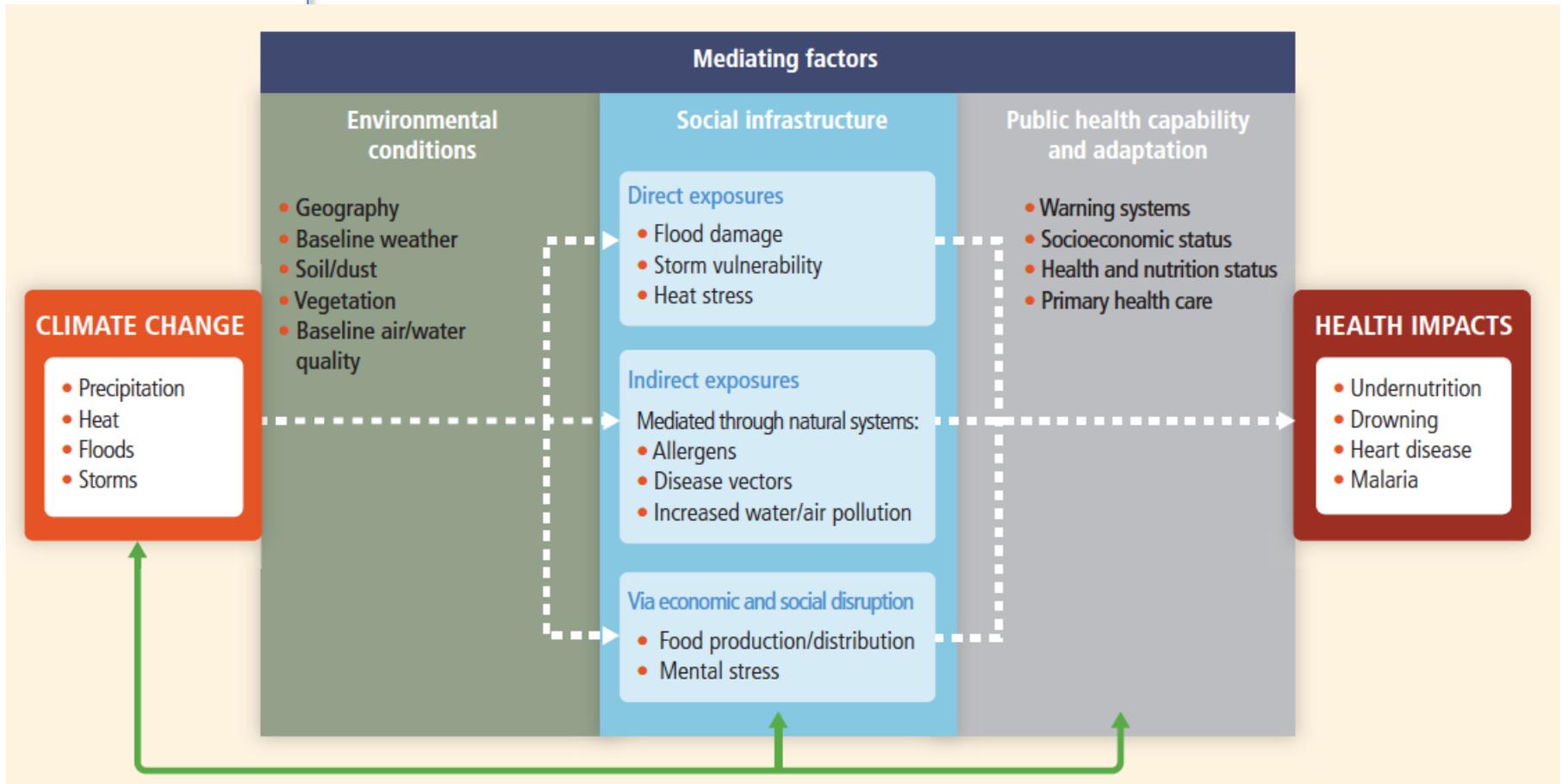


Impact du changement climatique sur la santé



Vue conceptuelle des effets du changement climatique sur la santé (IPCC 2014, Fig. 11-1)

Construction de l'interdisciplinarité Climat – Santé en Ile de France

Forte activité d'animation scientifique

- Colloques, séminaires
- Accueil de chercheurs -> collaborations de recherche
- Projet SARCES : Soutien et animation de la recherche clinique et épidémiologique (IPSL, UFR de la Santé UVSQ, équipes INSERM)



Thématiques soutenues

- **Impacts directs du CC**
Températures extrêmes; Rayonnement UV, Climat et Santé
- **Impacts indirects du CC via des changements dans la composition atmosphérique ou des changements d'écosystème**
Qualité de l'air, Allergies
Radioactivité et feux de végétation
Maladies infectieuses: méningites (Sahel), vibrios pathogènes



Températures extrêmes et mortalité

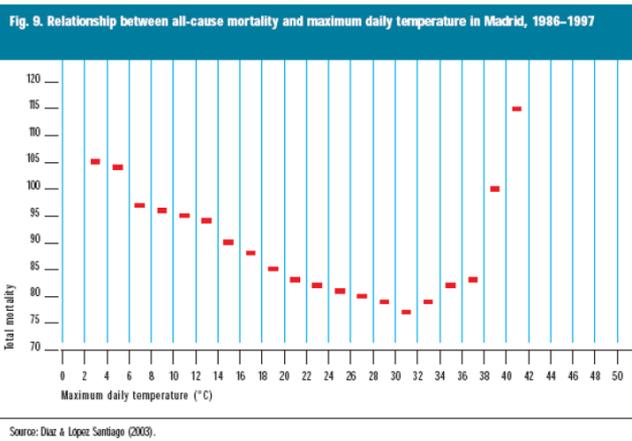
Collaboration:

Chercheurs IPSL et InVS avec P. Kinney (U. Columbia) et J. Schwartz (Harvard)

Surmortalités liées aux températures extrêmes en hiver et en été

Vagues de froid : hypothermie, accidents vasculaires cérébraux, infections respiratoires, infections croisées

