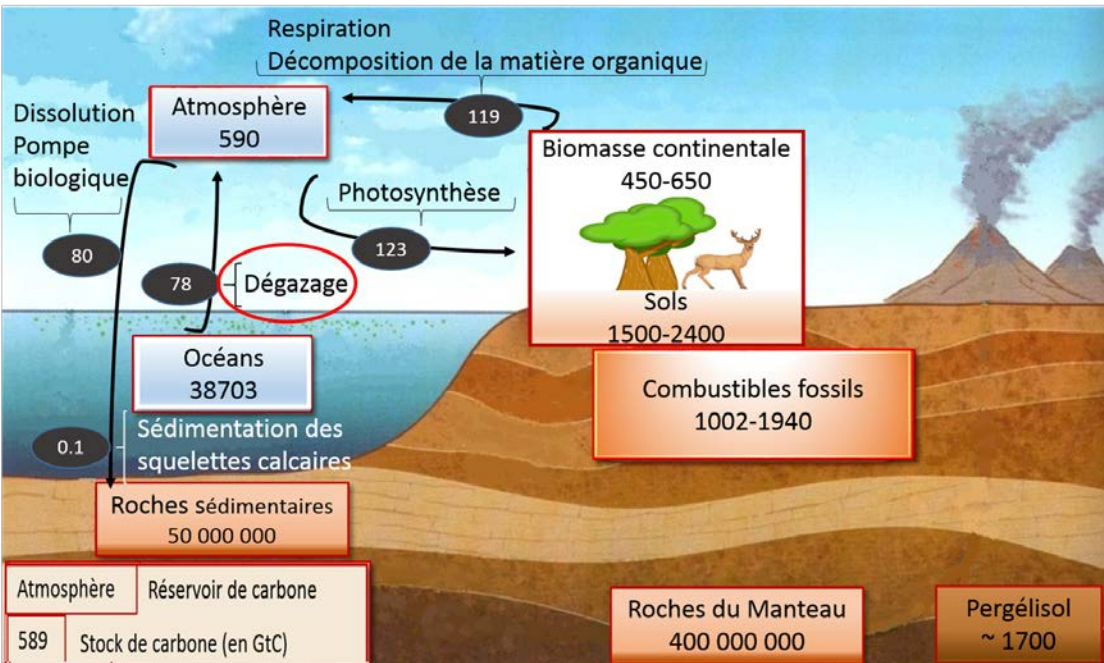
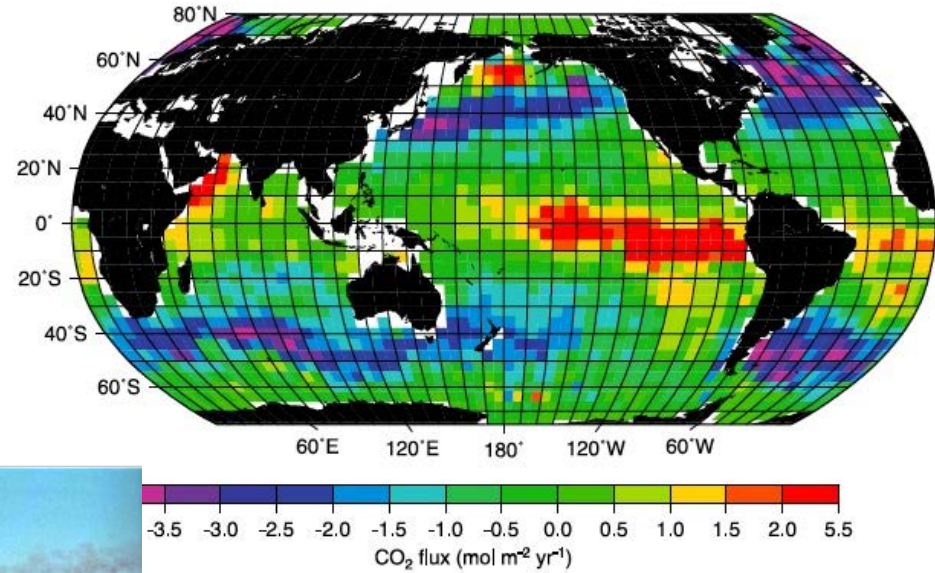


Top: [www.publicdomainpictures.net](http://www.publicdomainpictures.net)  
 Bottom left: <http://serc.carleton.edu>  
 Bottom right: <http://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net>

[http://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/carbon/ocean\\_carbonate\\_pump.jpg](http://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/images/eslabs/carbon/ocean_carbonate_pump.jpg)

# Dégazement due à la solubilité

Si la quantité de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère et dans l'eau sont différentes, le  $\text{CO}_2$  se déplace vers l'endroit **le moins concentré**.

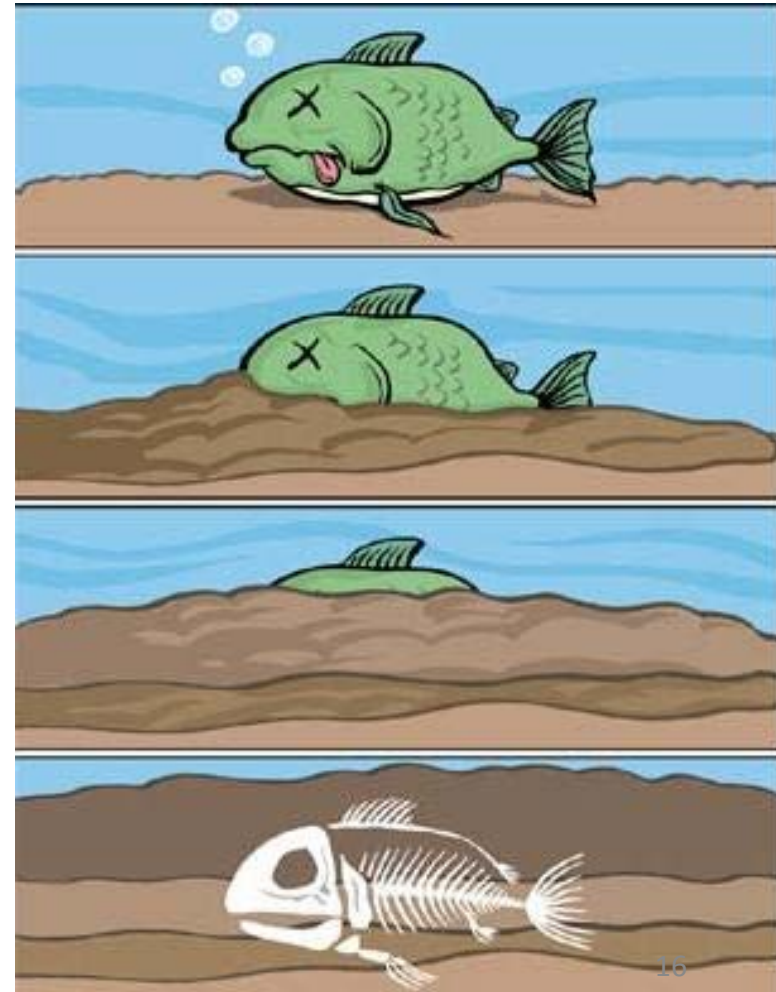
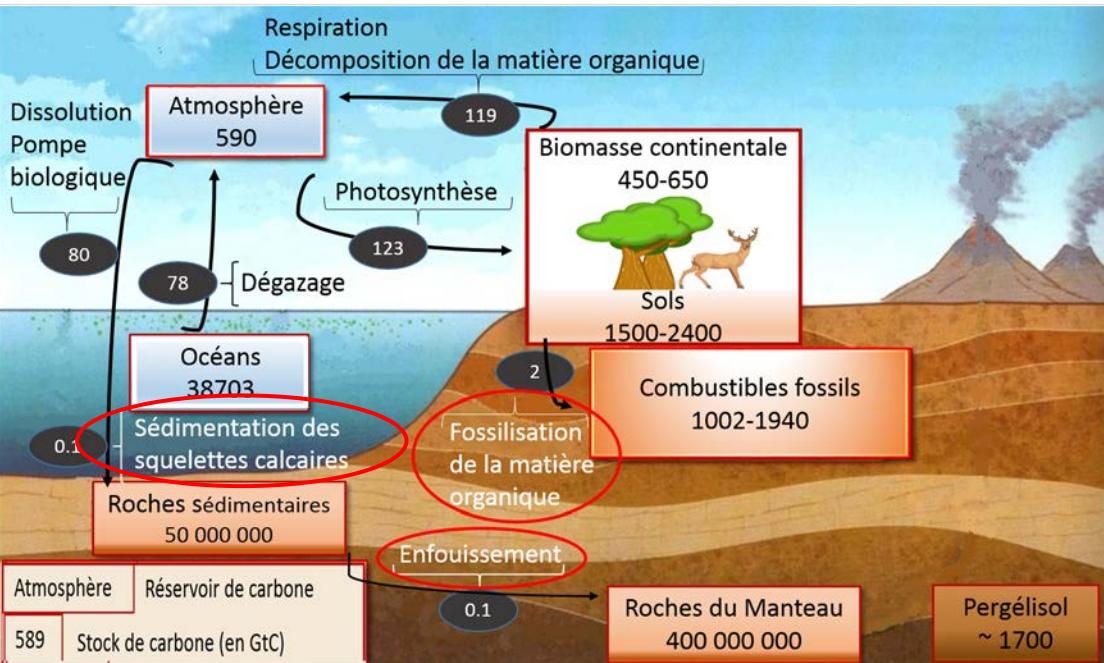


