

Projet de réanalyses de lames d'eau pour l'hydrologie – Présentation & Avancement –

Lætitia Moulin*

Centre de Météorologie Radar (MF) : P. Tabary, J. Parent du Châtelet,
C. Gueguen, G. L'Hénaff, P. Dupuy, A. Marie

Coordinations, Études et Prospectives (MF) : O. Laurantin ;

DCLIM/Hydro (MF) : J-M Soubeyroux

Cemagref/HBAN : C. Loumagne, V. Andréassian, C. Perrin

* Post-doctorat Cemagref Antony/Météo-France

Antony, le 23 juin 2009

Plan de la présentation

- 1 Introduction**
 - Contexte
 - Présentation du projet de réanalyses de lames d'eau
 - Présentation de mon post-doc
 - Présentations des informations disponibles
- 2 La correction des images radar
- 3 La fusion de données radar-pluvio
- 4 Conclusions & Perspectives

Contexte

Contexte

Multiplicité des sources de données

- les pluviomètres quotidiens
- ... et horaires
- le radar météorologique
- le satellite
- les modèles, etc

Contexte

Multiplicité des sources de données

- les pluviomètres quotidiens
- ... et horaires
- le radar météorologique
- le satellite
- les modèles, etc

Besoin d'une archive pluviométrique

- 1 Pour des applications
 - en hydrologie
 - en climatologie
- 2 avec de hautes résolutions
 - spatiale
 - temporelle
- 3 avec une profondeur "suffisante"
- 4 avec des incertitudes associées à chaque estimation
 - Analyse de sensibilités
 - Productions d'"ensembles"
 - etc.
- 5 avec une "transparence" sur l'estimation des valeurs
 - Origine
 - Méthode d'estimation

Contexte

Multiplicité des sources de données

- les pluviomètres quotidiens
- ... et horaires
- le radar météorologique
- le satellite
- les modèles, etc

La spatialisation des pluies en hydrologie

- Absence de consensus (Segond (2005), Bourqui (2008))
- Besoin d'adaptation des modèles (structures ? calages ? etc.)

Besoin d'une archive pluviométrique

- 1 Pour des applications
 - en hydrologie
 - en climatologie
- 2 avec de hautes résolutions
 - spatiale
 - temporelle
- 3 avec une profondeur "suffisante"
- 4 avec des incertitudes associées à chaque estimation
 - Analyse de sensibilités
 - Productions d'"ensembles"
 - etc.
- 5 avec une "transparence" sur l'estimation des valeurs
 - Origine
 - Méthode d'estimation

Objectifs du projet de réanalyse de lames d'eau

Besoin d'une archive pluviométrique

- ❶ Pour des applications
 - en hydrologie
 - en climatologie
- ❷ avec de hautes résolutions
 - spatiale
 - temporelle
- ❸ avec une profondeur "suffisante"
- ❹ avec des incertitudes associées à chaque estimation
 - Analyse de sensibilités
 - Productions d'"ensembles"
 - etc.
- ❺ avec une "transparence" sur l'estimation des valeurs
 - Origine
 - Méthode d'estimation

Objectifs du projet de réanalyse de lames d'eau

Les objectifs des réanalyses...

- 1 Sur toute la **France continentale**
Condition de **cohérence**
avec les **pluvios 24h**
- 2 Résolutions
 - spatiale : **1 km²**
 - temporelle : **1 h** (voire 5')
- 3 Début en **1997**
et possibilité d'extension
 - Traitements automatisés,
 - modulables,
 - et homogènes
- 4 **Codes qualités** pour chaque pixel
(incertitudes associées à l'estimation finale pour un pas de temps et un champ donnés)
- 5 **Méta-données** pour chaque pixel
 - Transparence sur les estimations
 - Modifications possibles

Besoin d'une archive pluviométrique

- 1 Pour des applications
 - en hydrologie
 - en climatologie
- 2 avec de hautes résolutions
 - spatiale
 - temporelle
- 3 avec une profondeur "suffisante"
- 4 avec des incertitudes associées à chaque estimation
 - Analyse de sensibilités
 - Productions d'"ensembles"
 - etc.
- 5 avec une "transparence" sur l'estimation des valeurs
 - Origine
 - Méthode d'estimation

Mon post-doc (1/3) : Objectifs

...pour les réanalyses de lames d'eau...