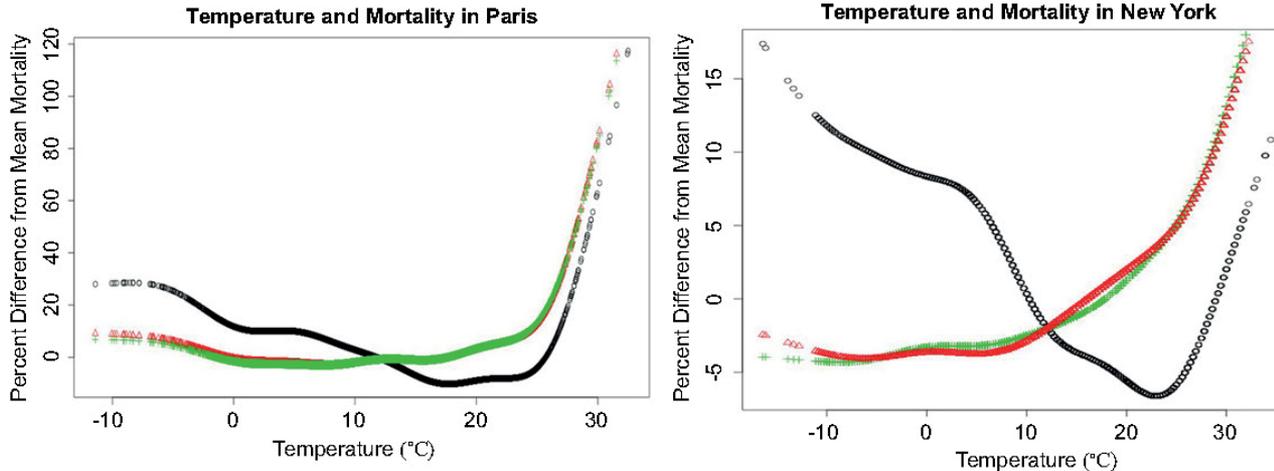
Vagues de chaleur : hyperthermie, déshydratation, troubles cardio-vasculaires



Mortalité à Madrid en fonction de la température (1986-1997)

Changement climatique: compensation des effets de température?

Comparaison des surmortalités en fonction de la température dans 36 villes (USA) et 3 villes (France)



Surmortalité en fonction de la température à Paris et New York, sans prise en compte des effets saisonniers (noir) et avec prise en compte (vert et rouge) *Kinney et al., 2015*

Conclusions:

- Surmortalité en hiver induite par des phénomènes saisonniers (grippe, ...)
- En été persistance de l'effet des vagues de chaleur lorsque la saisonnalité est prise en compte

Projets GIS: RISC-UV, EXPO-UV et EREBUS



Bénéfices du rayonnement UV

- ✧ Synthèse de la vitamine D: métabolisme du calcium essentiel à l'architecture osseuse
- ✧ Sensation de bien-être liée au bronzage

Risques liés à l'exposition au rayonnement UV

- ✧ Problèmes dermatologiques : carcinomes, mélanomes, vieillissement cutané
- ✧ Cataractes oculaires, kératites, dégénérescence maculaire

Lien avec le changement climatique

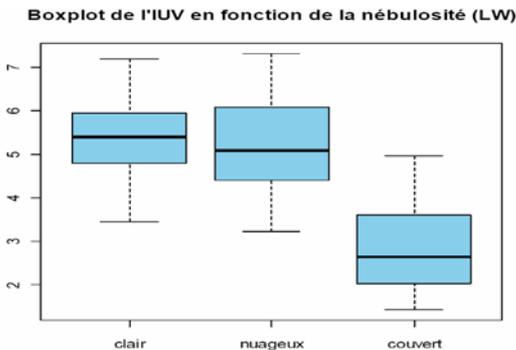
- ✧ R-UV de surface contrôlé par contenu d'ozone, aérosols, nuages, albédo
- ✧ Evolution de la couche d'ozone stratosphérique et rayonnement UV : Protocole de Montréal, Impact du CC sur le rétablissement de l'ozone
- ✧ Qualité de l'air: Réglementation émissions et CC

Collaboration physiciens de l'atmosphère (LATMOS, LMD), médecins (UVSQ)

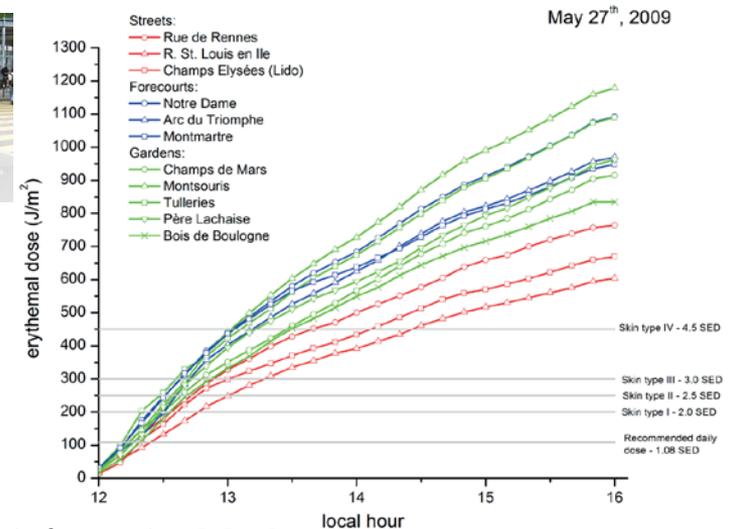
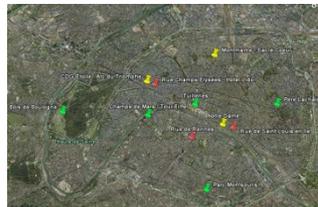
- Organisation de colloques multi-disciplinaires (3 colloques RISC-UV)
- Evaluation des différents types de mesure du R-UV : dosimètres, mesures satellite
- Effet des nuages
- Campagnes de mesure: exposition des populations

Evaluation doses érythémateuses à Paris

Effet de la couverture nuageuse



Jégou et al., 2011

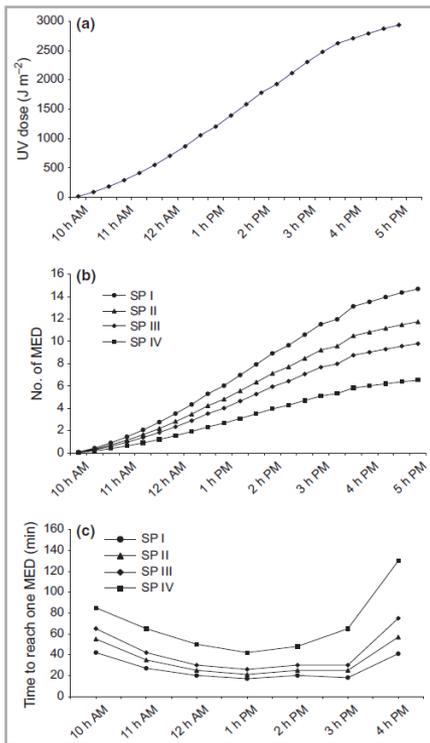


Mahé et al., 2012

Etudes comportementales: EXPO-UV

Evaluation du rayonnement UV et des mesures de protection lors de tournois de football pour enfants de 10-12 ans

Rayonnement UV



Mahé E, et al., Outdoor sports and risk of UV radiation-related skin lesions in children: evaluation of risks, and prevention. *Br J Dermatol* 2011;165:360-7.