**Dégazement**  
Les gaz dissous, adsorbés, capturés, notamment dans les glaces, peuvent être relâchés

# Le cycle du carbone : la fossilisation

La décomposition lente d'organismes lors de certaines conditions environnementales (peu d'oxygène) sous des couches de sédiments, permet la **fossilisation** et peut produire de l'huile minérale.

Tourbières, océans



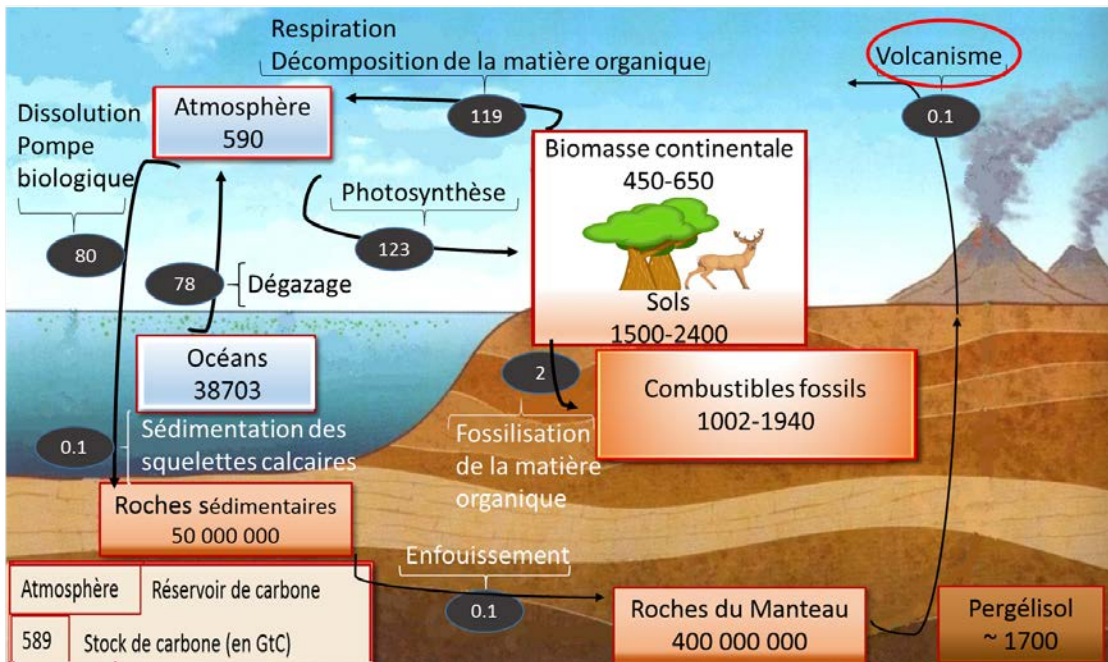


# Le volcanisme

Les éruptions volcaniques peuvent relâcher de grandes quantités de gaz et de cendres dans l'atmosphère.

