

MAR

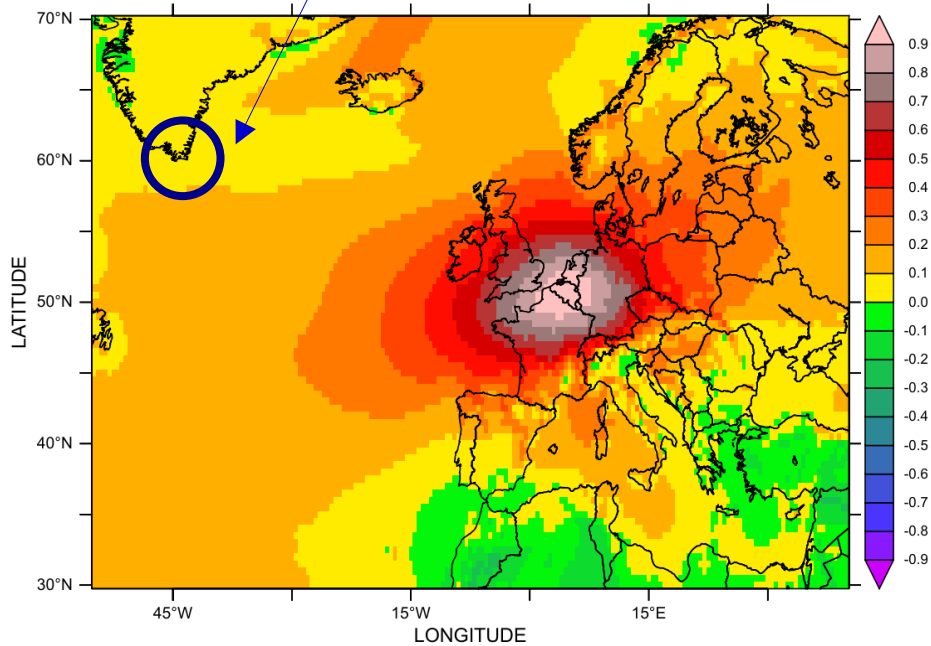


Vents au Groenland et le projet Katabata

Xavier FETTWEIS - Damien ERNST
(Michaël FONDER et Julie LOUIS)

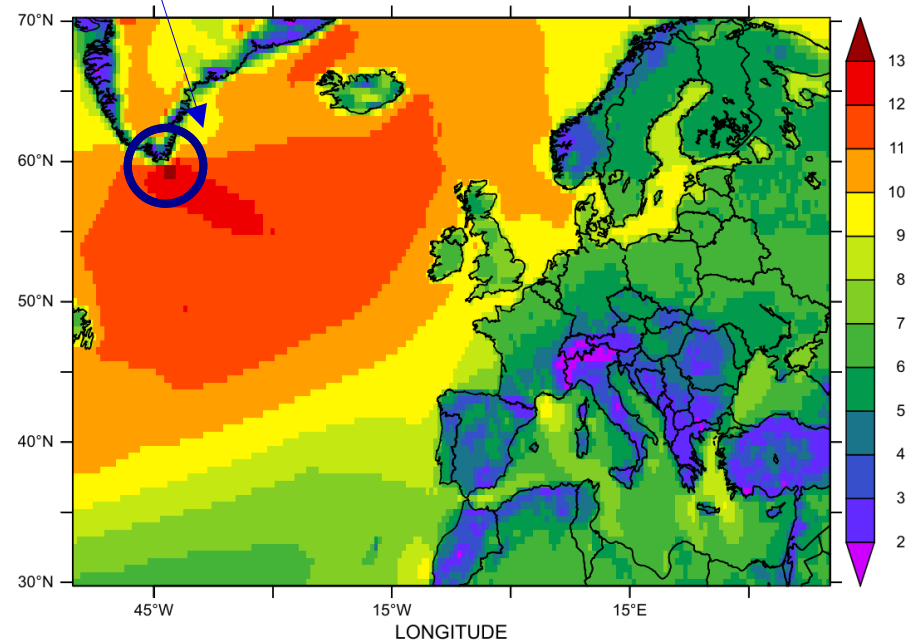
Intermittence du vent

Non corrélé



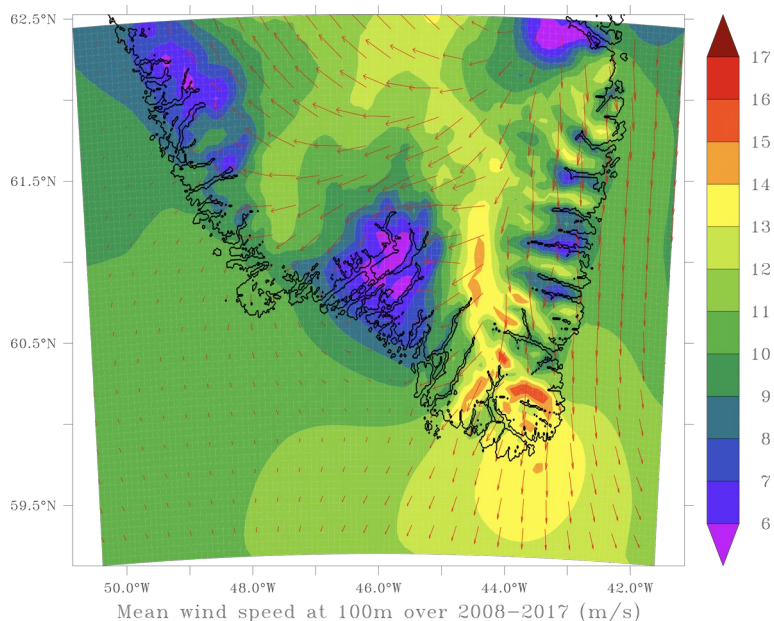
Corrélation avec le vent en Belgique

Fort potentiel



Vent moyen à 100m simulé par ERA5 (m/s)

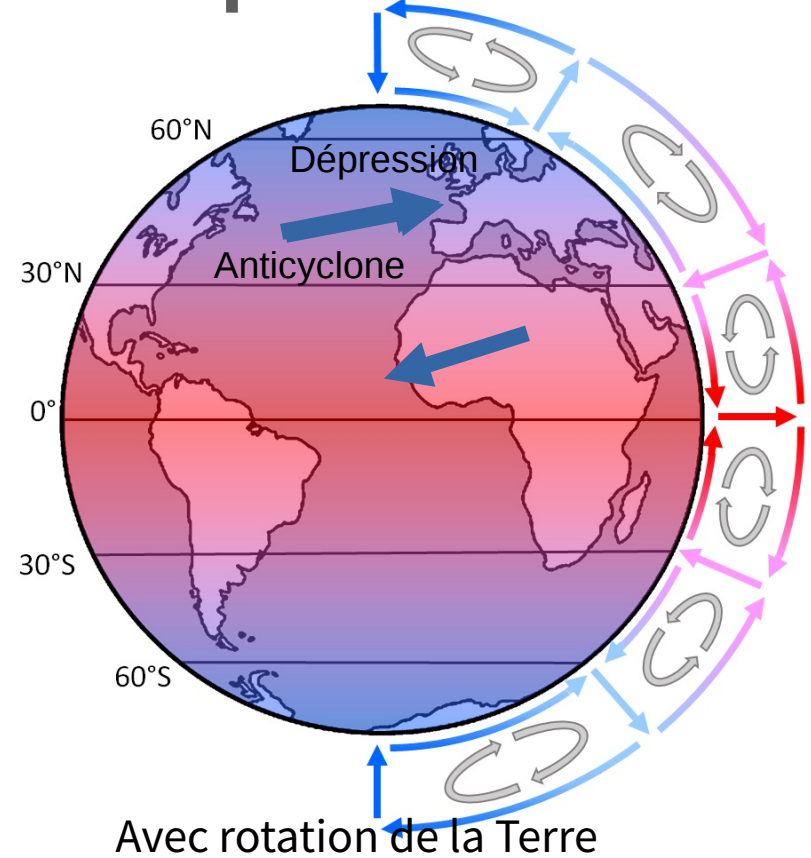
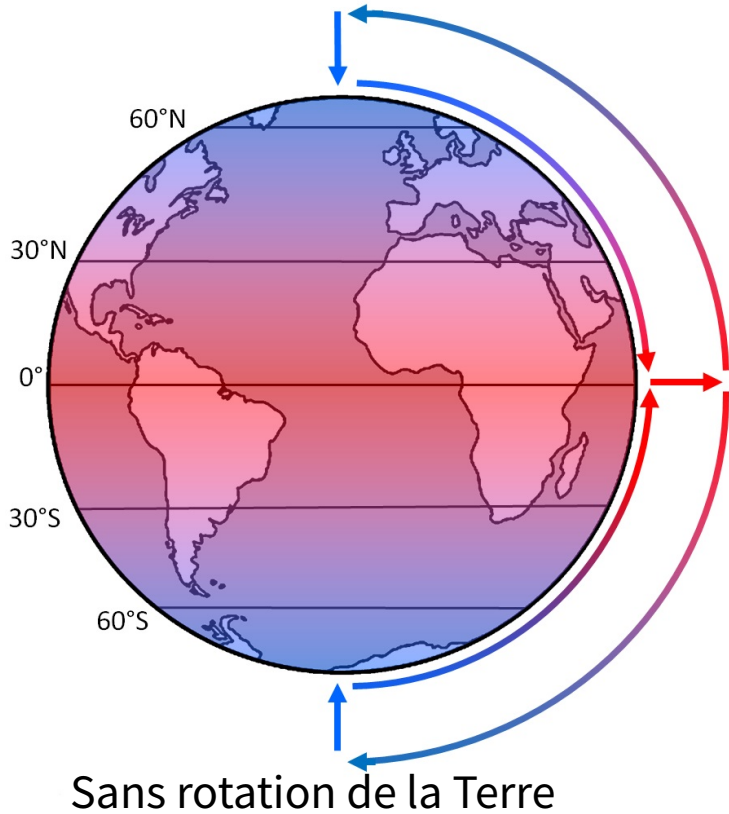
Pourquoi l'Europe devrait-elle exploiter l'énergie éolienne dans le sud-est du Groenland ?