Table 2 Sun-protective measures applied by spectators

Sun-protection measures	At 1400 h (UVI = 6.5)	
	Children	Adults
Head, No. evaluable	53	128
Hat, n (%)	0	2 (1.6)
Cap, n (%)	17 (32.1)	38 (29.7)
Trunk and arms, No. evaluable ^a	22	121
Long sleeve, n (%)	1 (4.6)	9 (7.4)
Short sleeve, n (%)	18 (81.8)	86 (71.1)
Sleeveless, n (%)	3 (13.6)	25 (20.7)
Bare-chested, n (%)	0	1 (0.8)
Legs, No. evaluable ^a	20	106
Trousers or long skirt, n (%)	6 (30.0)	41 (38.7)
Long shorts or skirt below knees, n (%)	7 (35.0)	25 (23.6)
Shorts or skirt above the knees, n (%)	3 (15.0)	35 (33.0)
Shorts/short skirt, n (%)	4 (20.0)	5 (4.7)
Sunglasses, No. evaluable	31	72
Yes, n (%)	0	25 (34.7)
People in shade, No. evaluable	57	139
Yes, n (%)	1 (1.8)	12 (8.6)

^aSoccer players were excluded from these analyses. UVI, ultra-violet radiation index.

Risques et bénéfices du R-UV

Simulation des doses UV érythémateuses et de synthèse de vitamine D en ciel clair sur la période 1980 – 2100 à partir des différents scénarios de l'IPCC en Europe

- Rétablissement de la couche d'ozone -> baisse du R-UV
- Réglementation qualité de l'air - baisse des aérosols -> augmentation du R-UV
- Changement climatique: influe sur l'ozone et les aérosols

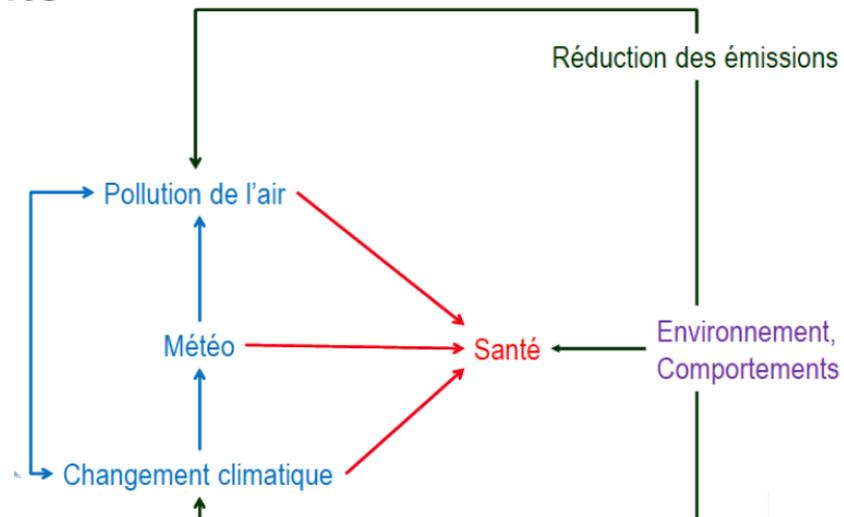
Erythème	→	↑ 2 à 3% <u>RCP 2.6</u> (été)
		↓ 3 à 5% <u>RCP 8.5</u> (été)
Vitamine D	→	↓ 5 à 7% <u>RCP 2.6</u> (hiver - printemps)
		↓ 16 à 18% <u>RCP 8.5</u> (hiver - printemps)

Qualité de l'air et Santé

Effet de la pollution de l'air sur la santé

- Exposition prolongée aux particules fines (PM2.5): maladies cardio-vasculaires, cancer du poumon.
- Exposition à l'ozone: stress oxydant: problèmes respiratoires

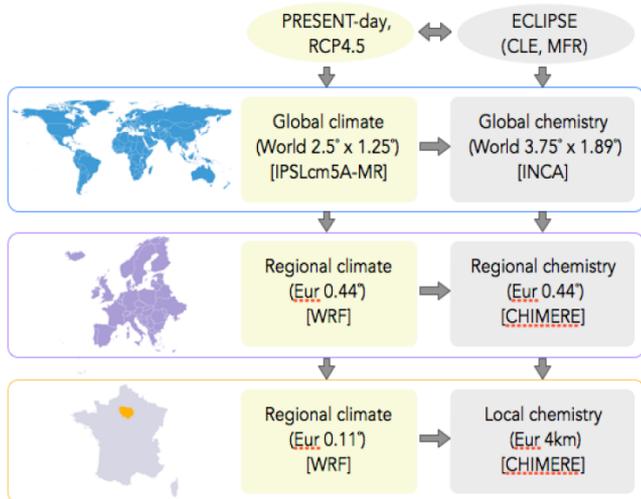
Interactions Climat-Pollution-Santé



Projet ACHIA

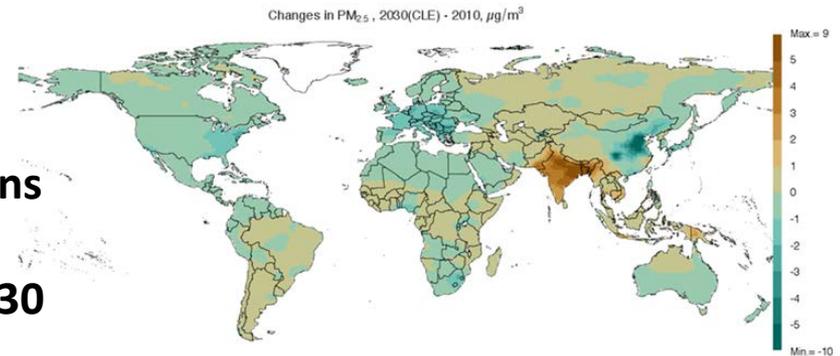
Impact sur la santé de l'évolution de l'ozone à la surface et des PM2.5 à partir de simulations (modèles de climat, de qualité de l'air et santé), pour différents scénarios (CLE: current legislation et MFR: maximum feasible reductions of future emissions) et à différentes échelles

