

Recherche multidisciplinaire sur l'impact du changement climatique sur la qualité de l'air. Avantages et difficultés de cette pluridisciplinarité

*PHYSICOCHIMIE DES PROCESSUS DE COMBUSTION ET DE L'ATMOSPHERE
(PC2A)*

Fèvre-Nollet V., MCF, HDR

IUT A Lille, département chimie

Lebègue P., MCF

IUT A Lille, département informatique

Declerck L., PhD

Université Lille1, thèse de géographie

TERRITOIRES, VILLES, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ (TVES)

Rommand-Norrand C., MCF

Université Lille1, géographe-climatologue

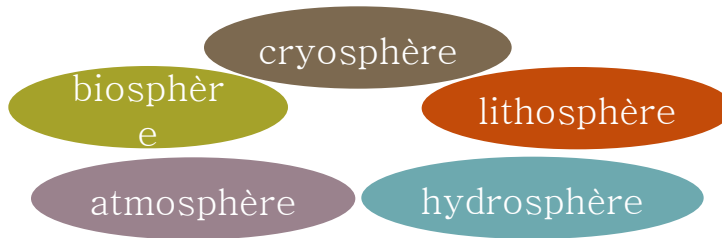
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY & ECOLOGY, Grèce

Kalimeris A., Assistant professor

TEI Iles IONIENNES, mathématicien

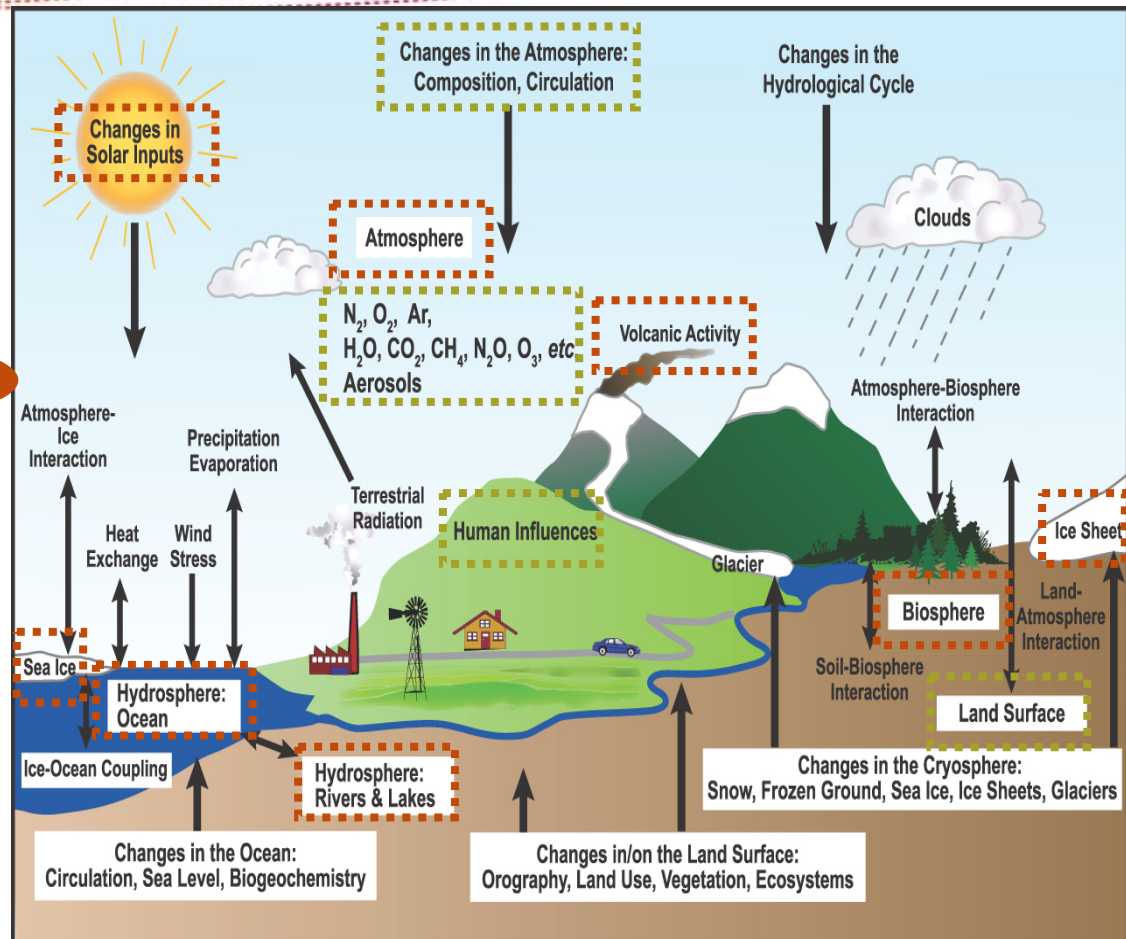
Contexte de l'étude / Climat, Forçages, Scénarios

Système climatique, climat = interactions et échanges entre les composantes terrestres



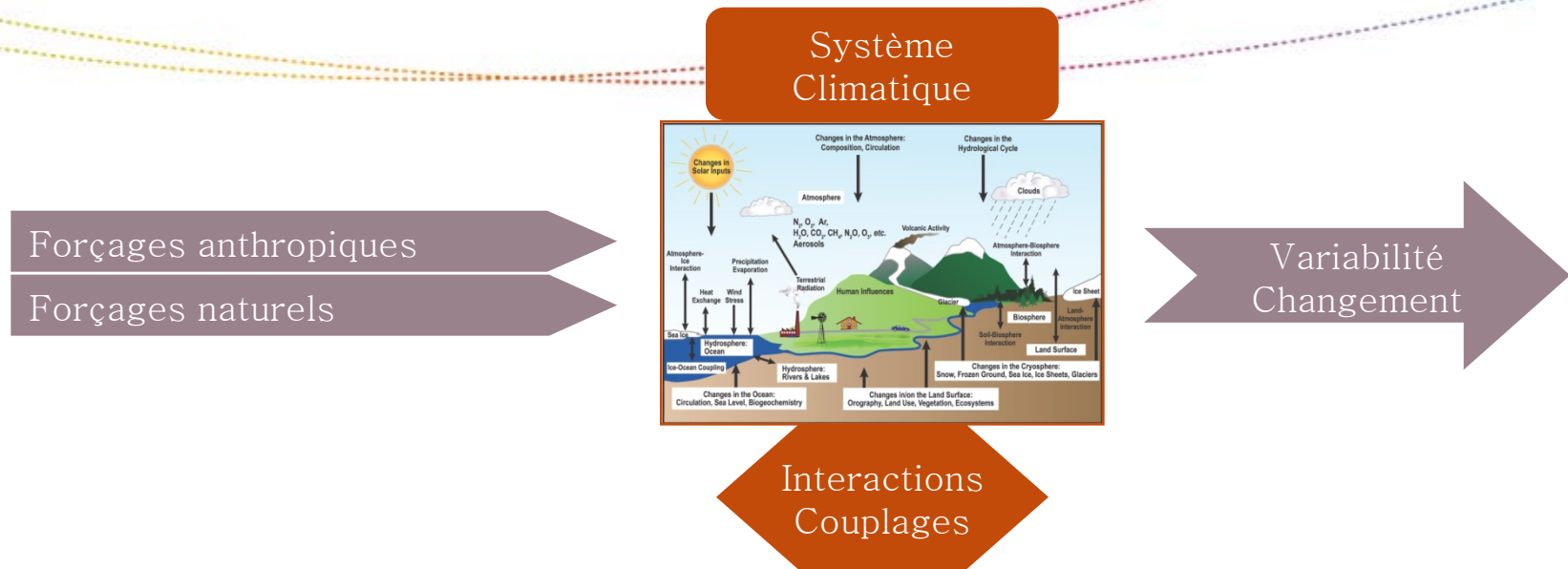
Evolution CLIMAT : c'est la réponse aux forçages

Forçage : influence par un agent naturel ou anthropique sur le système



Le Treut et al., 2007

Contexte de l'étude / Climat, Forçages, Scénarios



Forçage anthropique d'émissions (gaz à effet de serre) → *forçage radiatif*

ACTUEL

Augmentation moyenne de la température moyenne globale de l'atmosphère
+0,74°C entre 1906 et 2005 (Giec, 2007)

FUTUR ?