1. Vitesses de vent élevées.
2. Décorrélation avec la variabilité temporelle du vent européen.
3. Des zones immenses. Aucun problème de NIMBY.
4. A mi-chemin entre l'Europe et les Etats-Unis.
5. Beau projet phare pour accélérer la construction du réseau mondial.

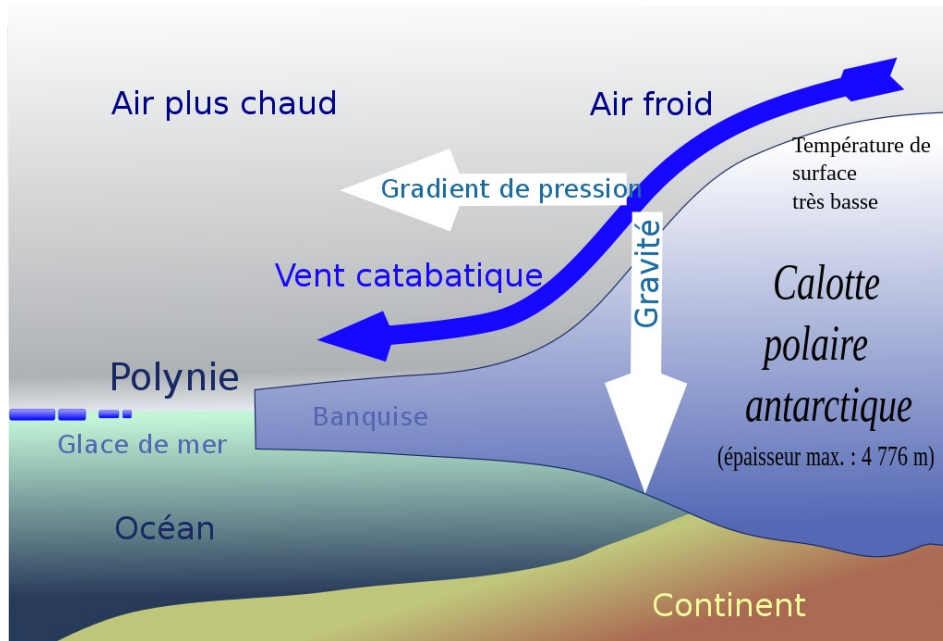
Vent moyen à 100m simulé par MAR (m/s)

Moteur du vent : le contraste thermique Pôles vs Équateur



Vents dans le sud-est du Groenland

Dans la partie sud-est du Groenland, les vents de circulation générale (synoptiques) (entraînés par l'énergie du Soleil) s'additionnent aux **vents catabatiques**.

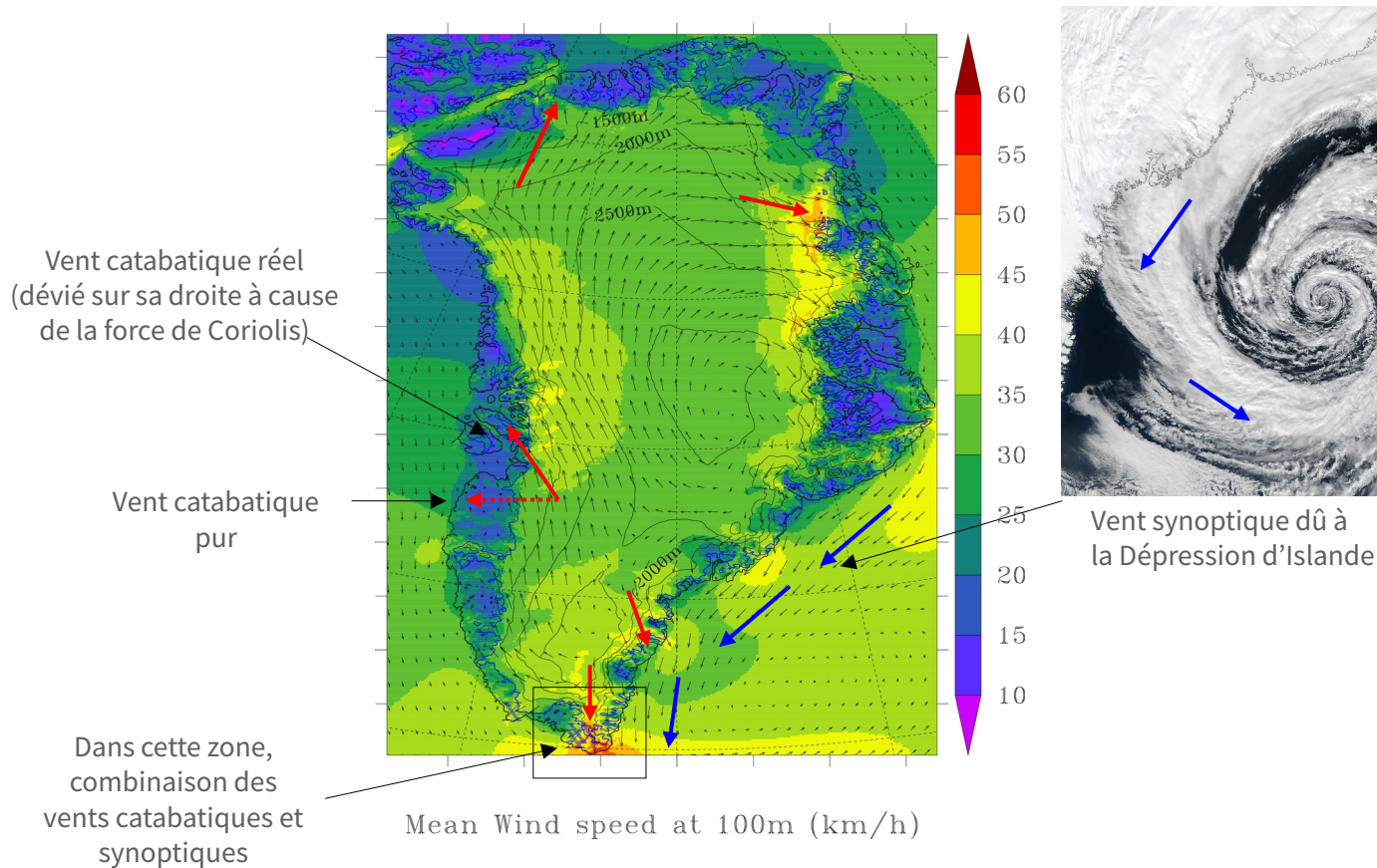


Les vents catabatiques sont le résultat de processus de transfert de chaleur entre la calotte glaciaire froide et la masse d'air plus chaude au-dessus d'elle.

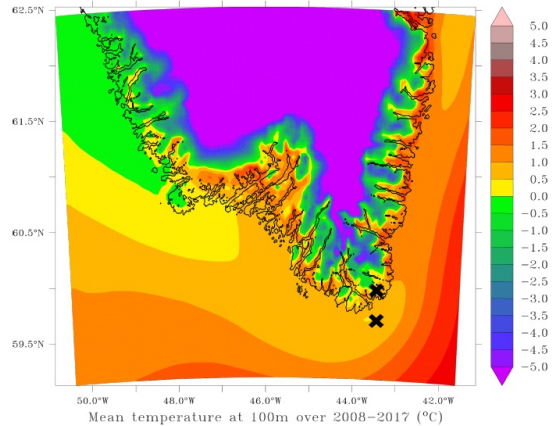
Lorsque la température de la masse d'air est supérieure à celle de la calotte glaciaire, celle-ci est refroidie par rayonnement, ce qui augmente la densité de l'air, la forçant à descendre sur le terrain en pente.