ACHIA Integrated Model Framework

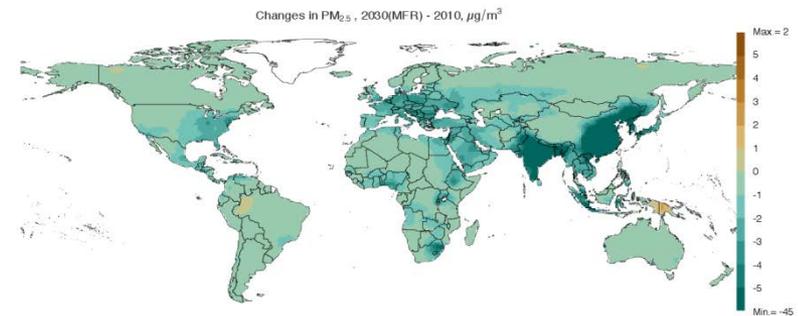


CLE

concentrations
annuelles de
PM2.5 en 2030



MRF

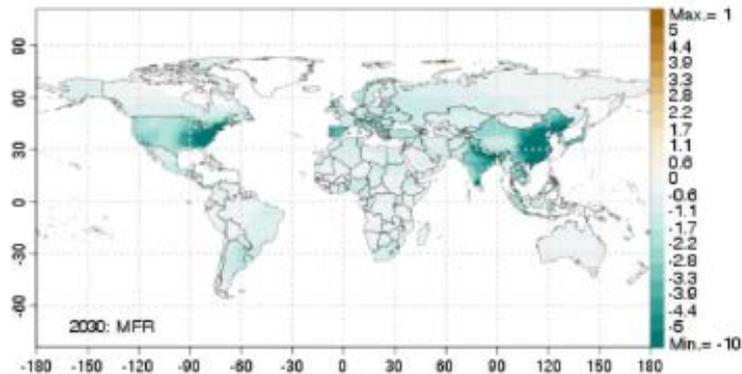
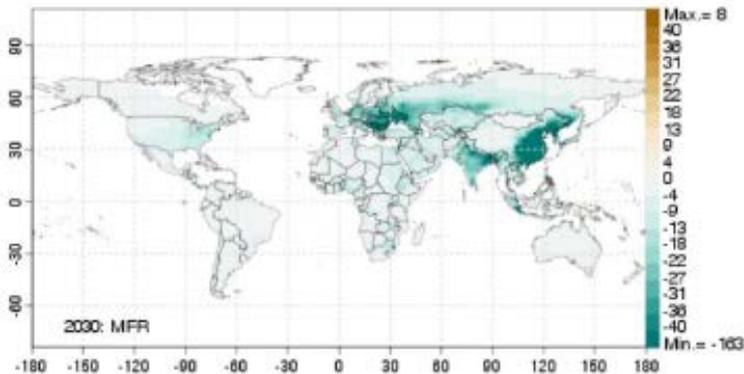
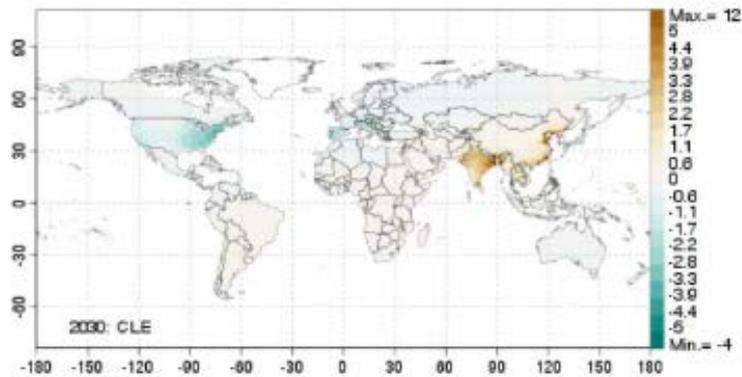
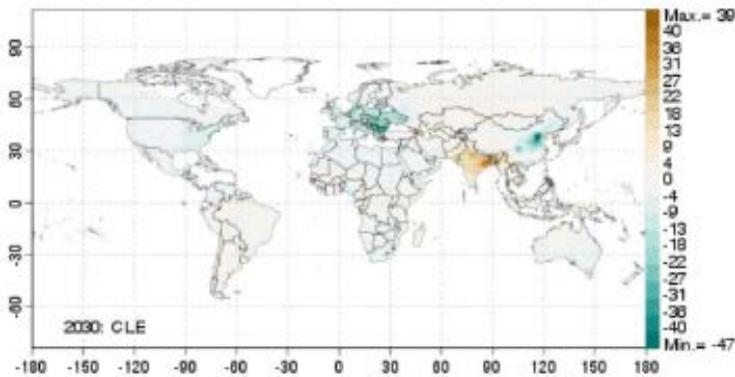


Qualité de l'air: échelle globale

Evolution de la mortalité en 2030 liée aux PM2.5 et à l'ozone pour les différents scénarios. Fonction concentration-réponse issue d'études épidémiologiques

PM2.5

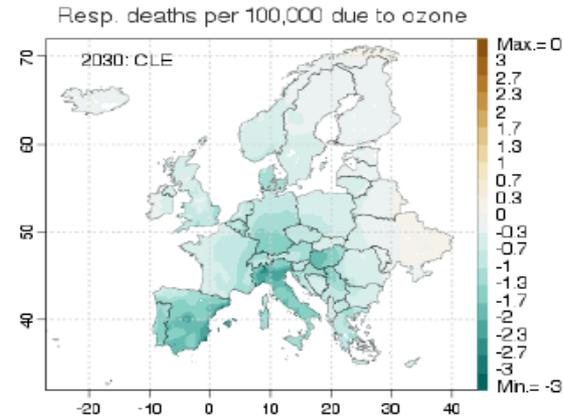
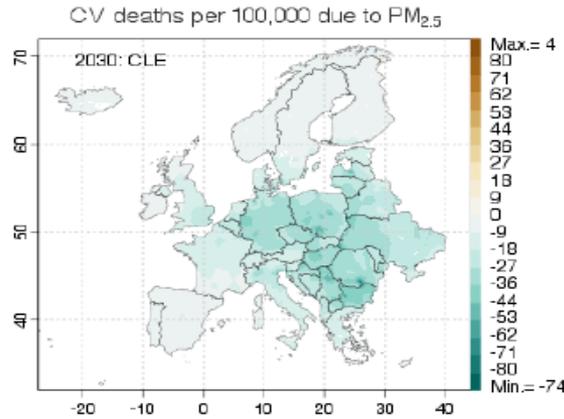
Ozone



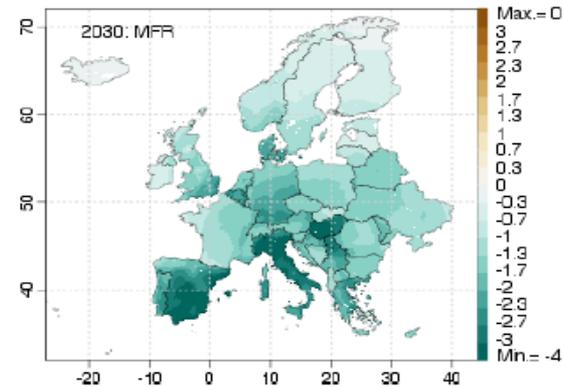
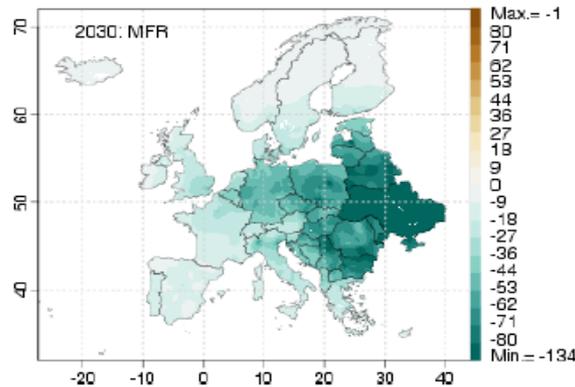
Qualité de l'air : échelle européenne

Evolution de la mortalité en 2030 liée aux PM2.5 et à l'ozone pour les différents scénarios en Europe