Estimation des futurs forçages → scénarios d'émissions de CO₂ → poursuite du phénomène de réchauffement

Nos interrogations ???

- 1/ La circulation de l'atmosphère est-elle influencée par le forçage anthropique à l'échelle globale ?
- 2/ Si oui, cela influence-t-il la diffusion de polluant à l'échelle locale ?



Méthodologie

Analyse climatique

Forçages d'émissions et variabilités de la circulation

étude pluridisciplinaire

Modes de variabilité et Régimes de temps

Climatologie



Qualité de l'Air

Application à la qualité de l'air

Variabilités de la circulation et diffusion de polluants

Particules en suspension et Dioxyde d'azote NO₂



Université
Lille1
Sciences et Technologies

Analyse climatique // Caractériser la circulation atmosphérique

Variable d'étude : hauteur géopotentielle du niveau de pression 500 hPa

Définition : altitude à laquelle on atteint la pression de 500 hPa (en moyenne 5560 m)

Fluctuations (**variabilités**) → états préférentiels

- Modes de variabilité
ex : ONA

Basse fréquence, échelle interannuelle

- Régimes de temps

Haute fréquence, échelle saisonnière

Caractérisés par : Récurrence / Persistance / Quasi-Stationnarité

Analyse climatique // Domaine d'étude et données

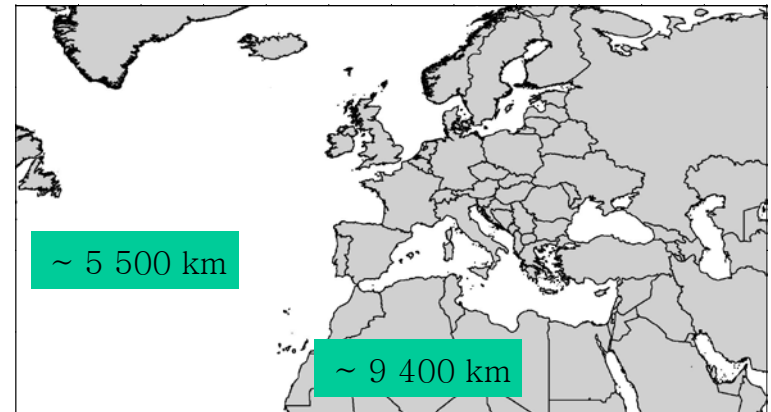
- **Domaine géographique :**

Atlantico-Européen [60°W-60°E ; 20°N-70°N]

- **Hauteurs géopotentielles (Z500) :**

Données jour, mois et saisons (2,5° long., 2,5° lat.)

- **Période hivernale** (décembre, janvier, février)
- HadCM3, **modèle de circulation** générale couplé océan-atmosphère (*Gordon et al., 2000*)
- **Réanalyses** NCEP



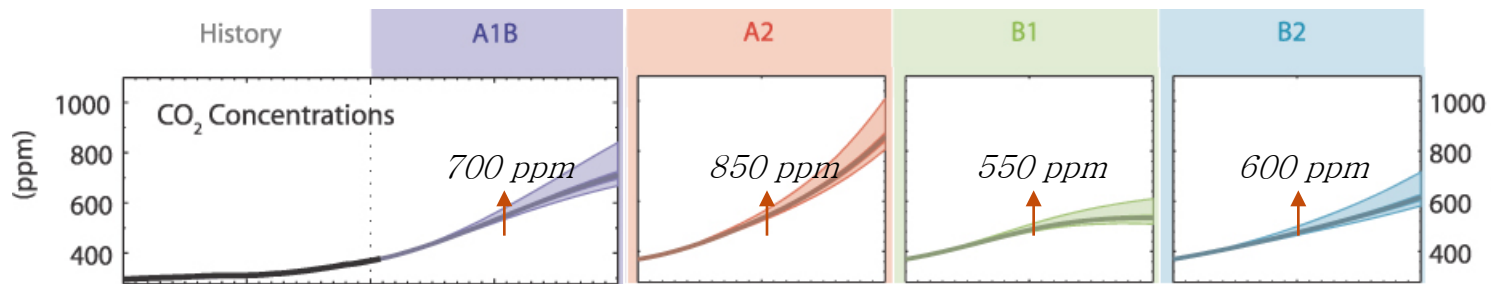
Analyse climatique // Périodes et scénarios

Comparaison de 2 périodes temporelles :

ACTUELLE | 1960-1989 → 20c3m : **sans** scénarios de forçages d'émissions

FUTURE | 2070-2099 → B1 < B2 < A1B < A2 : **avec** scénarios de forçages d'émissions

} **HadCM3**



Concentrations de CO₂ associées aux scénarios d'émissions

Meehl et al., 2007

Analyse climatique // modes de variabilité // méthode

Analyses en Composantes Principales avec Rotation - ACP-R

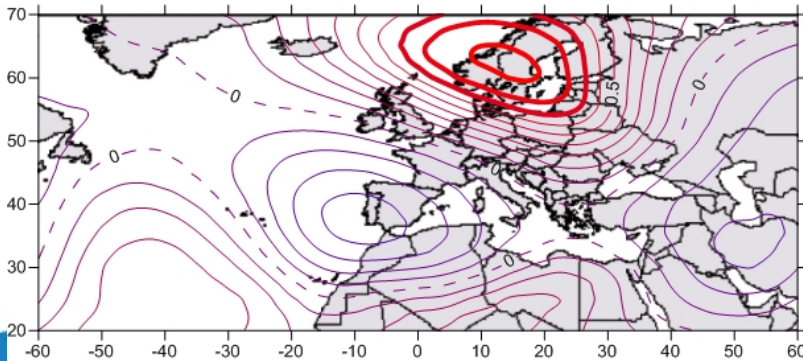
Regroupe les variables ayant la même variance au sein d'une **Composante Principale (CP)**

Rotation Varimax permet de maximiser la variance d'une variable sur une même CP (*Richman, 1986*)

modes de variabilité

Poids factoriels (corrélations)

REPRESENTATION SPATIALE



Scores factoriels (intensité circulation)