Le flux des vents catabatiques est entraîné par la gravité, le gradient de température et l'inclinaison de la pente de la calotte glaciaire.

Vents dans le sud-est du Groenland



Sélection des régions pour notre analyse



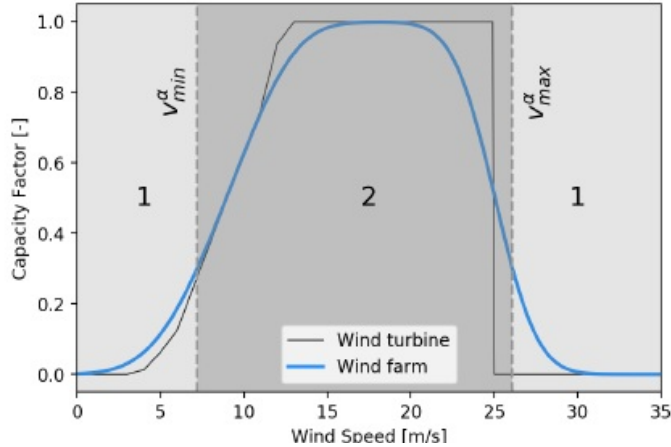
Deux zones au sud du Groenland : une offshore (GR_{OFF}) et une onshore (GR_{ON}).

Les températures y sont trop douces pour avoir une mer gelée ou de la glace permanente à terre.



Deux zones en Europe : un parc éolien offshore au Danemark (DK) et un parc éolien terrestre en France (FR).

Facteurs de charge des parcs éoliens



Energy 175 (2019) 393–401



v_{cut}^{out} (m/s)	DK	FR	GR _{on}	GR _{off}
25	0.55	0.32	0.50	0.59
	0.56	0.33	0.66	0.69

Facteurs de capacité pour les différents sites avec ou sans vitesse de rupture (25m/s ~ 90 km/h) sur base de sorties horaires de vent simulé par MAR.

Complementarity assessment of south Greenland katabatic flows and West Europe wind regimes



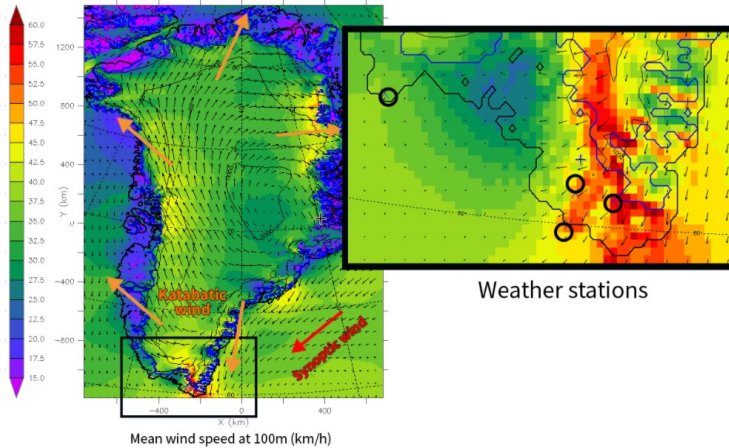
David Radu ^{a,*}, Mathias Berger ^a, Raphaël Fonteneau ^a, Simon Hardy ^a, Xavier Fettweis ^b, Marc Le Du ^c, Patrick Panciatici ^c, Lucian Balea ^c, Damien Ernst ^a

^a Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, University of Liège, Allée de la Découverte 10, 4000 Liège, Belgium

^b Laboratory of Climatology, Department of Geography, University of Liège, Belgium

^c R&D Department, Réseau de Transport d'Électricité (RTE), France

Project Katabata

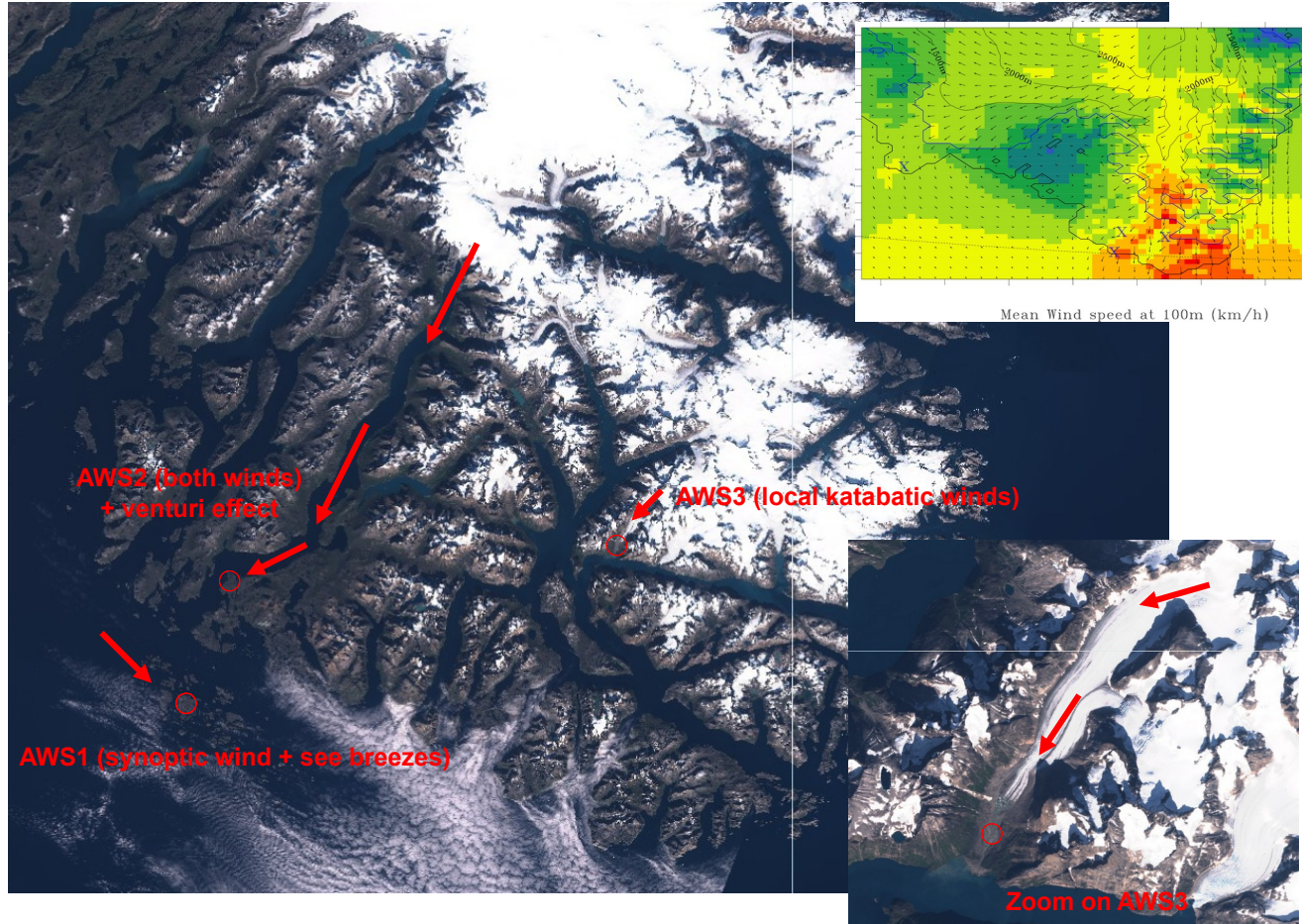


Objectif du projet : installer trois stations météorologiques dans le sud-est du Groenland pour valider MAR.

