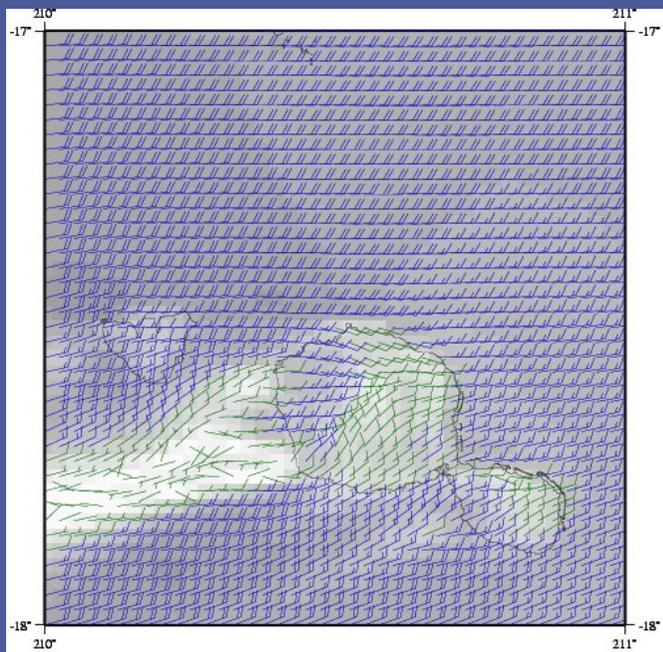


Modèles Météorologiques : vers l'échelle locale



DP/SERV/BEC
C. Periard et al
Jeudi 05 avril 2012



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les modèles météorologiques

Ou presque

- * des modèles météorologiques
- * de la méso-échelle
- * de la descente dynamique d'échelle

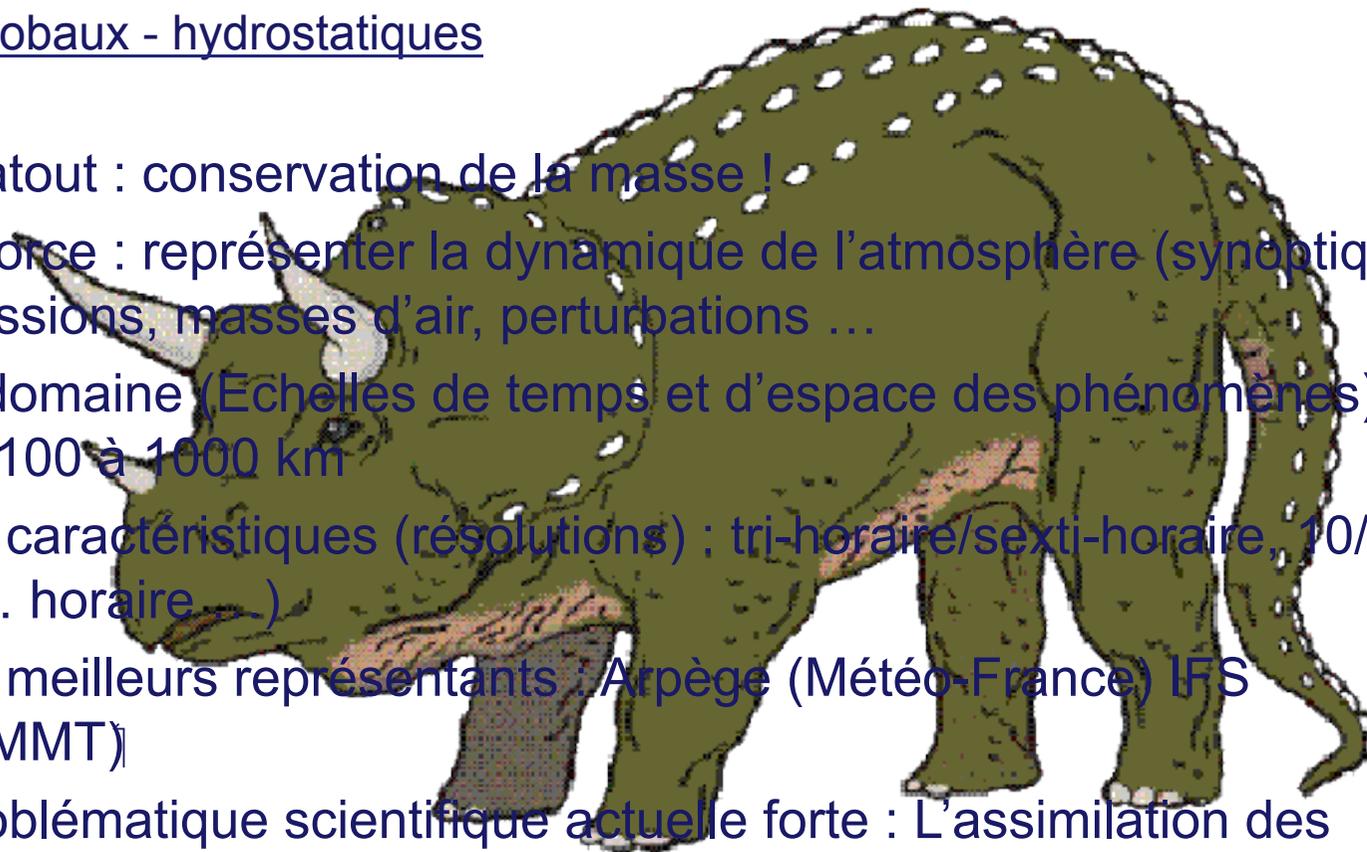


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Au commencement étaient

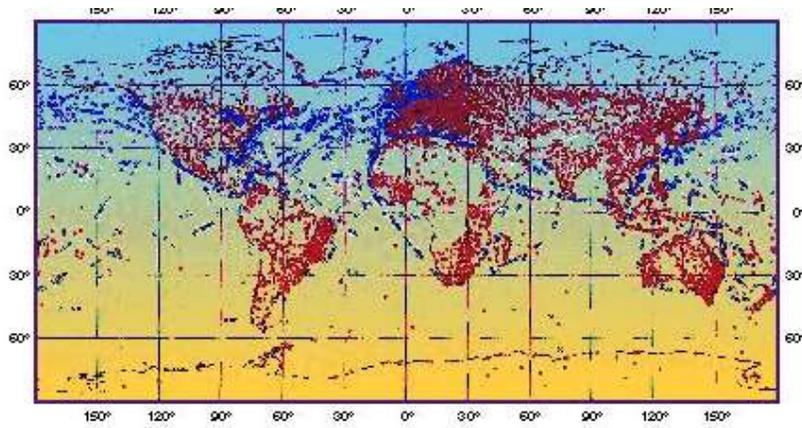
Modèles Globaux - hydrostatiques

- ★ Leur atout : conservation de la masse !
- ★ Leur force : représenter la dynamique de l'atmosphère (synoptique) : dépressions, masses d'air, perturbations ...
- ★ Leur domaine (Échelles de temps et d'espace des phénomènes) : jour - 100 à 1000 km
- ★ Leurs caractéristiques (résolutions) : tri-horaire/sexti-horaire, 10/50 km (... horaire ...)
- ★ Leurs meilleurs représentants : Arpège (Météo-France) IFS (CEPMMT)
- ★ La problématique scientifique actuelle forte : L'assimilation des données observées

