



Qualité de l'air

Études

FEVRIER 2010



VISU-METEORES CARTOGRAPHIE DES PREVISIONS METEOROLOGIQUES

NOTE METHODOLOGIQUE

En collaboration avec

NUMTECH



Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: www.airfobep.org - e-mail : airfobep@airfobep.org

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)



VISU-METEORES

Cartographie des prévisions météorologiques : Méthodologie

Contexte et objectifs :

En 2009, AIRFOBEP a mis en place la production automatique de cartes météorologiques, à partir des observations. Ces cartes visualisent les champs météorologiques dans la région de l'étang de Berre pour les paramètres suivants :

- le vent (vitesse et direction), la température, la nébulosité et la stabilité (classes de Pasquill).

En 2010, AIRFOBEP a élargi cette production aux cartes de prévisions météorologiques.

Méthodologie pour cartographier les champs de vents :

Les données météorologiques en prévision sont issues du modèle RAMS qui fonctionne en opérationnel dans la zone de l'étang de Berre depuis 2008.

Pour les vents, deux méthodes ont été testées pour la réalisation des cartes de prévisions météorologiques :

- Utilisation de NUATMOS :

Le modèle NUATMOS est un modèle diagnostique variationnel. Il permet de construire un champ de vent bidimensionnel à partir d'observations ou prévisions ponctuelles. Ce champ diverge peu des observations ou prévisions disponibles. Le calcul de NUATMOS intègre la topographie de la zone considérée.

- Interpolation directe à partir des données RAMS :

La grille utilisée a une résolution initiale de 3 km. Pour atteindre une résolution de 800 m souhaitée, le champ de vent bidimensionnel de RAMS est interpolé avec le logiciel SURFER. La méthode d'interpolation choisie est le krigeage. Les champs interpolés sont les composantes u et v du vent. La direction et la vitesse sont recalculées après interpolation. L'interpolation à l'aide SURFER ne tient pas compte des reliefs du domaine.

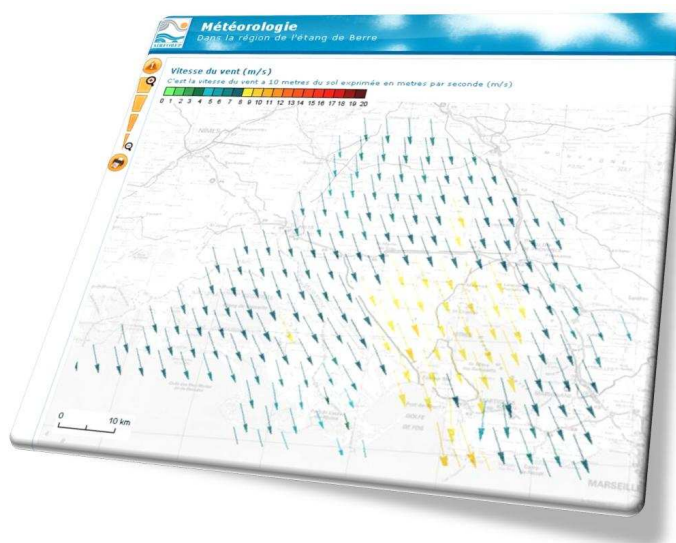
Conclusions

Les champs de vent produits par NUATMOS sont cohérents avec ceux de RAMS.

La différence moyenne entre les deux champs est de l'ordre de 1 m/s sur les vitesses et entre 10 et 30° sur les directions. Les deux champs peuvent présenter des différences notables sur certaines zones (à proximité des reliefs par exemple) ou dans les situations de vents variables et faibles.

Au regard des objectifs, des avantages et contraintes des deux solutions, NUATMOS a été retenu pour produire les champs de vents dans la région de l'étang de Berre à partir des données de prévisions météorologiques issues de RAMS.

Pour la reconstruction des autres champs météorologiques (température, nébulosité et classes de Pasquill), la méthodologie reste identique à celle adoptée pour les observations. Les cartographies de température et de nébulosité seront recalculées par interpolation (krigeage) à l'aide du logiciel Surfer. Enfin, les cartes de classes de Pasquill sont déduites des cartes de vent et de nébulosité en suivant la définition des classes.



Affichage réalisé grâce à l'application VISU-METEORES
Cartographie des champs de vents prévus dans la région de l'Etang de Berre.