- Routines de **traitement automatisé des images radar** (notamment anciennes)
- Méthodes de **fusion de données** (sous contrainte)

... pour la modélisation hydrologique

- Analyse de **sensibilité** à la prise en compte d'une information haute-résolution
- Méthodes pour prendre en compte des précipitations spatialisées dans des **modèles pluie-débit globaux** ou semi-globaux

Mon post-doc (2/3) : Cas d'étude retenu

Mon post-doc (2/3) : Cas d'étude retenu

Le cas d'étude sélectionné

- Critères de sélection :
 - ① Peu d'effet orographique
 - ② Disponibilité dès 1997
 - ③ Radars voisins pour composition
 - ④ Disponibilité de bassins versants

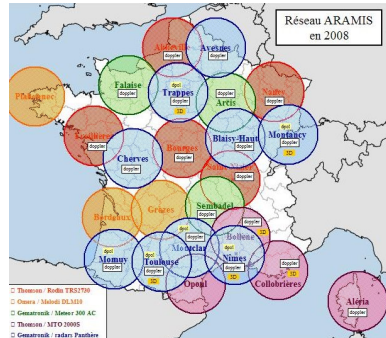


Fig.: Le réseau français de radars

Mon post-doc (2/3) : Cas d'étude retenu

Le cas d'étude sélectionné

- Critères de sélection :
 - ① Peu d'effet orographique
 - ② Disponibilité dès 1997
 - ③ Radars voisins pour composition
 - ④ Disponibilité de bassins versants

- Résultat de la sélection :
 - Radar de Trappes
 - Radar de Bourges
 - Radar d'Arcis

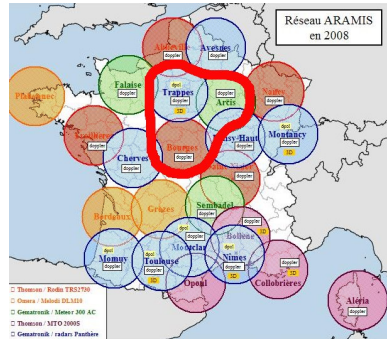


Fig.: Le réseau français de radars :
Sélection retenue

Mon post-doc (3/3) : Produits attendus

Pour les réanalyses de lames d'eau

- ① Routines de traitements automatisés des images radar (le plus de corrections possibles...)
- ② Des produits intermédiaires (1997 – 2009, dans une mosaïque "incomplète") :
 - ① Données quotidiennes pluio krigées ($\Delta t= 24h$; $\Delta x= 1 km$)
 - ② Données quotidiennes radar corrigées ($\Delta t= 24h$; $\Delta x= 1 km$)
 - ③ Données quotidiennes fusionnées ($\Delta t= 24h$; $\Delta x= 1 km$)
 - ④ Données horaires pluio krigées ($\Delta t= 1h$; $\Delta x= 1 km$)
 - ⑤ Données horaires radar corrigées ($\Delta t= 1h$; $\Delta x= 1 km$)
 - ⑥ Données horaires fusionnées ($\Delta t= 1h$; $\Delta x= 1 km$)
- ③ un produit final :
 - Données horaires fusionnées ($\Delta t= 1h$; $\Delta x= 1 km$)
 - Codes qualités associés
 - Méta-données associées

Pour la modélisation hydrologique

- ① Modèle global permettant de prendre en compte des pluies spatialisées
- ② Conclusions sur l'intérêt de pluies spatialisées.

Comparaison Radar / Pluvis sur des cumuls journaliers

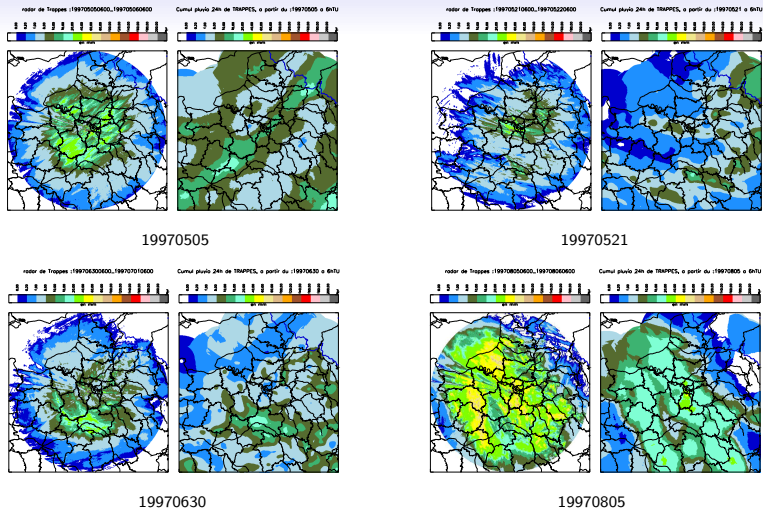


Fig.: Comparaison des précipitations vues par le radar de Trappes (gauche; Z(dBZ) 5' converties en R(mm/h), sommées sur 24h) et par le réseau de pluviomètres (droite)

