

Diagnostic d'aide à la prévision du brouillard en aval des systèmes AROME et du modèle IFS

DirOP/PG/Labo

F. Dupont, M. Boisserie, K. Maynard

AMA – 14/02/2018



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

plan

- Un diagnostic de brouillard, pourquoi ? comment ?
- Le diagnostic de brouillard en aval des systèmes AROME (AROME, AROME-IFS, PE-AROME, AROME-PI) - caractéristiques
- Le diagnostic de brouillard en aval d'IFS
- Intérêt relatif du diagnostic de brouillard IFS et du champ de visibilité IFS
- Perspectives - conclusion

Un diagnostic de brouillard, pourquoi ? Comment ? (1/2)

Des besoins pour la prévision météorologique en général, phénomène particulièrement sensible pour l'aéronautique.

Des spécificités d'AROME (oper en 2008) par rapport à ARPEGE/ALADIN, qui ont offert un potentiel pour la prévision du brouillard :

- ✓ meilleure résolution horizontale
 - ✓ nouvelles paramétrisations physiques
 - ✓ de nouveaux paramètres, dont le contenu en eau liquide nuageuse
- ⇒ réalisation d'une première étude d'un diagnostic de brouillard dans le cadre d'un projet de modélisation IT en janvier et février 2007 (F. Besson, M. Lafaysse, F. Morillo – encadrement G. Hello et V. Ducrocq) qui a confirmé ce potentiel.

Un diagnostic de brouillard, pourquoi ? Comment ? (2/2)

- ⇒ au Laboratoire de Prévision, adaptation et tests sur la version d'AROME opérationnelle
- ⇒ études de cas => évolution du diagnostic
 - Définition du diagnostic et sélection des paramètres les plus pertinents du modèle pour mettre en œuvre ce diagnostic (humidité, contenu en eau liquide nuageuse, vent)
 - adaptation des seuils retenus
 - nécessité d'associer à un tel diagnostic les observations disponibles en temps quasi-réel
- ⇒ Mise en place du diagnostic (2010, C. Fougère, P. Santurette)
- ⇒ Début 2017 : stage IENM2 au Laboratoire de Prévision (I. Pechin, L. Mignan, E. Chatrefou)

Objectif : Revisiter le diagnostic AROME en vue de l'améliorer si possible compte-tenu des évolutions des modèles

Question sous-jacente : Peut-on prévoir une mesure de la visibilité plutôt que l'occurrence de brouillard ?

Le diagnostic de brouillard AROME (1/6)

Définition du diagnostic de brouillard AROME

Occurrence de brouillard si

- **humidité relative** moyenne en basses couches $\geq 98 \%$ ou **visibilité Kunkel** ≤ 1000 m
- **et vent 10 m** compris entre 1 et 3,5 m/s.
- risque plus faible si vent < 1 m/s ou vent entre 3,5 et 5 m/s

• Visibilité Kunkel (1984) :

$$x_{\text{vis}} = -\ln(0.02)/\beta$$

x_{vis} : visibilité en m, β : coefficient d'extinction de l'atmosphère en km^{-1}
dédit des lois de rayonnement

avec $\beta = 144.7 \times \text{LWC}^{0.88}$ formulation Kunkel

LWC : Liquid Water Content, contenu en eau liquide nuageuse en g/m^3

et $\text{LWC} = 1000 \times \rho \times q_c$ q_c en kg/kg (BDAP, niv 20 m), ρ : masse volumique de l'eau en kg/m^3

Humidité relative moyenne en basses couches :