Table des matières

1	Méthodologies envisagées et contraintes associées	4
1.1	Utilisation de NUATMOS	4
1.2	Interpolation directe à partir de la grille RAMS originale	5
1.3	Conclusions partielles	5
2	Tests sur un cas d'étude	6
2.1	Présentation du cas d'étude	6
2.2	Résultats	6
2.3	Influence du paramètre alpha dans NUATMOS	10
3	Conclusions	11

Objectif de l'étude

En 2009 a été mis en place une génération automatique de cartes météorologiques sur la région d'intérêt d'AIRFOBEP à partir des observations disponibles. Ces cartes donnent le vent (vitesse et direction), la température, la nébulosité et une information sur les conditions de stabilité (classes de Pasquill). La reconstruction des champs bi-dimensionnels à partir des observations ponctuelles fait intervenir des méthodes d'interpolation comme le krigeage, exception faite du vent pour lequel l'utilisation du modèle NUATMOS a été privilégiée.

Aujourd'hui, AIRFOBEP aimerait disposer de cartes similaires pour le vent construites à partir des prévisions météorologiques NUMTECH et non plus à partir des observations. Actuellement, AIRFOBEP dispose via la base de données METEORES des prévisions météorologiques NUMTECH pour environ 75 points spécifiques (par exemple les stations de mesure du réseau). Deux méthodes de reconstruction du champ de vent sont ainsi envisageables. La première méthode utilise à nouveau NUATMOS avec cette fois les extractions ponctuelles (issues des prévisions) disponibles dans METEORES. La deuxième méthode consiste elle à interpoler directement le champ brut de RAMS à l'aide de méthodes d'interpolation classique. Le but de ce document est de choisir la méthodologie la plus pertinente. Dans la première partie, les deux options envisagées vont être détaillées, et leurs avantages et leurs inconvénients respectifs seront mis en avant. La seconde partie présente une comparaison des résultats des deux méthodes sur un cas précis avant de conclure sur la problématique posée. En conclusion est également rappelée la méthodologie développée pour tracer les champs de température, nébulosité et classes de Pasquill à partir des observations et qui est aussi valable pour les prévisions.

1 Méthodologies envisagées et contraintes associées

1.1 Utilisation de NUATMOS

On rappelle que le modèle NUATMOS est un modèle diagnostique variationnel qui permet de construire un champ de vent bidimensionnel à partir d'observations ponctuelles. Le champ de vent final respecte l'équation de conservation de la masse et diverge peu des observations disponibles. NUATMOS intègre aussi dans son calcul la topographie de la zone considérée.

Comme constaté lors de son utilisation avec les mesures, le nombre de points de grille utilisés par NUATMOS est limité. Vu la taille de la zone d'intérêt d'AIRFOBEP, une résolution de 200 m n'est pas atteignable. Pour le champ reconstruit à partir des observations, une résolution de 800 m a ainsi été retenue. Nous conserverons cette résolution pour la suite de cette étude et la comparaison avec les champs RAMS interpolés.

AIRFOBEP dispose dans METEORES d'environ 75 points d'extraction. Dans cette étude nous avons sélectionné 50 points d'extraction pour être utilisés en entrée de NUATMOS. Ces 50 points regroupent en premier lieu les 46 stations du réseau AIRFOBEP. 4 points supplémentaires ont été ajoutés dans les zones les moins bien couvertes par les stations de mesure. Les 50 stations utilisées sont visibles sur la Figure 1 (croix blanches). Le choix des stations de mesures plutôt qu'une sélection de points visant à couvrir le domaine d'intérêt de façon plus homogène est liée à la problématique de comparaison modèle-mesure. En effet, NUATMOS tente de construire un champ divergeant peu des données d'entrées. Ainsi, en cas de comparaison modèle-mesure, on peut espérer avec un tel choix que les résultats de la comparaison représenteront principalement les erreurs du modèle météorologique et non pas les erreurs du modèle météorologique additionnées de celles liées à l'utilisation de NUATMOS.

1.2 Interpolation directe à partir de la grille RAMS originale

La Figure 1 représente le domaine couvert par la grille RAMS n°3 du projet calculant les prévisions météorologiques sur la région de Berre. La résolution de ce domaine est de 3 km. La grille n°4 à 1 km de résolution ne couvre pas la totalité du domaine d'AIRFOBEP. Nous avons donc privilégié les données de la grille n°3 qui représentent un jeu cohérent alors qu'une combinaison d'informations des grilles 4 et 3 pourrait faire apparaître des discontinuités dans le champ final.

Vu que NUATMOS permet seulement une résolution de 800 m et que l'objet de cette note est de comparer les deux méthodes, nous avons aussi interpolé les champs RAMS sur une grille de 800 m de résolution uniquement. Avec la méthode présentée ci-après, il est certes possible d'obtenir une résolution finale de 200 m mais la qualité du champ final risque d'être fortement dégradée/lissée du fait de la grande différence entre la résolution initiale (3 km) et la résolution finale (200 m) 15 fois plus élevée.