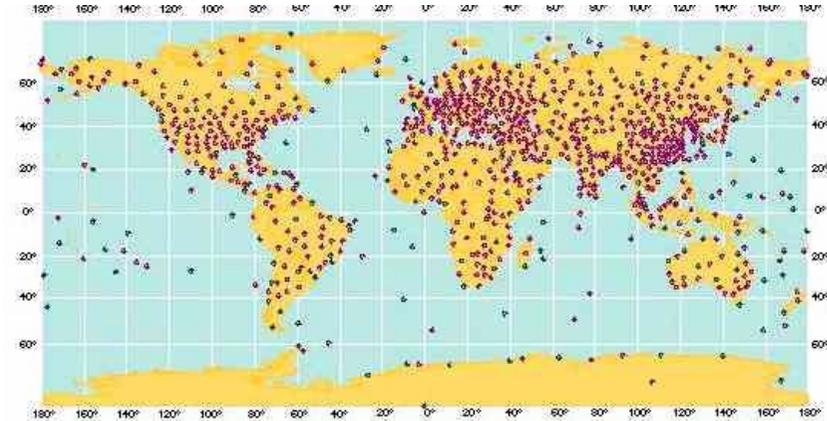


Assimilation : les observations disponibles

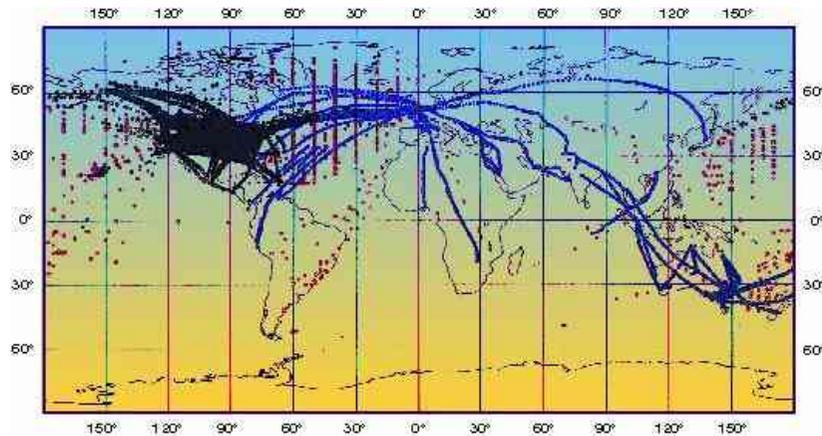
11 000 sites d'observation de surface



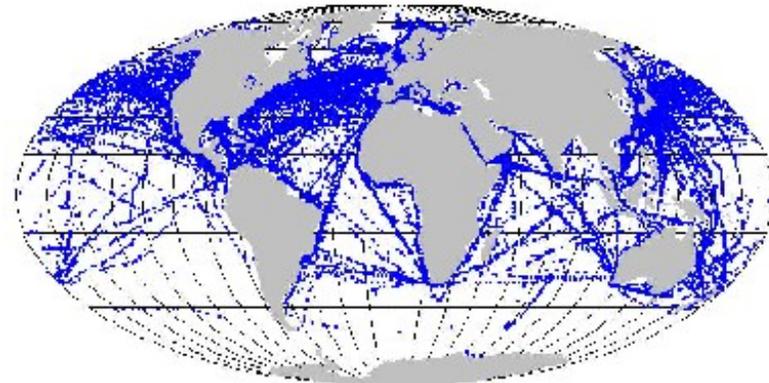
Quelques 900 sites de radio sondage



3000 avions équipés

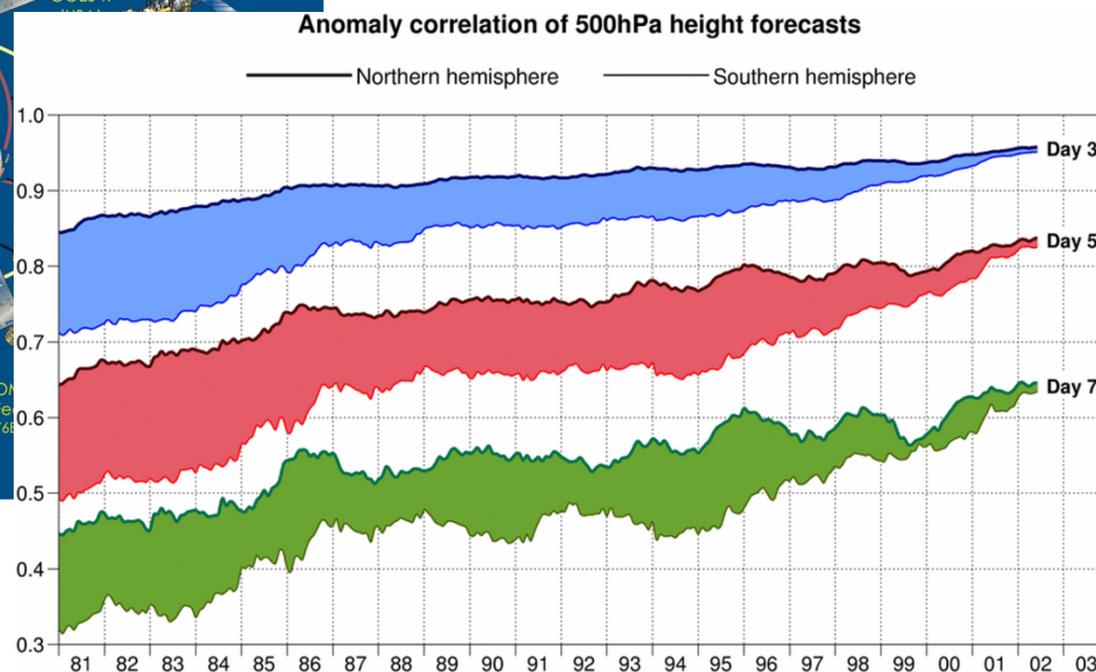
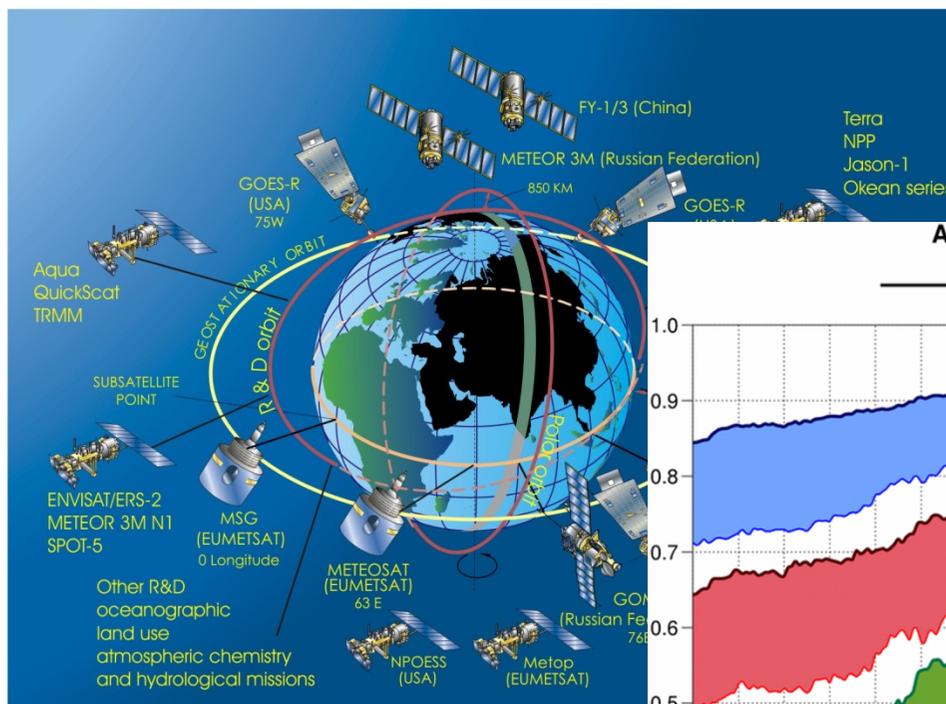


