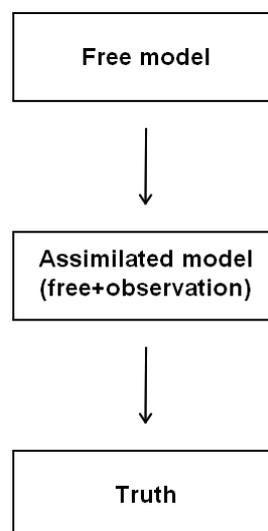

Assimilation de données : utilisation d'un modèle numérique "Predictor-Corrector" permettant de réaliser des Twin Experiments

Résumé

Certaines équations comme celle de Navier-Stokes comportent des termes non-linéaires qu'on ne sait pas résoudre analytiquement. Ainsi pour pallier à ce problème différentes astuces ont été mise au point. Entre autres celle d'approximer (équations géostrophiques) ou encore de paramétriser ce qu'on ne connaît pas (la turbulence). Néanmoins la résolution se fait toujours numériquement impliquant bien souvent une discontinuité brutale qui n'est pas observable dans la réalité.

Une méthode a donc vu le jour nommée "assimilation de données" qui est un procédé utilisant les observations pour tenter de corriger au mieux les erreurs du aux calculs. C'est cette technique qui sera question de voir tout au long de ce TP en effectuant des expériences appelées "expériences jumelle". Elles consistent à concevoir un modèle vrai (réalité), un modèle faux (modification d'un ou plusieurs paramètres du vrai) et un modèle de correction qui devra partir du faux pour essayer de tendre le plus possible vers le vrai grâce aux données terrain disponibles.



Josselin Fatah-Roux

Université de Toulon
Master 2 Physique Sciences de l'Ingénieur
Spécialité Physique Surveillance de l'Environnement
vufic@outlook.com

20 février 2018

1 1^{er} simulation : spin-up

Lorsqu'un modèle exécute une première simulation celui-ci met un certain temps avant que les échanges énergétiques effectués aux frontières se stabilisent. Or la réalisation d'expériences jumelle nécessite que l'ajustement énergétique soit atteint afin de pas rencontrer de problème lors de la correction. Pour cela une première simulation est lancée sur 20 ans :

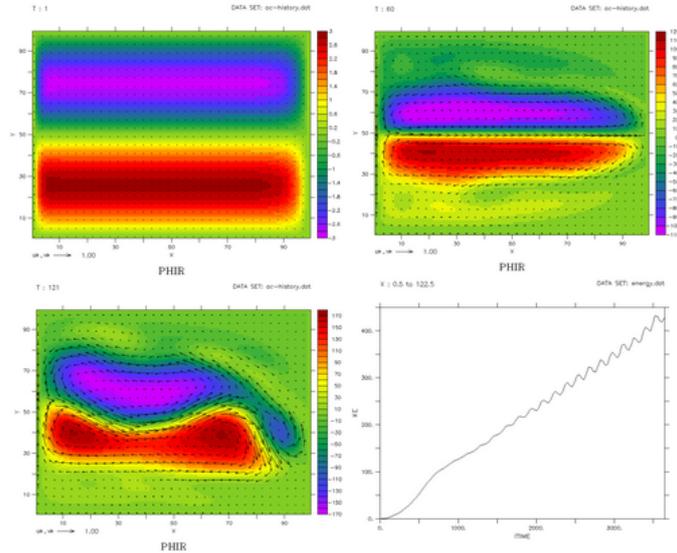


FIGURE 1 – En haut à gauche : simulation de 10 ans (début), en haut à droite : simulation de 10 ans (intermédiaire), en bas à gauche : simulation de 10 ans (fin) et en bas à droite : énergie sur cette simulation de 10 ans

