

## 22. Les défis de l'énergie

### 22.1 - Énergie et changements climatiques

#### *Partie 3 – Les autres effets de la consommation d'énergie*

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

Thomas Lamalle, M. Ing

Frédéric Coulombe

# Plan de la présentation

- **Introduction et objectifs**
- Les autres effets de la consommation d'énergie
- Échelle de temps
- Conclusion



# Introduction et objectifs

- L'actualité focalise son attention sur les changements climatiques imputables aux émissions de GES;
- Elle insiste sur la relation de l'accroissement de la température moyenne de la terre et des accroissements plus locaux ou régionaux;
- Elle présente les effets de ces changements sous la forme de catastrophe naturelles telles des cyclones ou ouragans, incendies, canicules, etc;
- Pourquoi?

# Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
  - Cibler les menaces autres que celles qui touchent directement l'atmosphère;
  - Comprendre les échelles de temps des phénomènes en rapport avec l'inertie de la terre et l'échelle d'une vie humaine.

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- ***Les autres effets de la consommation d'énergie sur l'environnement***
- Échelle de temps
- Conclusion

# Les autres effets du carbone

- Castello Aragonese : Un aperçu du futur...



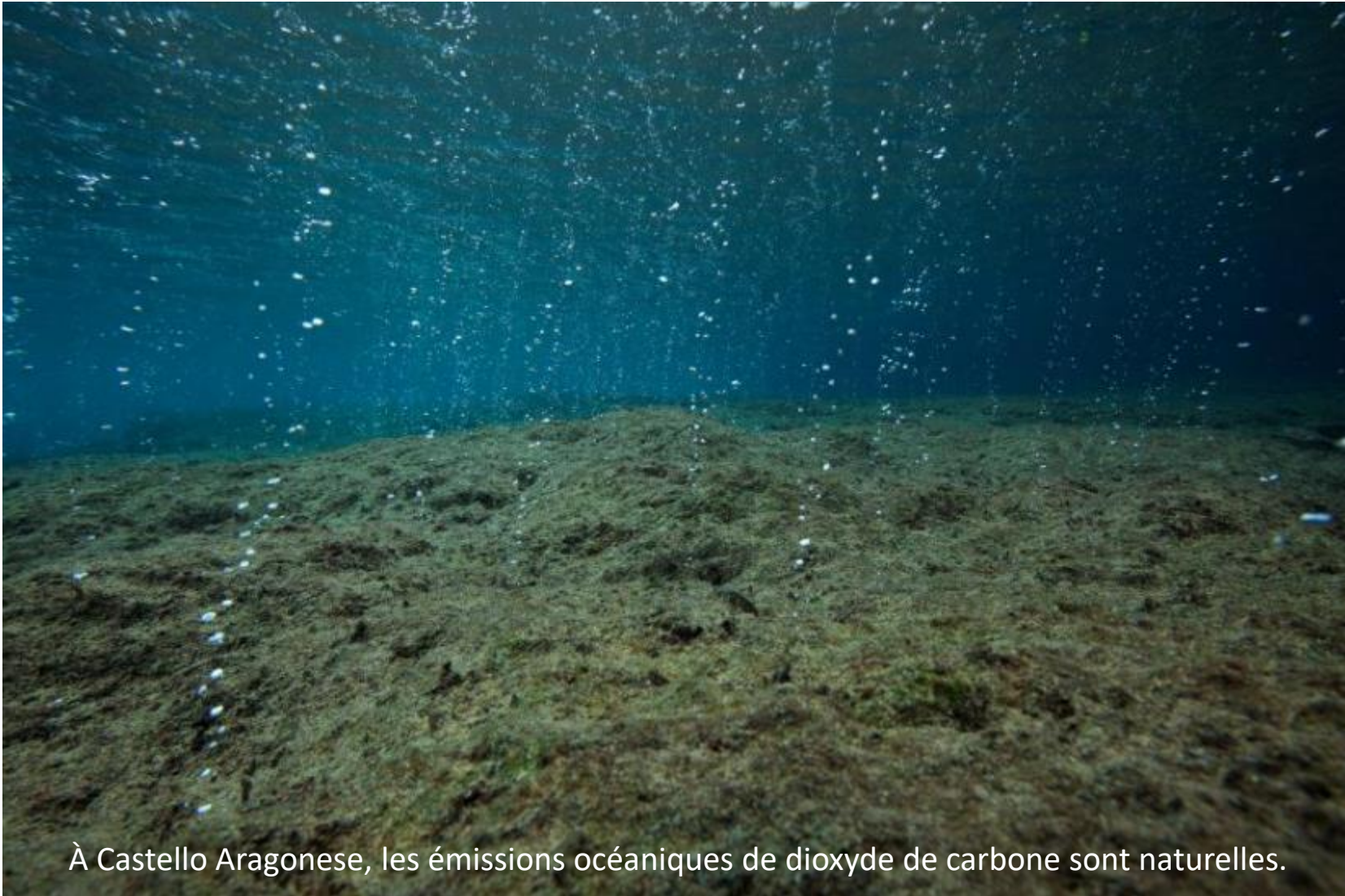
# Les autres effets du carbone

- CASTELLO ARAGONESE

- Une petite île qui s'élève tout droit de la mer Tyrrhénienne comme une tour.