7000 navires équipés



Assimilation : les observations satellite

Le rattrapage HS/HN : un impact de l'utilisation des observations satellites



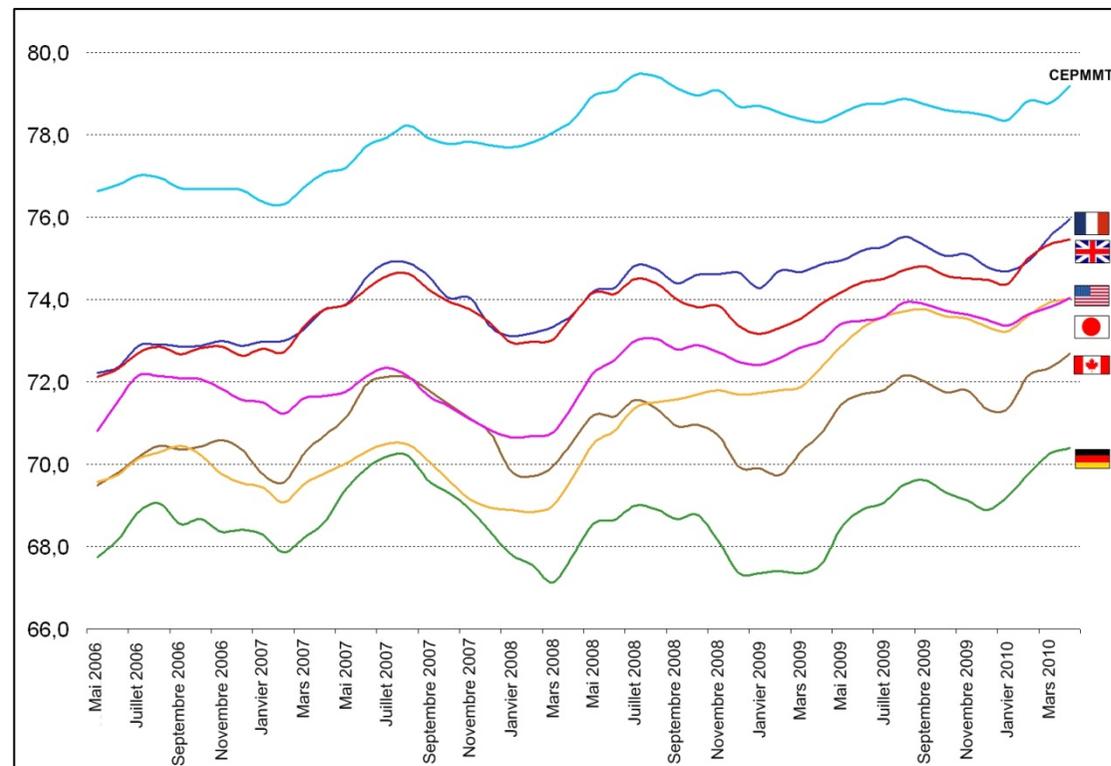
Performances des modèles globaux

Qualité du modèle (100 = perfection). Paramètre = Géopotential en moyenne troposphère (500 hpa). Prévisions à 3 jours d'échéance vérifiées avec des observations (radio sondages)

Les modèles sont en constantes améliorations

Les ruptures s'expliquent par les années où la prévisibilité est plus faible

Il existe un cycle annuel : l'hiver est plus difficile que l'été



Les modèles globaux à Météo-France....

Les données produites quotidiennement et archivées sur la Base de Données Analysées et Prévues (BDAP).

ARPEGE :

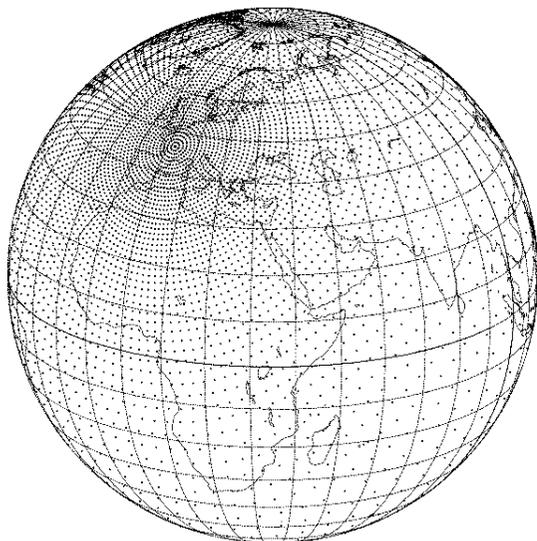
- * 4 réseaux RR, correspondants à 4 cycles complets d'assimilation/analyse/prévision
- * Échéances de prévision allant jusqu'à h+102 (suivant RR), horaires puis tri-horaires
- * Résolution horizontale : Europe : $0.1^\circ \times 0.1^\circ$, Globe : $0.25^\circ \times 0.25^\circ$
- * Résolution verticale : 10 niveaux hauteur allant du sol à 1500m, 25 niveaux pression allant de 1000hPa à 10hPa
- * Tous les paramètres météorologiques classiques (P,T,Hu,DD,FF, nébulosité....) plus les autres paramètres (Tpw, FIsolaire, rr_conv, M-index, hclim, ETP, ...)