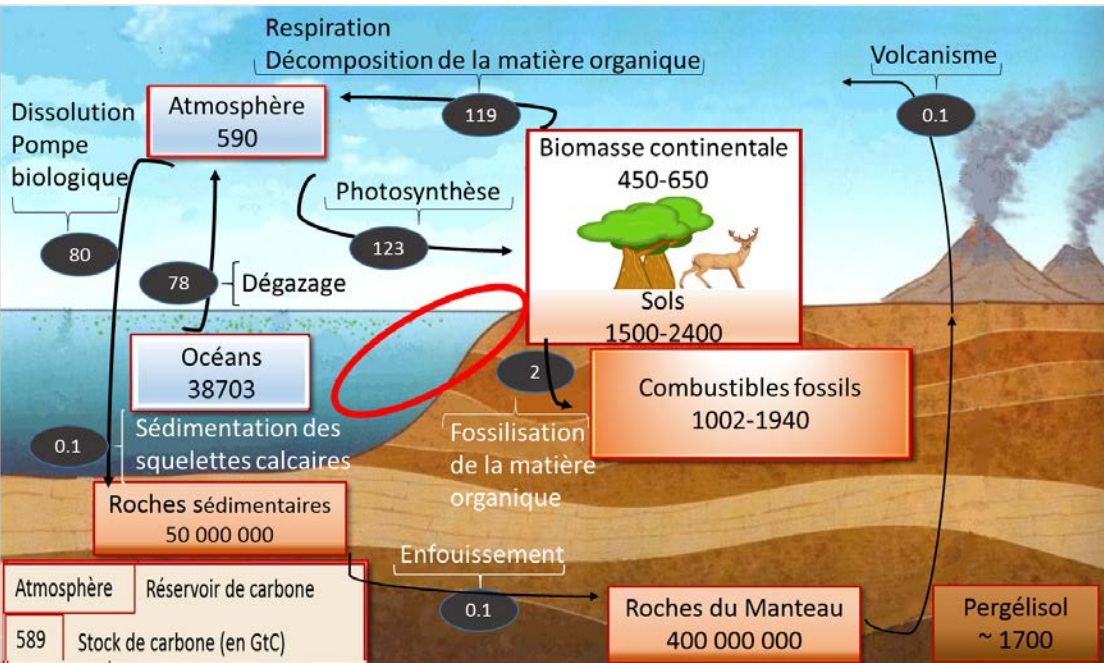
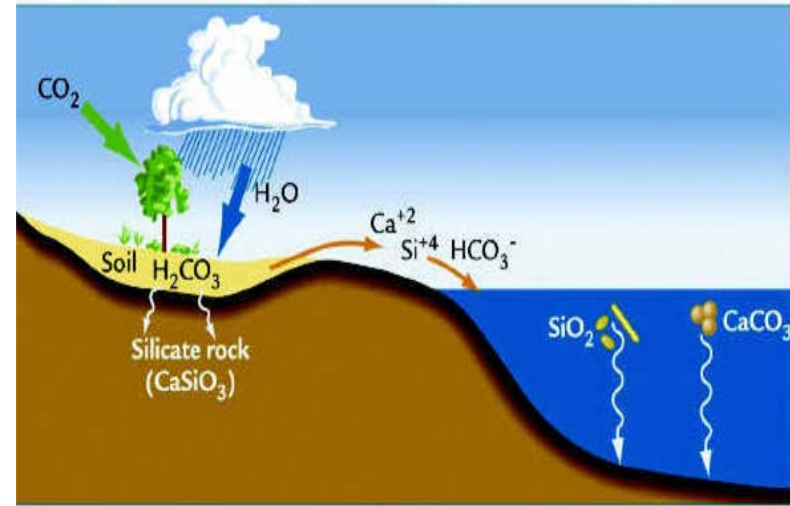


Exemple Eyjafjallajökull, l'éruption en Islande en 2010



# Altération chimique

Les pluies acides attaquent certaines roches (silicatées) et produisent des carbonates qui peuvent être piégés dans l'océan.

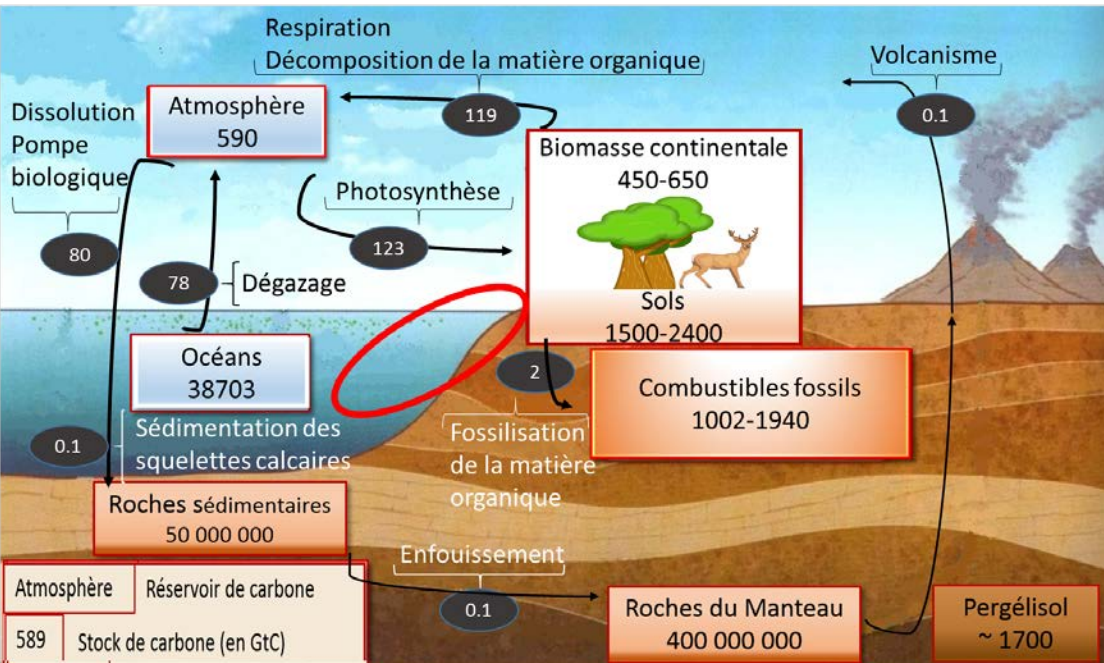


# Le lien manquant! C-CASCADES

Mieux quantifier les échanges entre :

- lacs/rivières - atmosphère
- rivières - océans

pour avoir une meilleure connaissance du bilan de carbone et de l'impact sur le changement du climat.



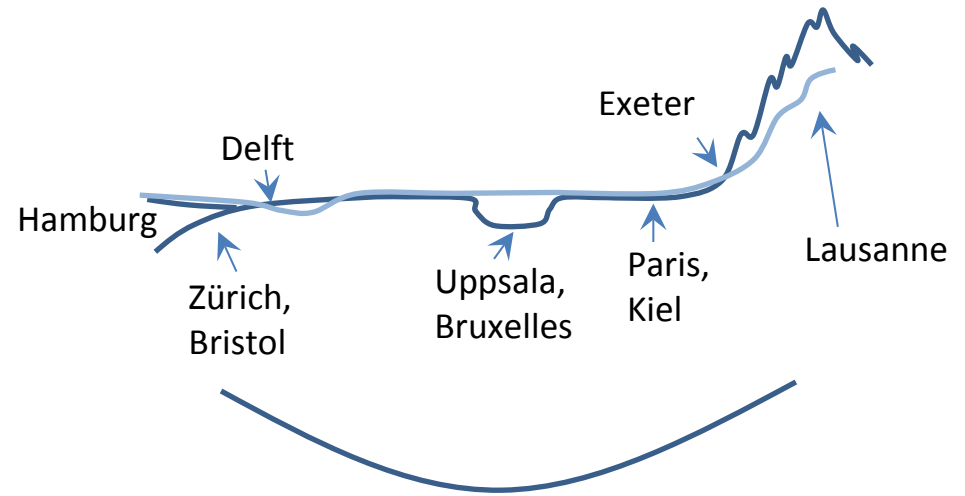
<http://www.wardecosystemsresearch.org/current-research.html>



## Carbon Cascades from Land to Ocean in the Anthropocene



- 15 candidats au doctorat
- 9 universités européennes
- 4 partenaires industriels