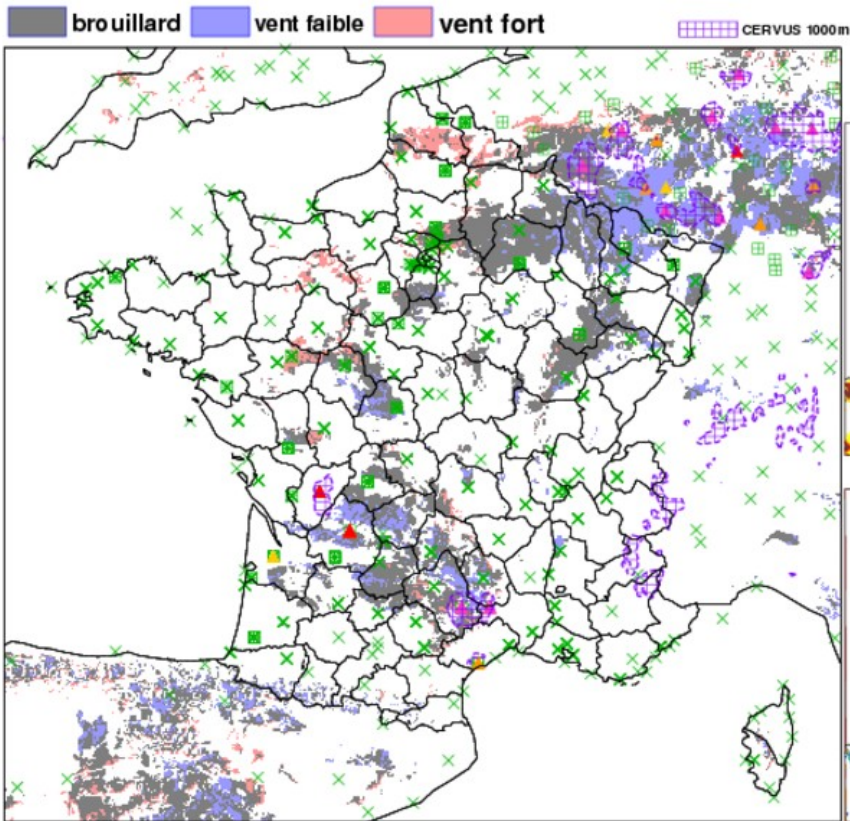
Moyenne de l'humidité relative sur les niveaux 2 m, 20 m, 50 m

Champs sur la grille 0.025 dg

Pas de discrimination selon le type de brouillard

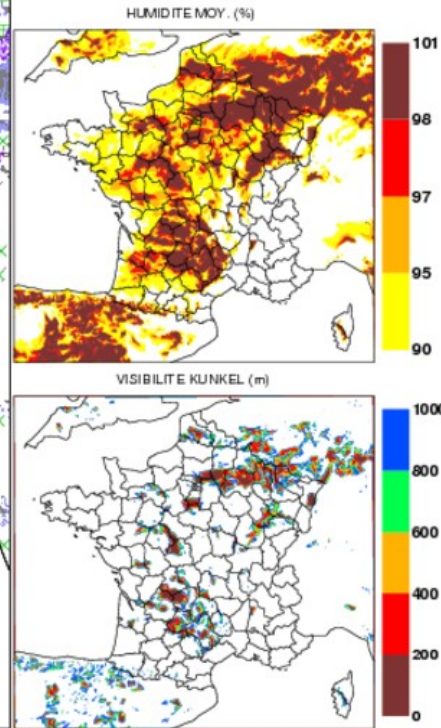
Illustration du diagnostic AROME

diagnostic de brouillard AROME pour dim. 04/02 à 03UTC
run du 20180204 00UTC ech 3h



Visi observée

✕	5000 - 0.700 10 ⁴	■	1000 - 5000
▲	800 - 1000	▲	600 - 800
▲	400 - 600	▲	200 - 400
▲	0 - 200		



Sur le site web du Labo,
aux premières échéances
on superpose :

- la visibilité observée (BDM)
- les zones où la probabilité analysée d'occurrence de visibilité inférieure à 1000 m est > 60 % (CERVUS)

aux échéances trihoraires à partir de 6 h, on superpose les adaptations statistiques de visibilité ARPEGE (DirOP/COMPAS)

Le diagnostic de brouillard AROME (3/6)

Contribution des critères « humidité » et « visibilité Kunkel » au diagnostic de brouillard

Force du vent moyen à 10 m	Hu \geq 98 % seule	Visi Kunkel \leq 1000 m seule	2 conditions vraies	Total
FF < 1 m/s	2,19 %	2,17 %	18,56 %	22,92 %
1 < FF < 3,5 m/s	7,71 %	3,25 %	50,41 %	61,37 %
3,5 < FF < 5 m/s	2,62 %	0,48 %	12,61 %	15,71 %
Total	12,52 %	5,9 %	81,58 %	100 %

Tableau 2 : Répartition des points de grille où du brouillard a été diagnostiqué en fonction de la force du vent moyen prévu à 10 m, de la visibilité de Kunkel et de l'humidité relative en basses couches

Les cas où les 2 conditions sont remplies sont très majoritaires.

Le critère d'humidité contribue à la détection de cas de brouillard.

Echantillon d'étude : 1 – 15/12/2016, tous réseaux, ech 0 à 36 h

Le diagnostic de brouillard AROME (3/6)

Contribution des critères « humidité » et « visibilité Kunkel » au diagnostic de brouillard

Force du vent moyen à 10 m	Hu \geq 98 % seule	Visi Kunkel \leq 1000 m seule	2 conditions vraies	Total
FF < 1 m/s	2,19 %	2,17 %	18,56 %	22,92 %
1 < FF < 3,5 m/s	7,71 %	3,25 %	50,41 %	61,37 %
3,5 < FF < 5 m/s	2,62 %	0,48 %	12,61 %	15,71 %
Total	12,52 %	5,9 %	81,58 %	100 %

Tableau 2 : Répartition des points de grille où du brouillard a été diagnostiqué à partir de la force du vent à 10 m, de la visibilité de Kunkel et de l'humidité relative.