Données Radar : Exemples d'artefacts

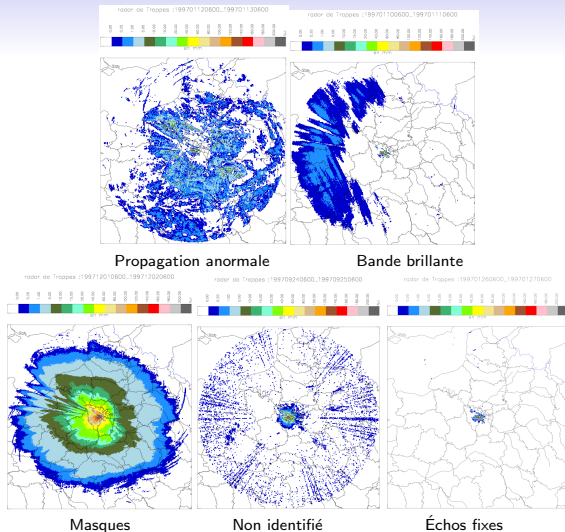


Fig.: Exemples d'artefacts dans les images radars

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 La correction des images radar**
- 3 La fusion de données radar-pluvio
- 4 Conclusions & Perspectives

La correction des images radar

La correction des images radar

1 Images de réflectivités “brutes” 5'

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes

● Echos fixes

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”

- Echos fixes

- Ciel Clair

- Advection

- Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection

• Echos fixes

• Ciel Clair

• Advection

• Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R

• Echos fixes

• Ciel Clair

• Advection

• Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des "échos de ciel clair"
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques
- 8 La bande brillante

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques
- 8 La bande brillante
- 9 Atténuations

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 La correction des images radar
- 3 La fusion de données radar-pluvio**
- 4 Conclusions & Perspectives

La fusion de données radar-pluvio (1/2)

Objectifs

Valoriser “ au mieux ” les différentes sources d'information . . .

- au pas de temps journalier :
 - Les pixels sur lesquels sont présents des pluviométriques → retrouver les cumuls journaliers
 - Entre : estimation optimale à l'aide du radar, des pluviométriques, d'autres sources . . .
- aux pas de temps infra-journaliers (1heure, 15', 5'). Respecter :
 - le cumul sur 24h
 - les informations données par les pluviographes
 - les informations données par les images 5'

La fusion de données radar-pluvin (2/2)

Les travaux entrepris

Au pas de temps quotidien (avec les postes du RCE + les postes horaires cumulés)

- 1 Stage Techniciens Supérieurs de l'Équipement (C. Luxen, S. Testelin) Stage TSE
Proposition de 2 nouvelles lames d'eau :

- Lame d'eau PANTHERE (radar actuelle) + krigeage des résidus
- ANTILOPE (lame d'eau de fusion) au pas de temps quotidien

Évaluation et comparaison par rapport à :

- Krigeage des pluviométriques
- Lame d'eau PANTHERE (radar) brute
- Lames d'eau ANTILOPE (horaire) cumulées sur 24h

- 2 Calcul de rapports radar-pluvin Rapports R/P
Pour chaque pixel de la grille :

- 1 Fenêtre glissante
- 2 Comparaison :
 - moyenne des pluviométriques présents
 - moyenne des pixels radar
- 3 Rapport R/P
- 4 Appliqué aux données radars brutes

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 La correction des images radar
- 3 La fusion de données radar-pluvio
- 4 Conclusions & Perspectives**

Conclusions & Perspectives

Encore beaucoup de travail...

- Encore beaucoup d'erreurs à corriger
- Extension à d'autres radars (composition, codes qualités)
- Calcul de lames d'eau pour l'hydrologie
- Travail de modélisation hydrologique

Les points plus particulièrement ouverts à la discussion...