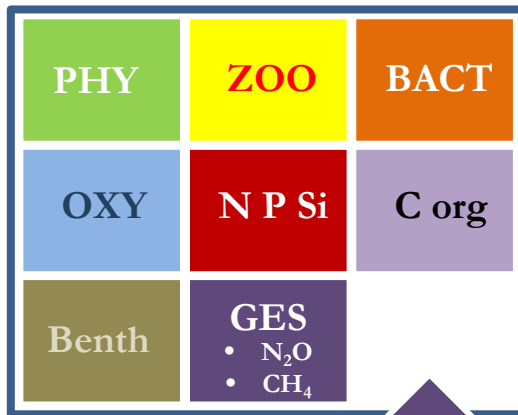


Mesures sur le terrain et  
Modélisation

# Transformations et transferts du carbone dans le bassin de la Seine

Audrey Marescaux encadrée par Josette Garnier et Vincent Thieu

Modèle RIVE



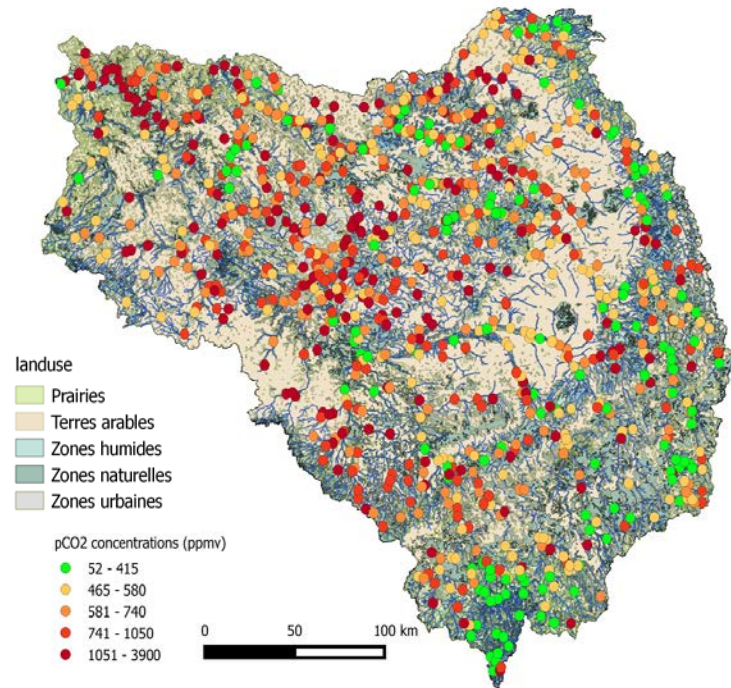
Analyses de bases de données (AESN)

Module CO<sub>2</sub>

Mesures sur le terrain :  
pH, T°, Chloro. a, MES, O<sub>2</sub>, alcalinité, k  
Gaz (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>),  
Carbone (dont CO<sub>2</sub>)

## Objectifs principaux

- Modélisation de la dynamique du carbone
- Bilans des gaz à effet de Serre
- Exploration de scénarios futurs





# C-CASCADES

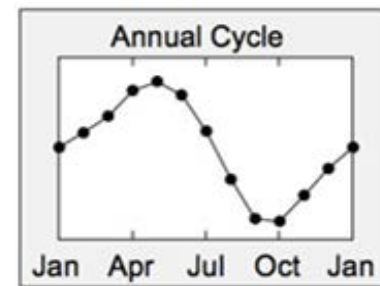
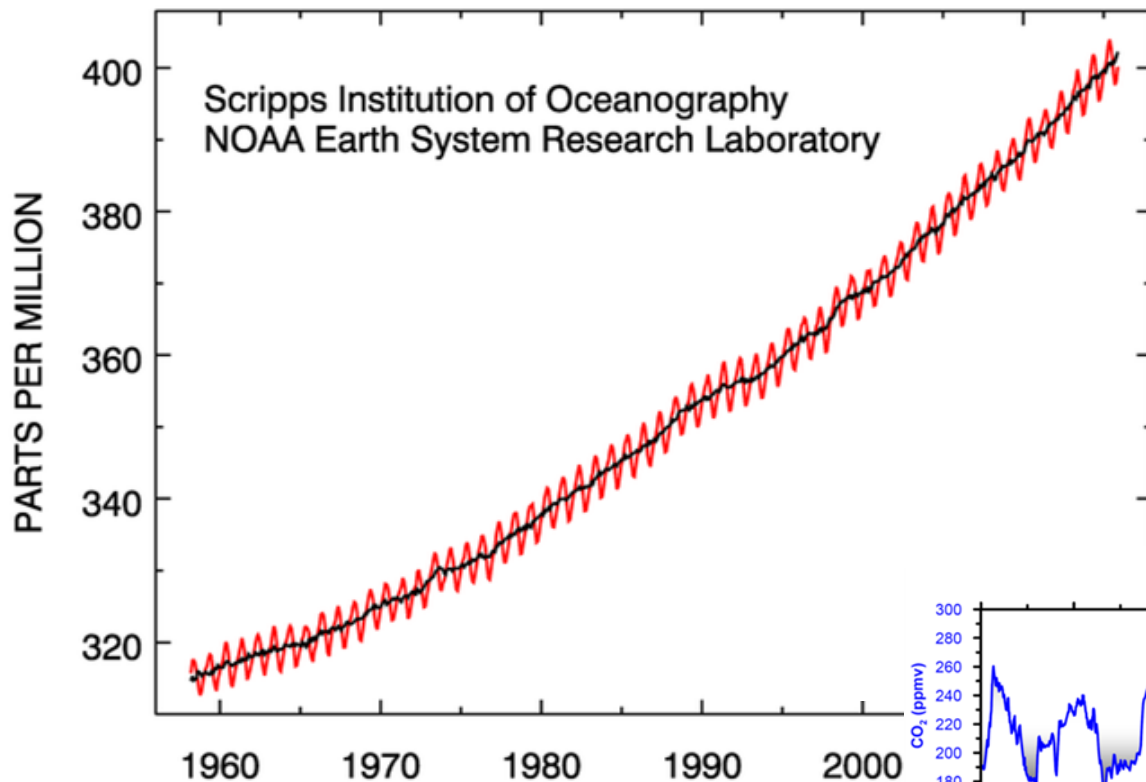
*a Marie Curie Innovative Training Network*



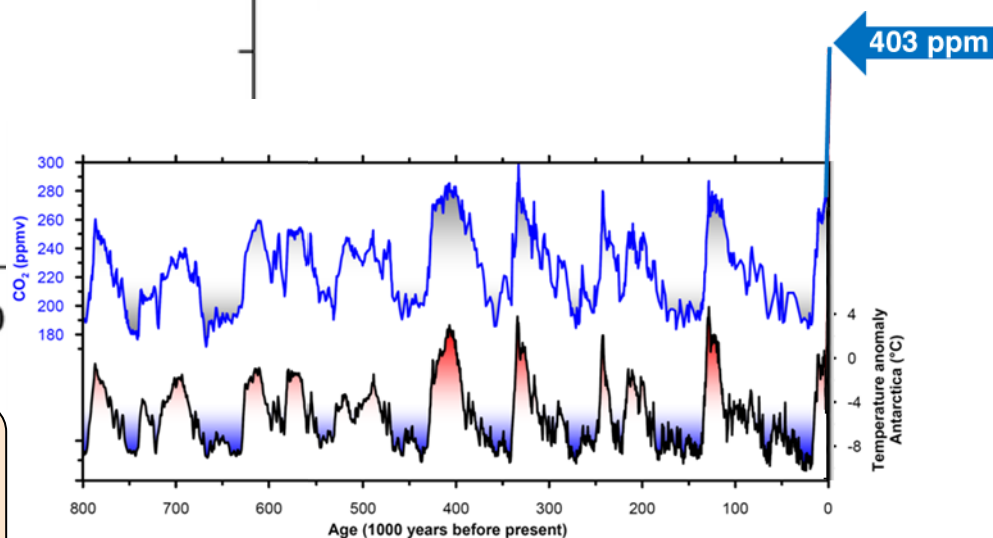
## **Perturbations du cycle du carbone**

# Accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

CO<sub>2</sub> atmosphérique à l'observatoire de Mauna Loa



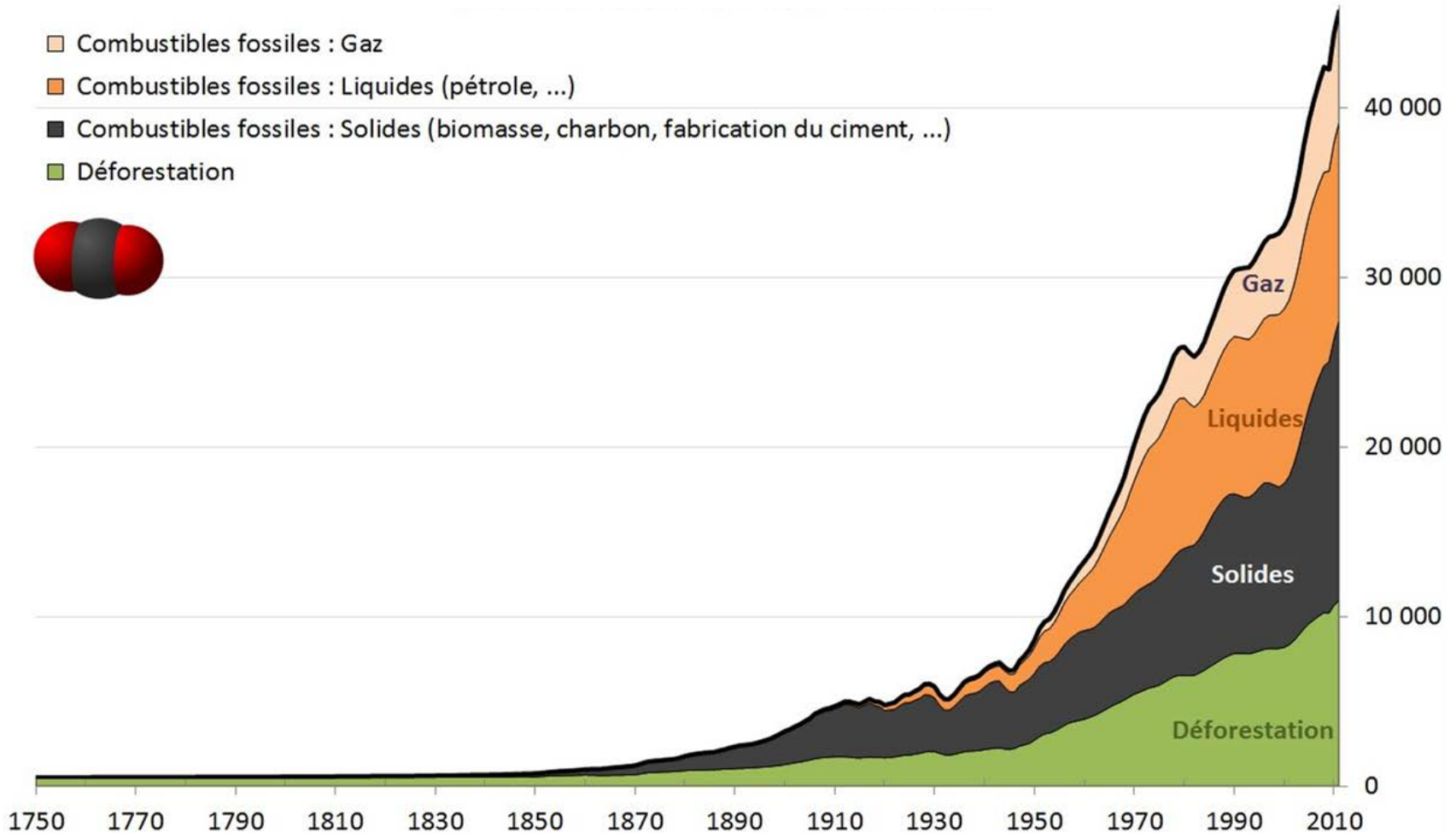
**ppm** = 1 particule sur un million de particules d'air  
(partie par *million*)