Pour atteindre une résolution de 800 m, le champ de vent bidimensionnel de RAMS à 3 km est interpolé avec le logiciel SURFER. La méthode d'interpolation choisie est celle du krigeage. Cette méthode est celle qui a déjà été retenue pour la reconstruction du champ de température observé. Les champs interpolés sont les composantes u et v du vent, la direction et la vitesse étant recalculées après interpolation. L'interpolation réalisée par SURFER ne tient pas compte des reliefs du domaine.

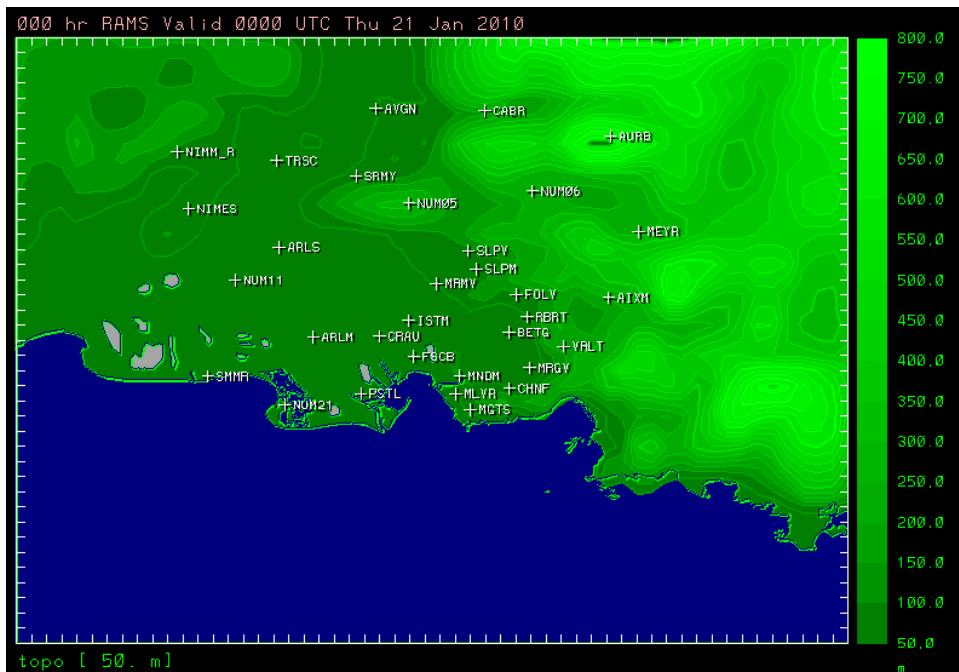


Figure 1 : Domaine RAMS n°3 du projet de prévisions météorologiques sur Berre.

1.3 Conclusions partielles

Le Tableau 1 récapitule les avantages et les inconvénients de chaque méthode mis en lumière dans les paragraphes précédents. Seule la question de la prise en compte de la stabilité atmosphérique reste à discuter.

Tableau 1 : Synthèse des avantages et inconvénients des méthodes proposées à l'issue d'une première analyse.

NUATMOS		RAMS	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - prise en compte de la topographie de la zone dans l'interpolation des vents - possibilité de tenir compte de la stabilité via le paramètre alpha 	<ul style="list-style-type: none"> - taille du domaine limitée : résolution de 200 m inatteignable - stabilité identique sur tout le domaine - méthodologie à développer pour adapter le paramètre alpha aux conditions de stabilité prévues par RAMS 	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité de tester différentes méthodes d'interpolation via SURFER - stabilité qui peut être hétérogène sur le domaine dans les données initiales - possibilité d'atteindre la résolution 200 m (mais est-ce réellement judicieux ?) 	<ul style="list-style-type: none"> - utilisation de la grille RAMS à 3 km de résolution - interpolation qui ne tient pas compte de la topographie - pas de prise en compte de la stabilité au moment de l'interpolation

NUATMOS tient compte de la stabilité via le paramètre alpha représentant le rapport de l'amplitude des mouvements verticaux sur l'amplitude des déplacements horizontaux. La stabilité dictée par ce paramètre est alors appliquée sur tout le domaine d'intérêt. Dans le cas des observations, les tests sur ce paramètre ont finalement montré le peu d'influence de la valeur du alpha sur les champs de vent finaux et une valeur de alpha correspondant à des conditions neutre ($\alpha = 1$) a finalement été retenue. Pour les tests sur une prévision donnée (dans le paragraphe suivant), nous nous sommes tout d'abord placés dans ces conditions ($\alpha = 1$). Cependant, l'information sur la stabilité de l'atmosphère pourrait être déduite des prévisions météorologiques RAMS et on pourrait envisager de mettre en place une méthode permettant de proposer une valeur du alpha en fonction des prévisions de la stabilité. Avant de développer une telle méthodologie, nous avons de nouveau testé l'influence de ce paramètre. Les tests portant sur une situation relativement stable, nous avons ainsi utilisé d'autres valeurs de $\alpha < 1$ afin de voir si les résultats de NUATMOS étaient améliorés (cf. paragraphe 2.3).