PM2.5



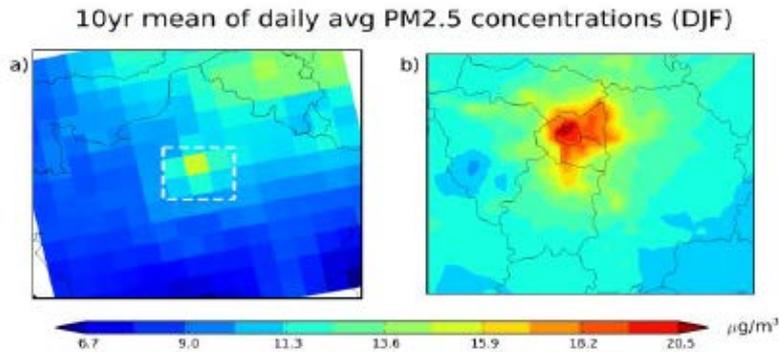
Ozone



Evolution de la mortalité en 2050 liée aux PM2.5 et à l'ozone pour les différents scénarios en Ile de France

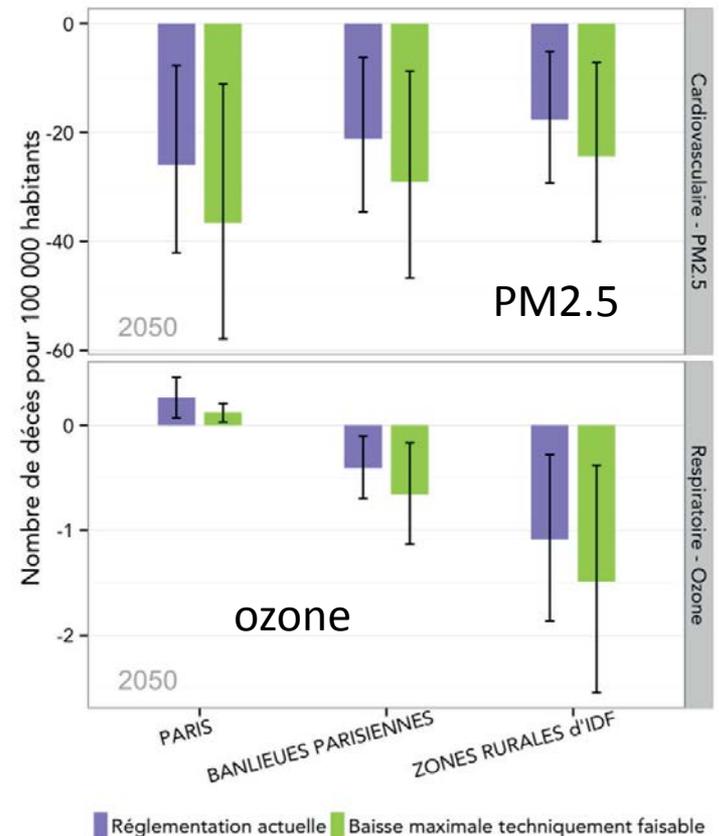
Effets de la résolution du modèle

Modèle local: 4 km



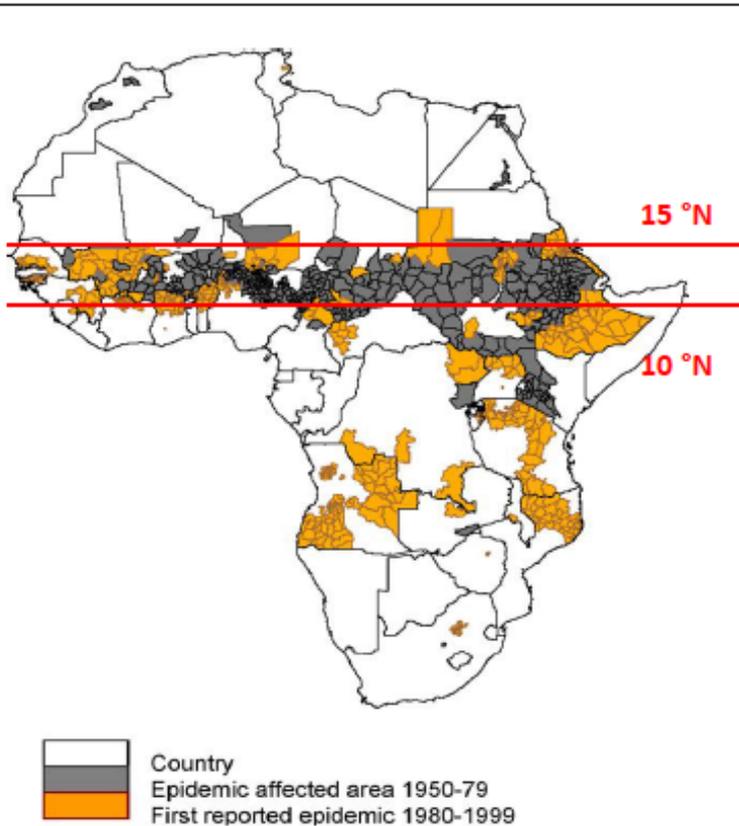
Likhvar et al., 2015

A multi-scale health impact assessment of air pollution over the 21st century, Sci. Total Environ., 514, 439–449, 2015.



Epidémies de Méningites au Sahel

La ceinture de la méningite



Distribution spatiale des épidémies de méningites en Afrique (Cuevas et al., 2007)

- Les épidémies se concentrent en zone sahélienne dans la « **ceinture de la méningite** » (*Lapeyssonnie, 1963*).
- Elles se produisent pendant la **saison sèche** (Février-Avril).
- Elles impliquent principalement les sérogroupes **A, C, X et W135** de la bactérie *Neisseria meningitidis* (*Alonso et al., 2005*).
- Chaque année, **25-250.000** cas sont recensés (*WHO, 2002*)
- La maladie touche principalement les **enfants** de moins de 15 ans (*Teyssou & Muros-Le-Rouzic, 2007*).
- Le **taux de mortalité** est d'environ **10%** (*Kaplan & Feigin, 1985*).
- **10 à 20%** des survivants présentent des **séquelles neurologiques** (*Smith et al., 1998*).

Epidémies de Méningites au Sahel



Impact des **A**érosols **D**ésertiques
et du **C**limat sur les **E**pidémies
des **M**éningites au Sahel