IFS :

- * 2 réseaux RR, Echéances tri-horaires et six-horaires jusqu'à h+240
- * Résolution horizontale : Europe : $0.125^\circ \times 0.125^\circ$, Globe : $0.25^\circ \times 0.25^\circ$
- * Résolution verticale : 10 niveaux hauteur allant du sol à 1500m, 30 niveaux pression allant de 1000hPa à 1hPa

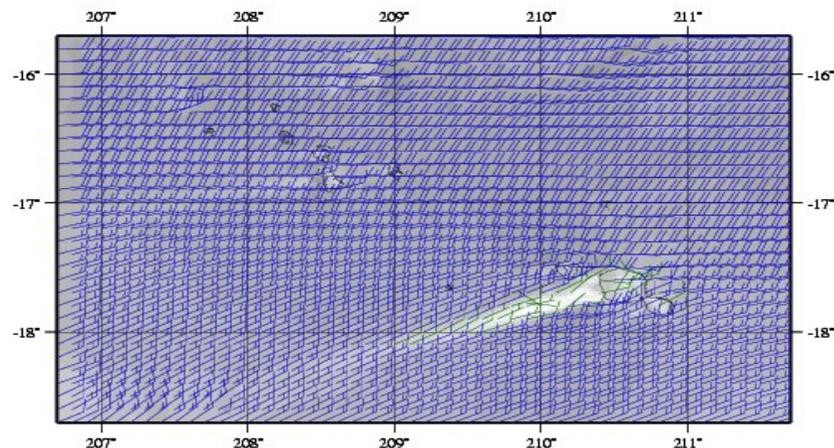


Comment passer de 50 km de résolution à 2,5 km



Modèle Global **ARPEGE**

Modèle à maille variable,
résolution sur la France de
#10 km

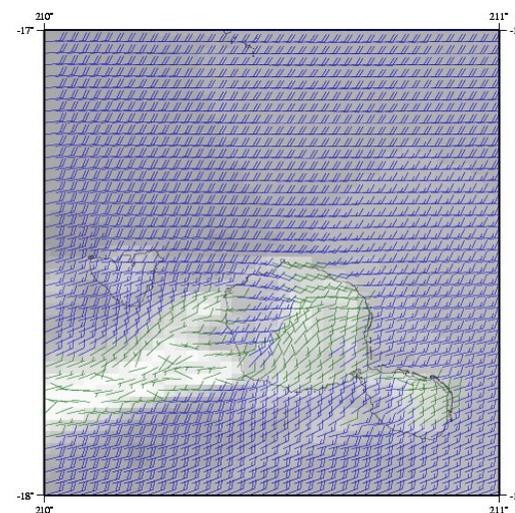


Modèle à aire limitée
ALADIN

Résolution: # 10 km

Modèle à aire limitée
AROME

Résolution: # 2,5 km



Les Modèles à aire limitée à Météo-France

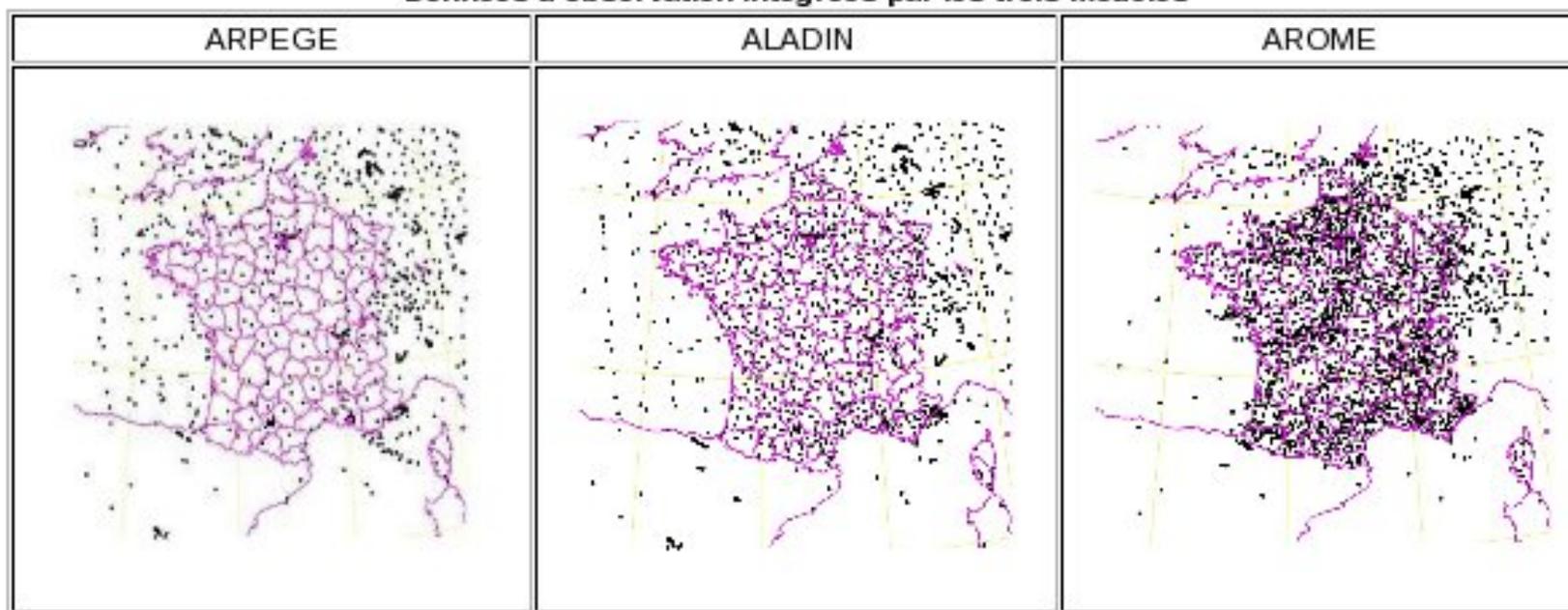
Modèles Locaux – hydrostatiques (H) ou pas (NH)

- ★ Pas conservation de la masse = forçage par modèle global !
- ★ Leur force : la méso-échelle : convection, effets orographiques ...
- ★ Leur domaine (échelles de temps et d'espace des phénomènes) : ½ journée, 10/50 km
- ★ Résolutions : horaire (semi-horaire), 1 à 10 km
- ★ !!!! La zone grise !!!!! : 3,5 / 7,5
 - L'Hypothèse hydrostatique
 - La diffusion de l'énergie dans les petites échelles
 - ...
- ★ Aladin (H) Arome (NH) Méso-NH (NH!)
- ★ Arome-Metro : 2,5km, 4 réseaux, échéances horaires jusqu'à 30h/36h
 - Assimilation petite échelle (données radars)
 - Analyse cycle court tri-horaire
 - Dispo : RR+6h env
 - Arome-PI (2014)



Assimilation petite échelle sur le domaine France

Données d'observation intégrées par les trois modèles



(copyright Météo-France)

Dynamic Downscaling – Short explanation

OBJECTIVE

Generate a **high-resolution description** of the a met situation that would take into account the **local effects** of the weather over a specific area.