L'interpolation simple de la grille RAMS à 3 km sur une grille à 800 m via le logiciel SURFER n'utilise aucune considération relative à la stabilité de l'atmosphère. En revanche, le champ de départ contient beaucoup plus d'information (plus de 900 points contre 50 seulement dans NUATMOS) et la stabilité de ce champ peut parfaitement être hétérogène.

Ainsi, il est pour l'instant difficile de conclure quant à la meilleure représentation de la stabilité dans les deux méthodes proposées.

2 Tests sur un cas d'étude

2.1 Présentation du cas d'étude

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats obtenus avec les deux méthodes pour le cycle de prévision du 21 Janvier 2010 00h UTC, principalement pour des échéances de prévisions entre 45 et 60h. Cette période des prévisions correspond à une situation de vents plutôt faibles avec la présence de deux flux au niveau de la région de Berre, un flux de secteur N dans la vallée du Rhône et un flux de secteur E sur le littoral. La situation est donc particulièrement complexe et représente un bon test pour les deux méthodologies.

2.2 Résultats

Le Tableau 2 donne une comparaison numérique des champs de vent NUATMOS et RAMS pour quelques échéances de prévision. Le champ de RAMS interpolé est considéré comme référence, le champ de NUATMOS comme celui dont on veut évaluer la qualité. Les champs de NUATMOS sont considérés en surface tandis que ceux de RAMS correspondent au premier niveau vertical (10 m).

Tableau 2 : Comparaison des champs de vents RAMS (interpolés) et NUATMOS en surface.

Echéance	Vitesse du vent (m/s)				Direction du vent (°)	
	Biais	Erreur moyenne absolue	Erreur maximale	Corrélation	Biais	Erreur moyenne absolue
00	-0.94	1.42	6.28	0.71	5	13
45	-0.87	1.07	6.49	0.76	-14	32
48	-0.66	0.95	5.17	0.75	2	18
50	-0.44	0.89	4.12	0.74	7	19
60	-0.61	0.90	4.19	0.70	-3	24

Concernant la vitesse, les champs de NUATMOS diffèrent de ceux de RAMS d'1 m/s en moyenne. Les vitesses données par NUATMOS sont globalement plus faibles que celles de RAMS (biais négatifs) ce qui est cohérent avec la faible différence d'altitude entre les deux champs : le champ de NUATMOS correspondant à la surface, les vitesses de vent doivent être plus faibles que celle de RAMS à 10 m. Par contre, le coefficient de corrélation entre les deux champs (entre 70 et 75%) est un peu décevant.

Du point de vue de la direction, on constate que NUATMOS ne produit pas de biais systématique dans les champs. L'erreur moyenne absolue varie par contre entre une dizaine et une trentaine de degrés selon les situations rencontrées.

Nous avons également comparé, pour le domaine couvert par la grille à 1 km de RAMS, les champs issus de NUATMOS avec des champs RAMS 1 km interpolés sur la grille à 800 m. Les erreurs et biais obtenus sont très similaires à ceux indiqués dans le Tableau 2. Sur ce domaine centré sur l'étang de Berre, l'erreur maximale sur la vitesse pour NUATMOS est plus faible que celle indiquée dans le Tableau 2 (plutôt 3-4 m/s au lieu de 4-5 m/s). Du point de vue de la direction, on reste majoritairement avec des erreurs entre 10 et 30°. Seule la cartographie pour l'échéance 45 heures atteint une erreur de 40° : ceci est dû au fait que dans ce cas précis, les vents sont très faibles sur Berre et le champ RAMS à 1 km est très désordonné avec de multiples petites zones de convergence et divergence. Ainsi, ces résultats montrent à première vue que NUATMOS est capable de reconstruire un champ moyen de vent sur la zone de bonne qualité.

Nous allons maintenant examiner visuellement les champs produits par les deux méthodes. La Figure 2 montre les champs obtenus pour l'échéance 00h et la Figure 3 pour l'échéance 45h.