Les cas où les 2 conditions sont remplies sont très majoritaires.

Le critère d'humidité contribue à la détection de cas de brouillard.

Echantillon d'étude : 1 – 15/12/2016, tous réseaux, ech 0 à 36 h

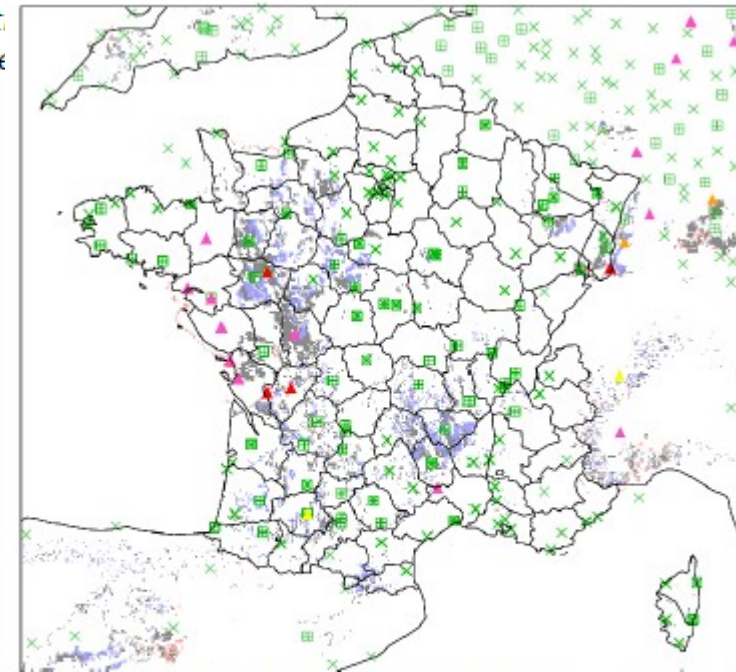


Figure 4 : Diagnostic actuel où seule la condition « humidité » est vérifiée du 19/12/16 réseau de 18 UTC échéance 14

Le diagnostic de brouillard AROME (4/6)

Visibilité prévue - visibilité observée

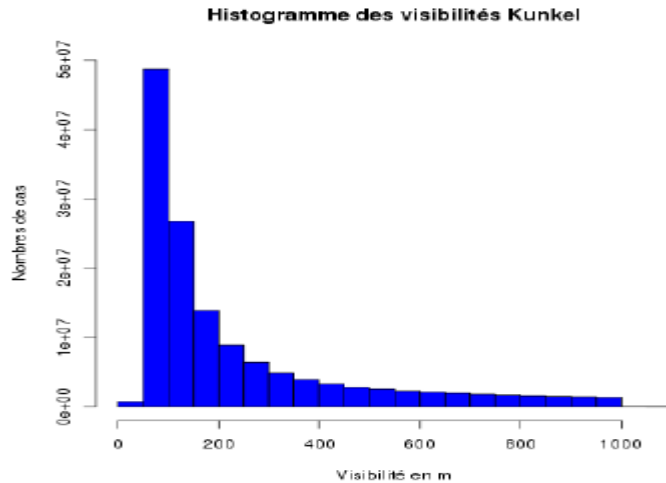


Figure 5 : Histogramme des visibilités de Kunkel calculées du 1^{er} au 15 décembre 2016

Le diagnostic de brouillard AROME (4/6)

Visibilité prévue - visibilité observée

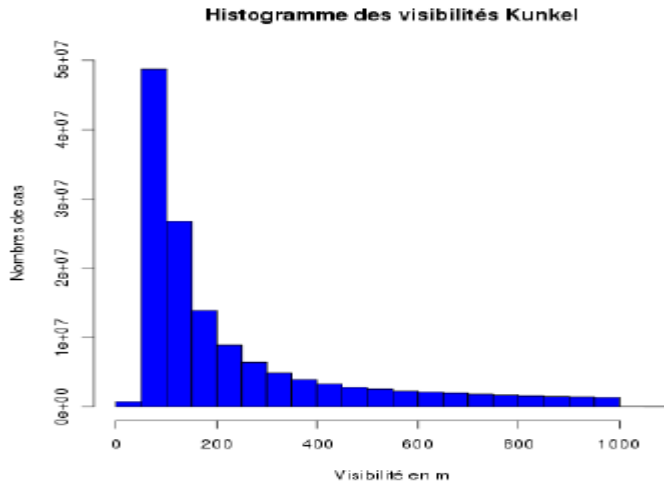


Figure 5 : Histogramme des visibilités de Kunkel calculées du 1^{er} au 15 décembre 2016

Les cas de très faible visibilité sont très majoritaires. Ils sont sur-représentés par rapport aux observations. La visibilité Kunkel ne permet pas de bien prévoir la visibilité en cas de brouillard peu épais. La visibilité Kunkel est plus adaptée à la prévision d'une occurrence de brouillard que d'une mesure de la visibilité.