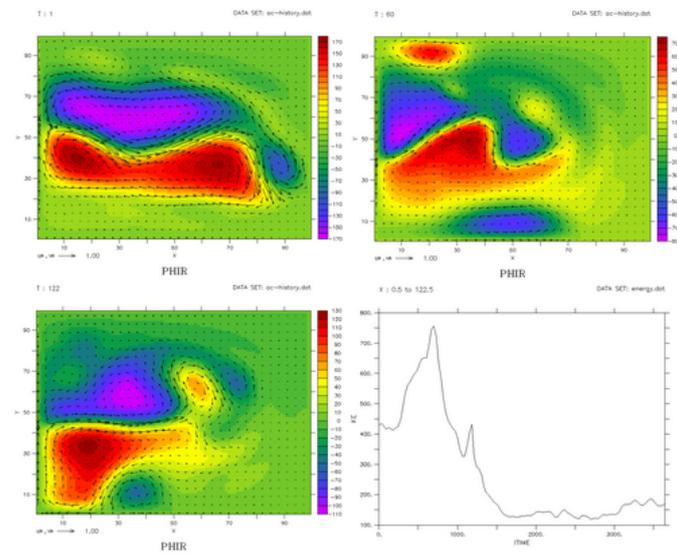


FIGURE 2 – En haut à gauche : simulation de 10 ans après les 10 premières années (début), en haut à droite : simulation de 10 ans après les 10 premières années (intermédiaire), en bas à gauche : simulation de 10 ans après les 10 premières années (fin) et en bas à droite : énergie sur cette simulation de 10 ans

On constate sur la courbe de la figure 1 que l'énergie n'est toujours pas stabilisée car elle ne fait qu'augmenter. Cependant on observe sur la figure 2 que celle-ci est plate à partir de la quinzième année indiquant que l'ajustement énergétique est atteint. Par conséquent les expériences jumelle - qui vont suivre - devons démarrer à la fin de cette première simulation.

2 2^e simulation : répartition uniforme des flotteurs sur l'ensemble de la grille

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=24	NTRWI=1
	64 particules réparties uniformément sur la grille	

Résultats :

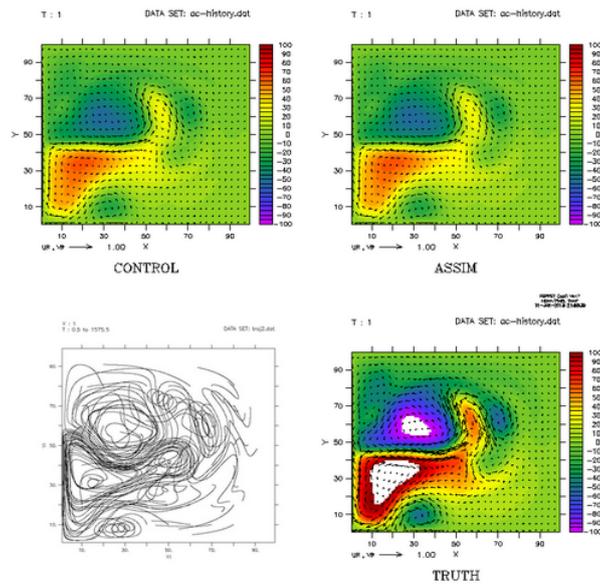


FIGURE 3 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

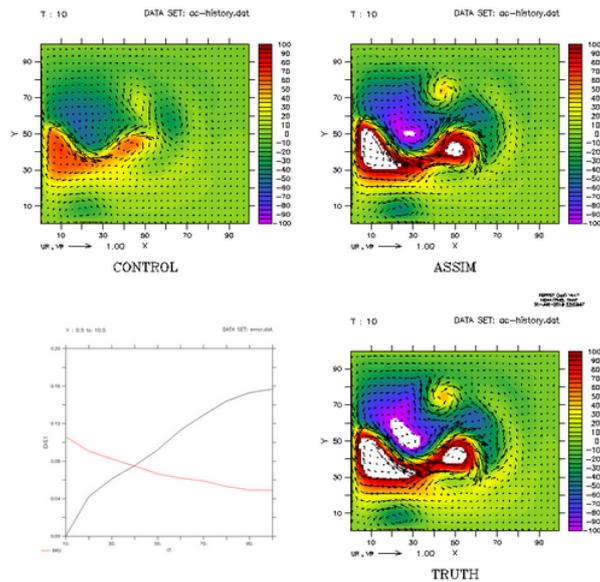


FIGURE 4 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

3 3^e simulation : nombre de flotteurs différents et distribution dans la zone forte en énergie

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=24	NTRWI=1
	32 particules réparties sur la moitié gauche de la grille	

Résultats :