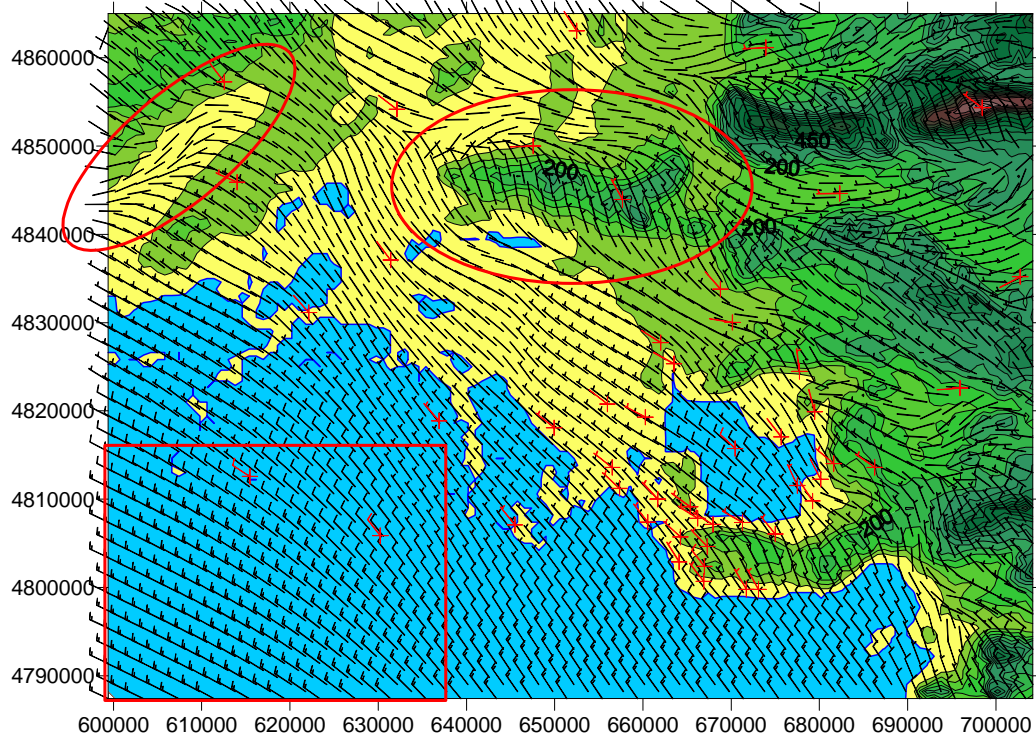
Pour l'échéance 00h, le vent souffle majoritairement du NO sur la zone de l'étang de Berre. De manière générale, le champ de RAMS montre plus de variabilité que le champ de NUATMOS. Sur la mer, le champ de NUATMOS est quasi-homogène. Les données des points SMMR et NUM21 (cf. Figure 1) ne suffisent pas pour voir les variations de vitesse et de direction dans le coin SO du domaine (rectangles rouges dans la Figure 2). Les différences les plus marquantes entre les vents donnés par NUATMOS et RAMS se concentrent principalement à proximité des reliefs (ellipses rouges). Près de Nîmes, RAMS canalise bien plus les vents que NUATMOS. Au niveau de la chaîne des Alpilles, RAMS divise le flux en deux composantes : une partie du flux contourne le massif tandis que l'autre passe au-dessus. NUATMOS n'est pas capable de gérer ces deux comportements : la majeure partie du flux passe au-dessus de la chaîne des Alpilles.

Après 45h d'intégration, on a toujours un faible flux de Nord dans la vallée du Rhône. Cependant, dans le coin SE, on voit apparaître le flux d'E qui suit la côte. Dans la partie Est du domaine et sur la zone de l'étang de Berre, les vents donnés par RAMS sont faibles et de direction variable. Dans un tel cas, les performances de NUATMOS semblent moins bonnes. L'information des stations sur le bord ouest de l'étang de Berre (indiquant des vents de secteur SE) n'a clairement pas été intégrée par NUATMOS. Les hétérogénéités du champ de vent au niveau de l'étang ne sont pas retrouvées par NUATMOS (rectangles rouges dans la Figure 3).

On peut encore appliquer pour cette échéance les mêmes remarques faites précédemment. NUATMOS gère différemment l'écoulement au niveau des Alpilles (ellipses rouges dans la Figure 3) et le champ de vent sur la mer est plus homogène.

Concernant la gestion de l'écoulement au niveau des Alpilles dans NUATMOS, nous avons testé, dans le paragraphe suivant, l'utilisation d'un alpha inférieur à 1, sensé représenter une situation stable et favoriser le contournement des reliefs.

RAMS : prévision du 2010-01-21-0000, échéance 0h.



NUATMOS - 50 stations : prévision du 2010-01-21-0000, échéance 0h.