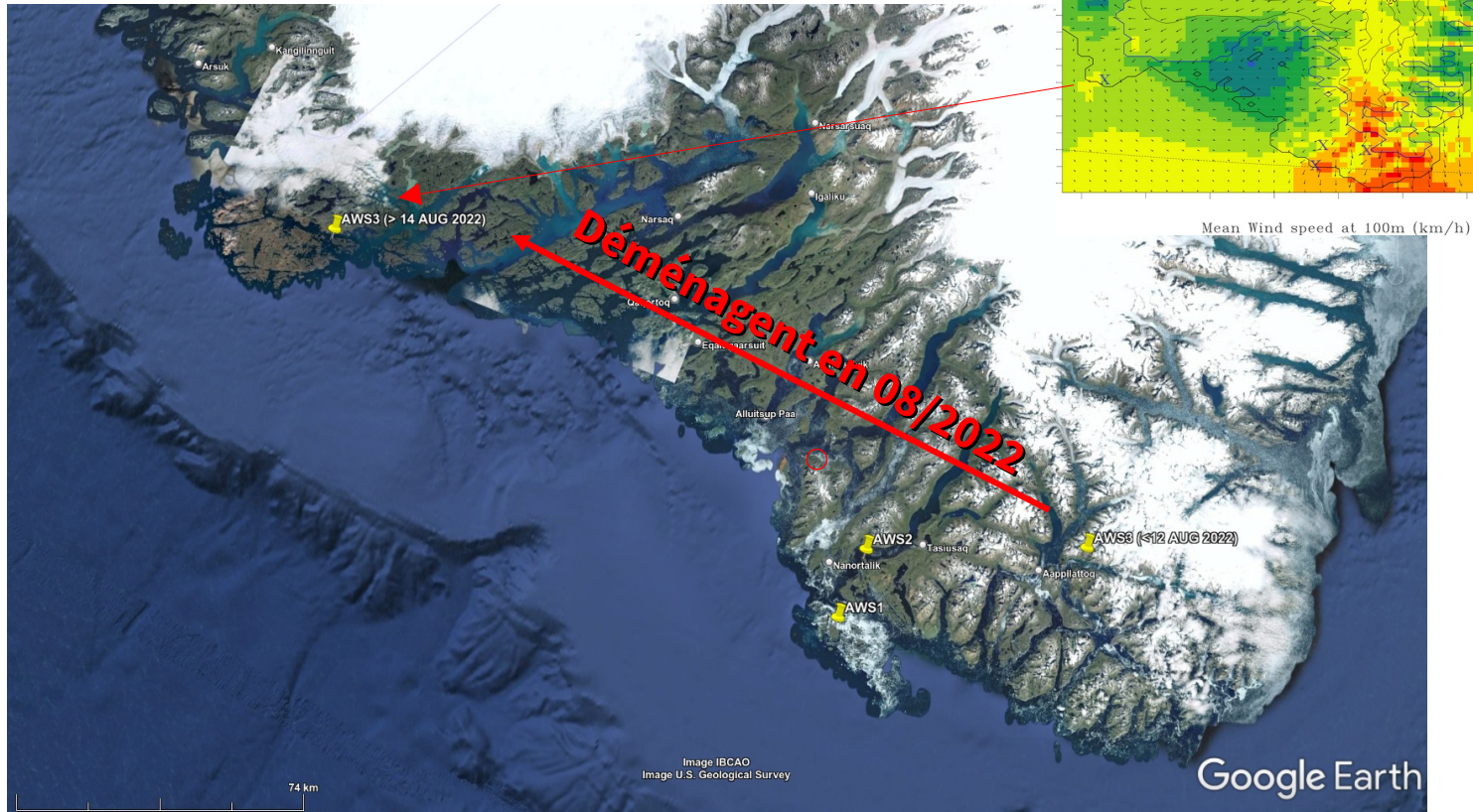


The team:
 Prof. Xavier Fettweis
 Dr. Michaël Fonder
 Prof. Damien Ernst

Localisation des stations météo



Localisation des stations météo



Vaisala's AWS310 stations

Description des stations AWS310:

- 4 capteurs :
 - Anémomètre pour la vitesse du vent
 - Girouette pour la direction du vent
 - Thermomètre
 - Capteur d'humidité
- Antenne satellite pour le transfert des données
- Mât de 10 m avec trois haubans
- Batterie avec panneau photovoltaïque pour des opérations longues en complète autonomie

Nos AWS310 sont également synonymes de livraison épique :

- Colis de plus de 350kg pour un volume total de 2m³ répartis en sept cartons pour chaque station
- Un délai de livraison total de trois mois



Départ de Saint-Malo



Traversée de l'Atlantique



Traversée de l'Atlantique

(artist representation)



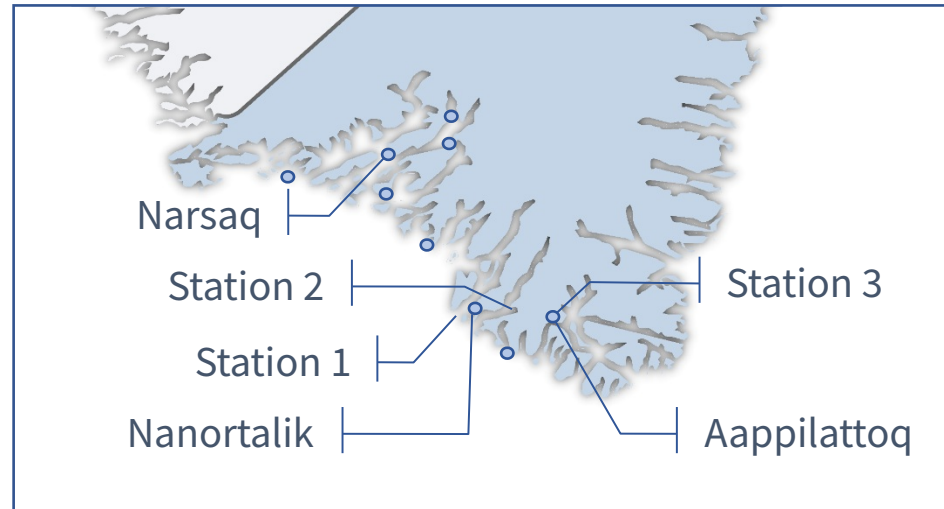
Arrivée au Groenland



Nos escales dans le sud du Groenland



- Livraison et test à blanc des stations à Narsaq
- Utilisation de Nanortalik comme base opérationnelle pour les Stations 1 et 2
- Utilisation d'Aappilattoq comme base opérationnelle pour la Station 3 et la maintenance





Narsaq :

Réception des boîtes des stations

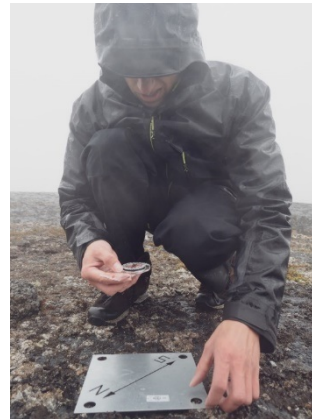
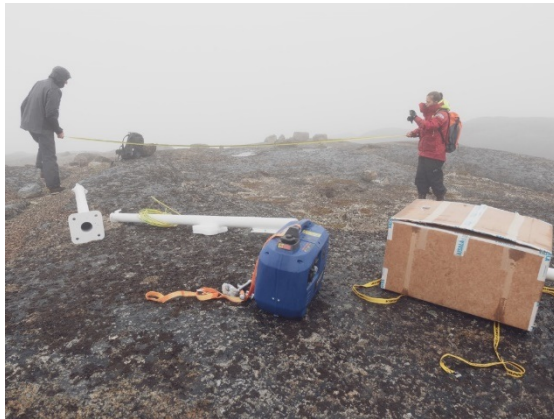


Installer une station est plus facile à dire qu'à faire !



L'installation d'une station est une tâche difficile :

- Planifier tous les détails sur le bateau
- Tout transférer à terre
- Trouver le bon endroit pour la station
- Obtenir tout sur place
- Démarrer l'installation en espérant le meilleur
- Faire face à une météo imprévisible



Transporter une station à terre



Finalisation de l'installation de la Station 1



Revisite des stations après qqs jours seulement

Toutes les stations ont rencontré des problèmes critiques quelques jours après leur installation

Il faut retourner sur les sites d'installations pour les réparations ! Réalisé en embauchant un pêcheur local.