- Dix-sept miles à l'ouest de Naples, il est accessible depuis l'île (un peu plus grande d'Ischia) via un long pont de pierre étroit.
- Les touristes qui visitent le Castello Aragonese viennent voir à quoi ressemblait la vie dans le passé. Ils grimpent - ou mieux encore, prennent l'ascenseur - jusqu'à un château massif, qui abrite une exposition d'instruments de torture médiévaux.
- Les scientifiques qui visitent l'île, en revanche, ***viennent voir à quoi ressemblera la vie à l'avenir.***

<http://ngm.nationalgeographic.com/2011/04/ocean-acidification/kolbert-text>

# Les autres effets du carbone

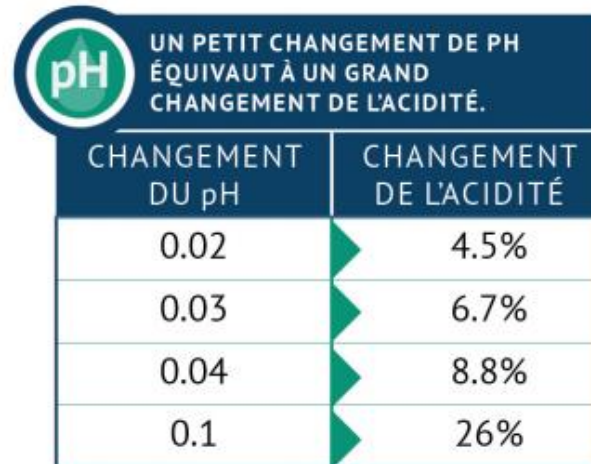


À Castello Aragonese, les émissions océaniques de dioxyde de carbone sont naturelles.



# Les autres effets du carbone

- Le pH change de 0,1 ; et alors?
  - En 200 ans, le pH des océans est passé de 8,2 à 8,1;
  - Il sera à 7,8 en 2100.



UN PETIT CHANGEMENT DE PH ÉQUIVAUT À UN GRAND CHANGEMENT DE L'ACIDITÉ.

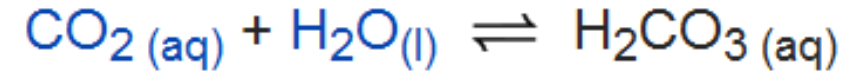
CHANGEMENT DU pH	CHANGEMENT DE L'ACIDITÉ
0.02	4.5%
0.03	6.7%
0.04	8.8%
0.1	26%

Pêches et océans Canada, Écosystèmes de l'Atlantique 2018, 2019

# Les autres effets du carbone

- En bref:

- L'acidification des océans



- Une faille volcanique émet du  $\text{CO}_2$  dans la mer

- Le  $\text{CO}_2$  se dissout et produit de l'acide carbonique

- La plupart des espèces natives meurent

- Il reste des méduses, herbes marines, algues...