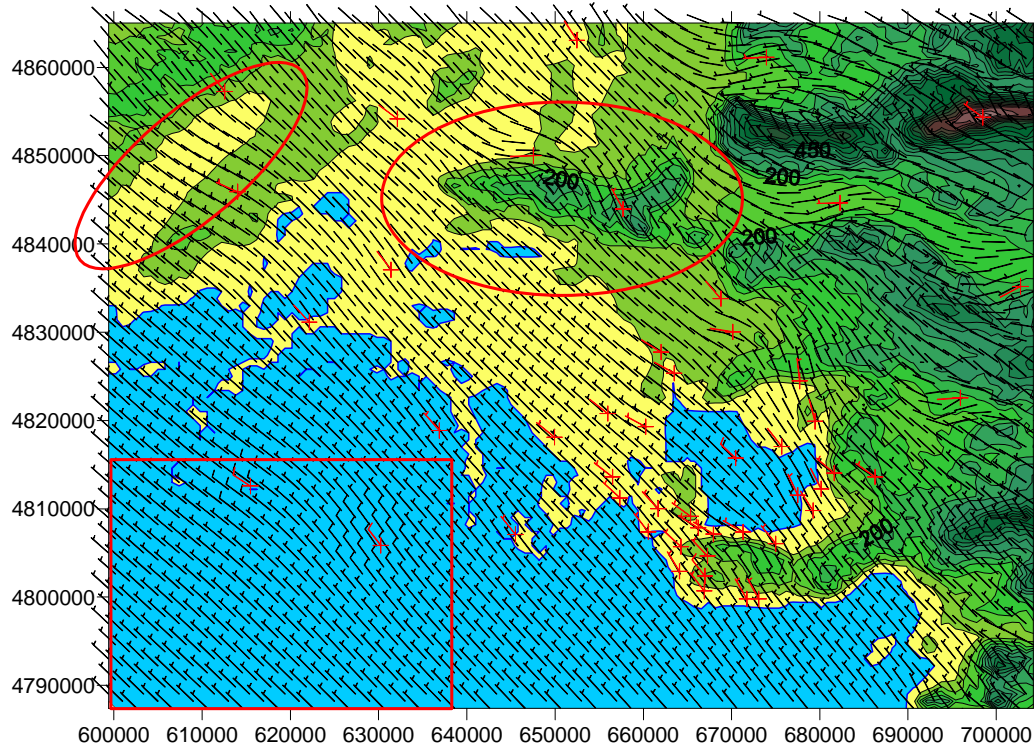


Figure 2 : Champs de vents donnés par RAMS (en haut) et par NUATMOS (en bas) pour la prévision du 21 Janvier 2010, échéance 00h.