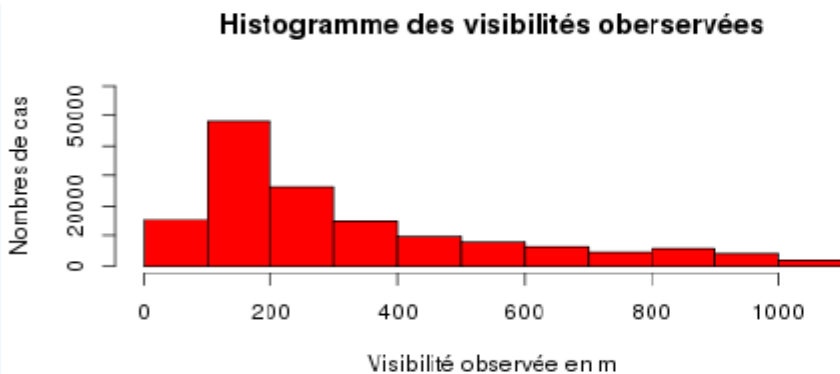


Figure 6 : Répartition des visibilités observées en cas de brouillard, du 1^{er} au 15 décembre 2016

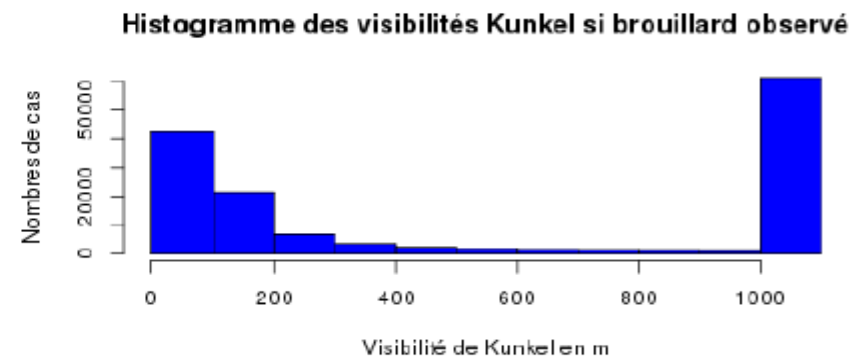


Figure 7 : Répartition des visibilités Kunkel en cas de brouillard observé, du 1^{er} au 15 décembre 2016

Le diagnostic de brouillard AROME (5/6)

Il ressort de l'étude bibliographique et d'échanges notamment avec le CNRM lors du stage de 2017 :

- ✓ l'importance d'une fine résolution verticale près du sol
- ✓ l'influence optique des gouttelettes d'eau en suspension dans l'air et l'apport de la prise en compte de leur concentration
- ✓ l'impact des aérosols sur la concentration en gouttelettes et leur diamètre
- ✓ La possibilité de tenir compte de la turbulence et de la stabilité en basses couches par l'utilisation de la TKE (Turbulent Kinetic Energie)
- ✓ Plusieurs formulations possibles pour la mesure de la visibilité : outre Kunkel, formulation la plus couramment utilisée, Gulpepe, Khan dans la bibliographie et récemment A. Philip dans sa thèse au CNRM ont proposé des formulations

=> Tests sur les niveaux des paramètres pris en compte (qc, HU) et sur le seuil de HU

=> Tests sur le remplacement du vent par la TKE

=> Tests de différentes formulations pour la visibilité

Le diagnostic de brouillard AROME (6/6)

Conclusions du stage IENM de janvier 2017

Pertinence de la formulation de Kunkel – pas d'autre algorithme objectivement mieux adapté
Pas de piste probante pour la prévision d'une valeur de visibilité
Pertinence de la prise en compte de l'humidité de basses couches
Robustesse du diagnostic Labo et pertinence des choix effectués

Améliorations possibles à court terme :

- Prise en compte du contenu en eau liquide nuageuse à 10 m au lieu de 20 m
- Remplacement des niveaux 2, 20 et 50 m de HU par 2, 10, 20, 35 m

Améliorations à envisager :

- Impact de la prise en compte du processus de dépôt du brouillard dans AROME
- Possibilité d'intégrer des données de concentration en aérosols

Validation du diagnostic de brouillard AROME

- ✓ Validation en interne au Labo
- ✓ Validation par rapport à COBEL
- ✓ Validation subjective par les prévisionnistes
- ✓ Validation subjective et objective lors du stage de janvier 2017

Réussite	Bonnes prévisions	Fausses alarmes	Non-détection
62,8 %	82,6 %	55,4 %	37,2 %

Scores du diagnostic actuel

	Bonnes prévisions	Fausses alarmes	Non-détection
Scores du test	83,1 %	54,4 %	36,4 %
Diff /actuel	+0,5 %	-1,0 %	-0,8 %

Scores du diagnostic alternatif

Le diagnostic de brouillard IFS

Mis en place pour répondre également aux besoins de DirOP/Mar et DSM/EC/PCGC (ex GCRI).