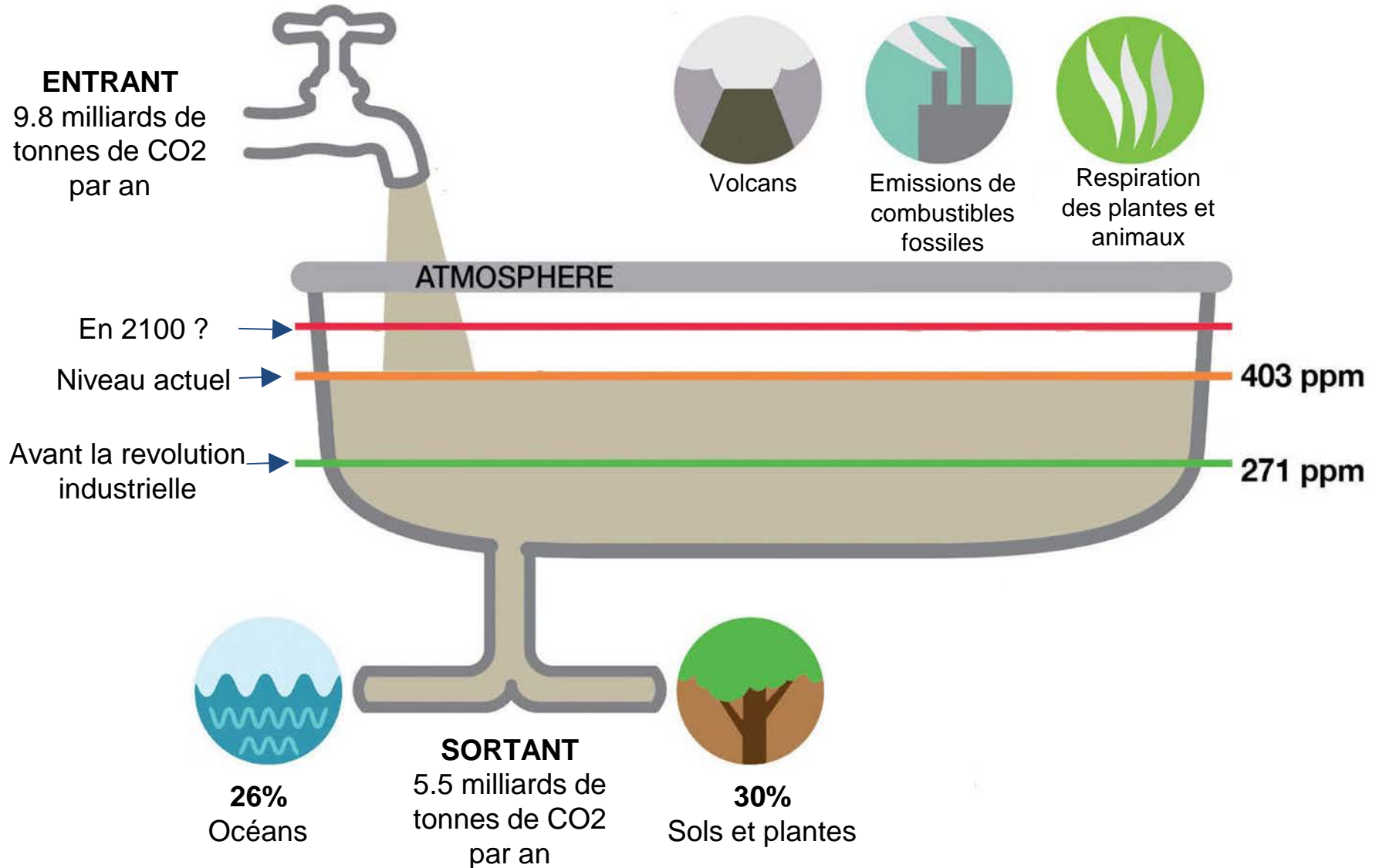


# Accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

Émissions mondiales totales de CO<sub>2</sub> d'origine humaine, 1750-2012 (en GtC/an)



# La “baignoire” du dioxyde de carbone



# C-CASCADES

*a Marie Curie Innovative Training Network*



## Conséquences

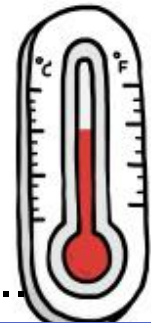
# Changements observés

- Élévation des **températures** annuelles moyennes
- Fonte des **glaciers** et des calottes
- Montée du **niveau de la mer**
- Croissance de la concentration en gaz à effet de serre



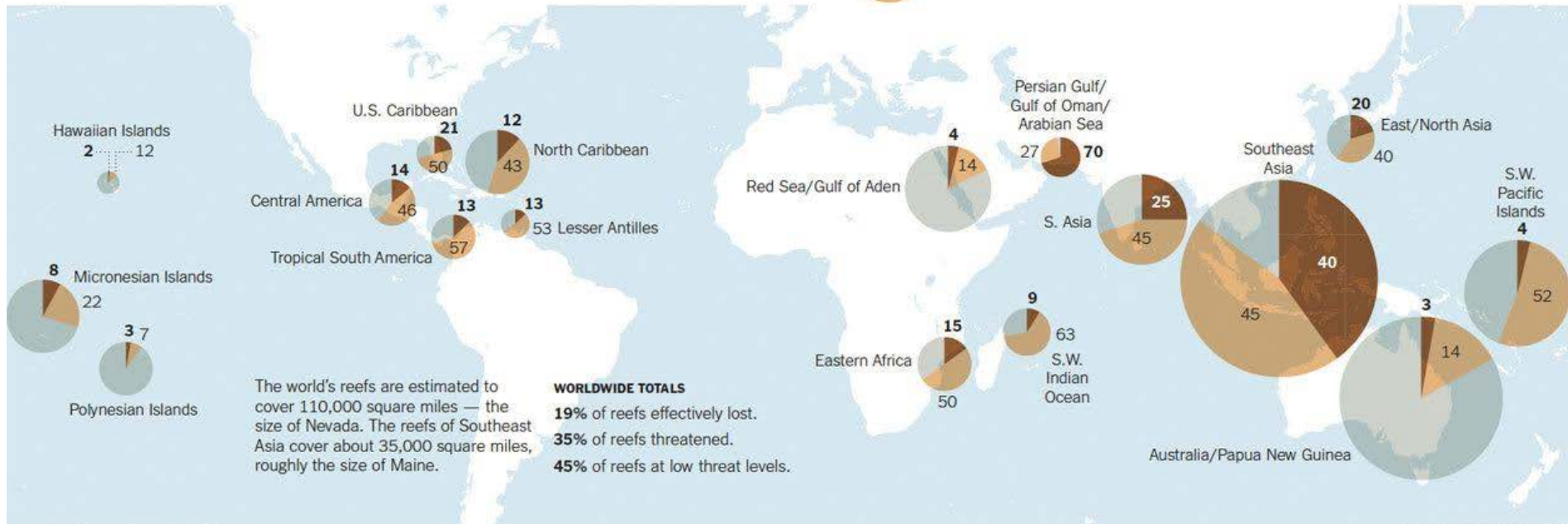
# Changements attendus

- Les changements vont continuer au XXI<sup>ème</sup> siècle et au-delà.
  - Températures
  - Saisons
  - Précipitations
  - Niveau de la mer
  - Glace de mer en Arctique
- + de sécheresses et de vagues de chaleur
- Ouragans vont devenir plus intenses et plus fréquents



# Les effets du climat sur les côtes

Récifs peu menacés      Récifs perdus  
 Récifs menacés



Source: Global Coral Reef Monitoring Network

BILL MARSH/THE NEW YORK TIMES

Cela implique une réduction:

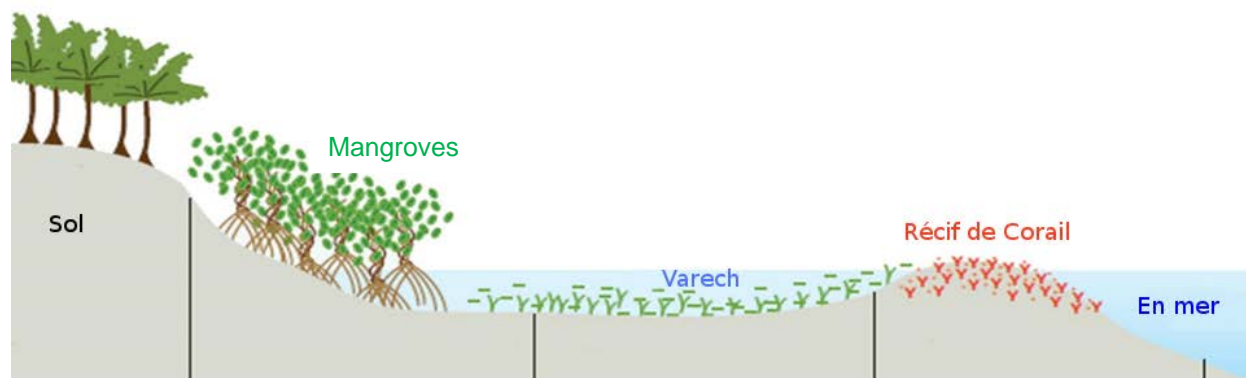
- Du tourisme local
- Du nombre de poissons
- De la diversité des organismes marins
- Des protections naturelles de la côte

# Effets du climat sur les habitats côtiers

1 milliard de personnes dépendent sur la côte

## Récifs de corail

- Abritent près de 25% des espèces marines




## Mangroves et algues de mer

- Habitats / abris
- Nourriture
- Stabilisent les sols
- Diminuent l'impact des tempêtes