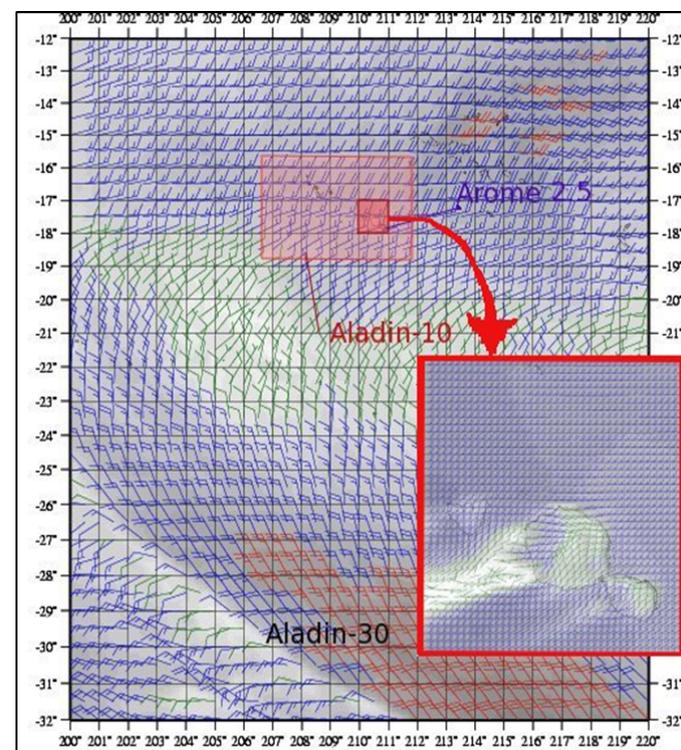
METHOD

Nested models are run from hydrostatic low-resolution models to non-hydrostatic high-resolution models

The low-resolution global model describes the weather dynamics.

The high resolution limited area model is forced by its father-model and adapts the situation to the small-scale area.

2 or 3 models can be nested to reach the final resolution.



*Downscaling over Tahiti
3 nested domains*

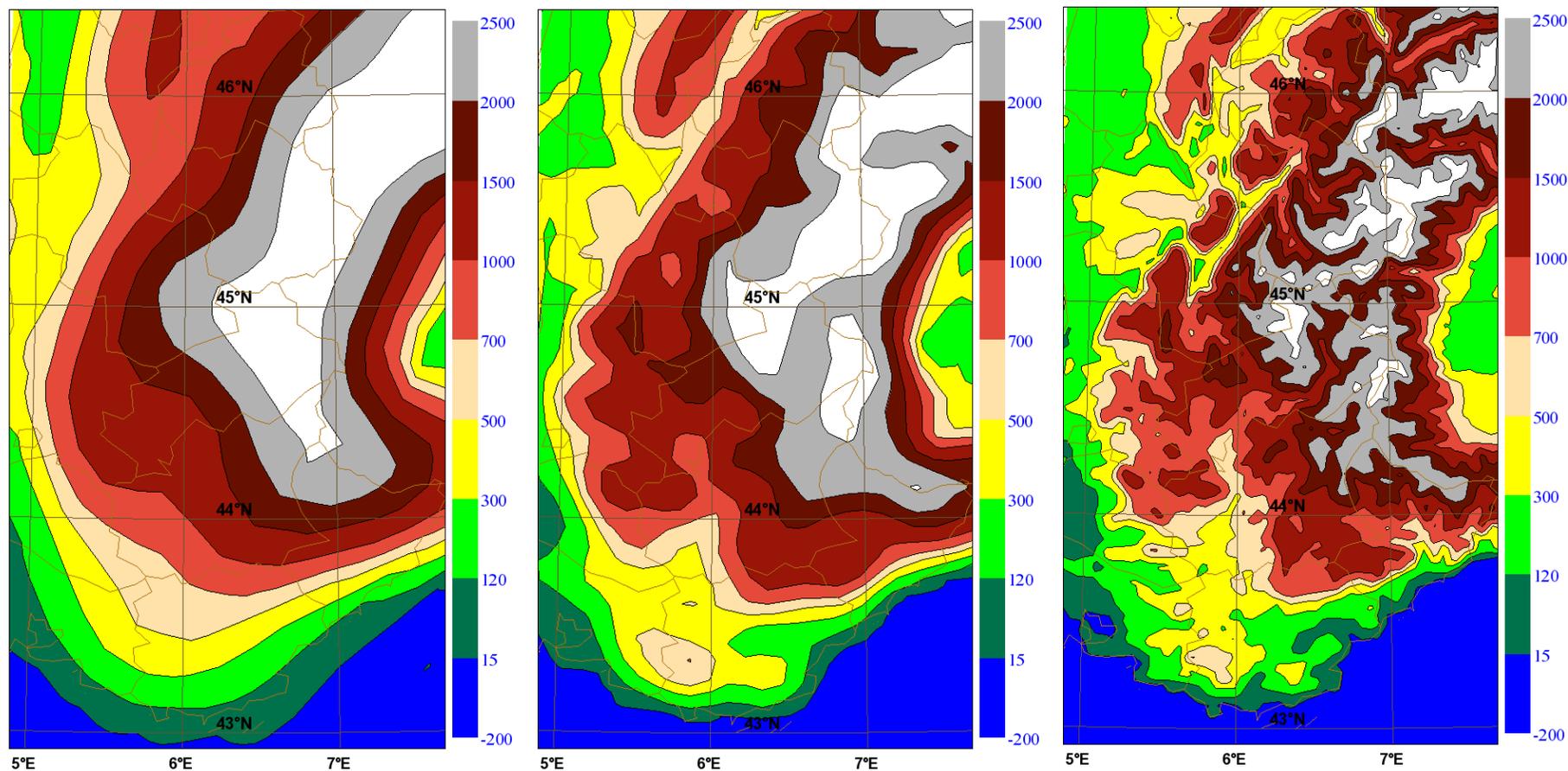
Exemple relief alpin

Le relief alpin dans les 3 modèles météorologiques :