Définition du diagnostic de brouillard en aval d'IFS

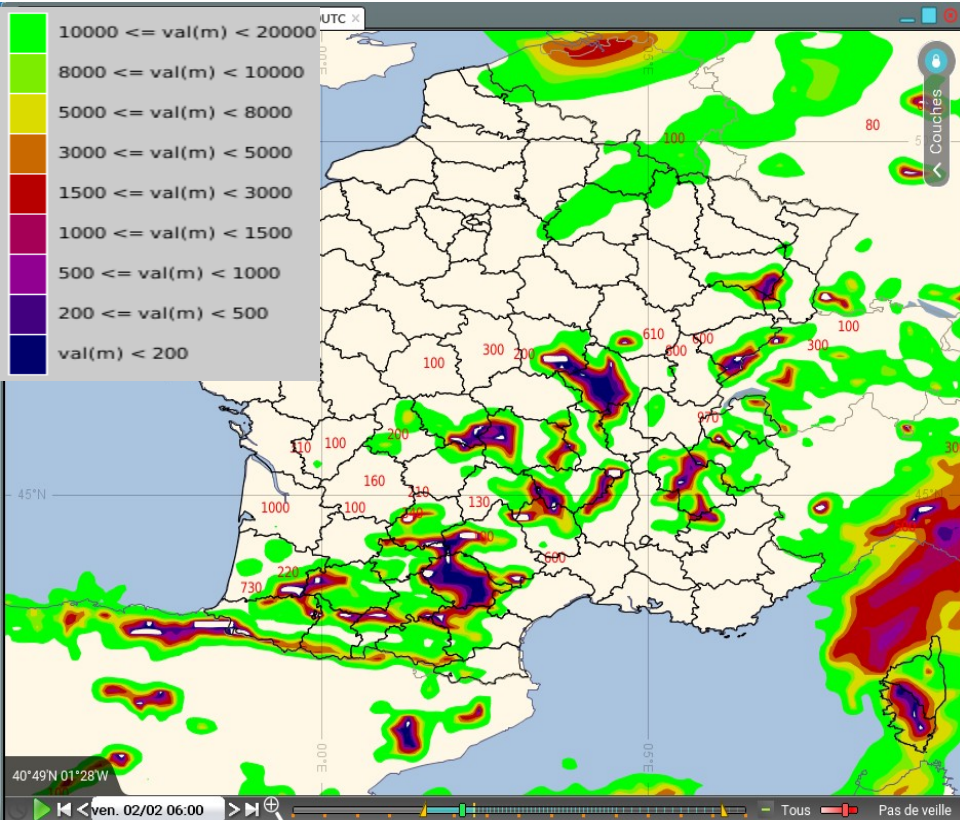
Occurrence de brouillard si

- **humidité relative** moyenne en basses couches ≥ 96 % ou **visibilité Kunkel** ≤ 1000 m
 - **et vent 10 m** compris entre 1 et 3,5 m/s.
 - risque plus faible si vent < 1 m/s ou vent entre 3,5 et 5 m/s
-
- **humidité relative** : moyenne sur le niveau 2 m et les 2 premiers niveaux du modèle (10 m et 31 m)
 - **Kunkel** : avec contenu en eau liquide nuageuse au niveau du modèle le plus bas (10 m)
 - **vent** au niveau du modèle le plus bas (10 m)
 - Mêmes critères de détermination du brouillard que pour AROME, sauf seuil d'humidité à **96%** au lieu de **98%** avec AROME
 - **Plusieurs domaines géographiques** : outre la métropole, Mer du Nord, Ouest Maroc et Méditerranée