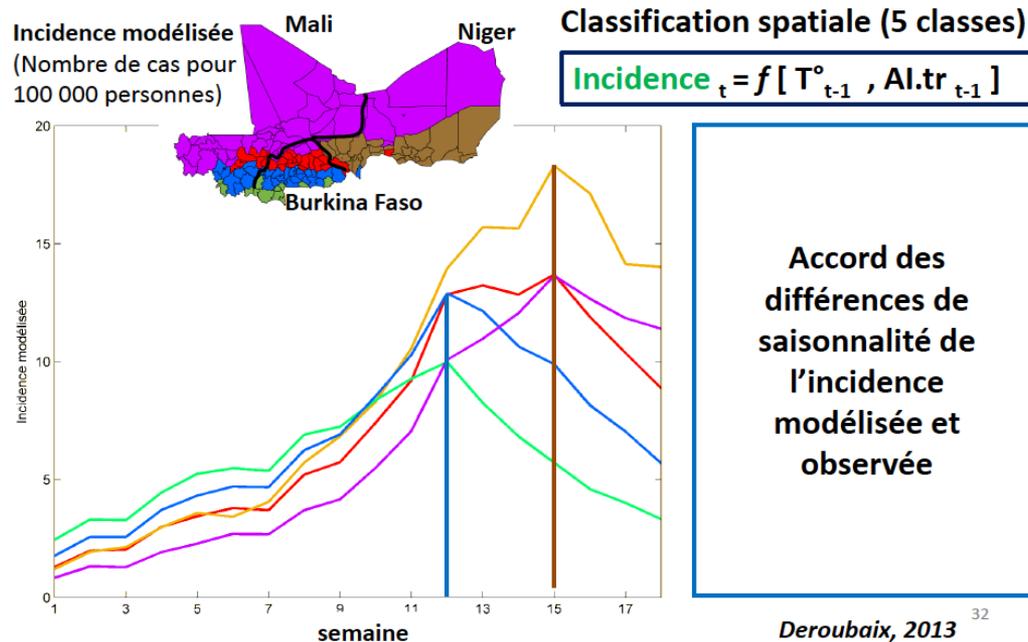
→ Est-ce que la saisonnalité des épidémies
est liée aux conditions atmosphériques ?

→ Peut-on prévoir l'influence
des conditions atmosphériques sur les épidémies ?

Epidémies de Méningites au Sahel

Données

- Données épidémiologiques hebdomadaires de l'OMS entre 1998 et 2008 par district pour le Mali, le Niger et le Burkina Faso
- Conditions atmosphériques (T, U, vent) ERA-Interim ECMWF
- Aérosols: Indice aérosol élaboré à partir de mesures satellite d'épaisseur optique des aérosols et des corrélations avec concentrations de surface



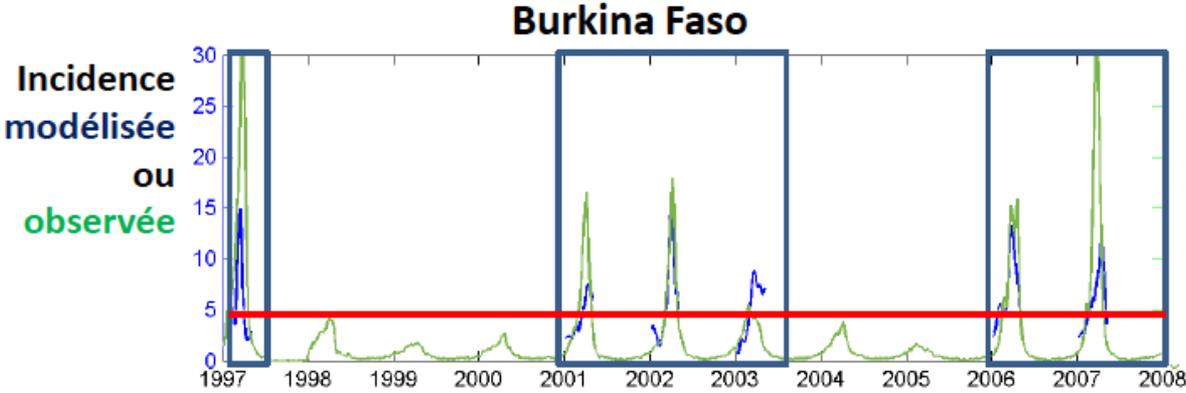
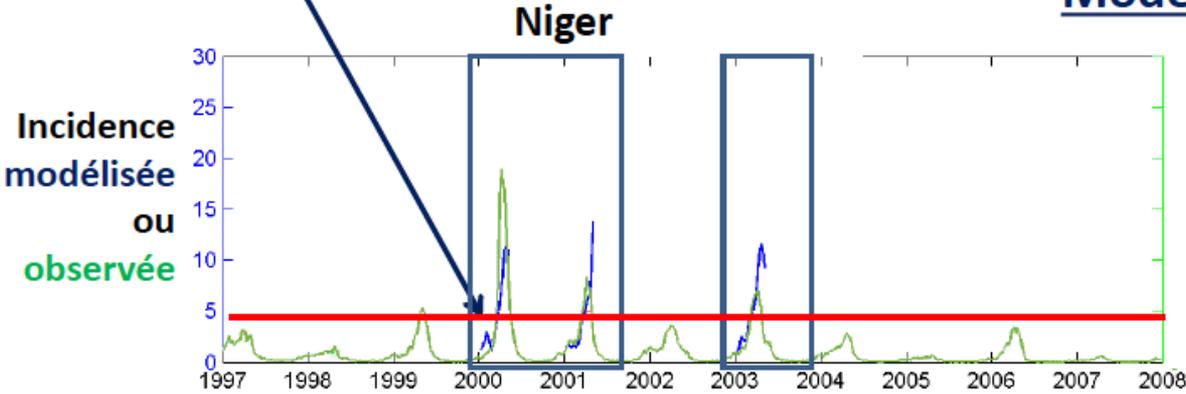
T et AI de la semaine précédente