<http://ngm.nationalgeographic.com/2011/04/ocean-acidification/kolbert-text>

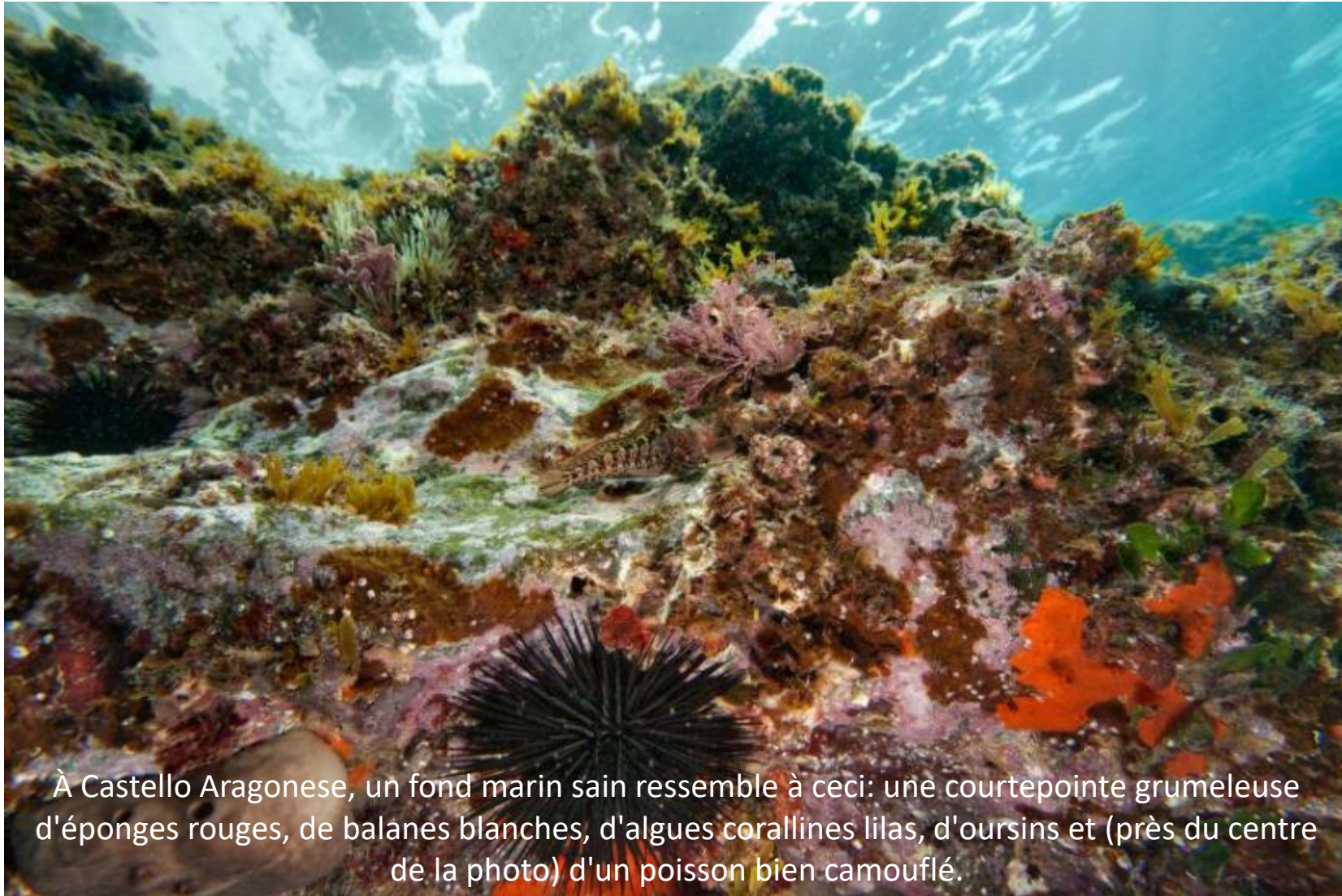
# Les autres effets du carbone

- CASTELLO ARAGONESE

- Méduses, herbes marines et algues - il n'y a pas grand-chose d'autre à proximité de la concentration la plus dense d'événements de Castello Aragonese.
- Même à quelques centaines de mètres, de nombreuses espèces indigènes ne peuvent survivre. L'eau y est à peu près aussi acidifiée que les océans dans leur ensemble devraient l'être d'ici 2100.  
« Normalement, dans un port pollué, vous n'avez que quelques espèces qui ressemblent à des mauvaises herbes et capables de faire face à des conditions très fluctuantes », Jason Hall-Spencer , biologiste marin de l'Université britannique de Plymouth. « Eh bien, c'est comme ça quand vous augmentez le CO2 ».

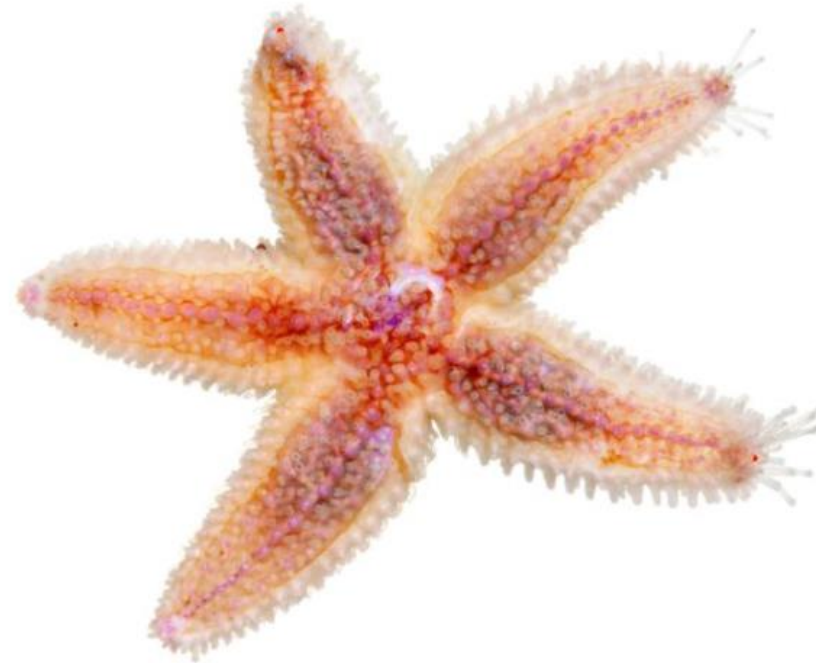
<http://ngm.nationalgeographic.com/2011/04/ocean-acidification/kolbert-text>