# Les impacts sociaux du changement climatique

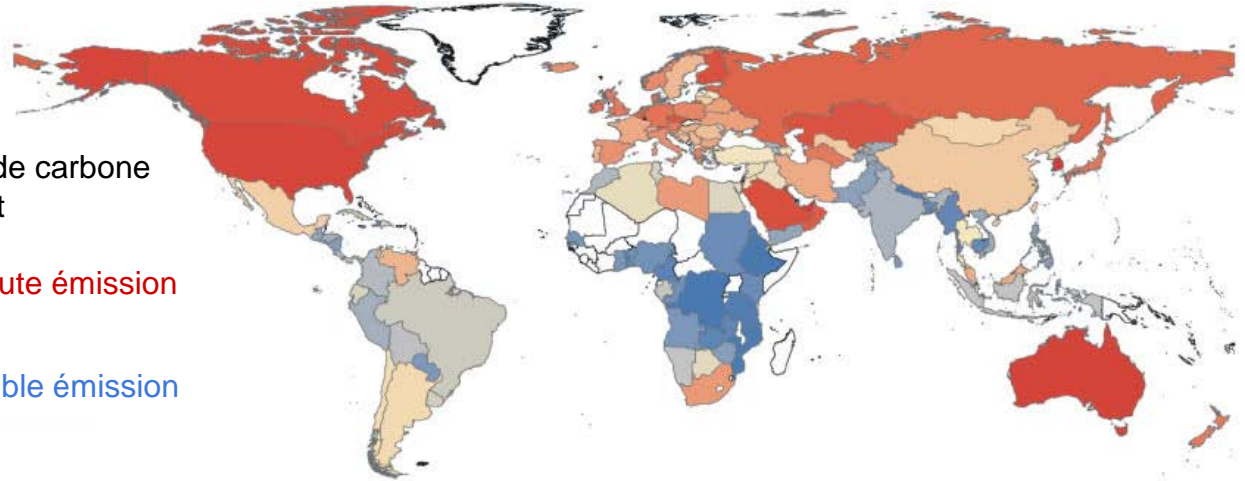
Les pollueurs.

Emissions de carbone par habitant



Haute émission

Faible émission




vs.

Ceux qui contribuent le moins aux émissions de gaz à effet de serre  
Sont ceux qui sont le plus touchés par les effets du changement climatique