- Les produits finaux et les produits intermédiaires
- La contrainte des cumuls journaliers en cas de présence d'un pluvis
- La désagrégation aux pas de temps infra-quotidiens
- Les codes qualités et les méta-données

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”

● Ciel Clair

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des "échos de ciel clair"
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques
- 8 La bande brillante
- 9 Atténuations

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection



Advection

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection



Advection

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des "échos de ciel clair"
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques
- 8 La bande brillante
- 9 Atténuations

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités “brutes” 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des “échos de ciel clair”
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des "échos de ciel clair"
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques



Masques

La correction des images radar

- 1 Images de réflectivités "brutes" 5'
- 2 Elimination des échos fixes
- 3 Elimination des pixels isolés
- 4 Elimination des "échos de ciel clair"
- 5 Correction de l'advection
- 6 Transformation en taux de pluie : loi Z-R
- 7 Identification/Correction des masques
- 8 La bande brillante
- 9 Atténuations

● Echos fixes

● Ciel Clair

● Advection

● Masques

Plan de la présentation

- 5 **Correction des données radar**
- 6 Correction des cumuls journaliers : rapport R/P

Identification automatique des échos fixes

Méthode :

- Lors du cumul annuel : comptabilisation des occurrences de pixel > 0
- Référence = Carte d'échos fixes AROME (516 pixels $> 16\text{dBZ}$)
- Choix d'un seuil pour définir les EF : 0.5 (36); si choix = 0.15 (517)

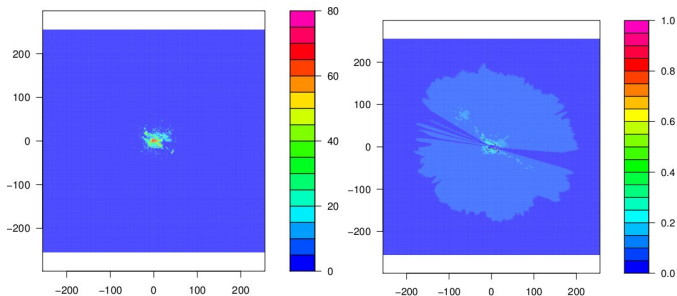


Fig.: Cartographie des EF (gauche : carte ref; droite : 1997)

Élimination des échos de ciel clair

Élimination des échos de ciel clair

Caractéristiques :

- Faible distance au radar
- Signal relativement faible
- Structuré spatialement
- Relativement persistant

Méthode :

Définir des "probabilités de non-pluie" connaissant :

- en définissant des gammes de valeurs (distance ; intensité) pour lesquelles la probabilité d'une situation à "air clair" est trop faible
- la texture du signal
- la persistance temporelle du signal

Élimination des échos de ciel clair

Élimination des échos de ciel clair

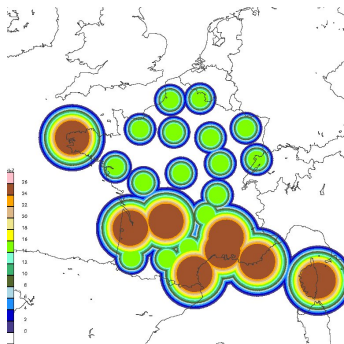
Caractéristiques :

- Faible distance au radar
- Signal relativement faible
- Structuré spatialement
- Relativement persistant

Méthode :

Définir des "probabilités de non-pluie" connaissant :

- en définissant des gammes de valeurs (distance ; intensité) pour lesquelles la probabilité d'une situation à "air clair" est trop faible
- la texture du signal
- la persistance temporelle du signal



Élimination des échos de ciel clair

Élimination des échos de ciel clair

Caractéristiques :

- Faible distance au radar
- Signal relativement faible
- Structuré spatialement
- Relativement persistant

Méthode :

Définir des "probabilités de non-pluie" connaissant :

- en définissant des gammes de valeurs (distance ; intensité) pour lesquelles la probabilité d'une situation à "air clair" est trop faible
- la texture du signal
- la persistance temporelle du signal