EVOLUTION TEMPORELLE



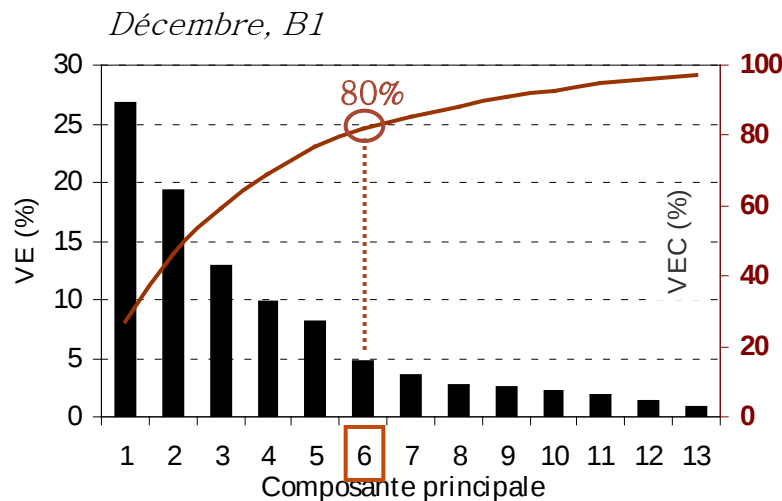
Université
Lille1
Sciences et Technologies

Décembre A2, mode Scandinavie

Analyse climatique // modes de variabilité // méthode

Combien de composantes principales ?

ACP-R sert à extraire les **structures** de variabilité dominantes et récurrentes du géopotentiel 500 hPa.

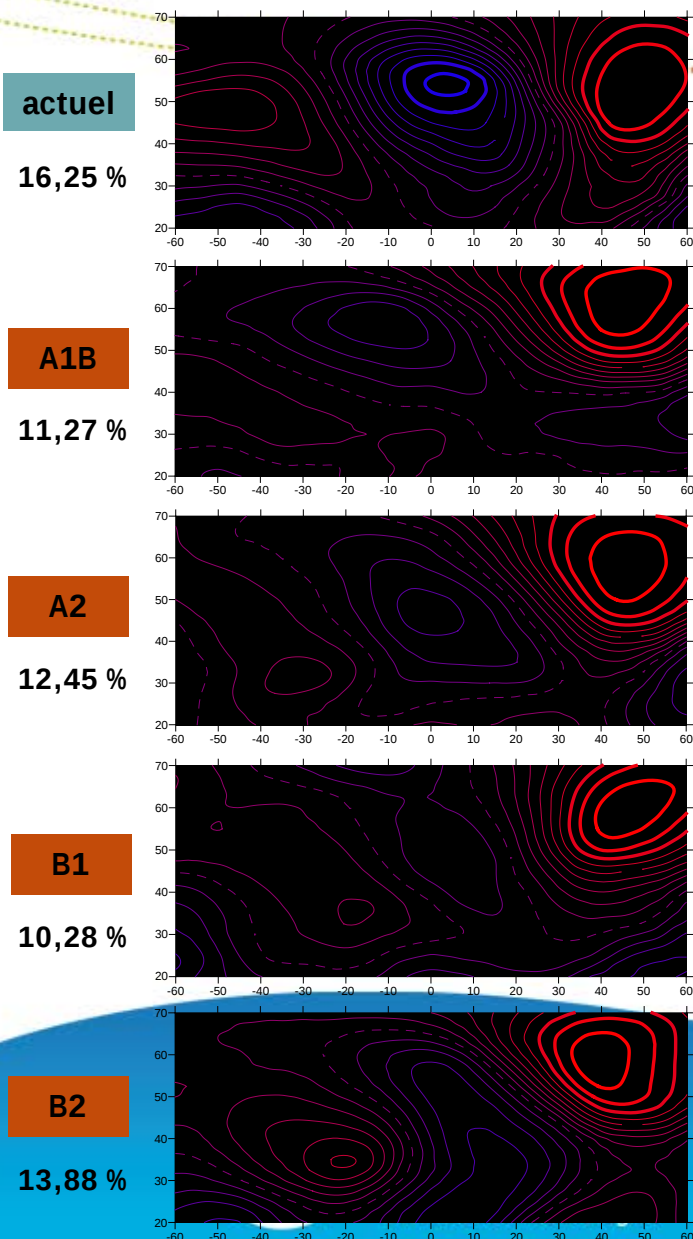


Démarche pour chacune des ACP-R :

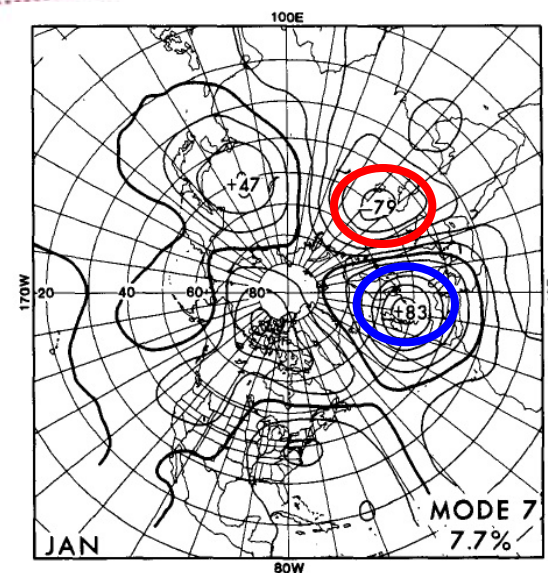
- Avant rotation : *scree test* → les 6 premières CP détiennent ~80% de la variance
- Rotation sur ces 6 CP