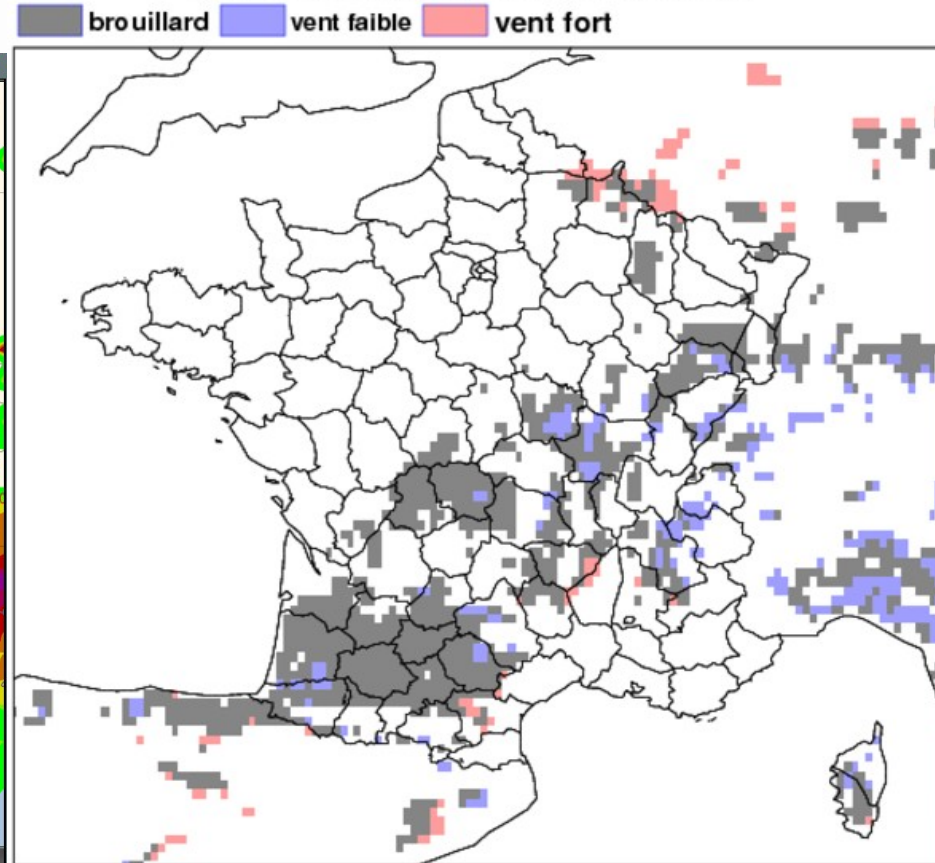
Comparaison

diagnostic brouillard Labo CEP / champ Visibilité CEP (1/2)

Champ Visibilité CEP0.125 run du 1/02/2018 ech 30 h valid 2/02/2018 06 UTC

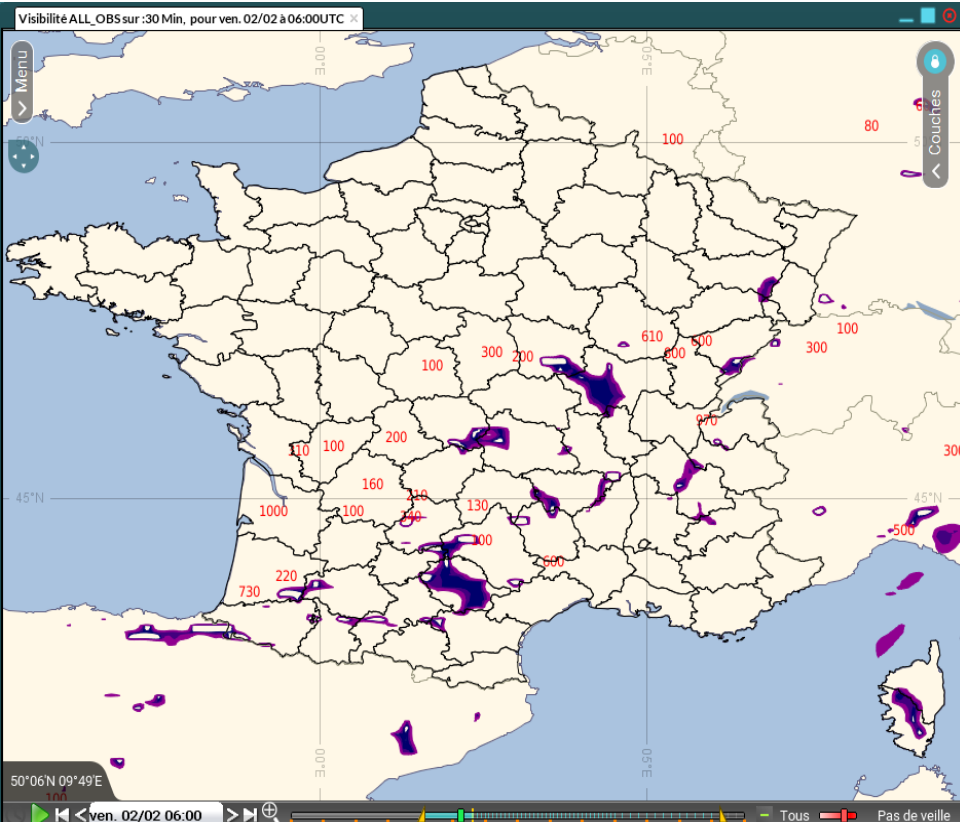


diagnostic de brouillard CEP pour ven. 02/02 à 06UTC
run du 20180201 00UTC ech 30h