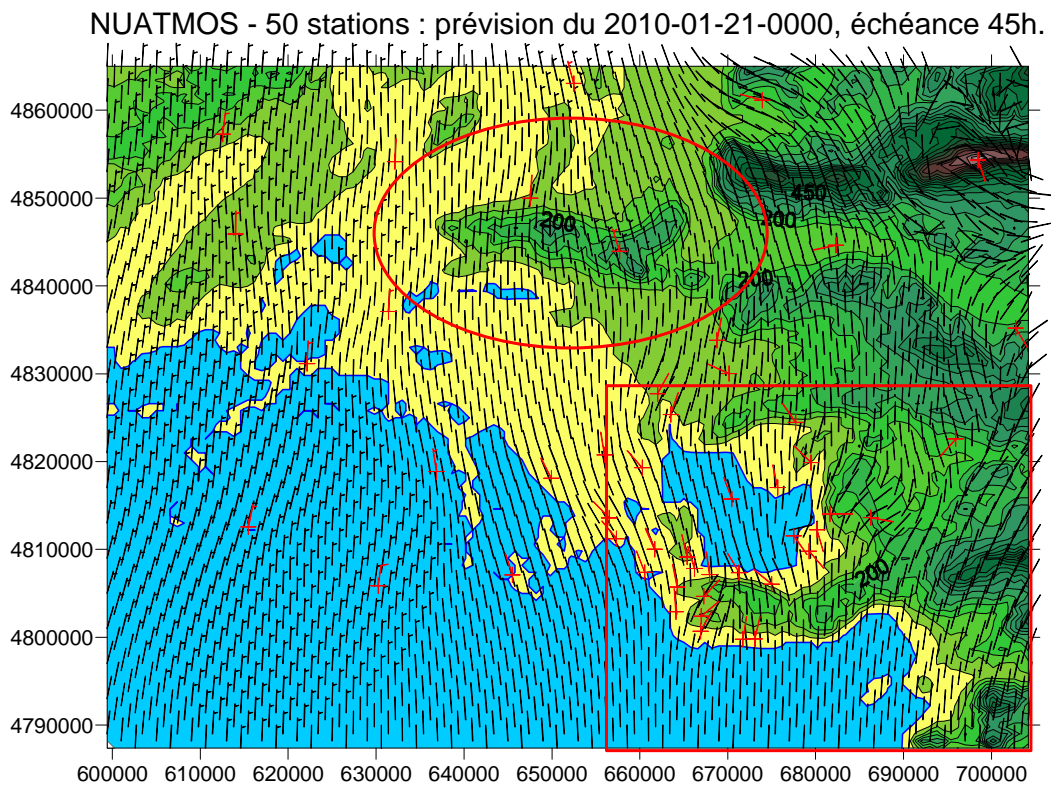
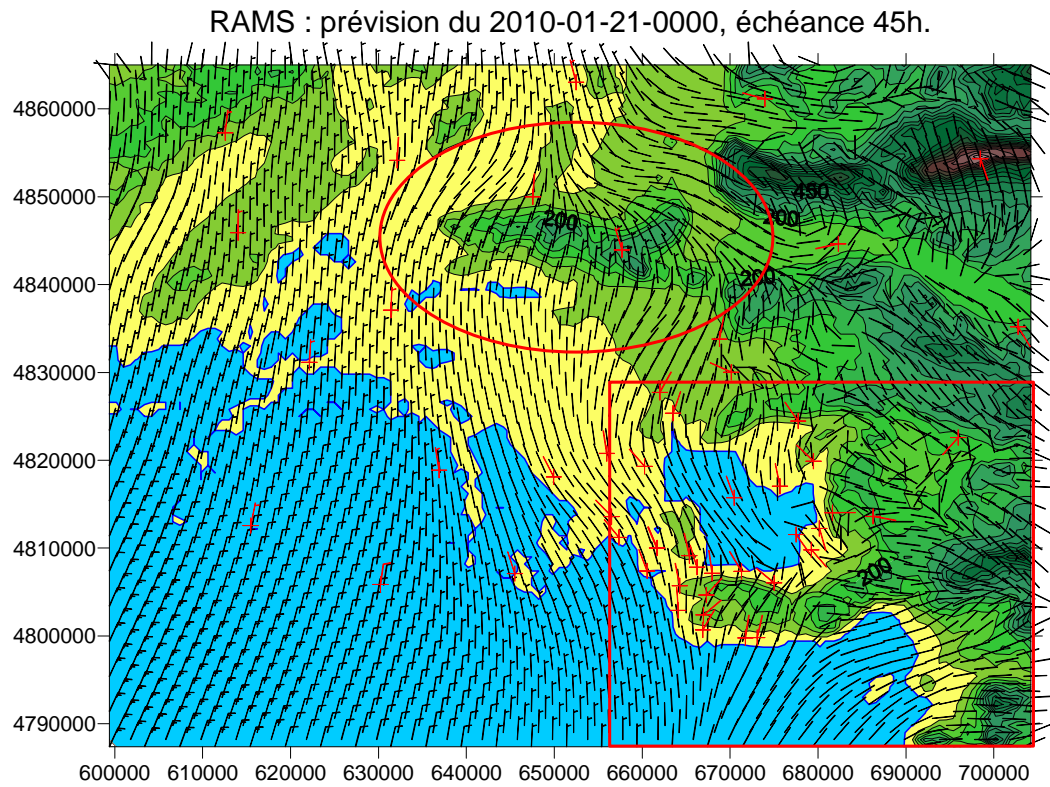


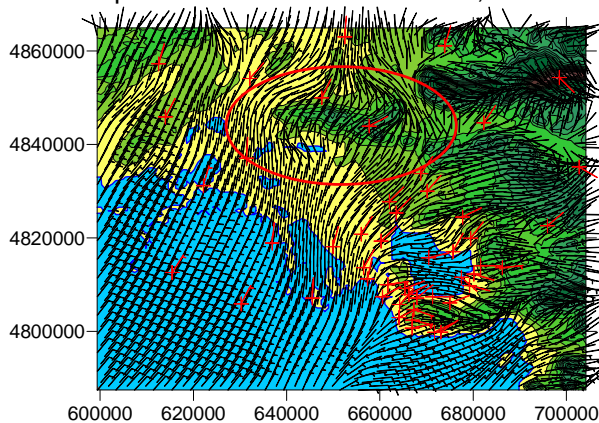
Figure 3 : Champs de vents donnés par RAMS (en haut) et par NUATMOS (en bas) pour la prévision du 21 Janvier 2010, échéance 45h.