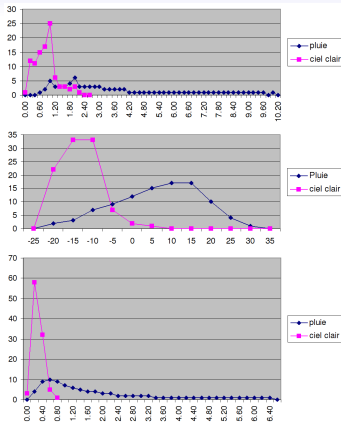


Fig.: Distributions des textures (haut) ; des Z-Zmin (milieu) ; des différences temporelles (bas) : pluie vs air clair

Élimination des échos de ciel clair : Résultats

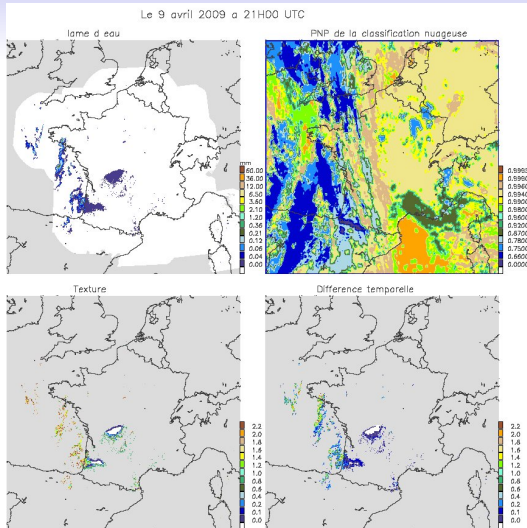


Fig.: Recherche des échos de ciel clair : cas du 9 avril 2008

Élimination des échos de ciel clair : Résultats

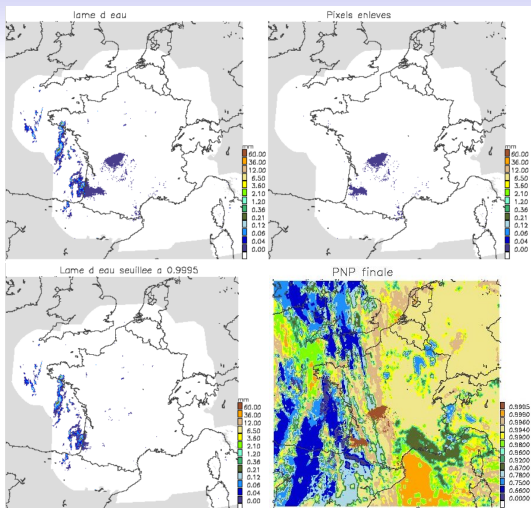


Fig.: Recherche des échos de ciel clair : cas du 9 avril 2008

Correction de l'advection

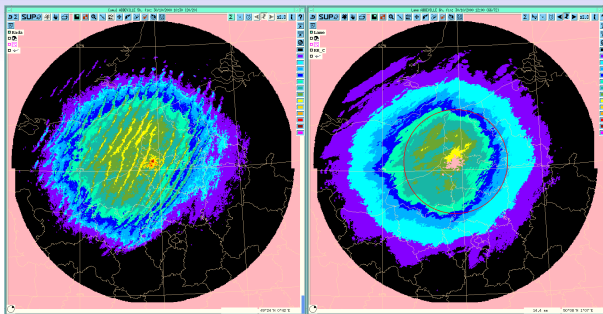


Fig.: Effet de l'advection des systèmes précipitants sur les cumuls radar : cumul brut (gauche) ; cumul corrigé de l'advection (droite)

Méthode de correction

- Identification du champ de déplacement par “zones”
- Advection des images → interpolation temporelle par ex : toutes les minutes)
- Cumuls sur 5 minutes

[retour](#)