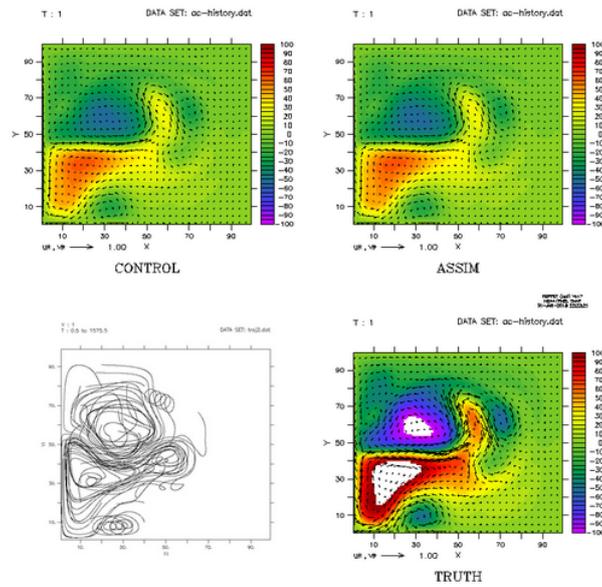


FIGURE 5 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

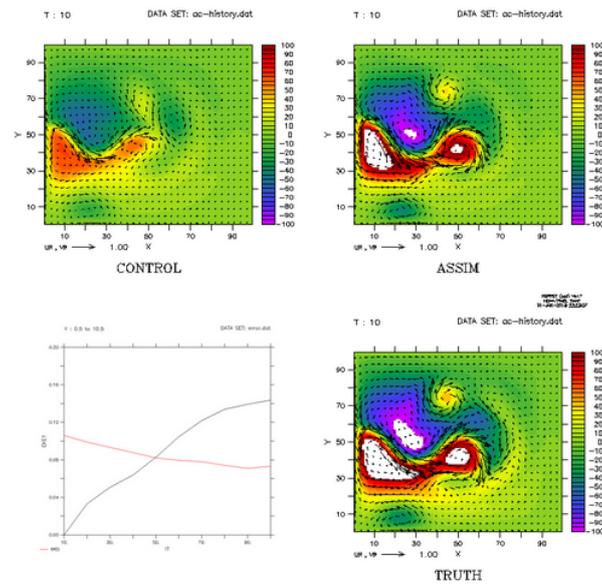


FIGURE 6 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

4 4^e simulation : nombre de flotteurs différents et distribution dans la zone peu énergétique

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=24	NTRWI=1
	32 particules réparties sur la moitié droite de la grille	

Résultats :

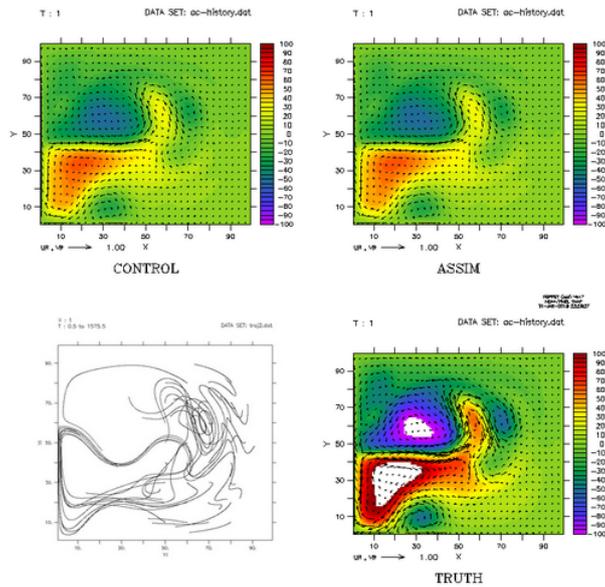


FIGURE 7 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

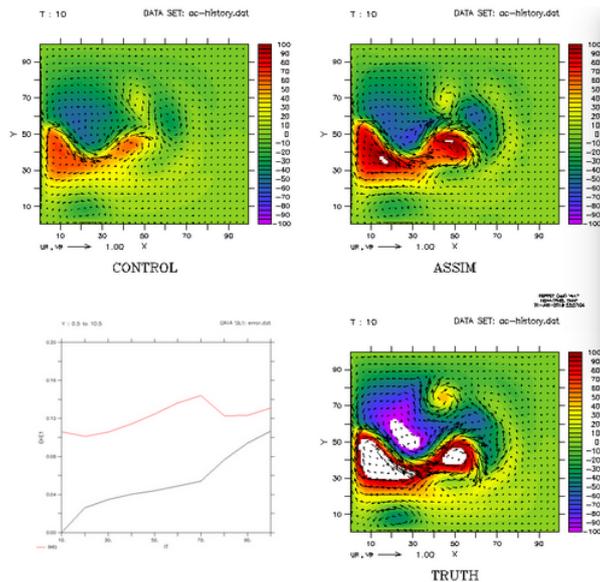


FIGURE 8 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

5 5^e simulation : nombre de flotteurs différents et distribution sur tout le domaine avec une bouée sur 3

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=24	NTRWI=1
	22 particules réparties uniformément (1 sur 3) sur la grille	

Résultats :