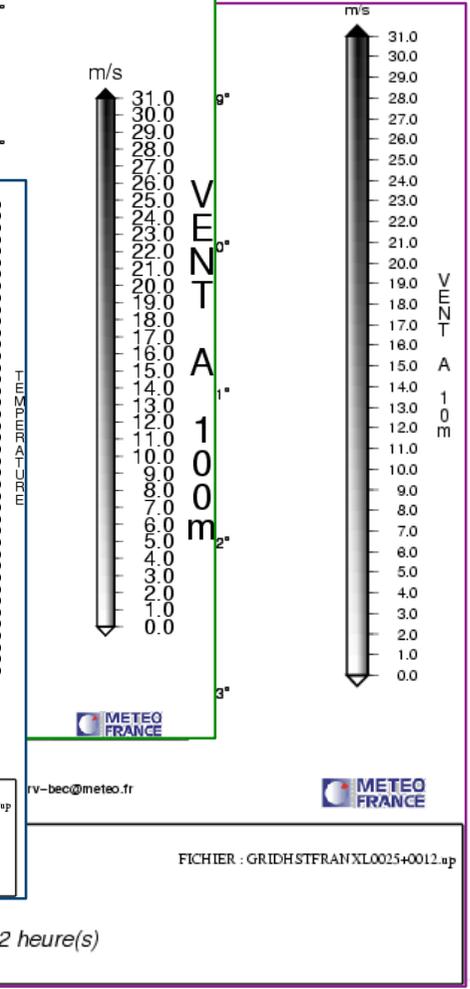
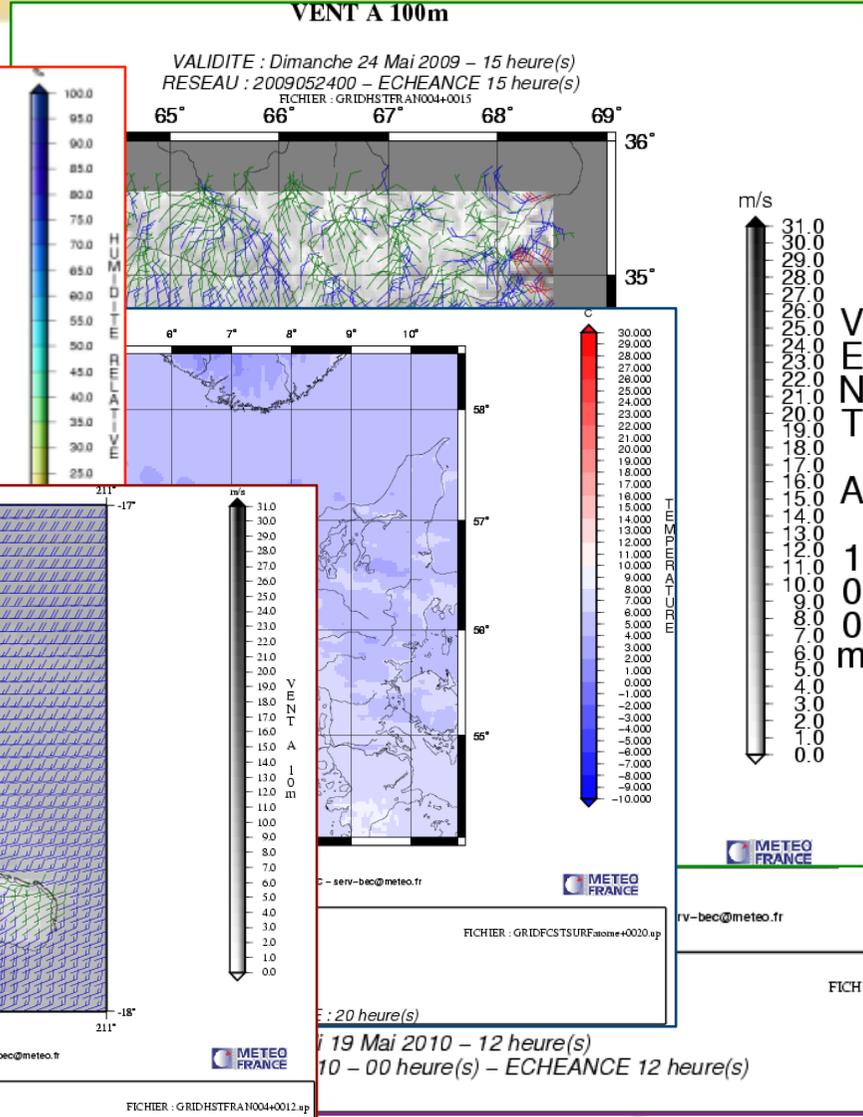
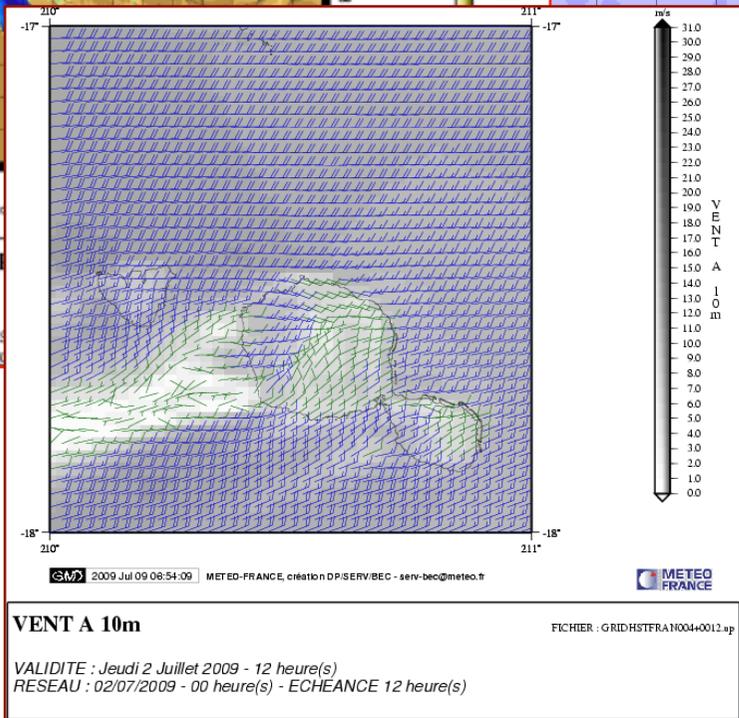
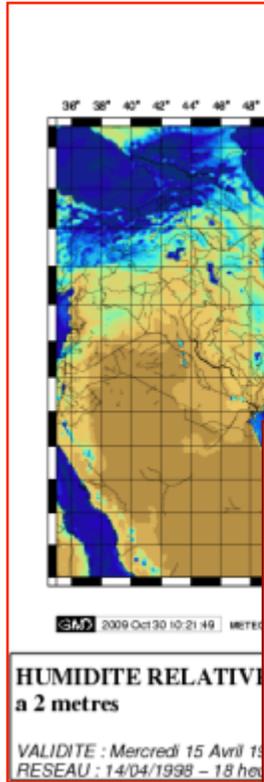
ARPEGE et CEPMMT