Epidémies de Méningites au Sahel

$$\text{Incidence}_t = f [T^\circ_{t-1} , \text{AI.tr}_{t-1}]$$

Incidence
Modélisée/Observée

R = 0,69



Seuil épidémique à
l'échelle du pays

5 cas pour 100 000
habitants par
semaine

Deroubaix, 2013

Allergies aux pollens

Allergies

- Nombre d'allergies multipliée par 3 en 25 ans
- Problème de santé publique

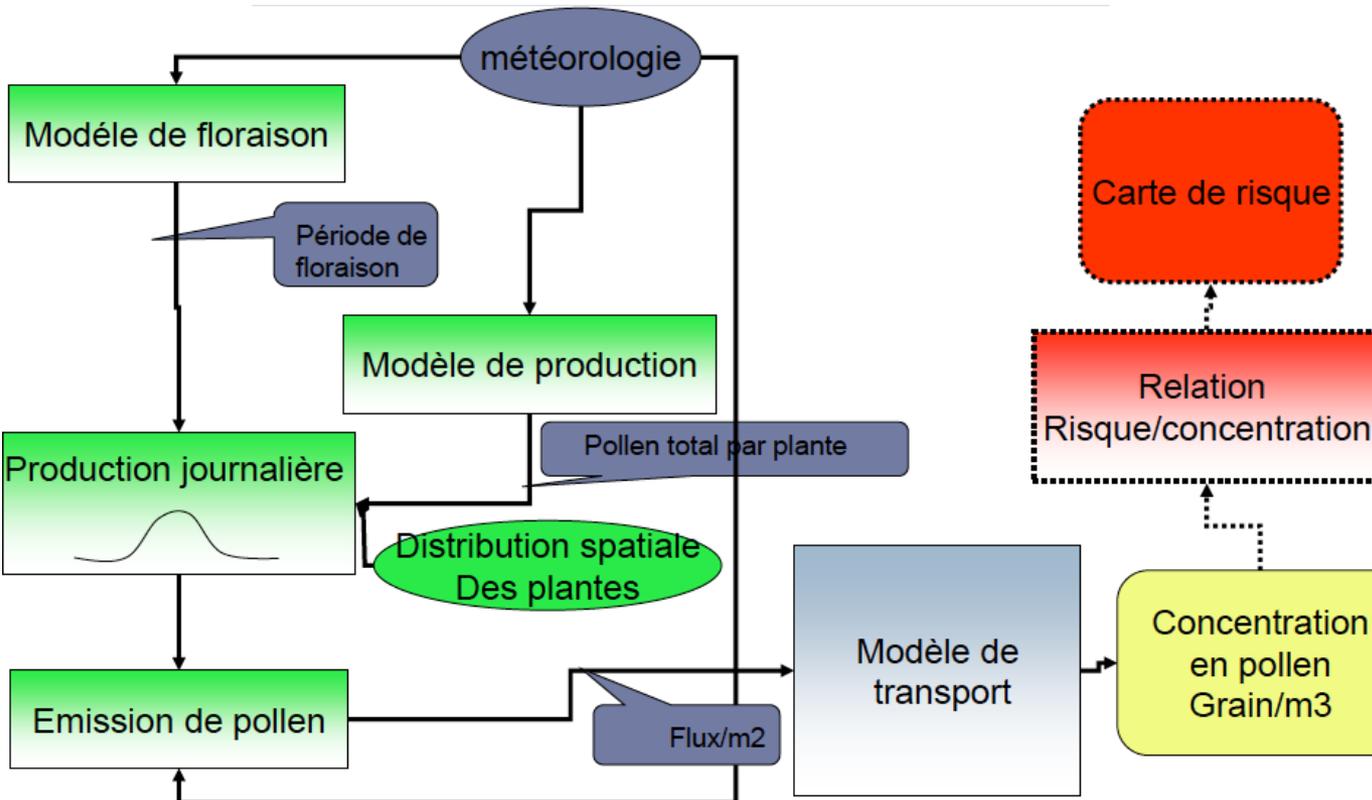
Lien avec le changement climatique:

- Changement de phénologie -> périodes d'émission
- Changement de production -> charge en pollen
- Changement de distribution: utilisation des terres, plantes invasives
- Changement du transport atmosphérique



Allergies aux pollens

Projets PAC (GIS) puis ATOPICA (Europe)



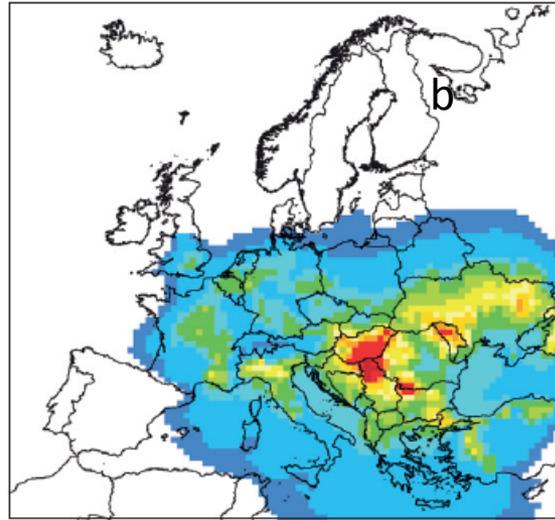
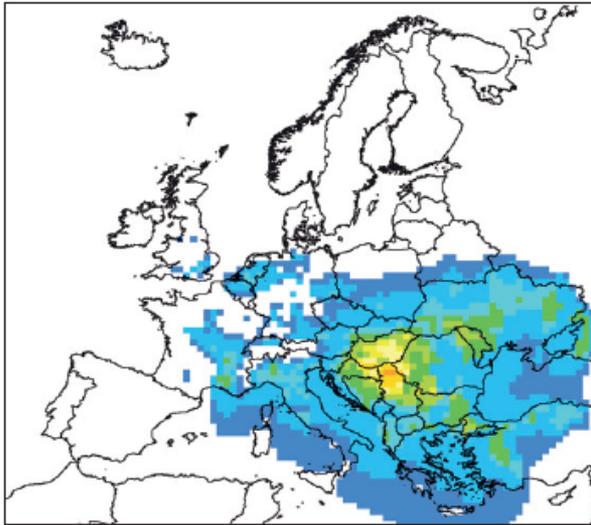
PAC:
cartes de pollens de
bouleau

ATOPICA:
Projection des
concentrations de
pollens d'ambrosie

Allergies aux pollens

Simulation du compte total de pollen d'ambroisie (grain/m³/an) dans l'air simulé avec le modèle CHIMERE

- a) 1986-2005
- b) en 2050 avec le scénario RCP 8.5.



Augmentation de production pollinique:

- Effet de fertilisation du CO₂
- Température: allongement de la période de production

Hamaoui-Laguel et al. (2015)

Feux de forêt et Radioactivité

Projet RadioClimFire

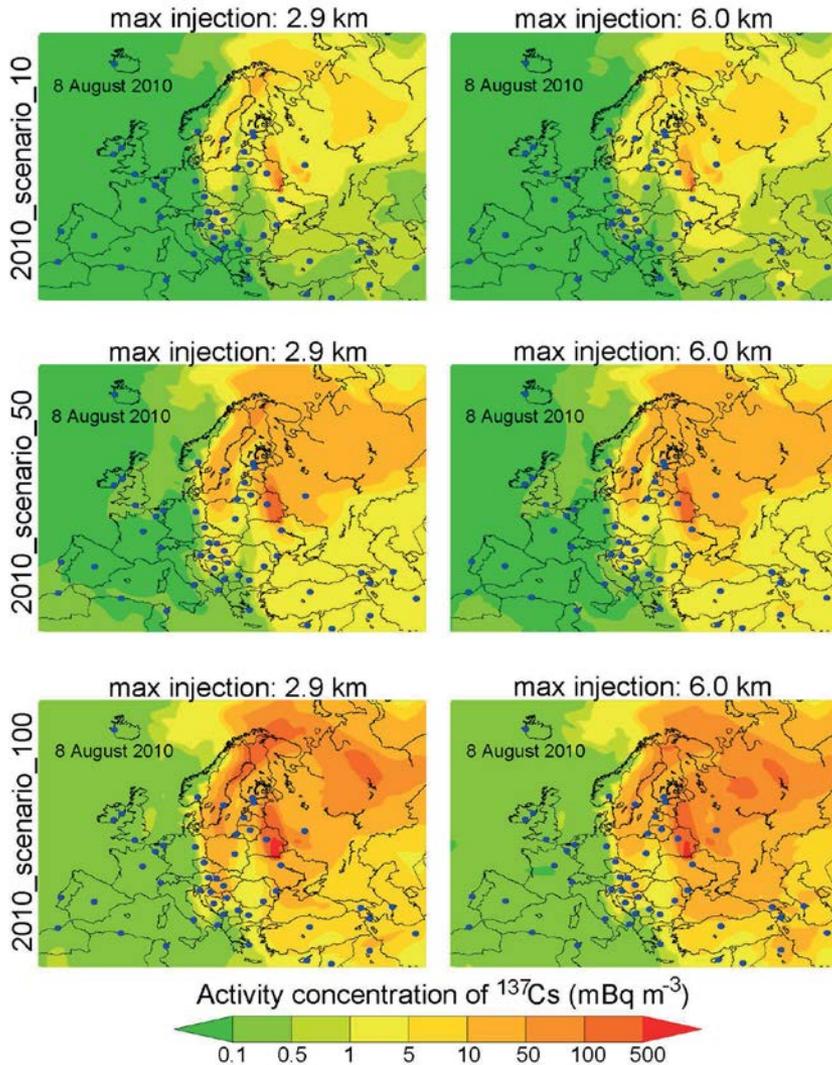
- Impact potentiel du CC sur l'occurrence des feux de forêts (canicule 2010 en Russie)
- Incidences potentielles sur la remise en circulation de la radioactivité stockée dans les plantes depuis Tchernobyl