Choix de 6 composantes en majorité

Analyse climatique // modes de variabilité // évolution spatiale

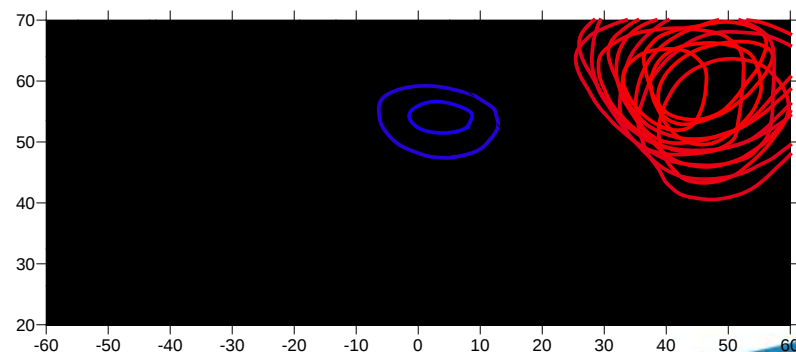


- EA-WR
[Est Atlantique-Ouest
Russie]
- JANVIER



Barnston et Livezey, 1987

=

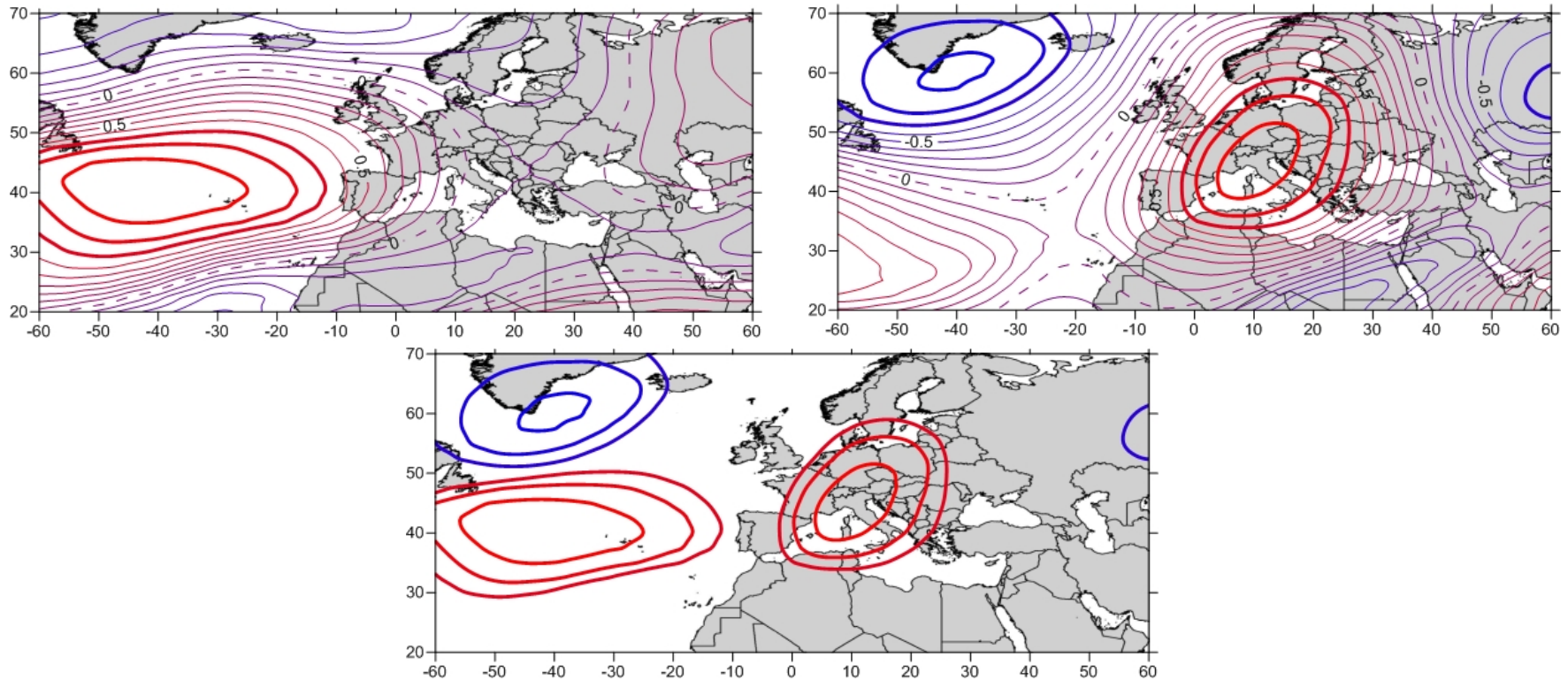


→ Localisation reconnaissable des centres d'action

Analyse climatique // modes de variabilité // évolution spatiale

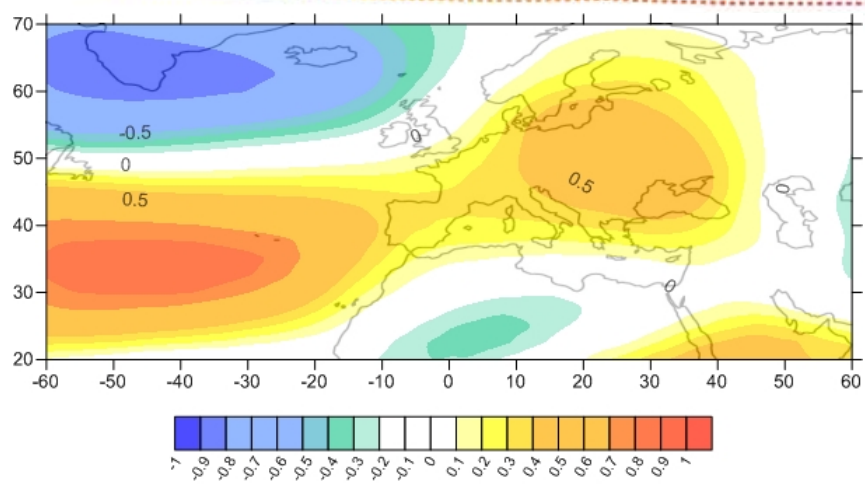
Existence de dissociations des structures spatiales

A1B février 2070-2099



→ Dissociation de l'ONA en 2 structures : Centre Atlantique + Europe Centrale/Groenland

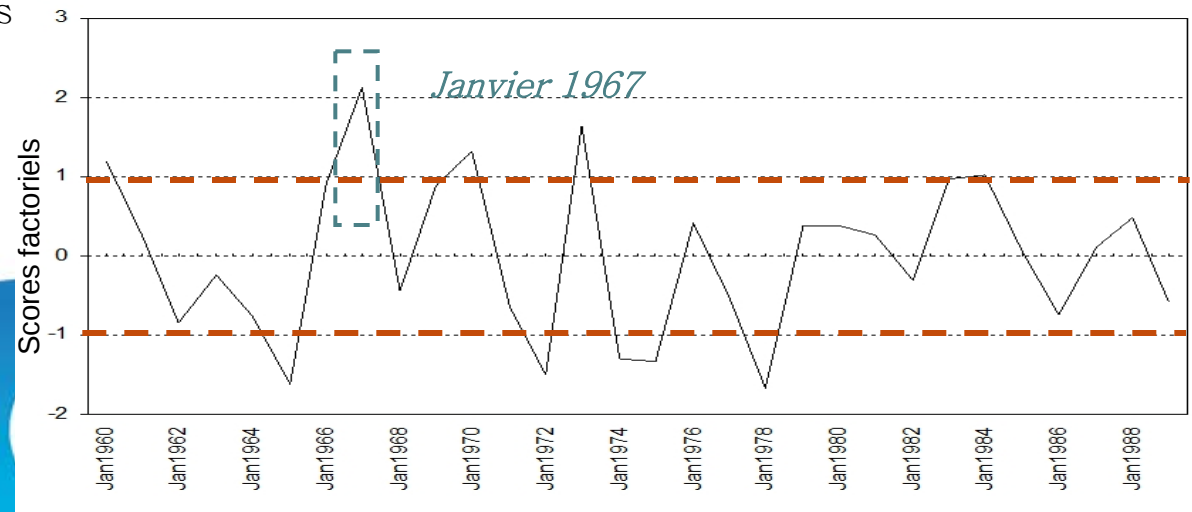
Analyse climatique // modes de variabilité // évolution temporelle



Mode ONA [Oscillation Nord Atlantique]
(Janvier 1960-1989)