# Les autres effets du carbone



À Castello Aragonese, un fond marin sain ressemble à ceci: une courtepoinse grumeleuse d'éponges rouges, de balanes blanches, d'algues corallines lilas, d'oursins et (près du centre de la photo) d'un poisson bien camouflé.

# Les autres effets du carbone



Une étoile de mer élevée dans l'eau normale à Kiel, en Allemagne (image de gauche), contraste avec une étoile de mer élevée dans des conditions qui pourraient se produire en mer Baltique d'ici 2100 (image de droite). Initialement identique à l'étoile de mer de la photo précédente, cette étoile ne pèse que un cinquième autant que son pair.

# Les autres effets du carbone

- CASTELLO ARAGONESE

- En raison d'une bizarrerie de la géologie, la mer autour de Castello Aragonese offre une fenêtre sur les océans de **2050** et au-delà.
- Des bulles de CO<sub>2</sub> s'élèvent des événements volcaniques du fond marin et se dissolvent pour former de l'**acide carbonique**.
- L'acide carbonique est relativement faible; les gens en boivent tout le temps dans **des boissons gazeuses**. Mais s'il se forme suffisamment, cela rend l'eau de mer corrosive. «Quand on à un niveau de CO<sub>2</sub> extrêmement élevé, presque rien ne peut tolérer cela», explique Jason Hall-Spencer.

<http://ngm.nationalgeographic.com/2011/04/ocean-acidification/kolbert-text>

# Les autres effets du carbone



Un brin d'herbe de mer à Castello Aragonese de la taille d'un microcosme. Les algues corallines recouvrent la lame, un escargot broute les algues, les vers tubicoles colonisent l'escargot. Tous les trois produisent du carbonate de calcium. Près des événements de  $\text{CO}_2$ , cependant, l'herbe est verte, débarrassée de ses compagnons - parce que l'acidification a dépouillé l'eau de carbonate.

# Les autres effets du carbone

- CASTELLO ARAGONESE

- Castello Aragonese offre un analogue naturel pour un processus non naturel;
- L'acidification qui a eu lieu au large de ses côtes est naturel et se produit localement;
- Celui qui se produit dans les océans du monde, est plus progressif mais ils absorbent de plus en plus le dioxyde de carbone provenant des tuyaux d'échappement et des cheminées.