Les 3 stations sont opérationnelles en 09/2020 et envoient des données par satellite



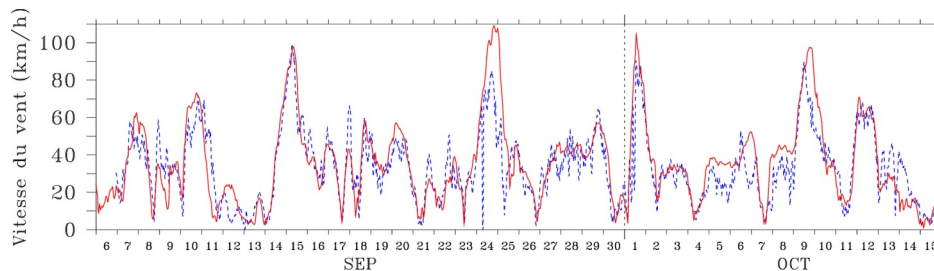


1^{ère} comparaison: **MAR** vs **observations**



1 observation every 20m
from 6 SEP 2020 to 15 OCT 2020

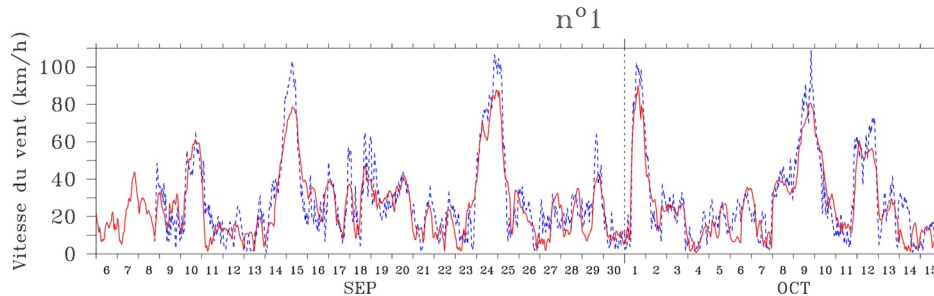
AWS1



Correlation: 0.87
Bias=+2.4km/h
RMSE=11km/h

Mean: 34±20km/h

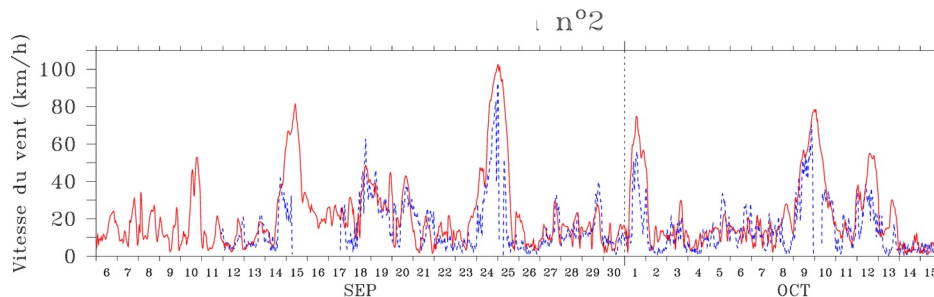
AWS2



Correlation: 0.9
bias=-2km/h
RMSE=10km/h

Mean: 29±23km/h

AWS3



Correlation: 0.86
bias=+4km/h
RMSE=11km/h

Mean: 17±17km/h

Wind measured at 10m

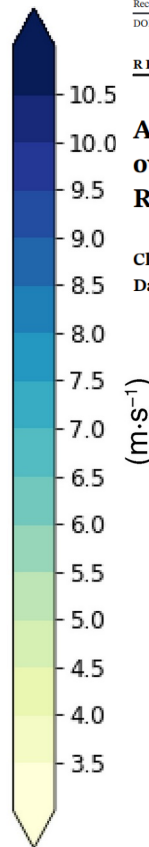
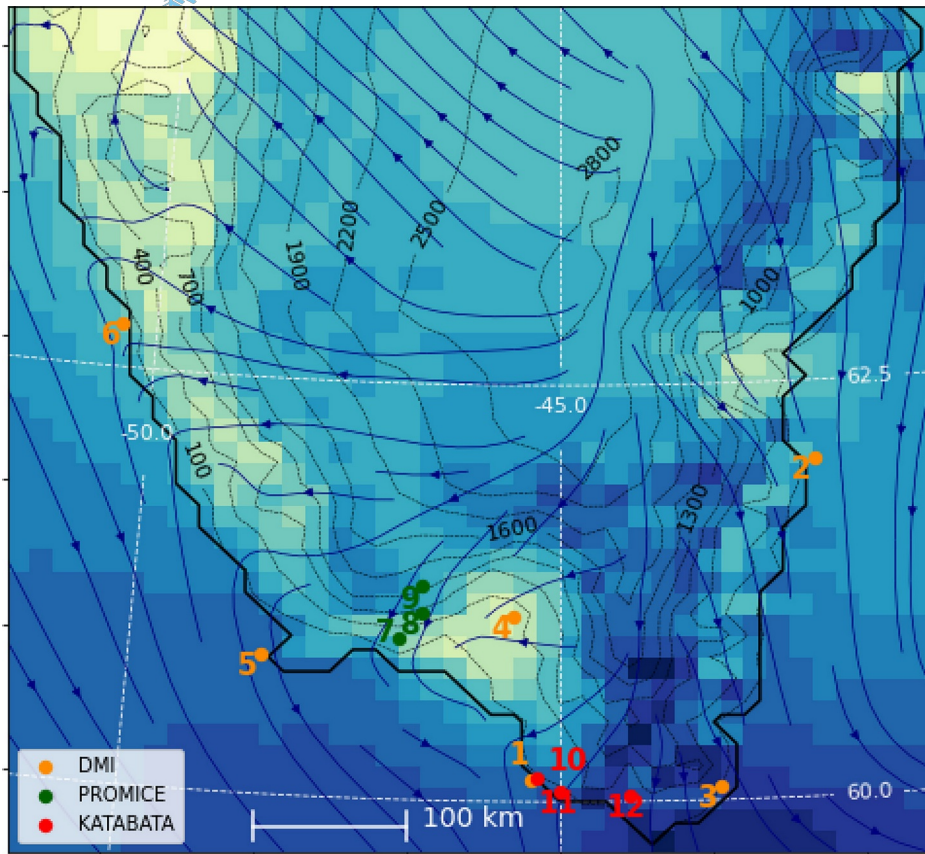
Received: 28 February 2022 | Revised: 15 June 2022 | Accepted: 5 July 2022 | Published on: 31 August 2022
 DOI: 10.1002/joc.7795

RESEARCH ARTICLE

International Journal of Climatology |

Assessment of future wind speed and wind power changes over South Greenland using the Modèle Atmosphérique Régional regional climate model

Clara Lambin¹ | Xavier Fettweis¹ | Christoph Kittel^{1,2} | Michaël Fonder³ | Damien Ernst^{3,4}



Number	Station ID	Station name	Database	Lon.	Lat.	Elevation (m)	Time range
1	ANG	Angissoq	DMI	-45.15	59.99	4.38	2016–2018
2	IKM	Ikeramiarsuk	DMI	-42.07	61.94	39.59	2016–2018
3	IKS	Ikerassuaq	DMI	-43.17	60.06	88	2016–2017
4	NAR	Narsarsuaq	DMI	-45.44	61.16	3.9	2018
5	NUN	Nunarsuit	DMI	-48.45	60.76	32.6	2016–2018
6	UKI	Ukiiviit	DMI	-50.41	62.58	22.23	2016–2018
7	QAS_L	QAS_L	PROMICE	-46.85	61.03	280	2016–2018
8	QAS_M	QAS_M	PROMICE	-46.83	61.10	630	2018
9	QAS_U	QAS_U	PROMICE	-46.82	61.18	900	2016–2018
10	KAT 6640	AWS 6640	KAT-ULiège	-45.18	59.98	36	Sep/2020–Jan/2021
11	KAT 0460	AWS 0460	KAT-ULiège	-45.07	60.16	76	Sep/2020–Aug/2021
12	KAT 0680	AWS 0680	KAT-ULiège	-44.06	60.18	11	Sep/2020, Feb/2021

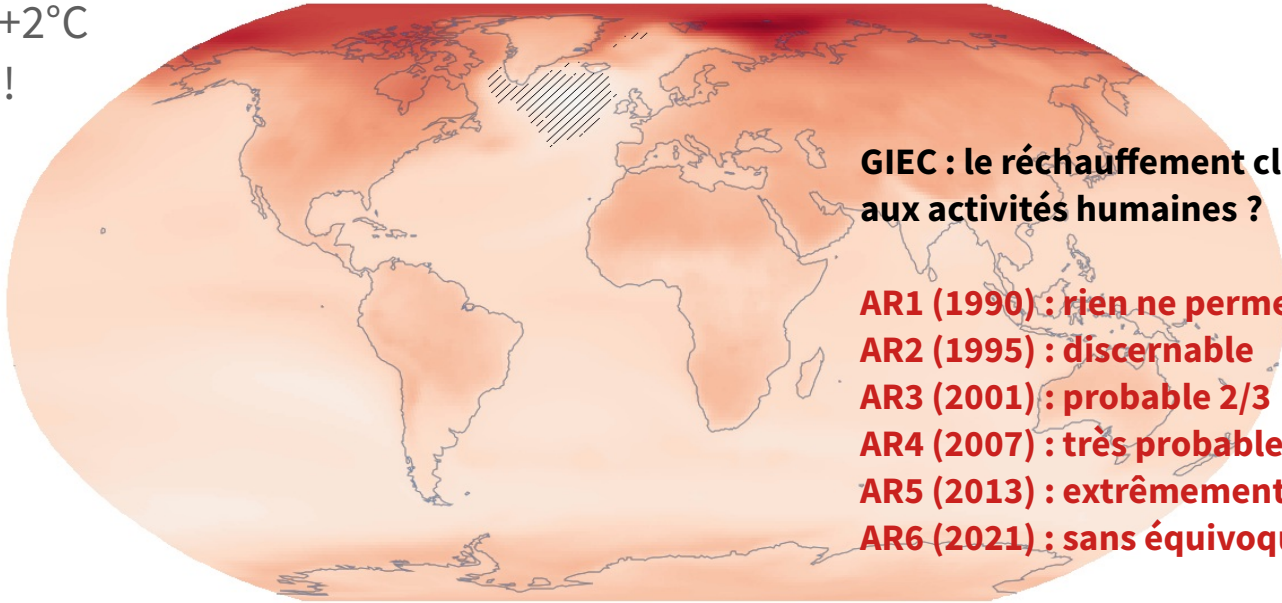
Démantèlement des stations (08/2023)



par Nanok Expedition

Quid du réchauffement climatique ?