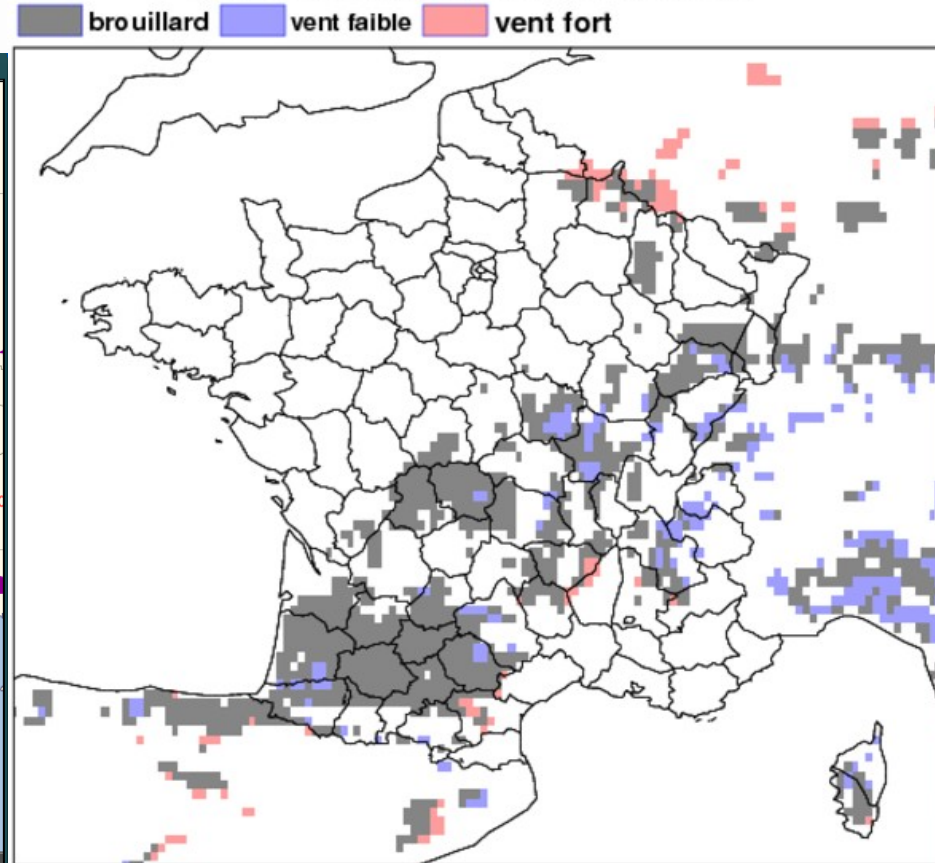


Comparaison diagnostic brouillard Labo CEP / champ Visibilité CEP (1/2)

Champ Visibilité CEP0.125 run du 1/02/2018 ech 30 h valid
2/02/2018 06 UTC

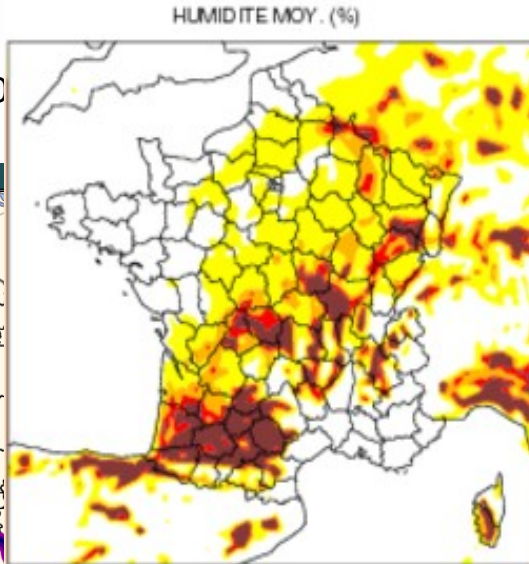
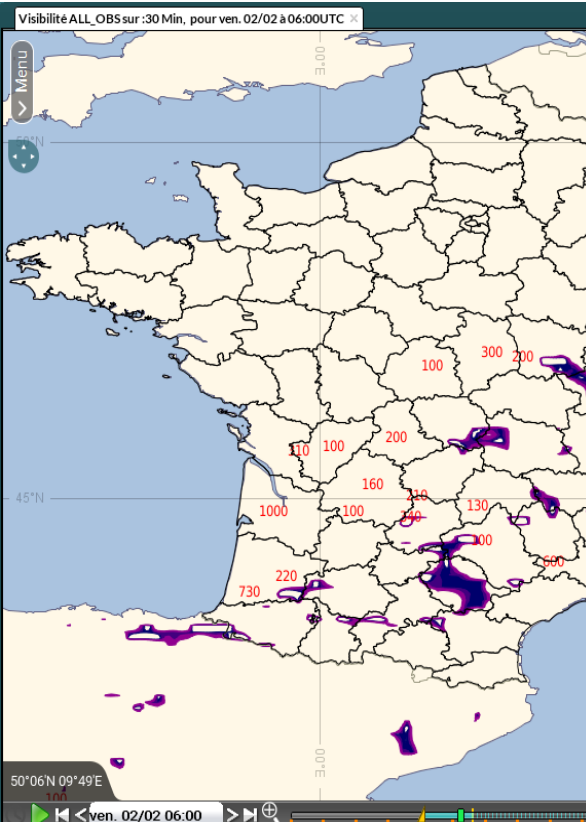