<http://ngm.nationalgeographic.com/2011/04/ocean-acidification/kolbert-text>



# Les autres effets du carbone



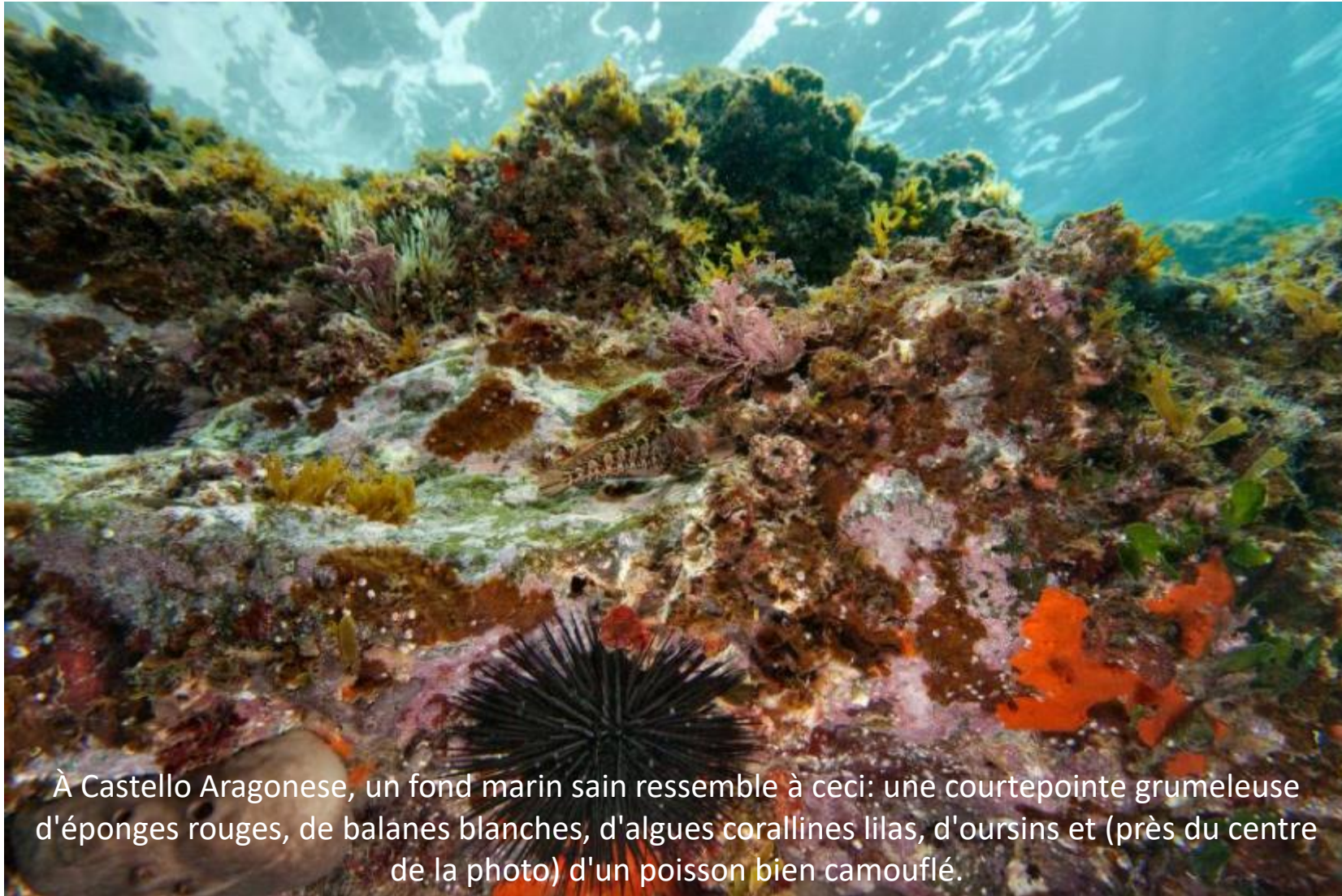
Une femelle oursin reste posée sur un flacon (image de gauche) qui vient de recueillir sa masse de jaune d'œufs. En revanche, les larves d'oursin élevées dans l'eau acidifiée sont rabougries (image de droite) et plus vulnérables aux prédateurs.

# Les autres effets du carbone



Les poissons-clown élevés dans l'eau acidifiée ne peuvent pas reconnaître les signaux chimiques qui les guident vers leur maison inhabituelle - les tentacules d'une anémone. Certains sont même attirés par l'odeur des prédateurs.