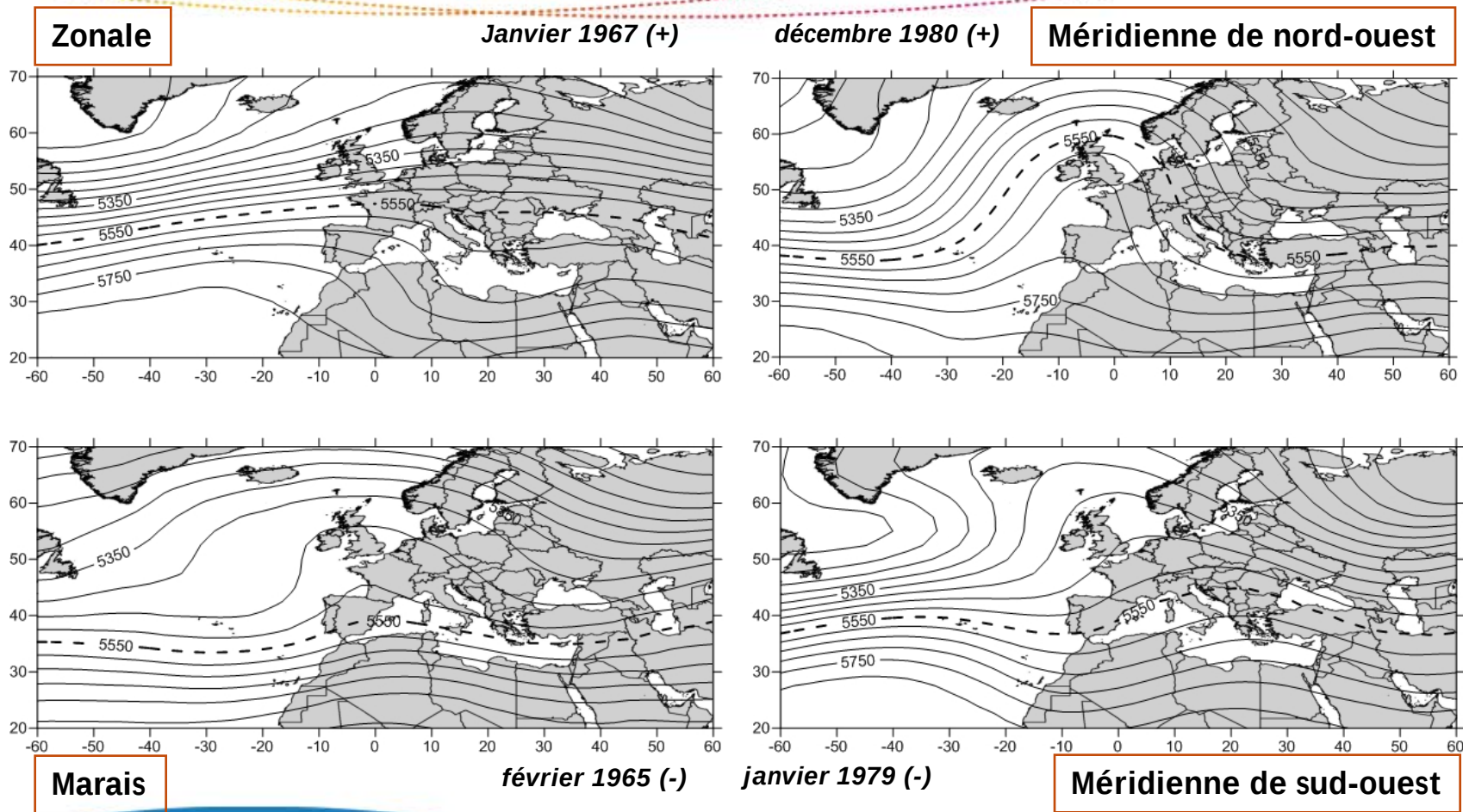
Scores factoriels → Intensité de la circulation → pics extrêmes → occurrence de ce type de circulation

2 phases



Analyse climatique // modes de variabilité // Actuelle

la région Nord-Pas-de-Calais est soumise à 4 types de circulation



Analyse climatique // modes de variabilité // Futur

	Fréquence d'occurrence	Évolution relative par rapport à l'actuel			
	actuel	B1	B2	A1B	A2
Zonale	36%	+24%	-7%	+42%	+41%
M.Sud W	7%	+83%	+175%	+112%	+74%
M.Nord W	50%	-38%	-18%	-38%	-38%

→ Evolution de l'occurrence des types de circulation

Augmentation circulation zonale → plus d'influence océan Atlantique

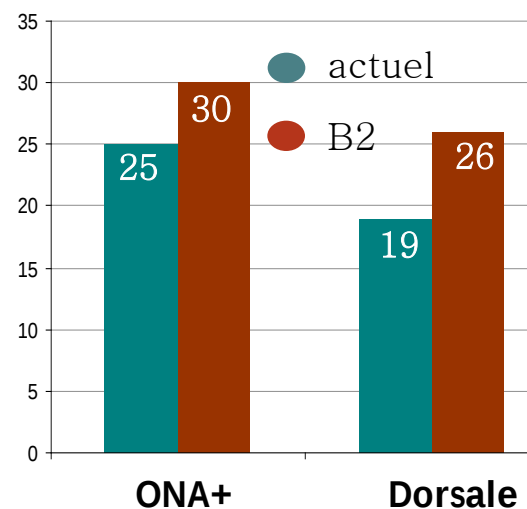
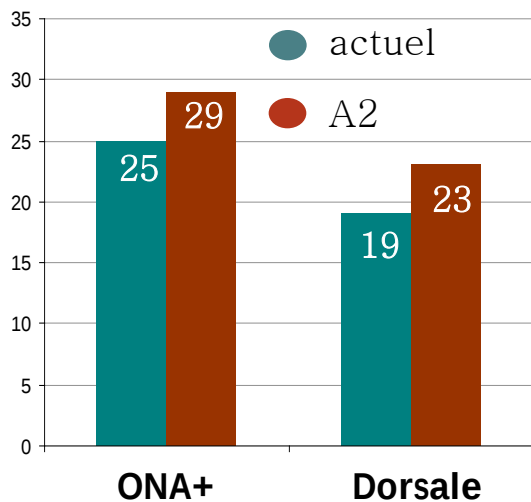
Augmentation circulation méridienne de sud-ouest → plus d'influence Bretagne, Espagne

Diminution circulation méridienne de nord/nord-ouest → moins d'influence Royaume-Uni

Analyse climatique // régime de temps // occurrence et persistance

→ Évolutions des caractéristiques temporelles

Fréquences
d'occurrence
en %

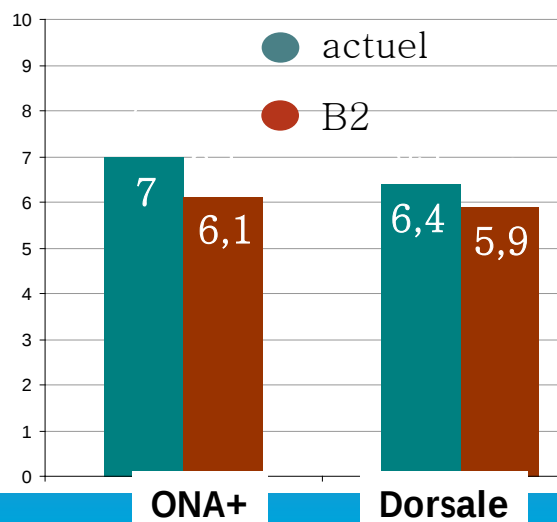
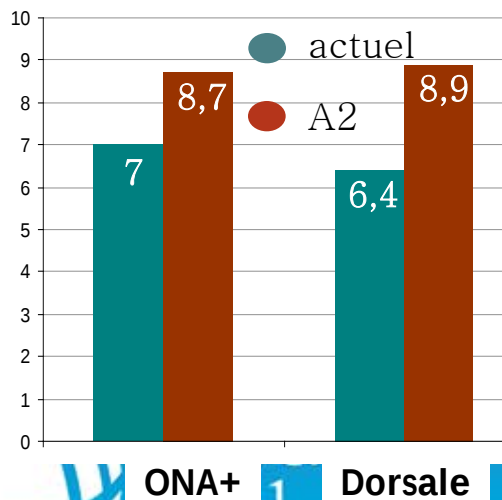