Monde à +2°C
dès 2030 !



GIEC : le réchauffement climatique est-il dû aux activités humaines ?

AR1 (1990) : rien ne permet de l'affirmer

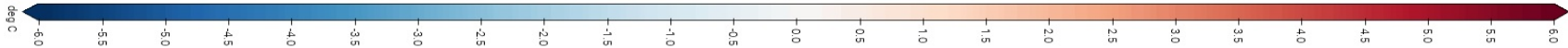
AR2 (1995) : discernable

AR3 (2001) : probable 2/3

AR4 (2007) : très probable 9/10

AR5 (2013) : extrêmement probable 9.5/10

AR6 (2021) : sans équivoque 10/10

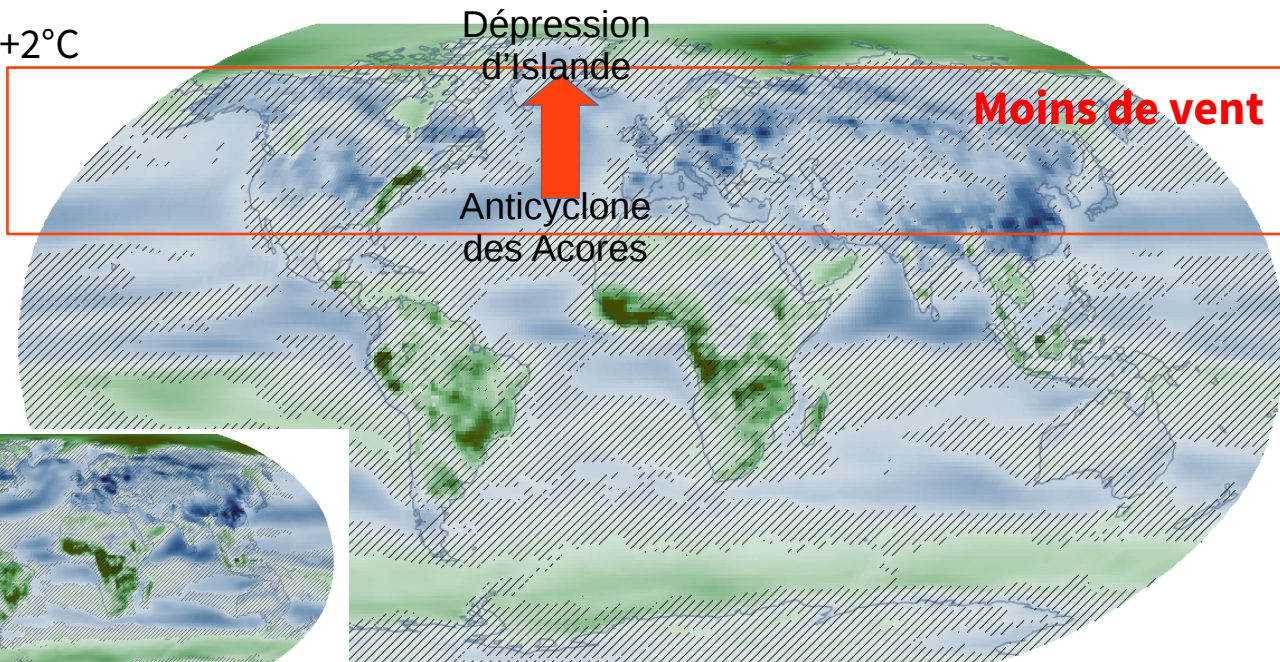


Mean temperature (T) - Change (deg C)
Warming 2°C (SSP3-7.0) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - Annual (30 models)

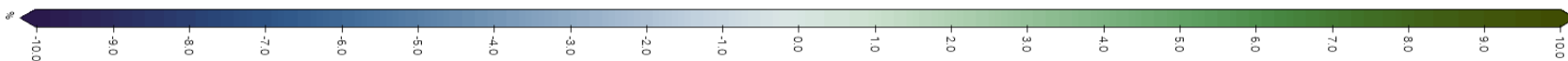
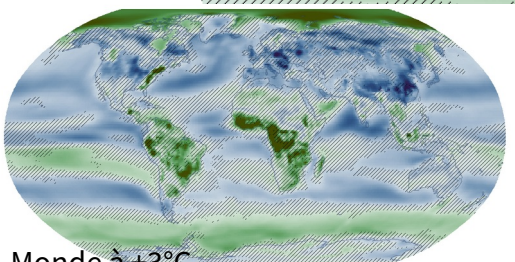
□ High agreement
▨ Low agreement

Diminution du vent à nos latitudes

Monde à +2°C



Monde à +3°C



Surface wind - Change (%)
Warming 2°C (SSP3-7.0) (rel. to 1981-2010)
CMIP6 - Annual (28 models)

□ High agreement
▨ Low agreement

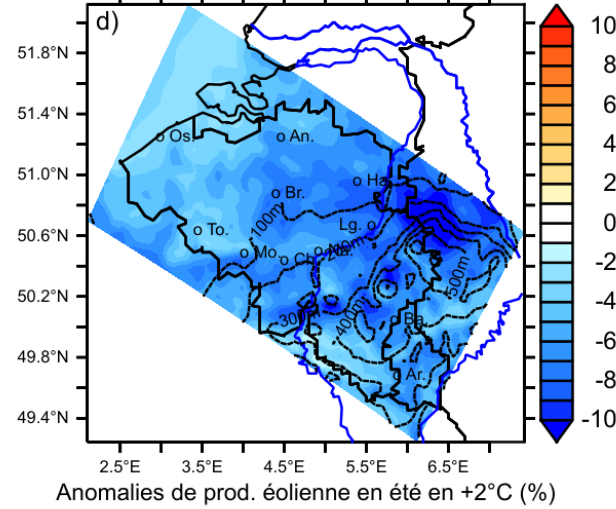
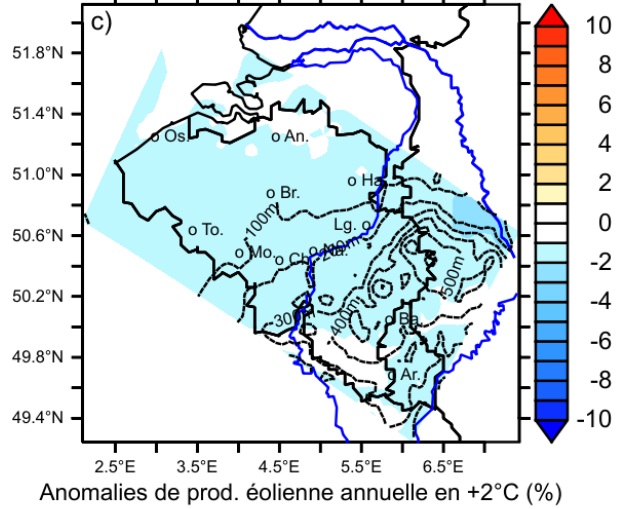
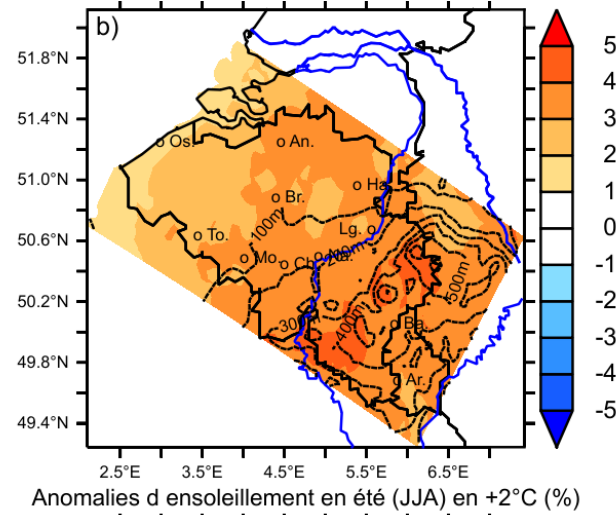
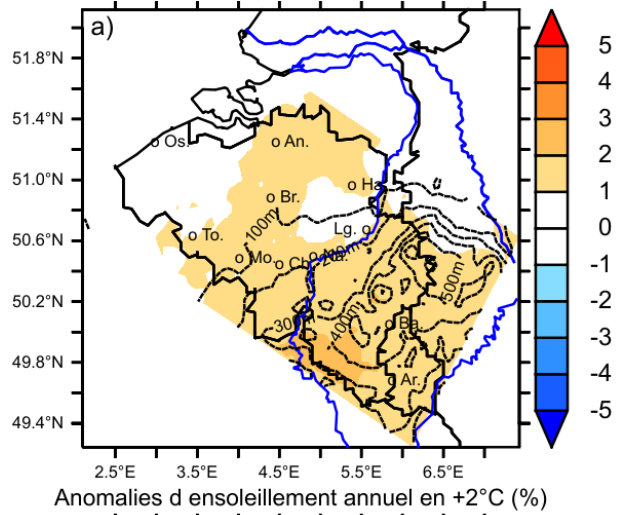
Dans un monde à +2°C