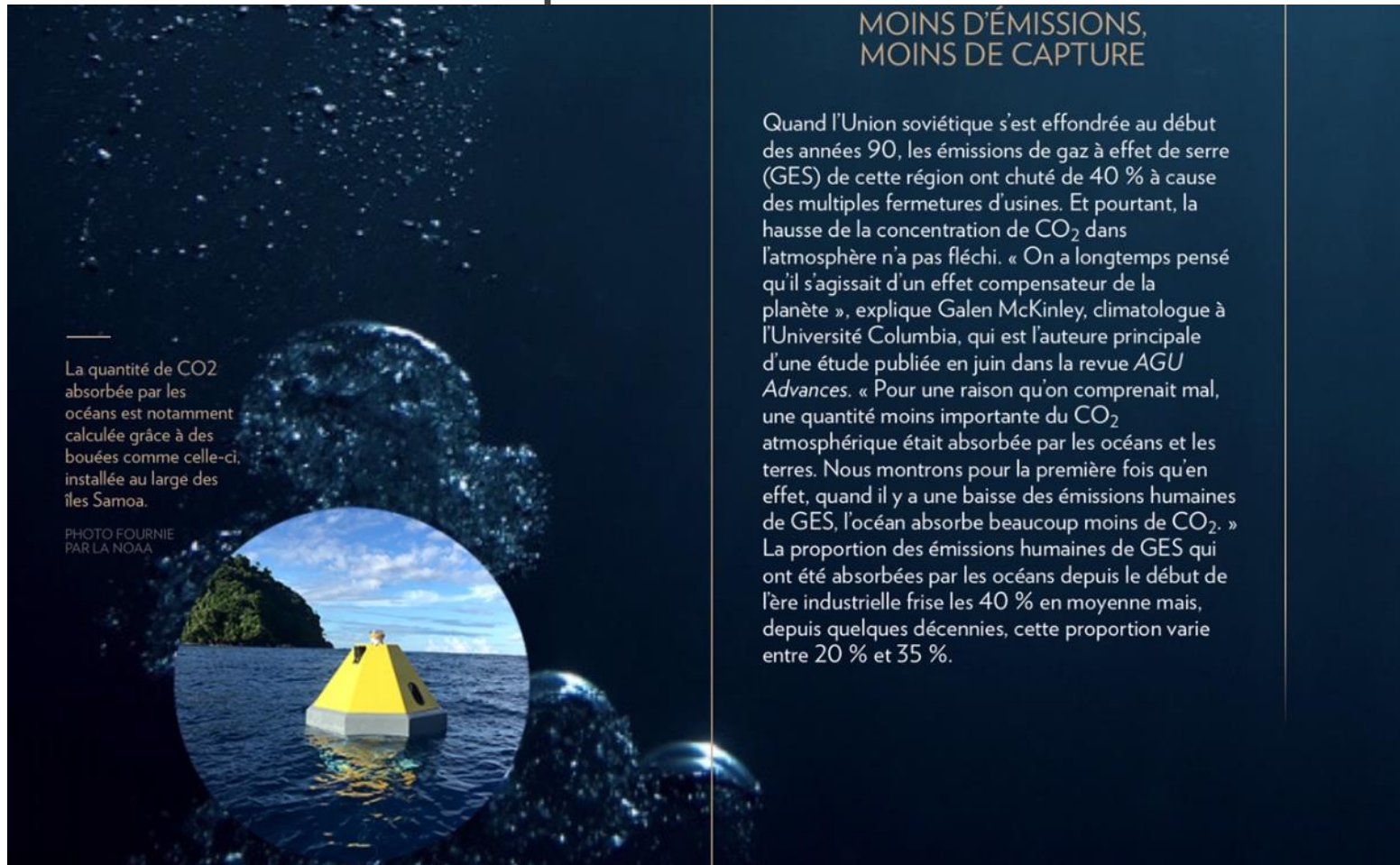
# Les autres effets du carbone



À Castello Aragonese, un fond marin sain ressemble à ceci: une courtepoinete grumeleuse d'éponges rouges, de balanes blanches, d'algues corallines lilas, d'oursins et (près du centre de la photo) d'un poisson bien camouflé.

# Les autres effets du carbone

- La relation océan-atmosphère La Presse, 2020-08-30



# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Augmentation en fréquence et en intensité des sécheresses et incendies ;
  - Effondrement accéléré de la chaîne alimentaire océanique.



<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/methane/>

# Les autres effets du carbone

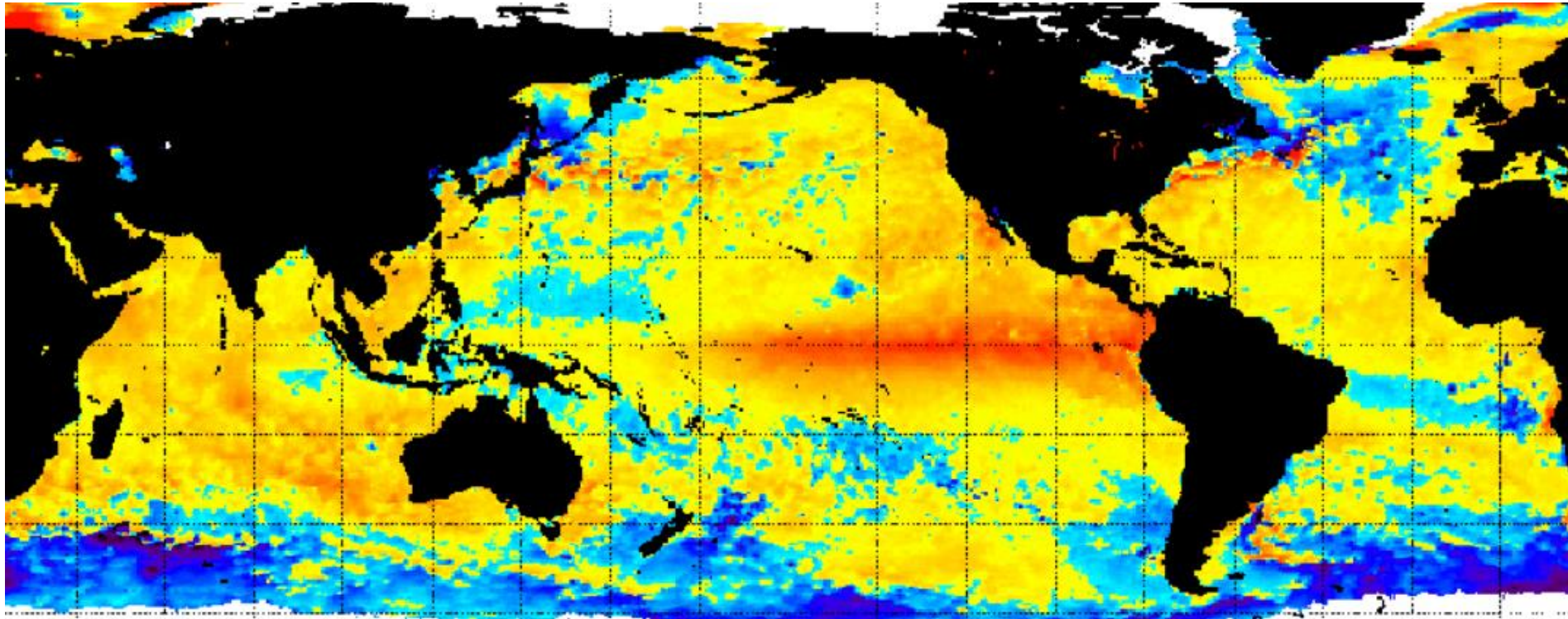
- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Augmentation en fréquence et en intensité des ouragans et cyclones (désormais même l'hiver)