ALADIN

AROME

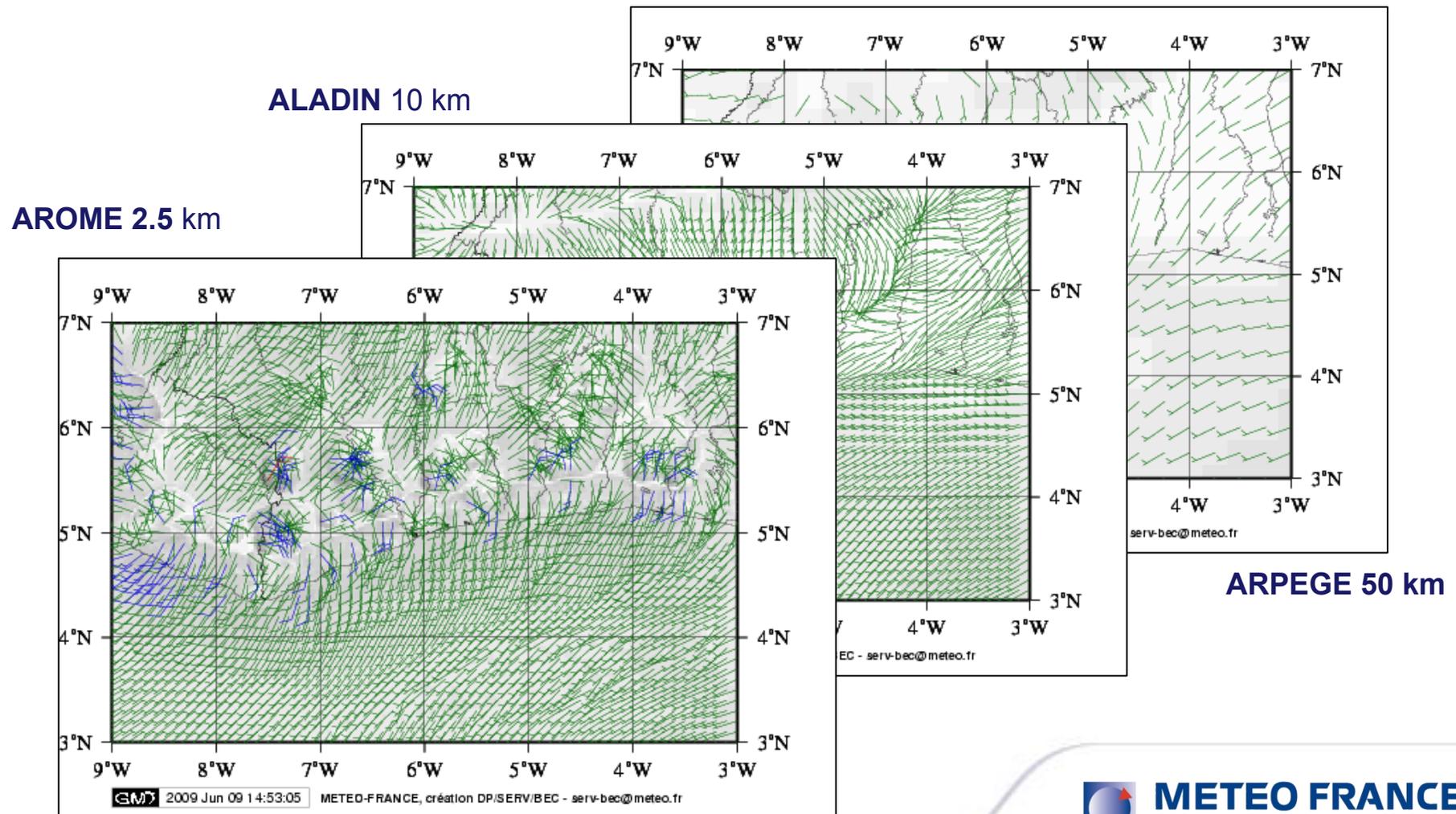


Illustrations de Descente Dynamique d'échelle



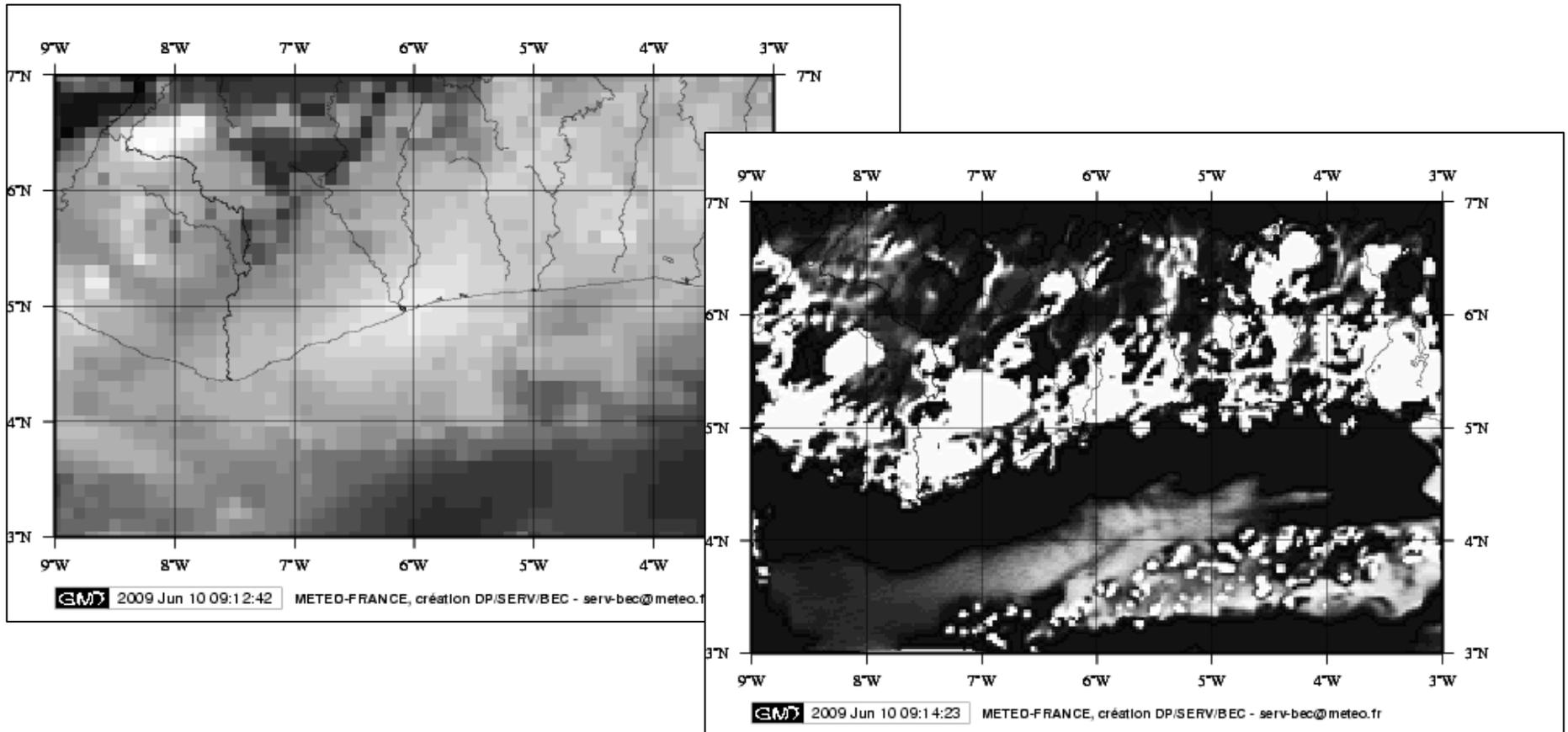
Interest of Mesoscale Models - Wind

Apparition de phénomènes de brise de mer sur la bordure littorale de la Côte d'Ivoire (Golfe de Guinée) et front de brise associé en Descente Dynamique d'Echelle.