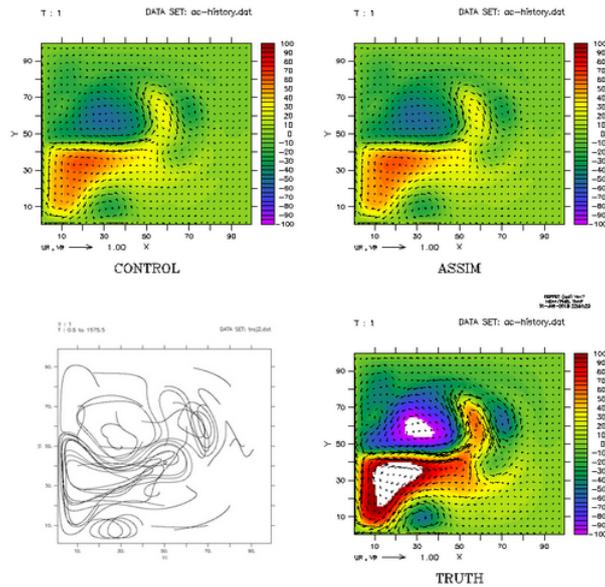


FIGURE 9 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

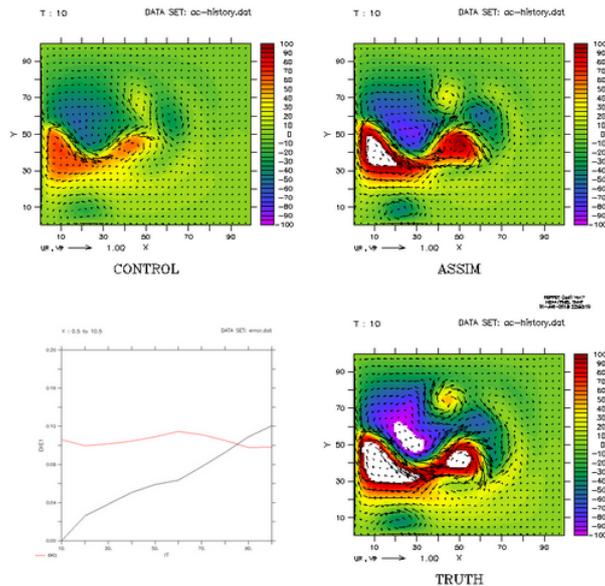


FIGURE 10 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

6 6^e simulation : fréquence d'assimilation NTRWRI=64

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=64	NTRWI=1
	64 particules réparties uniformément sur la grille	

Résultats :

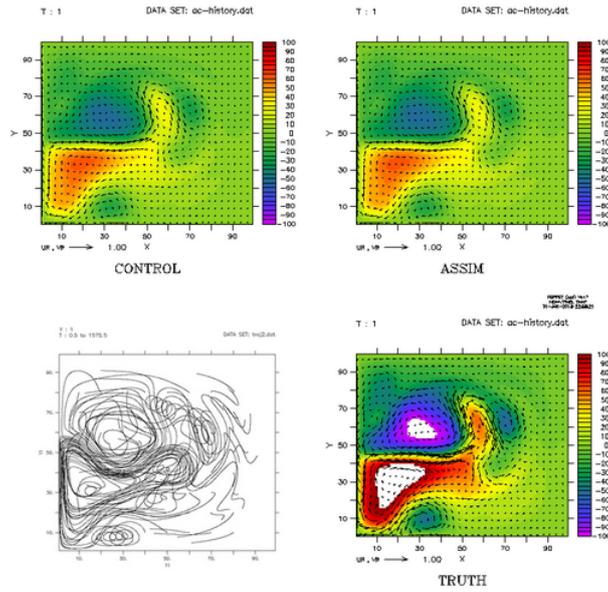


FIGURE 11 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

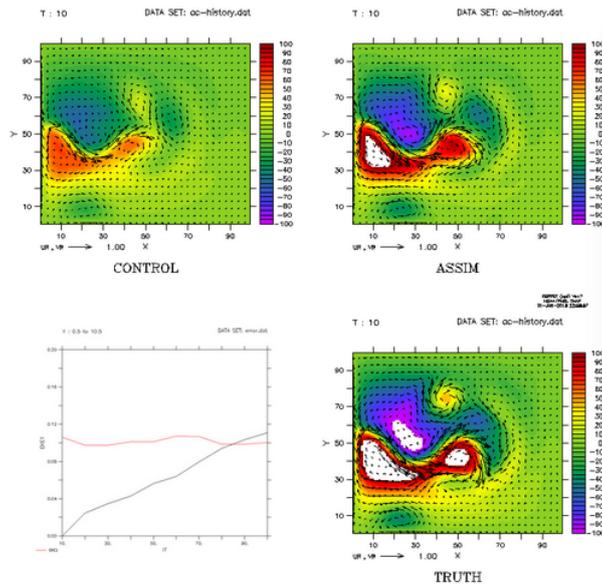


FIGURE 12 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

7 7^e simulation : fréquence d'assimilation NTRWRI=1

Paramètres :