**Le typhon Mangkhut**



# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Augmentation en fréquence et en durée des courants de type El Niño



<https://e360.yale.edu/digest/u-s-forecasters-predict-another-el-ni%C3%B1o-for-2017>

# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Hausse du niveau de la mer (50% de la pop. vit sur les rives + ports)
  - Déplacement de population : changement de la capitale de l'Indonésie (30 millions d'habitants dans l'agglomération de Jakarta)



Village sénégalais menacé par la montée des eaux



# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Propagation des espèces invasives;
  - Propagation de maladies (ex: malaria);
  - Extinction massive d'espèces (perte d'habitat, villes = obstacles);
  - Perturbation majeure de l'économie.

# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Disparition des forêts pluviales
    - CO<sub>2</sub> modifie transpiration

L'Amazonie perd chaque année l'équivalent de près d'un million de terrains de football en couvert forestier, dont une grande partie est abattue pour faire place à l'agriculture. Lorsque la forêt est perdue, le carbone qu'elle a séquestré se retrouve dans l'atmosphère, accélérant le changement climatique.



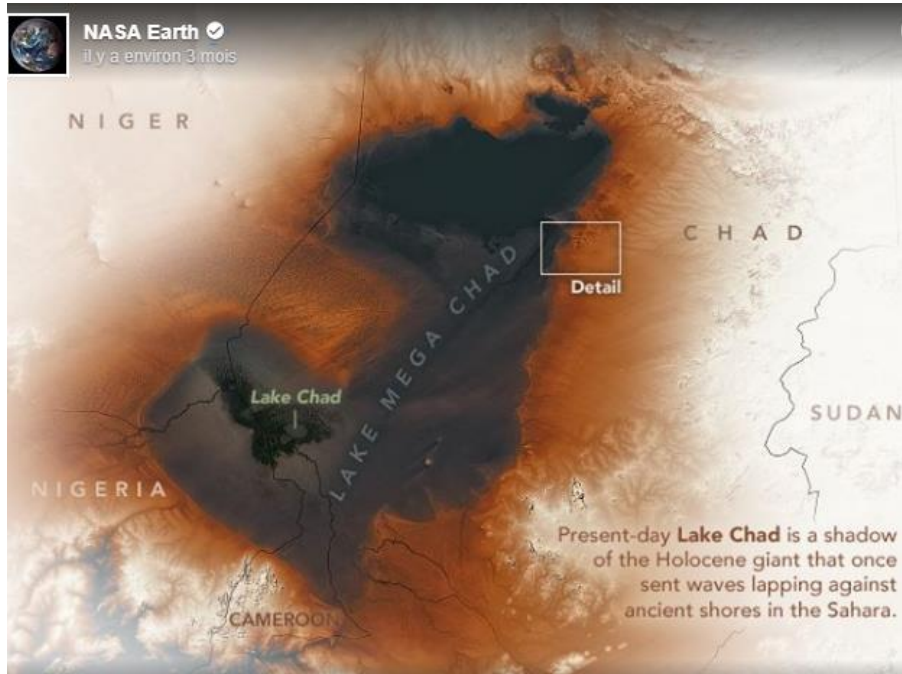
<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/methane/>

# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Manque d'eau dans les métropoles (ex: toutes les villes d'Australie, évidemment Le Cap - CapeTown);
  - Perte de terres arables (ex: Californie);
  - Réfugiés climatiques;
  - Conflits armés pour les ressources;
  - Possible arrêt du Gulf Stream.

# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Disparition de plan d'eau essentiels



Lac Chad, de 25 000 km<sup>2</sup> à 2000 km<sup>2</sup>



Mer d'Aral, de 68 000 km<sup>2</sup> à 5000 km<sup>2</sup>

# Les autres effets du carbone

- Oui, les ours polaires, mais quoi d'autre ?
  - Disparition de plan d'eau essentiels



Dans les hautes plaines de Bolivie, un homme examine les restes cuits de ce qui était le deuxième plus grand lac du pays, le lac Poopó.