(~2031-2060), on aura

1. Plus de soleil en été
2. Moins de vent en été

Productivité éolienne ~

$$\text{densité_de_l'air} \times \text{vitesse_vent}^3$$



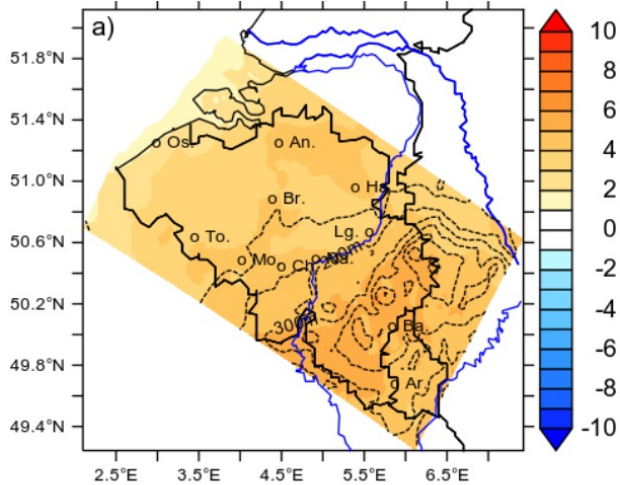
Dans un monde à +3°C

(~2061-2090), on aura

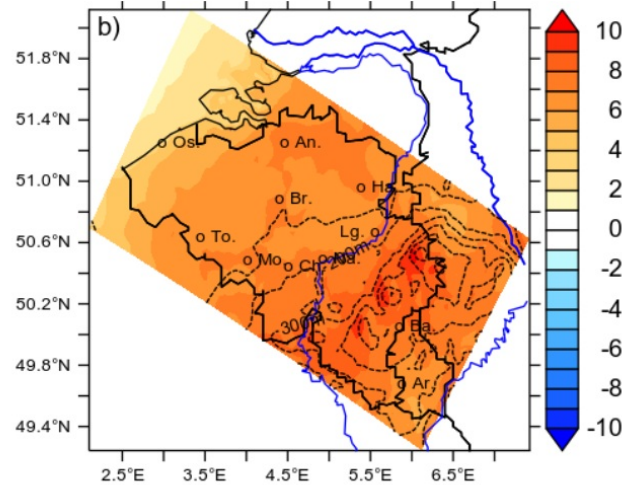
1. Plus de soleil en été
2. Moins de vent en été

Productivité éolienne ~

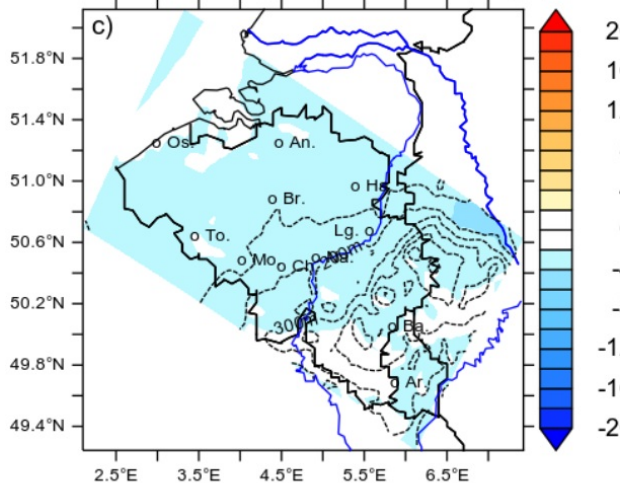
$$\text{densité_de_l'air} \times \text{vitesse_vent}^3$$



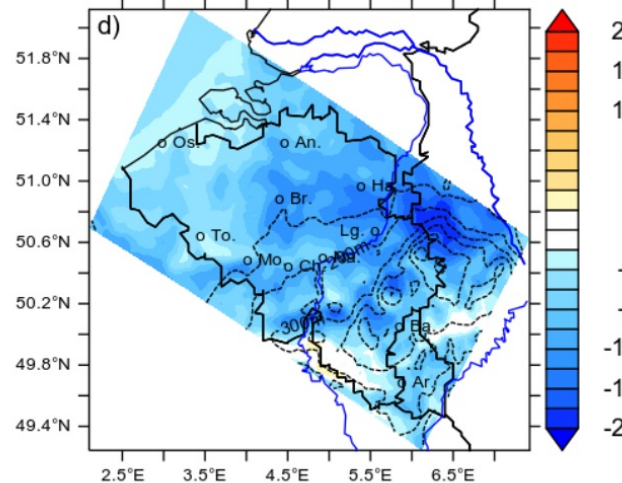
Anomalies d ensoleillement annuel en +3°C (%)



Anomalies d ensoleillement en été (JJA) en +3°C (%)