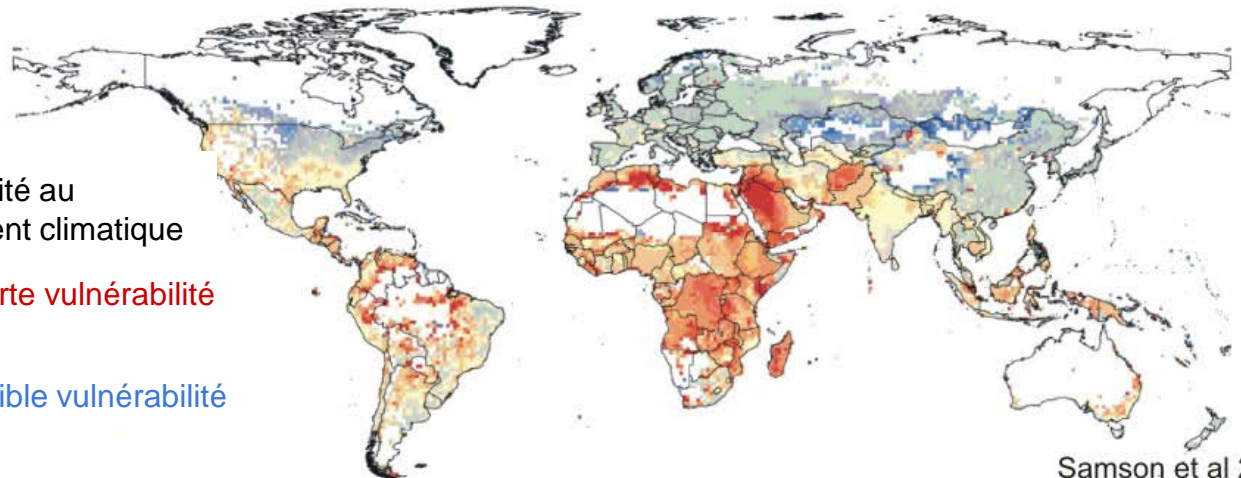
... les victimes

Vulnérabilité au changement climatique

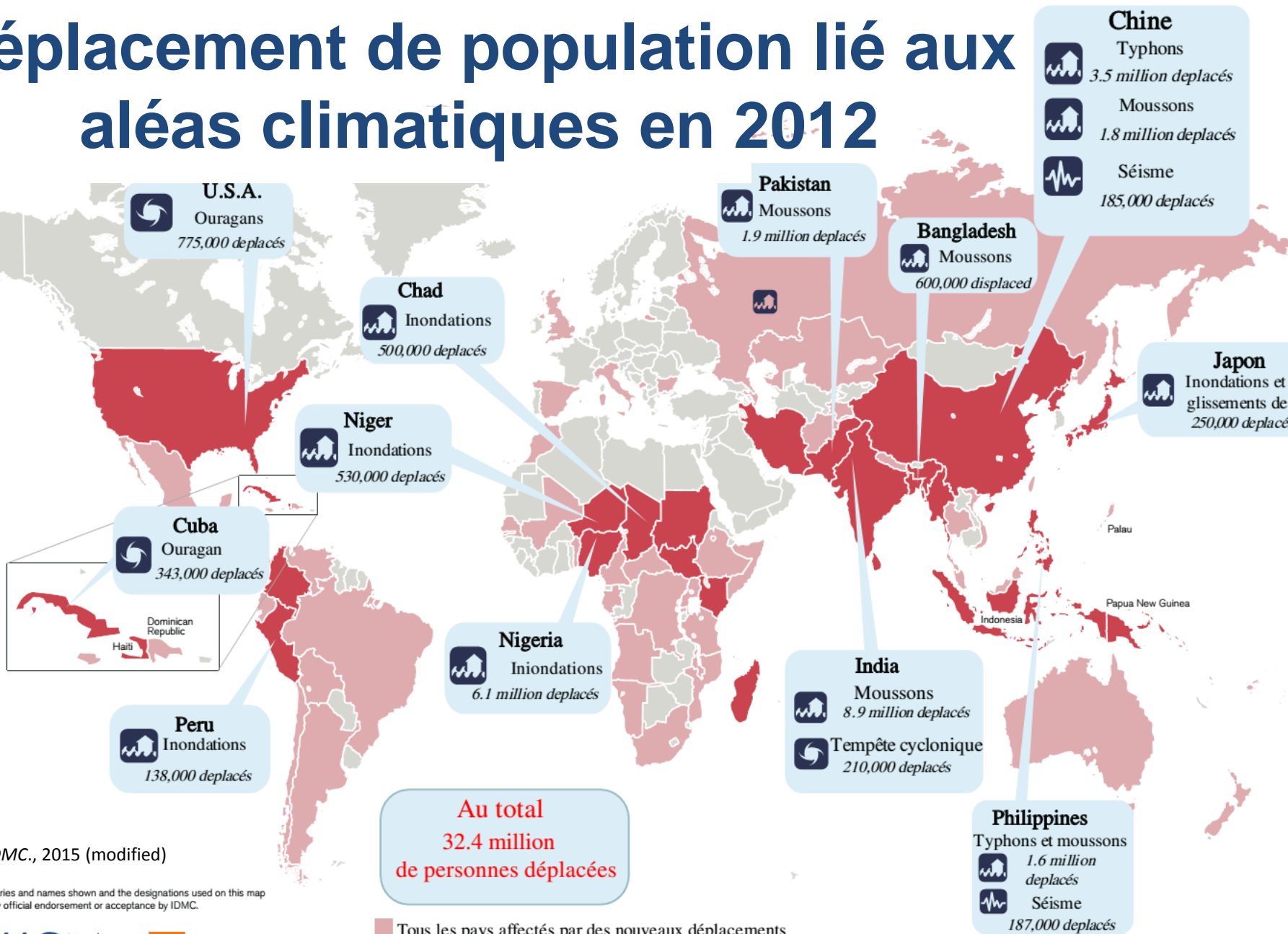


Forte vulnérabilité

Faible vulnérabilité



# Déplacement de population lié aux aléas climatiques en 2012



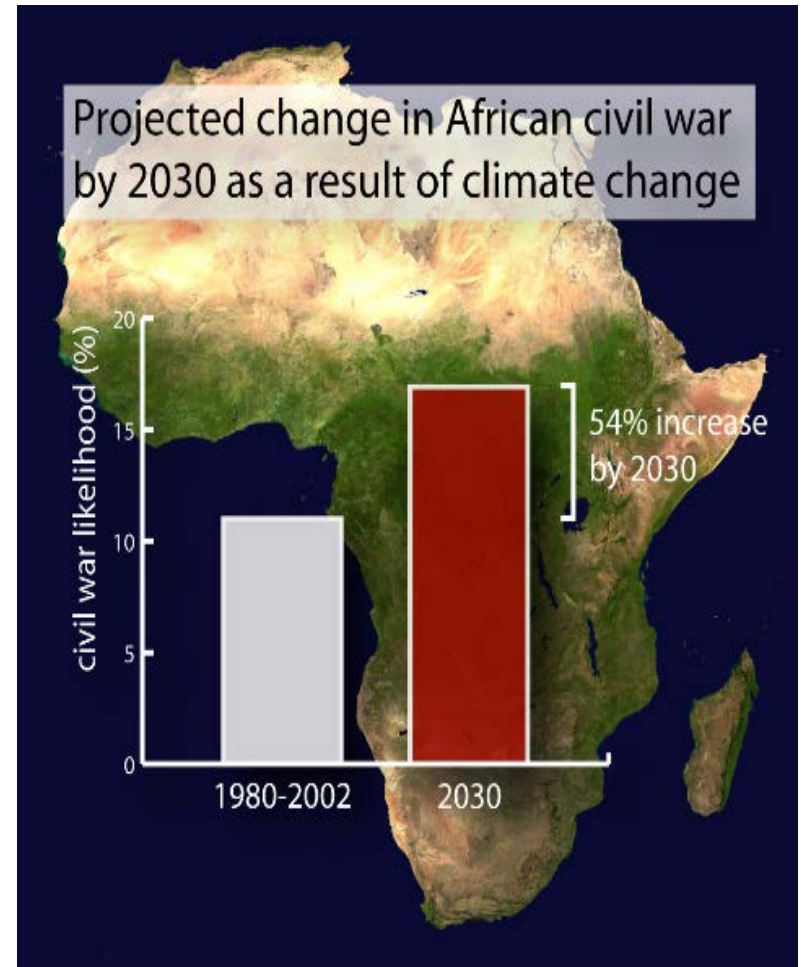
NRC/IDMC., 2015 (modified)

The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by IDMC.



# Conflits induits par le changement climatique

- Lien entre changement climatique et fréquence des conflits
- Accroissement de l'instabilité politique, des guerres civiles et de la criminalité
- La sécheresse est l'un des facteurs qui a contribué à la guerre en Syrie

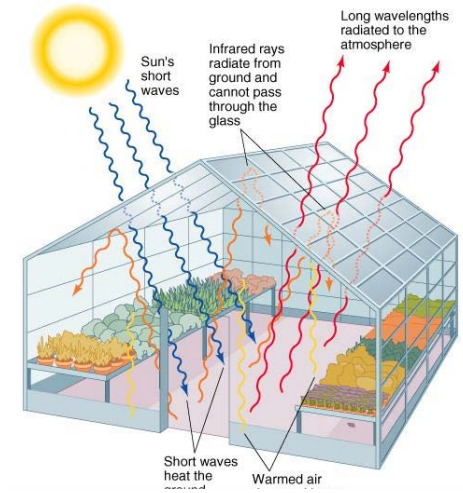


(Burke et al., 2009)

# En résumé

- Le climat est lié au cycle du carbone
- Les activités humaines ont un impact sur les deux

- Pour prédire les effets à long terme sur le climat, il est nécessaire de comprendre toutes les facettes du cycle du carbone



→ ***Le projet C-Cascades s'intéresse au transport et aux processus de transformation du carbone de l'amont des systèmes fluviaux à l'océan***

# C-CASCADES

a Marie Curie Innovative Training Network



## Merci pour votre attention!

[Jens.terhaar@upmc.fr](mailto:Jens.terhaar@upmc.fr)

[Audrey.marescaux@upmc.fr](mailto:Audrey.marescaux@upmc.fr)

[Domitille.louchard@usys.ethz.ch](mailto:Domitille.louchard@usys.ethz.ch)

<http://c-cascades.ulb.ac.be/>

Anna Canning, Åsa Horgby, Jo Uhlbäck, Anna Nydahl, Audrey Marescaux, Marie-Sophie Maier, Andreas Androulakakis, Domitille Louchard, Jens Terhaar, Matteo Puglini, Adam Hastie, Philip Pika, Andre Nakhavali, Simon Bowring, Fabrice Lacroix

“This C-Cascades project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 643052”.



# Pour aller plus loin

Lecture générale sur le changement climatique:

- IPCC 2014: L'atténuation du changement climatique - Résumé à l'intention des décideurs

[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5\\_SPM\\_brochure\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_fr.pdf)

Quelle est votre influence sur le cycle du carbone?

→ calculez votre empreinte carbone:

<http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>

Quelques astuces pour réduire votre empreinte carbone:

<http://footprint.wwf.org.uk/tips>

Suivez la progression de notre recherche:

- Site officiel: <http://c-cascades.ulb.ac.be/>
- Sur Twitter: [https://twitter.com/c\\_cascades](https://twitter.com/c_cascades)

Lancez vous dans la recherche! Où est stocké tout le carbone additionnel?

<https://www.learner.org/courses/envsci/interactives/carbon/carbon.html>

Pour mieux comprendre l'impact de l'activité humaine sur le cycle du carbone et sur le climat » :

Global Carbon Atlas (partenaire de C-CASCADES):

<http://www.globalcarbonatlas.org/?q=fr/content/welcome-carbon-atlas>

## References images

Gbsvt2, internet, 2016, available 22.08.2016 <http://gbsvt2.yolasite.com/2-cycle-du-carbone.php>;  
modification, left corner image slides 9-19

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Data in the left corner image slides 9-19