<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/methane/>

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Les autres effets de la consommation d'énergie
- ***Échelle de temps***
- Conclusion

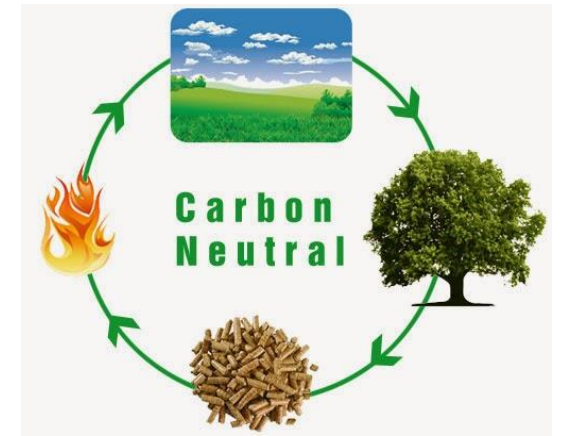
# Échelle de temps

- Qu'est-ce que le carbone neutre ?

- Le carbone neutre réfère à un carburant dont les émissions totales nettes de GES sont nulles (reséquestration). Exemple: Biomasse

MAIS...

- Le transport du carburant biologique dit carbone neutre nuit au bilan;
- L'utilisation de carburants pour construire/recycler une centrale aux carburants biologiques ne peut être neutre;
- Des particules de suie diminuent la réflexion par le couvert nuageux et de neige (albédo);
- Dépend de l'échelle de temps considérée;
- Déforestation  $\neq$  carbone neutre.



# Échelle de temps

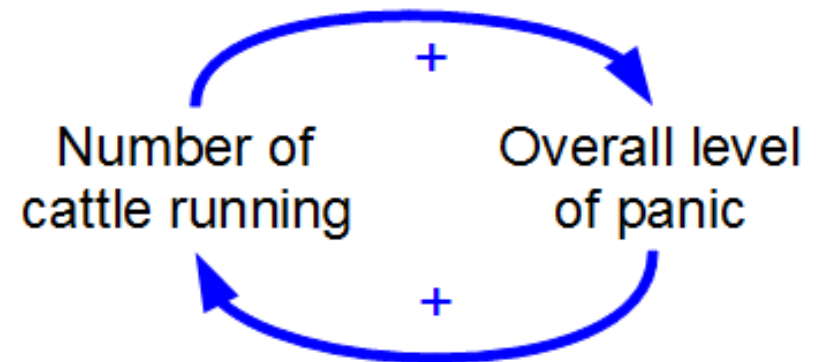
- Temps de réaction du climat
  - Temps de résidence atmosphérique très long du CO<sub>2</sub> (100 ans)
  - Inertie thermique des océans
    - L'océan contient plus de 2000 fois plus d'énergie que l'atmosphère (plus de 500x masse, 4x capacité thermique)
    - « Il faut environ 30 ans aux couches supérieures de l'océan pour absorber la chaleur de l'atmosphère »

Source: We are the Weather Makers, Tim Flannery, 2005



# Échelle de temps

- Qu'est-ce qu'une boucle de rétroaction positive ?
  - Une tendance qui s'autoalimente
- Exemples
  - Réserves de méthane sous l'océan Arctique;
  - Dégel du permafrost (matière organique...);
  - Perte d'albédo (glaces);
  - Le bétail qui fuit devant les loups...



<https://nsidc.org/cryosphere/frozenground/methane.html>

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Un climat dérégulé
- L'effet de serre
- Les émissions de GES
- Échelle de temps
- ***Conclusion***

# En résumé

- Quelques chiffres en rappel:
  - Les océans recouvrent 71% de la surface du globe;
  - Il faut environ 30 ans aux couches supérieures de l'océan pour absorber la chaleur de l'atmosphère;
  - L'inertie thermique de l'eau est 2000 x plus élevée que celle de l'air;
  - Le pH des océans est passé de 8,2 à 8,1;
  - Il sera à 7,8 en 2100, ou 150 x + acide qu'en 1784 (c'est logarithmique).

**Croyez-vous que ce sera sans effet sur l'équilibre terrestre?**

# En résumé

- Croyez-vous que les changements climatiques soient positifs ou négatifs pour l'humanité?
- Quel est le lien entre énergie et changement climatique?
- Quelles sont les autres conséquences de l'utilisation de l'énergie pour accomplir le modèle de développement sociétal actuel?

Pour connaître davantage l'opinion de Daniel Rousse sur le sujet, consultez les articles suivants:

- Le Soleil, Québec, 10 octobre 2020
- Le Soleil, Québec, 17 octobre 2020
- Le Soleil, Québec, 24 octobre 2020



**Merci de votre attention !**

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