ONA+ : doux, humide
Dorsale : froid, humide

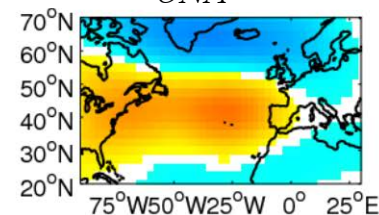
A2 : Apparaît + souvent
et persiste + longtemps

B2 : Apparaît + souvent
et persiste - longtemps

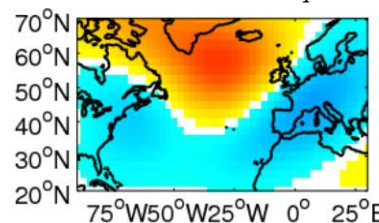
Persistances
moyennes
en nombre
de jours



ONA+



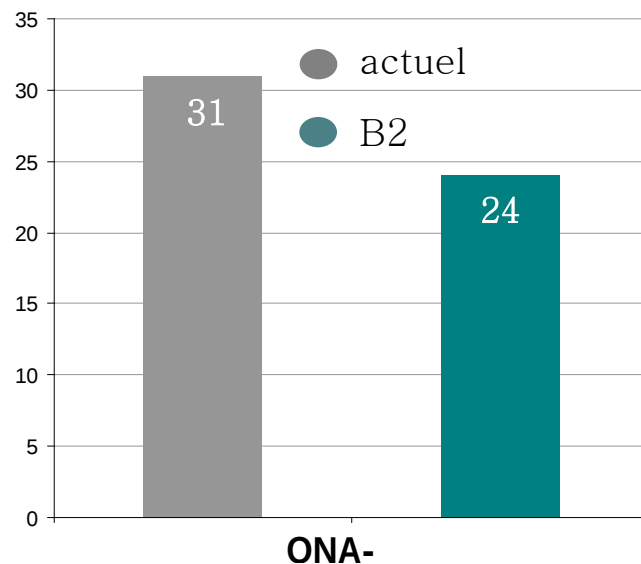
Dorsale Atlantique



Analyse climatique // régime de temps // occurrence et persistance

→ Évolutions des caractéristiques temporelles

*Fréquences
d'occurrence
en %*

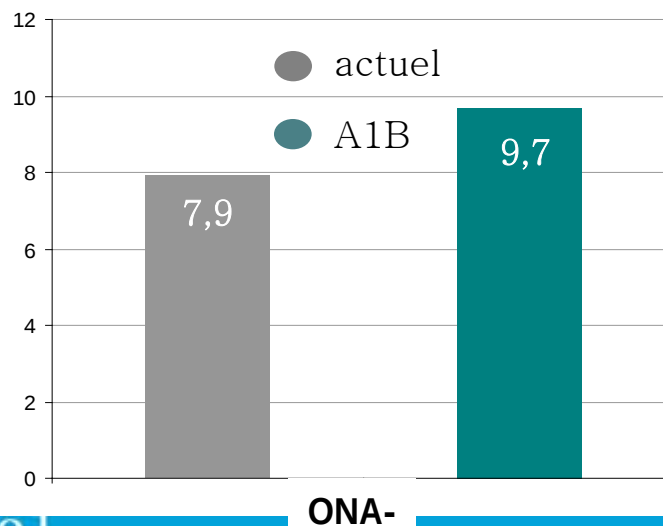


ONA- : sec, froid

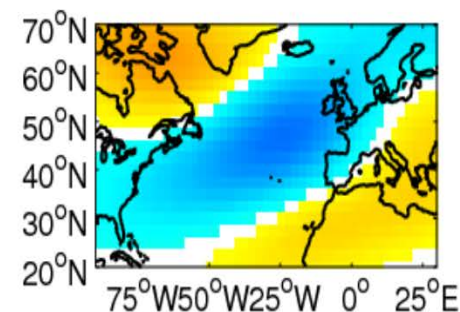
B2 : Apparaît - souvent

A1B : Persiste + longtemps

*Persistances
moyennes
en nombre
de jours*



ONA-



Simulation de la qualité de l'air // la région Nord-Pas-de-Calais

La région :

- + de 4 millions d'habitants = 6,48 % population française
- petite superficie = 2,28% de la France
- d'où une densité élevée = 324 hab/km² (France = 114)
- présence du port industriel de Dunkerque
- réseau routier et trafic automobile importants

La pollution :

- **PM10 - Particules en suspension** : chauffage et trafic
- **NO₂ - Dioxyde d'azote** : trafic automobile
- **O₃ - Ozone** : polluant photochimique



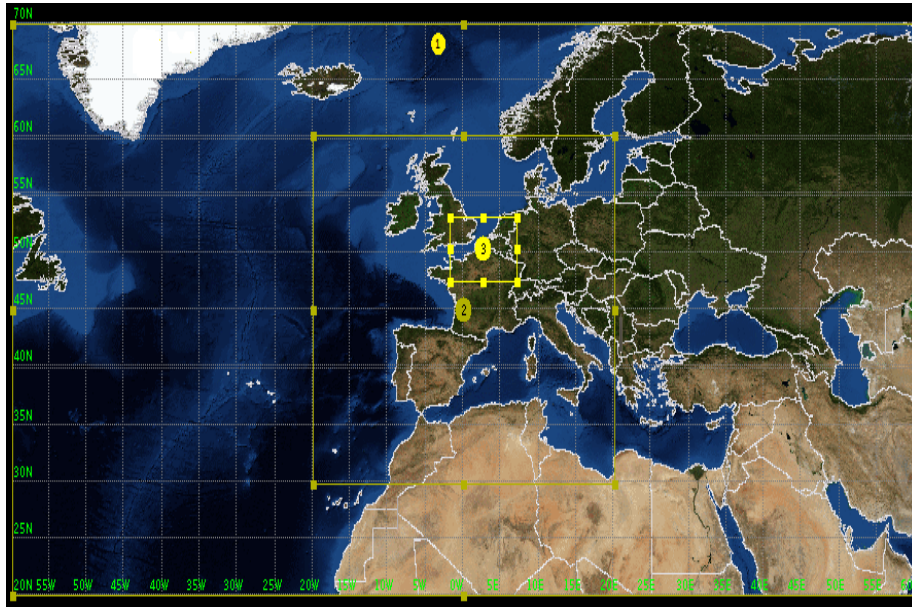
Localisation de la région Nord-Pas-de-Calais

Litige avec la Commission Européenne sur le non respect des valeurs limites de PM₁₀