CONTROL (faux)	ASSIM (corrigé)	TRUTH (vérité)
Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3.5 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours	Simulation sur 3 mois avec sortie moyennée tous les 10 jours
$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 4, 1.10^{-6} m/s$	$Ekman = 8, 1.10^{-6} m/s$
	NTRWI=1	NTRWI=1
	64 particules réparties uniformément sur la grille	

Résultats :

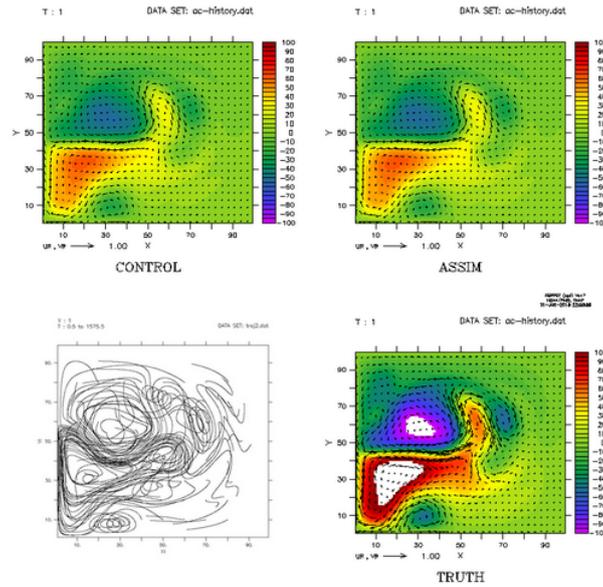


FIGURE 13 – Simulation au bout de 10 jours avec figure en bas à gauche représentant les trajectoires des particules

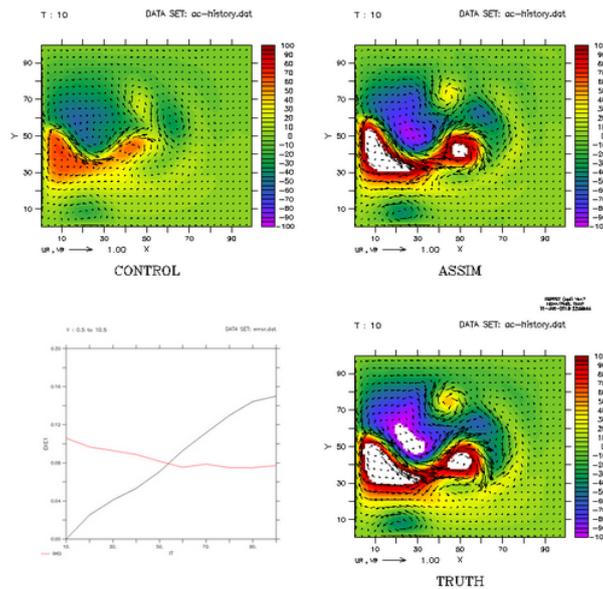


FIGURE 14 – Simulation au bout des 90 jours avec figure en bas à gauche représentant en noir la différence ASSIM et CONTROL et en rouge la différence entre ASSIM et TRUTH

8 Discussion

Les résultats ont pu mettre en évidence des points cruciaux :

1) Tout d'abord le nombre d'observation disponible est important car plus il augmente et plus la correction est précise et rapide :

=> comparaison entre les courbes d'erreur de la simulation 2 et 5.

2) Ensuite leur distribution doit être focalisée principalement sur des zones à forte concentration d'énergie où les erreurs sont plus grandes :

=> comparaison entre les courbes d'erreur de la simulation 3 et 4.

3) Enfin la fréquence d'assimilation NTRWI - qui correspond au pas de temps où l'on introduit dans l'assimilation la position des observations - ne doit pas être sous-estimée puisqu'elle implique une discontinuité de la correction plus ou moins grande selon la valeur dans le cas où elle n'est pas égale à 1 :

=> comparaison entre les courbes d'erreur de la simulation 6 et 7.

9 Conclusion

Ce rapport a permis de comprendre la nécessité d'utiliser l'assimilation de données pour tout modèle de prévision dans le sens où elle permet une meilleure estimation des résultats grâce aux observations disponibles. Les expériences jumelle réalisées ont également pu apporter des informations essentielles sur la limitation de cette méthode (quantité d'observation) et sur son optimisation (position des observations).