diagnostic de brouillard CEP pour ven. 02/02 à 06UTC
run du 20180201 00UTC ech 30h

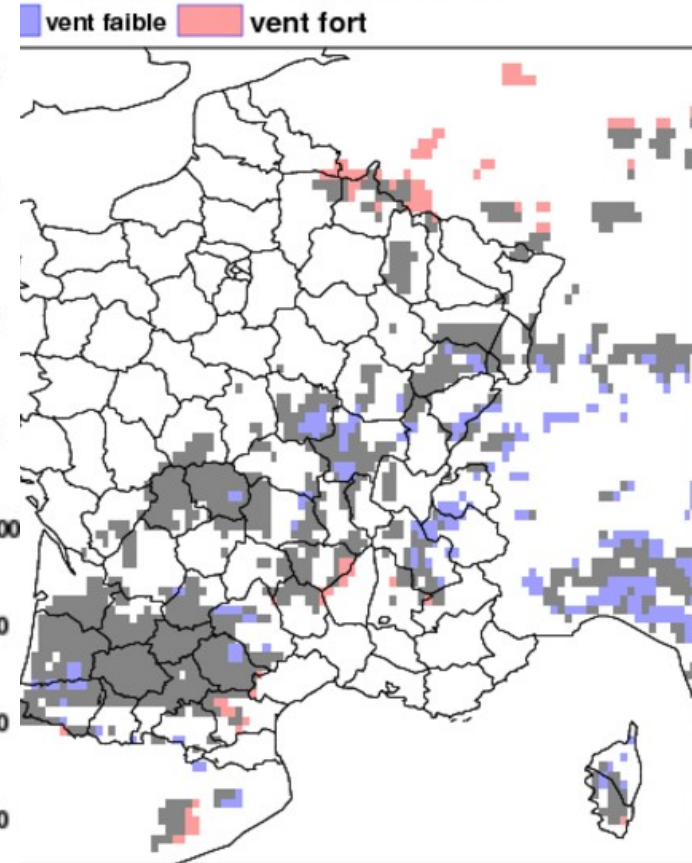


Comparaison diagnostic brouillard Labo CEP / champ Visibilité CEP (1/2)

Champ Visibilité CEP0.125 run du 1/02/2018 06 UTC



Brouillard CEP pour ven. 02/02 à 06UTC
du 20180201 00UTC ech 30h



Comparaison

diagnostic brouillard Labo CEP / champ Visibilité CEP (2/2)

Etude menée au Labo. 13 cas de brouillard sur terre documentés.

Principales conclusions :

- **Paramètre VIS d'IFS** : sous-estimation importante de l'étendue spatiale de la prévision de visibilité ≤ 1000 m
- **Diagnostic de brouillard** :
 - Sur-estimation de la prévision des cas de brouillard (contribution HU)
 - Visibilité Kunkel génère plus de brouillard que VIS d'IFS
- Pertinence du diagnostic Labo – seuil de HU à consolider

Conclusion - Perspectives

- ✓ Un diagnostic de brouillard robuste et largement utilisé par les prévisionnistes
- ✓ Des améliorations qui seront prochainement mises en œuvre et qui prennent mieux en compte le potentiel de la chaîne opérationnelle (résolution verticale pour HU, niveau de q_c)
- ✓ Mise en opérationnel en aval d'AROME déterministe et AROME-IFS prévue dans la prochaine chaîne en double (en complément d'AROME-PE et AROME-PI)
- ✓ Diagnostic de brouillard en aval d'IFS pertinent, seuil de HU à consolider