Simulation de la qualité de l'air // Outil et domaine

Outil : CTM → Modèle de Chimie-Transport

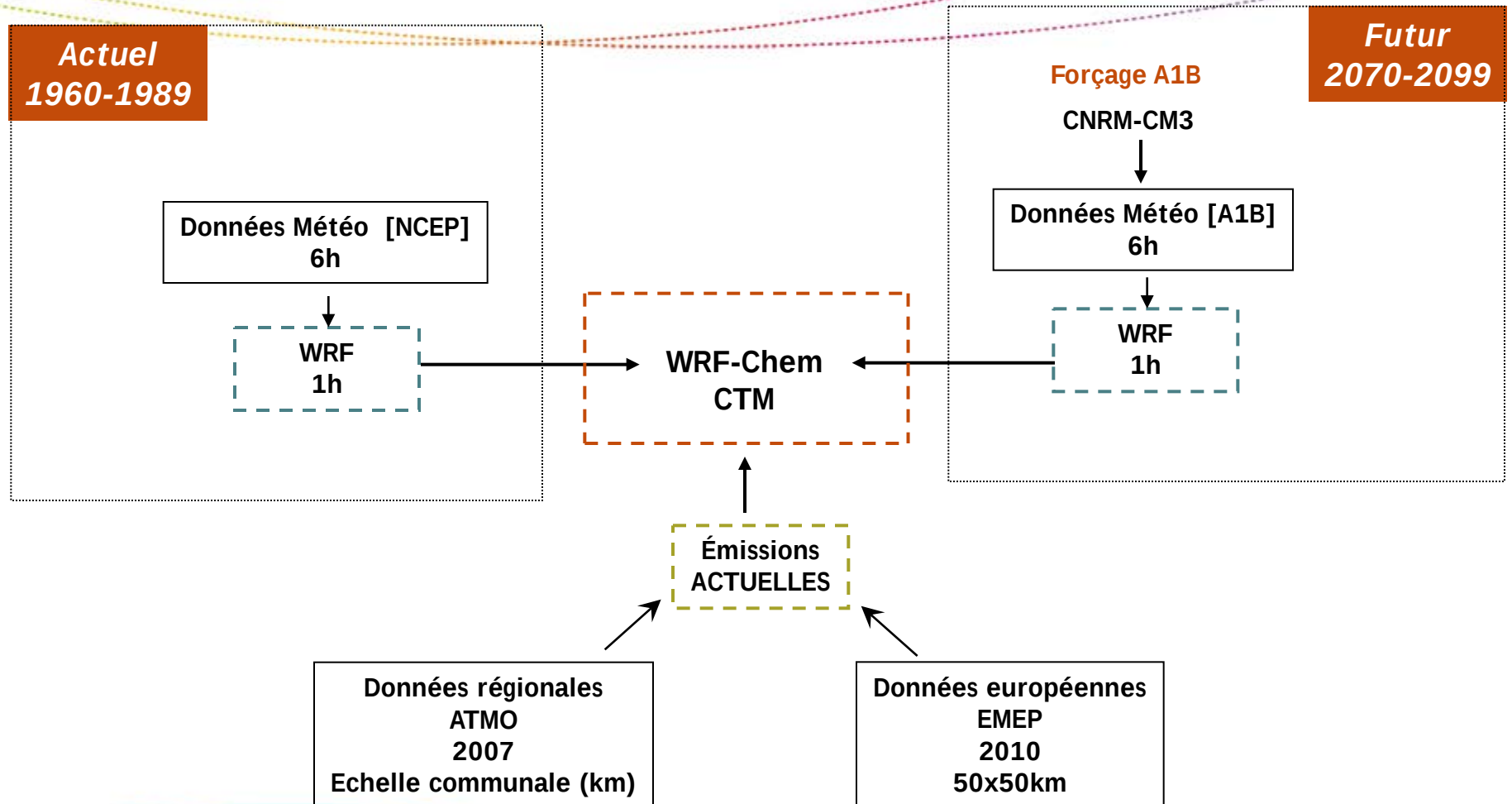
- Objectif : simuler la composition chimique de l'atmosphère
- Principe : calculer le devenir des polluants au cours du temps et pour chacune des mailles du domaine



3 domaines imbriqués, de résolutions différentes
→ prise en compte des conditions aux limites
→ nesting

Domaine	Résolution	Nombre de mailles en « X »	Nombre de mailles en « y »
n°	km x km	ouest - est	sud - nord
1	120x120	80	45
2	30x30	125	113
3	7,5x7,5	141	121

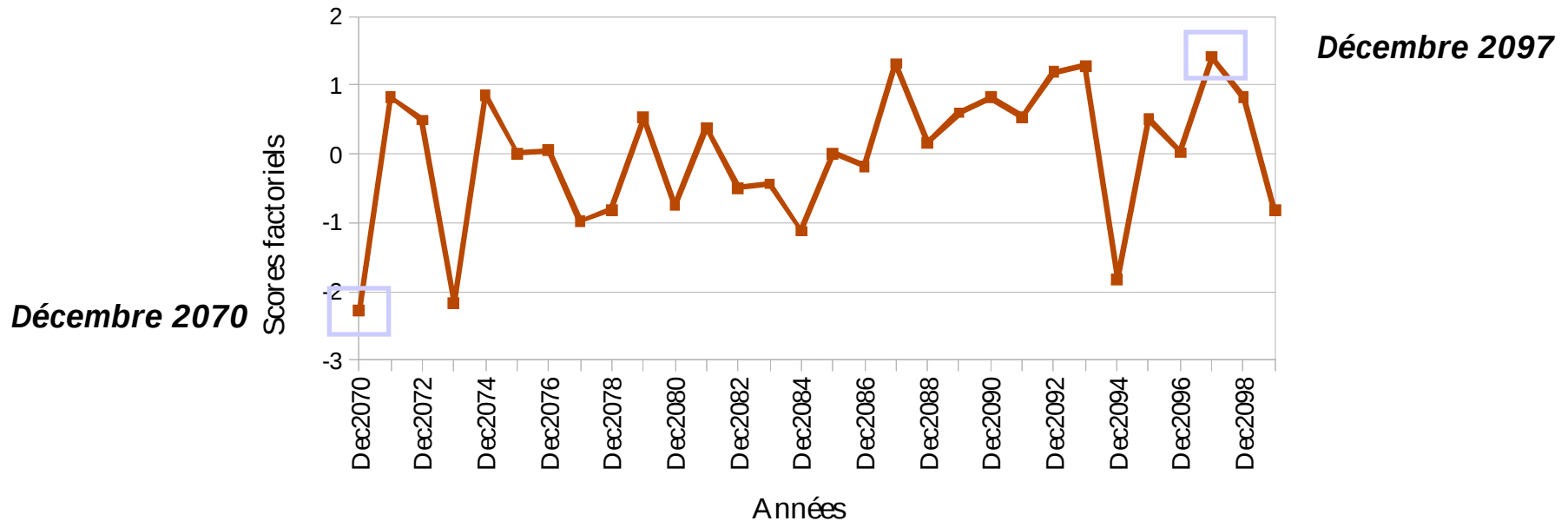
Simulation de la qualité de l'air // méthode



Simulation de la qualité de l'air // choix des périodes à modéliser

→ Choix à partir des scores factoriels des modes de variabilité

Décembre A1B, mode Est Atlantique

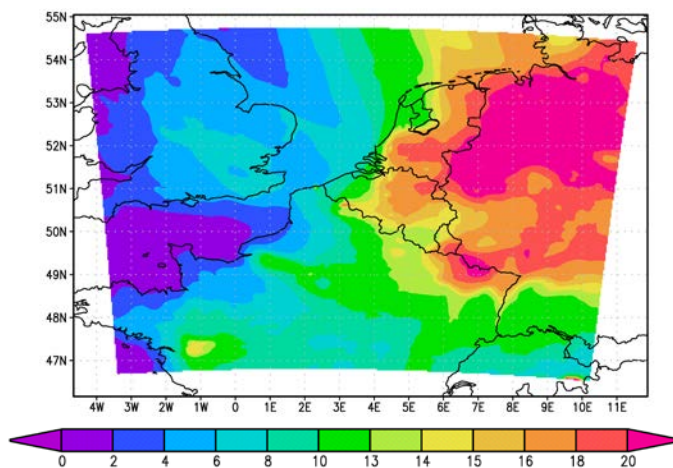


→ Choix de la variation la plus intense pour la phase positive et la phase négative