Identification automatique des masques

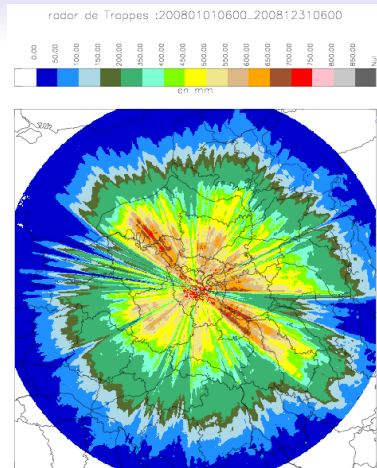


Fig.: Cumul brut (mm) enregistré par le radar de Trappes : année 2008

Identification automatique des masques

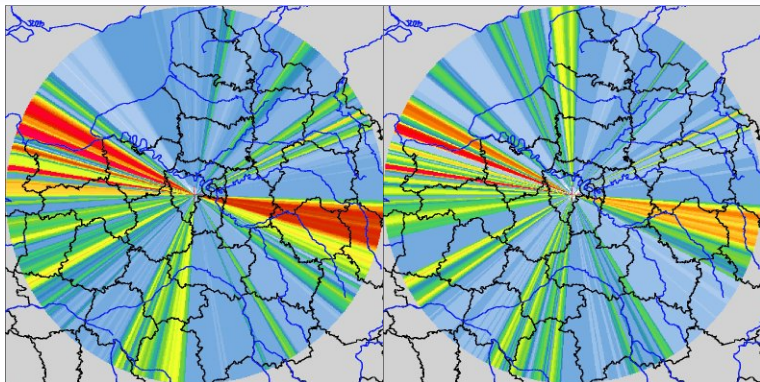


Fig.: Comparaison des masques identifiés en 2004 et en 2009

Identification automatique des masques

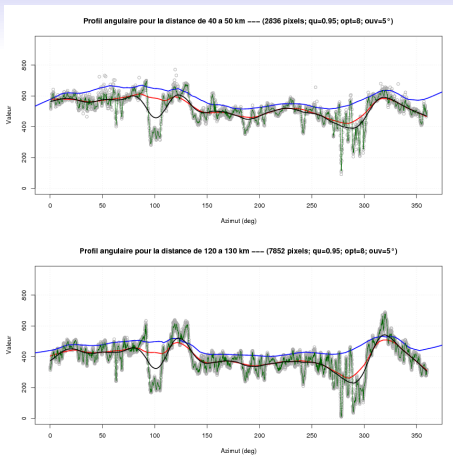


Fig.: Exemple d'évolution du signal avec le secteur angulaire

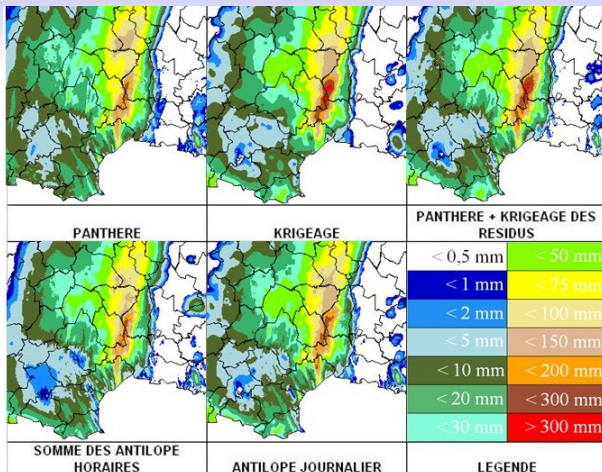


Fig.: Reconstitution de lames d'eau journalières : 1er novembre 2008

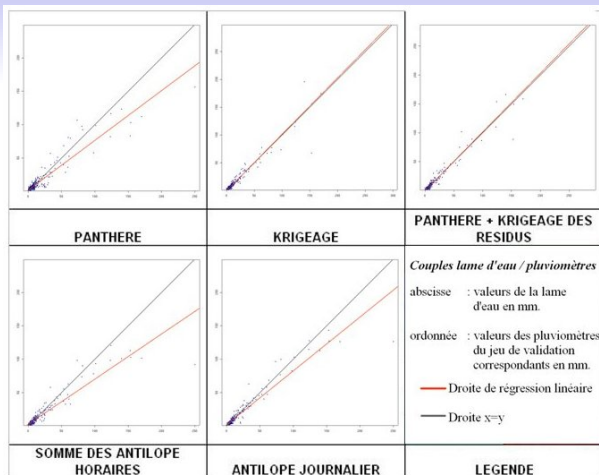


Fig.: Reconstitution de lames d'eau journalières : 1er novembre 2008

Plan de la présentation

- 5 Correction des données radar
- 6 Correction des cumuls journaliers : rapport R/P**

Correction des cumuls journaliers : rapport R/P

Méthode : origine

- A partir de la méthode de la carte ALICIME → valeur moyenne du rapport R/P sur une fenêtre glissante : moyenne des pixels au droit des pluviomètres dans la fenêtre.
- Modifications : choix d'une fenêtre circulaire plutôt que carrée