2.3 Influence du paramètre alpha dans NUATMOS

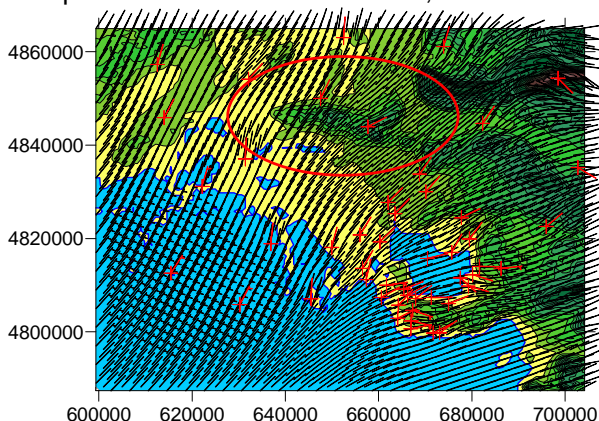
La Figure 4 montre les champs de vent issus de RAMS et de NUATMOS pour deux valeurs différentes du paramètre alpha. L'échéance de prévision 50h a été choisie car les champs RAMS montrent un contournement net du massif des Alpilles. Le but du test est de voir si NUATMOS est capable de créer une telle situation en cas de condition stable (alpha=0.1).

Les cartographies de la Figure 4 (milieu et bas) établissent clairement que NUATMOS n'arrive pas à créer un champ de vent qui contourne les Alpilles, en situation neutre (alpha=1 au milieu) comme en situation stable (alpha=0.1). Encore une fois, on constate donc que les variations dans le paramètre alpha n'améliorent pas notablement les champs de vent simulés et ceci conforte la décision prise pour la reconstruction des champs observés (à savoir, d'utiliser par défaut un alpha égal à 1).

RAMS : prévision du 2010-01-21-0000, échéance 50h.



NUATMOS - 50 stations
prévision du 2010-01-21-0000, échéance 50h.



NUATMOS - 50 stations - alpha = 0.1
prévision du 2010-01-21-0000, échéance 50h.

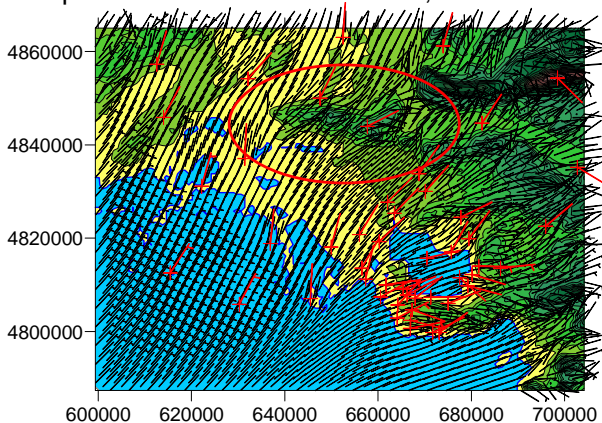


Figure 4 : Champs de vent issus de RAMS (en haut) et de NUATMOS avec alpha =1 (au milieu) et alpha=0.1 (en bas) pour l'échéance 50h du cycle du 21 janvier 2010 00h.

3 Conclusions

Le but de ce document était de comparer les champs de vent interpolés à partir de la grille RAMS à ceux générés par le modèle variationnel NUATMOS à partir de données ponctuelles. Le détail des deux méthodologies a été donné dans le premier chapitre de cette note. Ensuite, les champs de vent RAMS interpolés/NUATMOS ont été comparés pour quelques échéances du cycle de prévision choisi. La comparaison s'est faite de deux manières : tout d'abord une comparaison numérique avec calcul de biais et différence moyenne entre les deux champs et deuxièmement, une comparaison visuelle des champs produits.

De manière générale, les champs de vent produits par NUATMOS sont cohérents avec ceux de RAMS. La différence moyenne entre les deux champs est de l'ordre de 1 m/s sur les vitesses et entre 10 et 30° sur les directions. L'examen visuel montre cependant que les champs peuvent présenter quelques différences notables sur certaines zones (à proximité des reliefs par exemple) ou dans les situations de vents variables et faibles. En résumé, on peut donc retenir que NUATMOS produit un bon champ moyen de vent, i.e. un champ un peu plus lisse que les prévisions RAMS (brutes comme interpolées).

Dans la situation qui nous intéresse, le choix de la méthode dépend de l'utilisateur/utilisation final(e). A notre sens, si l'objectif initial est de se rapprocher le plus possible des prévisions de départ (avec leur complexité intrinsèque), alors la méthode d'interpolation à partir de la grille RAMS peut être envisagée. A l'inverse, si l'affichage veut toucher un public plus large (et que l'on supposera moins au fait de la modélisation météorologique), alors l'option NUATMOS peut être un bon compromis car elle évitera de déstabiliser l'utilisateur final avec une information trop complexe et difficile à appréhender.

Pour la reconstruction des autres champs météorologiques (température, nébulosité et classes de Pasquill), la méthodologie reste identique à celle adoptée pour les observations. Les cartographies de température et de nébulosité seront recalculées par interpolation (krigeage) à l'aide du logiciel Surfer. Enfin, les cartes de classes de Pasquill sont déduites des cartes de vent et de nébulosité en suivant la définition des classes.