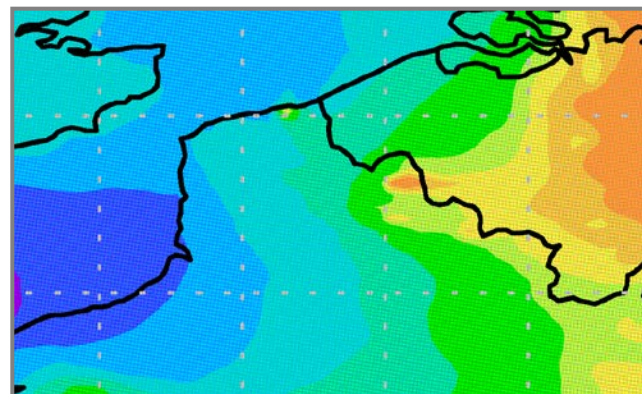
Simulation de la qualité de l'air // résultats particules fines

EA-

Concentrations $PM_{2,5}$ ($\mu g.m^{-3}$) février 1969

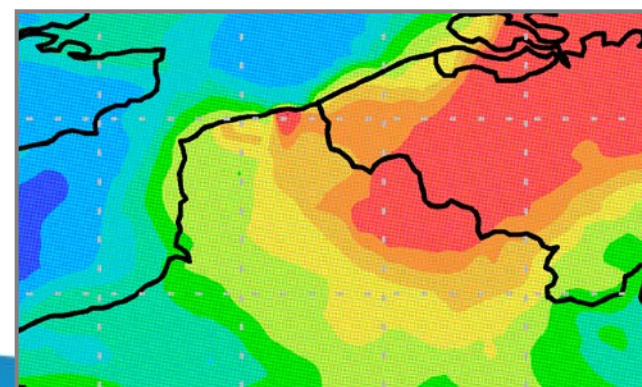
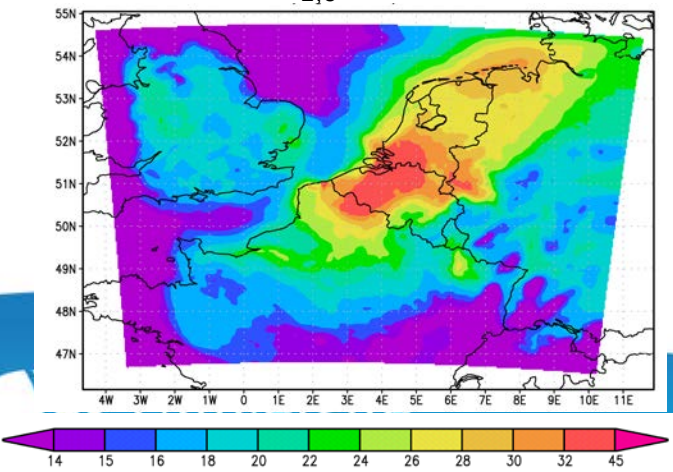


Moyenne sur 5 jours



de 4 à 18 $\mu g.m^{-3}$

Concentrations $PM_{2,5}$ ($\mu g.m^{-3}$) février 2070



de 24 à 45 $\mu g.m^{-3}$

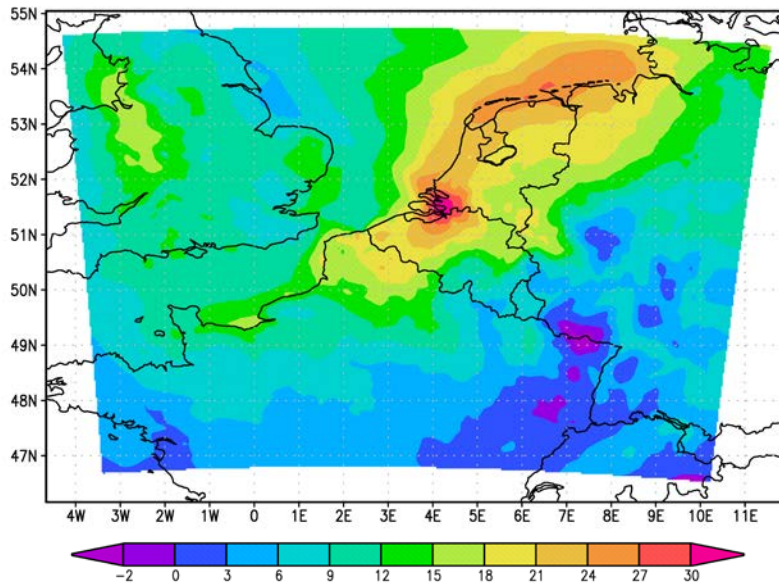
ACTUEL

FUTUR

Simulation de la qualité de l'air // résultats particules fines

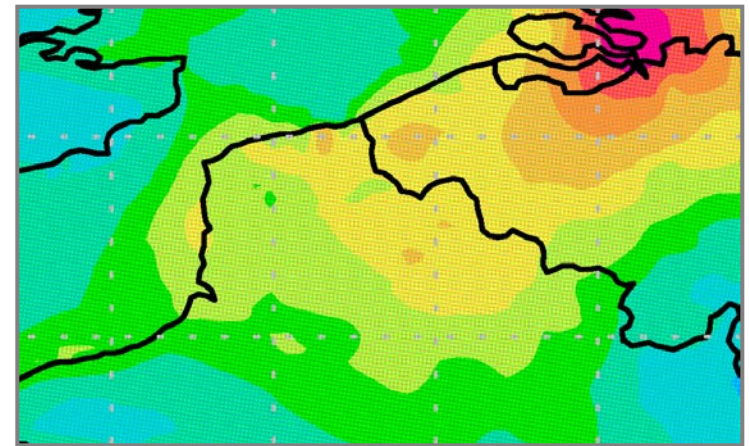
ECARTS entre les concentrations FUTURES et ACTUELLES ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

Concentrations $\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)



Moyenne sur 5 jours

EA-



→ Hausse des concentrations de particules fines

Dunkerque et métropole Lilloise : hausse entre 21 et 24 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Multidisciplinarité // Avantages et difficultés

Influence de forçages anthropiques sur la circulation atmosphérique du niveau géopotentiel 500 hPa et sur la diffusion et les concentrations de polluants sur la région Nord-Pas-de-Calais au 21^{ème} siècle - Thèse L.Declerck 2012

- Favorise le financement de la thèse
- Difficulté de recrutement
- Enrichissement pour les équipes de recherche
- Compétences élargies pour les doctorants
- peu de revues qui pratiquent l'interdisciplinarité sur ces thèmes
- Co-direction, 2 chercheurs d'écoles doctorales différentes SMRE et SESAM
- Pilotage : « Sciences dures et sciences molles »

Merci de votre attention