Méthode : compléments

- R = 30 km ; **Tester la sensibilité, ...**
- Moyenne arithmétique pour l'instant : **Nécessité d'améliorer cela**
- Si $P=0$ et $R=0 \rightarrow R/P = 1$
- Si $P=0$ et $R>0 \rightarrow R/P = -1$
- Si $P>0$ et $R=0 \rightarrow R/P = 0$
- Si $P>0$ et $R>0 \rightarrow R/P$

Rapport R/P : résultats

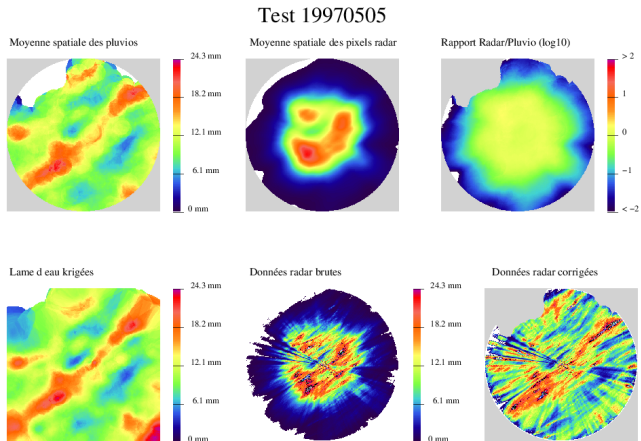


Fig.: Rapport R/P : le 5 mai 1997 (image G.L'Hénaff)

Rapport R/P : résultats

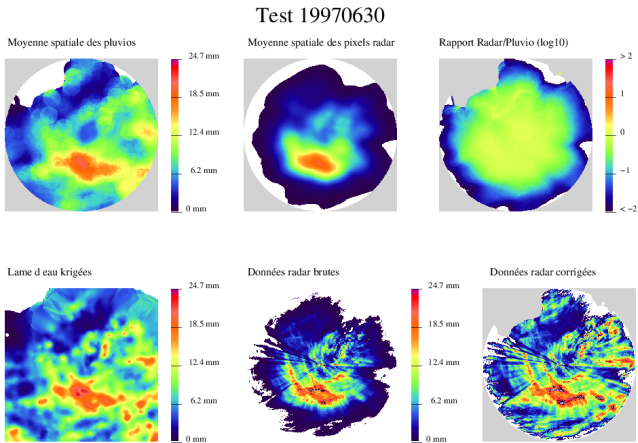


Fig.: Rapport R/P : le 30 juin 1997 (image G.L'Hénaff)

Rapport R/P : résultats

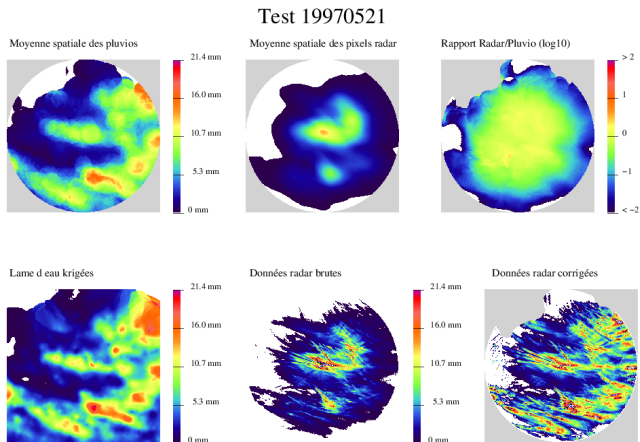
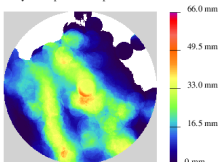


Fig.: Rapport R/P : le 21 mai 1997 (image G.L'Hénaff)

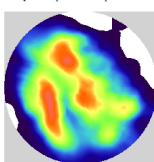
Rapport R/P : résultats

Test 19970805

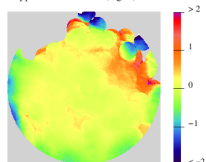
Moyenne spatiale des pluviios



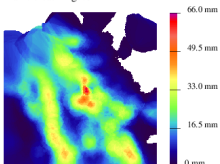
Moyenne spatiale des pixels radar



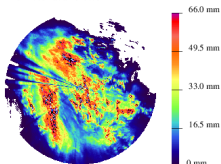
Rapport Radar/Pluvio (log10)



Lame d'eau krigées



Données radar brutes



Données radar corrigées