Tchernobyl :

- Transport de quantités très importantes de Césium 137 de l'Ukraine jusqu'aux Alpes
- Zones interdites d'accès regagnées par la forêt
- Absence de gestion forestière

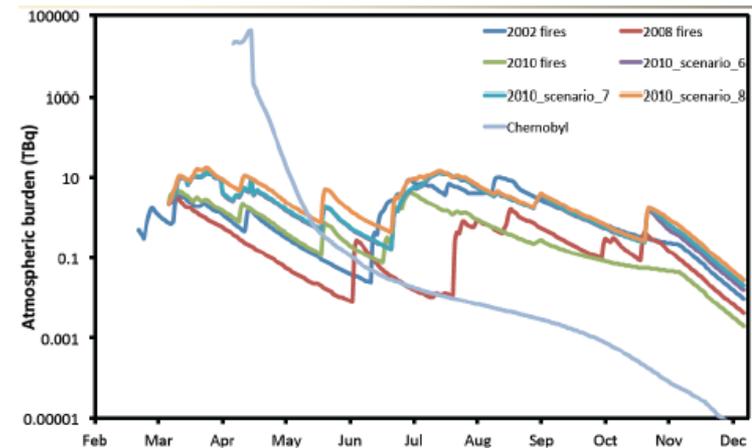


Feux de forêt et Radioactivité

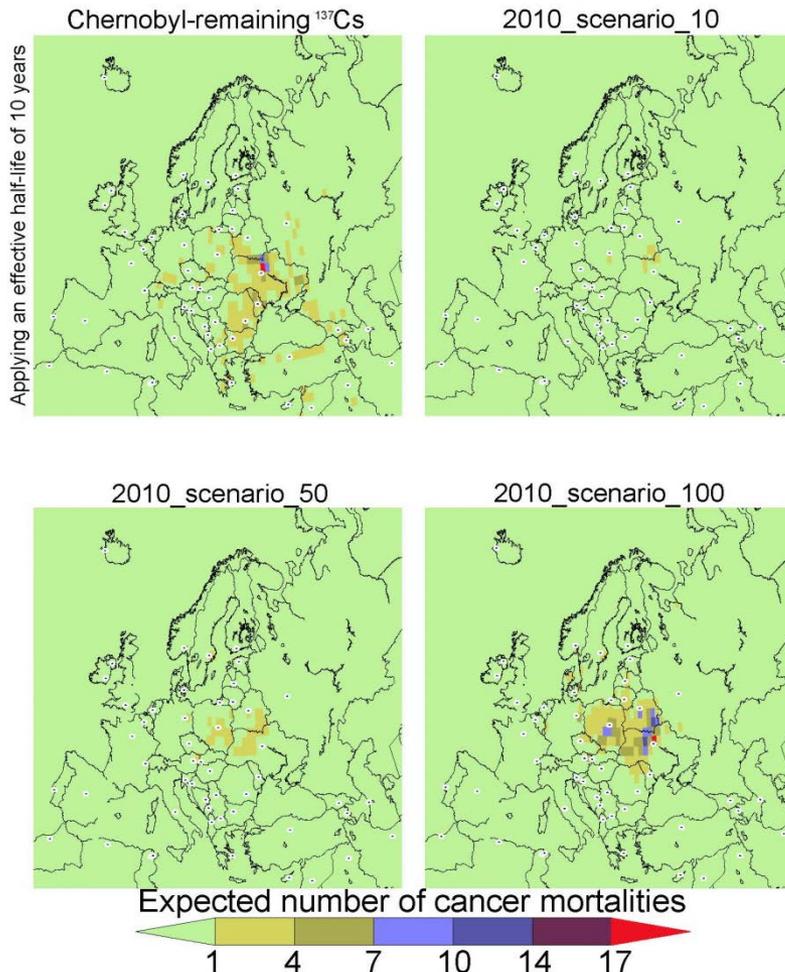


Concentrations de ^{137}Cs simulées en Europe le 8 août 2010 (émissions de particules pendant 10 jours consécutifs)

- 3 scénarios de surface incendiée: 10%, 50% et 100% des zones d'exclusion
- 2 hauteurs d'injection: 2.9 et 6 km



Feux de forêt et Radioactivité



Surnombre de cancers dus à l'exposition au ^{137}Cs liée aux incendies

- 3 scénarios de surface incendiée: 10%, 50% et 100% des zones d'exclusion
- 2 hauteurs d'injection: 2.9 et 6 km
- Scénario incendie sur 100% de la zone d'exclusion: 20 à 240 cas de cancers supplémentaires.

Evangeliou et al., 2014

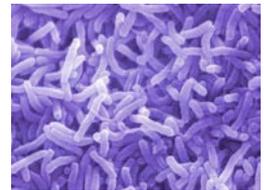
Ateliers et colloques

- Collaboration avec S. Morand (écologue de la santé)
- Rapprochement de différentes communautés: géographes, écologues, sociologues, épidémiologistes, agences sanitaires
- Nécessité d'une approche intégrée pour la modélisation de l'impact du CC sur les maladies infectieuses (modifications de biodiversité et variables climatiques)



Projet d'incubation CLIMVIB sur les vibrios pathogènes:

- Pathogènes transmissibles par l'eau et les produits de la mer
- Etude de la dynamique des vibrios pathogènes lors d'apports brutaux d'eau douce lors de fortes précipitations dans les lagunes du Languedoc
- Forte augmentation des concentrations de vibrios avec la baisse de salinité



Faiblesses

- Communauté initiale restreinte
- Manque de données épidémiologiques pertinentes
- Difficulté d'identifier l'effet du CC par rapport à d'autres facteurs, d'ordre comportemental ou sociétal
- Relations doses/effets souvent empiriques et difficilement transposables à d'autres échelles



Forces et apports du GIS

- Rôle d'incubateur
- Visibilité internationale accrue -> projets européens, collaborations avec universités nord-américaines
- Méthodologies pour l'adéquations de données environnementales et climatiques aux problématiques de santé
- Constitution de communautés



Merci de votre attention