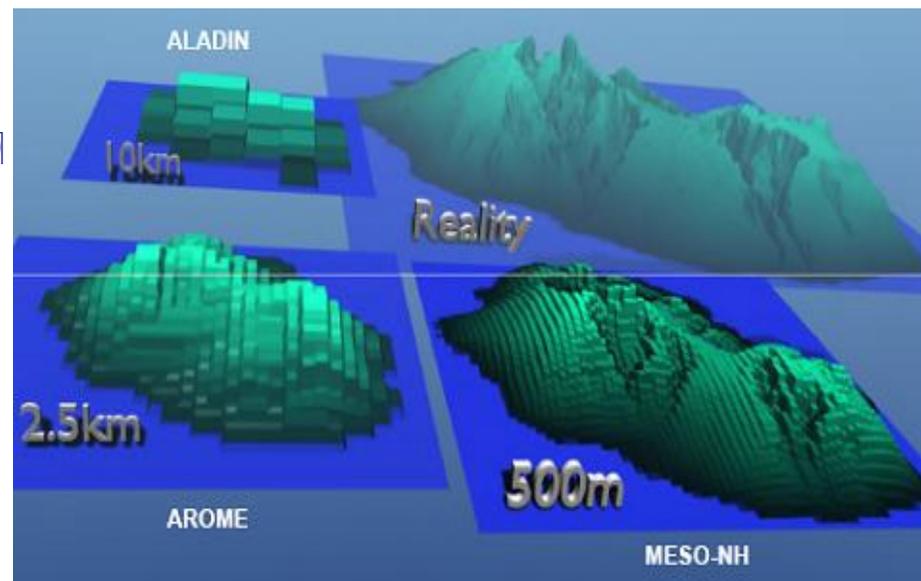
Interest of Mesoscale Models – Cloud cover

Représentation de la couverture nuageuse associée aux brises de mer sur la bordure littorale de la Côte d'Ivoire (Golfe de Guinée).



Descente dynamique d'échelle : cas sur La Réunion

- ★ Arpege - Aladin - Arome
- ★ Assimilation grande échelle : Arpege
- ★ Assimilation Locale : Aladin
- ★ Descente dynamique d'échelle Arome (par rapport à un MNT)
 - ✓ Equations thermo-dynamique sur la grille arome
 - ✓ Variables pronostiques (T_p , U , V ... et plus)
 - ✓ Flux de surface
 - ✓ ...
- ★ Réseau 00 12, échéance RR+30 (36...)
- ★ Cout de calcul ...



Concrètement ...

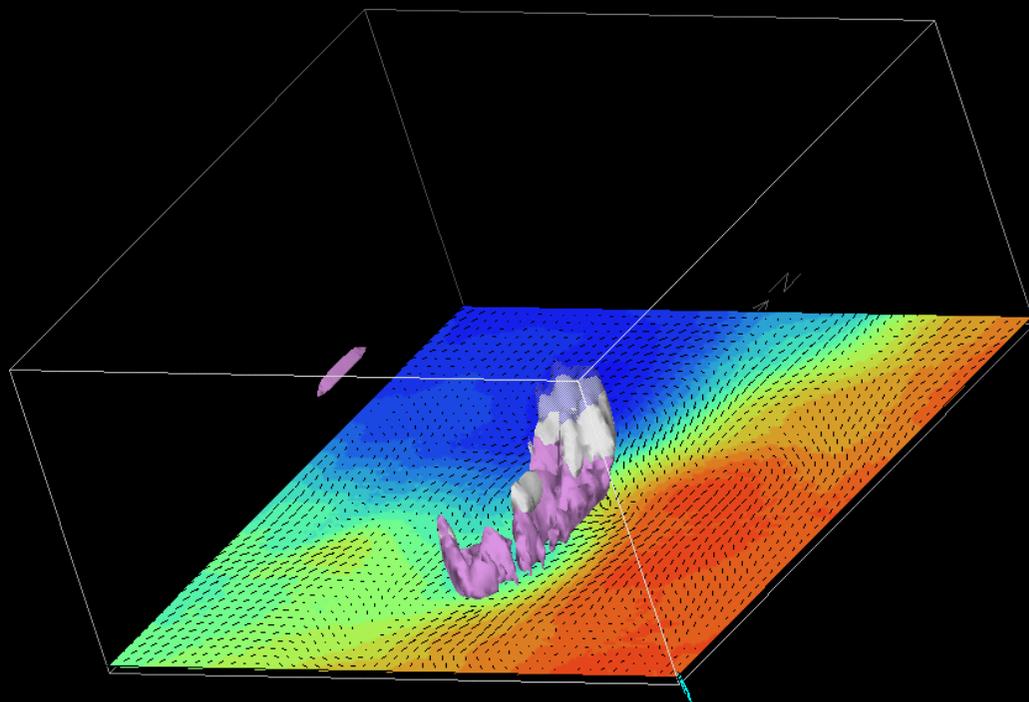
★ Sur La Réunion (projet Pegase)

- Aladin Oper : environ 5 ans de données (résolution $0,1^\circ$) avec assimilation
- Arome BE : décembre 2010 – mars 2011
- Arome Oper : depuis mars 2011

★ En terme de données produites

- Chaque jour sur 2 réseaux : 30 heures de prévisions forcées par Aladin
- Grille Pegase0025 ($0,025^\circ \times 0,025^\circ$) : 200x200 pts
- Niveaux
 - Isobares : 15 niv de 1000 hPa à 100 h
 - Hauteur : 12 niv de 10m à 3000m
- Paramètres : environ 20 parametres
 - T, U, V, P, Hu, VV, Z, Nebul (tot, bas, moy, haut, conv)
 - Uraf, Vraf, neige, eau,
 - Cape, TKE, TA, Theta'W, RFLCTVT, Ustr, Vstr
 - CLD_Water, CLD_Rain, CLD_Snow, CLD_Graupel, CIWC...]





Conclusion

Les **modeles de prévision numérique du temps** (PNT) globaux ou locaux sont des outils **complexes mais incontournables** qui adressent, suivant leur caractéristique, différents objets météorologiques.

Les **scores** généraux des modèles **continuent à progresser** avec l'augmentation des sources d'observation et des techniques d'assimilation, et -dans une moindre mesure aujourd'hui- l'évolution des capacités de calcul.

La **descente dynamique d'échelle** permet, à moindre coût, d'atteindre une **description très fine des phénomènes météorologiques locaux** sur une zone limitée.

Le **timing** d'un modèle local restera **toujours contraint** par son modèle **coupleur** (global).

Les progrès à venir sur la petite échelle (2,5km et moins) se trouveront dans des méthodes d'assimilation petite échelle "au jeté" (sans climatologie préalable) de données observées.