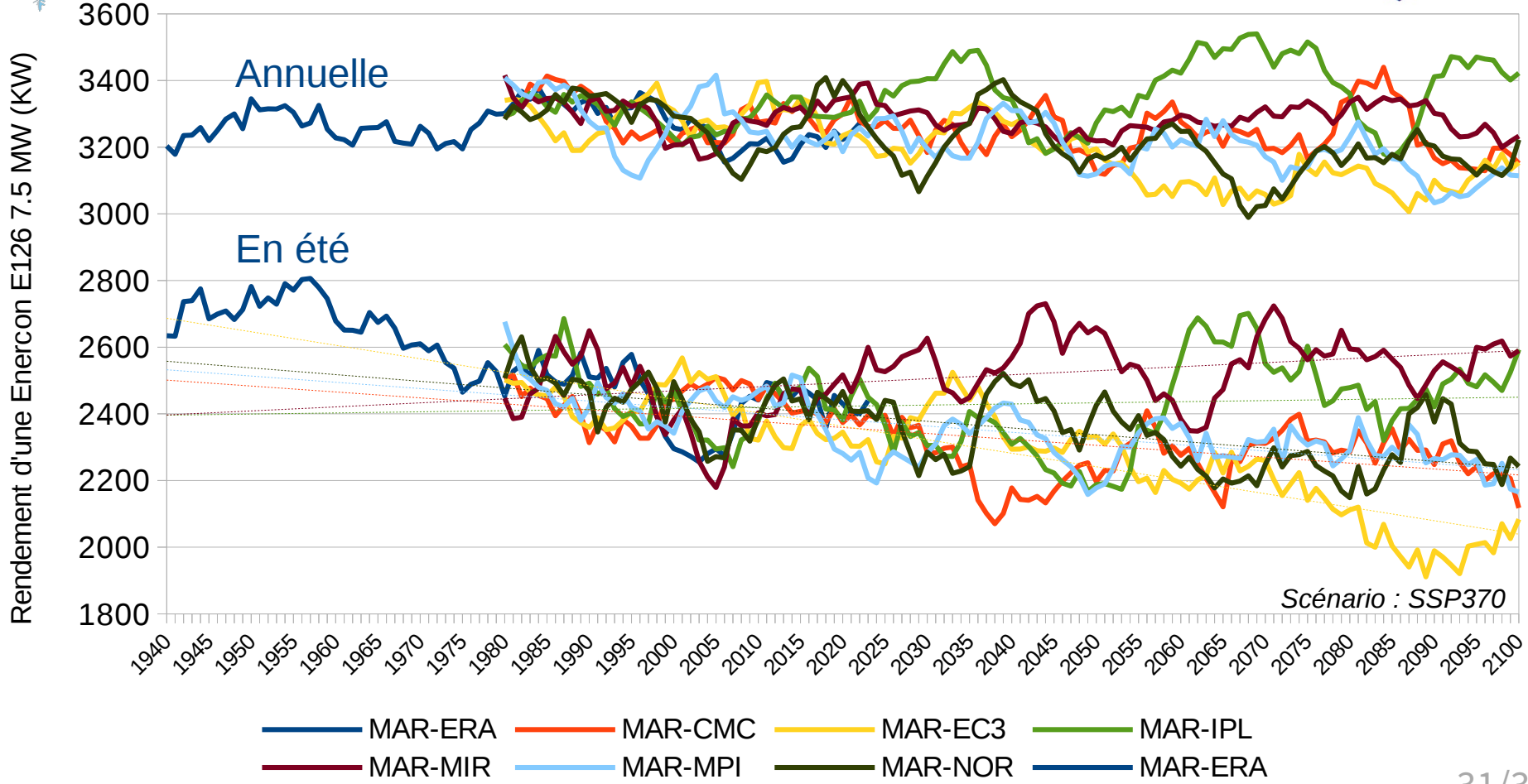


Anomalies de prod. éolienne annuelle en +3°C (%)



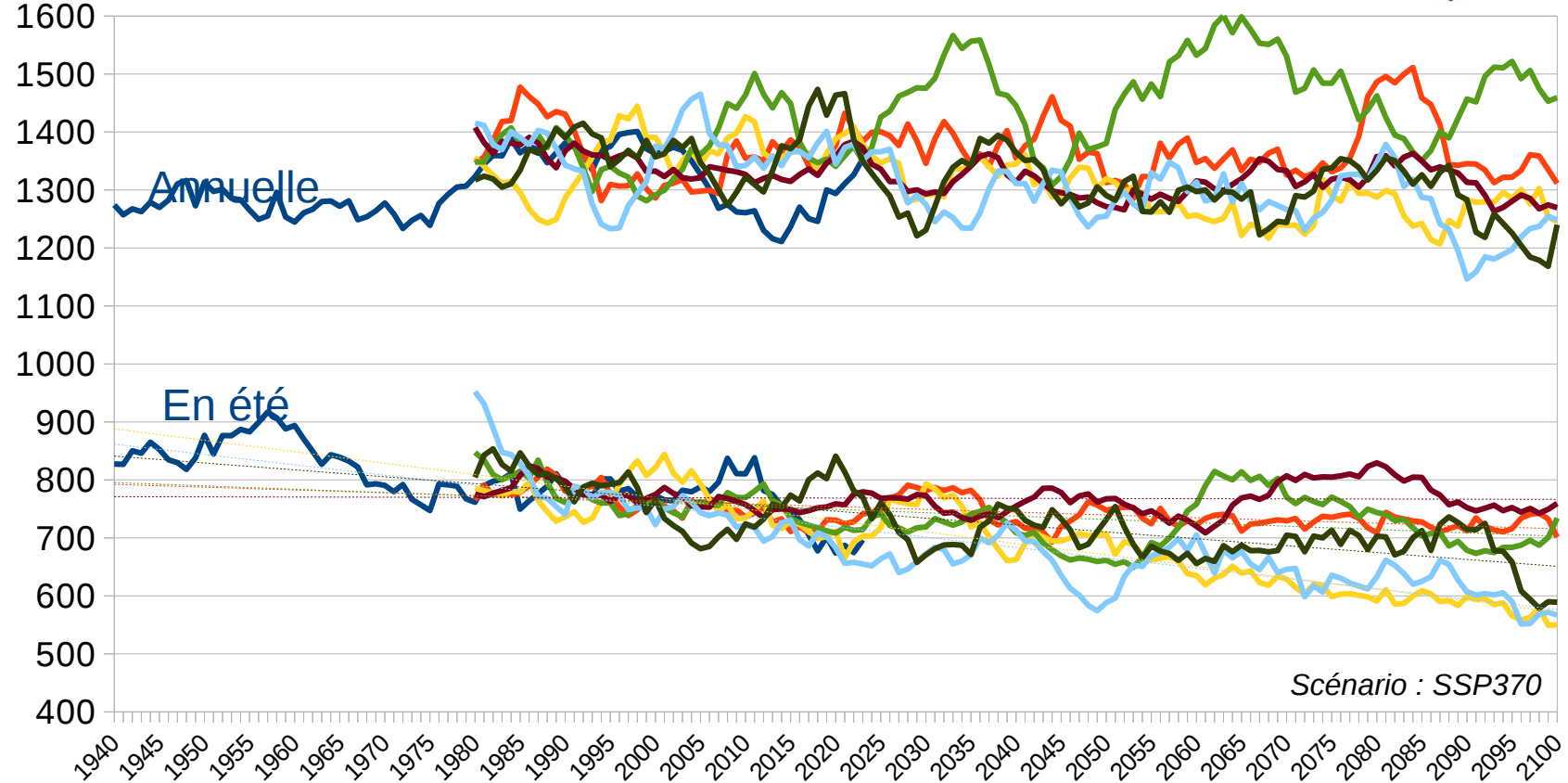
Anomalies de prod. éolienne en été en +3°C (%)

Evolution du rendement éolien à Norther (Mer du Nord)



Evolution du rendement éolien à Bastogne

Rendement d'une Enercon E126 7.5 MW (kW)

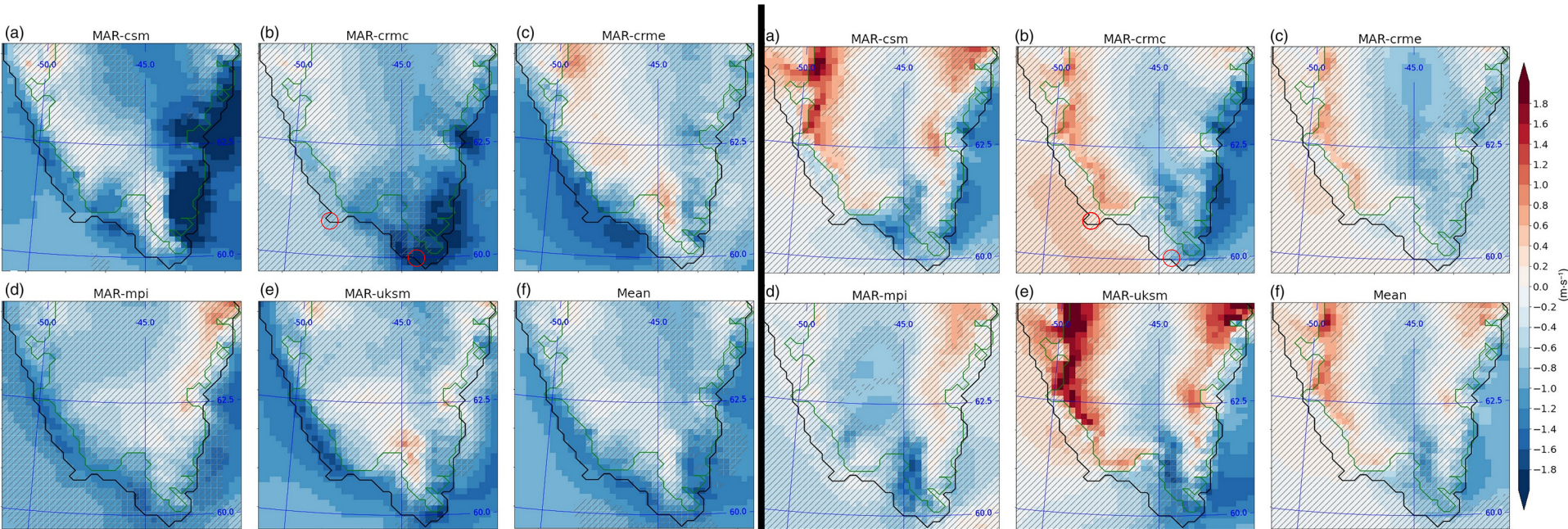


- MAR-ERA
- MAR-CMC
- MAR-EC3
- MAR-IPL
- MAR-MIR
- MAR-MPI
- MAR-NOR
- MAR-ERA

Evolution du vent au Groenland (2071-2100)

Diminution du vent en hiver mais pas en été !
Densité de l'air reste élevée !

2071-2100 vs 1981-2010



Anomalies de la vitesse du vent en hiver

Anomalies de la vitesse du vent en été



Comment transporter cette énergie ?

Artist representation of a remote energy hub placed in Greenland.