

# **RAPPORT DE STAGE**

## **RÉALISATION ET EXPÉRIMENTATION D'UNE VERSION ALADIN-TUNISIE AVEC SURFEX**

**Mohamed Zied SASSI**

Institut National de la Météorologie  
Tunisie

sous l'encadrement de :

**François BOUYSSSEL**  
**Alexandre MARY**

CNRM/GMAP  
Météo-France

**JUIN – JUILLET 2012**

# **SOMMAIRE**

**I- Introduction**

**II- Prévion de référence**

**III- Prévion avec SURFEX**

**A/ Étude des différences**

**B/ Comparaison des scores de fiabilité**

**IV- Impact des nouvelles bases de données SURFEX**

**V- Impact du schéma de ville TEB**

**VI- Conclusions et perspectives**

# **I- Introduction:**

Ce rapport est un résumé de mon stage portant sur la réalisation et l'expérimentation d'une version du modèle ALADIN-Tunisie avec SURFEX et ayant eu lieu du 04 juin au 27 juillet 2012 à Toulouse. Durant ce stage, j'ai évalué l'impact sur la prévision de l'activation de SURFEX. Ensuite, j'ai réalisé des simulations tout en modifiant quelques composantes de SURFEX telles que les bases de données liées au sol et à la végétation ou bien l'activation du schéma de ville TEB.

Tout ce travail était sous l'encadrement de François BOUYSSSEL et Alexandre MARY que je remercie de leur disponibilité et de l'agréable ambiance de travail. Je remercie également Françoise TAILLEFER pour son aide précieuse.

## **1) Présentation de SURFEX :**

SURFEX, SURFace Externalisée, est un code autonome de surface, qui permet de simuler les flux échangés entre la surface et l'atmosphère et qui peut être exploité en mode couplé à d'autres modèles météorologiques ou en mode offline.

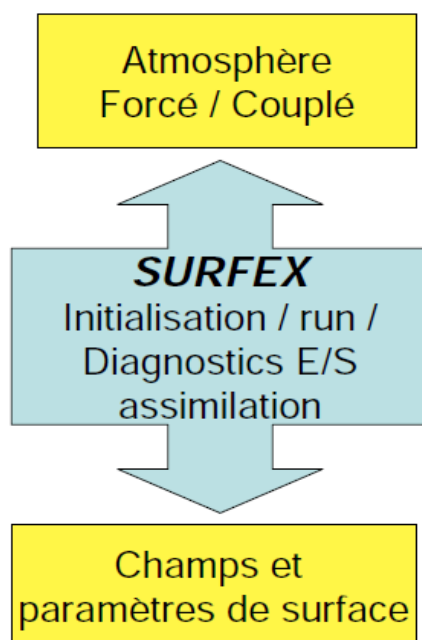


Figure 1 : Rôle de SURFEX : simulation des processus dans et en-dessous de la surface (Notes de cours SURFEX, CNRM 2010)

Avec SURFEX, chaque point de grille du domaine peut être représenté par plus qu'un seul type de couverture de sol, appelé tuile. Ainsi, selon le choix de l'utilisateur, il est possible d'avoir jusqu'à quatre tuiles représentant des surfaces de:

- mer ;
- eaux intérieures ;
- nature ;
- ville.

Chacune de ces quatre tuiles sera traitée à l'aide d'un schéma physique correspondant et recevra un forçage atmosphérique identique.

## **Schémas physiques :**

SURFEX est un code modulaire, ce qui permet à l'utilisateur de choisir certains schémas physiques qui seront appliqués lors de la simulation, et ce selon les tuiles qui décrivent le sol. A titre d'exemple, l'utilisateur peut choisir les schémas suivants:

- Mer et océans : ECUME;
- Lacs : FLAKE;
- Sol/Végétation : ISBA (Interaction Soil Biosphere Atmosphere);
- Ville : TEB (Town Energy Balance).

## **Bases de données :**

Une simulation avec SURFEX nécessite l'utilisation de certaines bases de données qui renseignent sur les champs physiographiques, tels que les bases de données de:

- sable et d'argile (FAO, HWSD) ;
- orographie (GTOPO30) ;
- couverture du sol (ECOCLIMAP).

Cette dernière présente deux principales versions à savoir ECOCLIMAP I qui est une carte globale à 1km de résolution, ou ECOCLIMAP II, plus récente, qui couvre l'Europe et qui présente plus d'informations en terme de couvertures.

## **2) Aspect pratique :**

Nous pouvons définir trois phases lors durant le processus de prévision avec SURFEX :

### **- Phase de PGD :**

Au cours de cette phase, l'utilisateur obtient un fichier climatologique unique. Ce fichier contient des renseignements sur l'orographie, les fractions de sable et d'argile, la couverture de la surface, ...

### **- Phase de PREP :**

Cette phase permet de créer un fichier d'initialisation, en effet elle calcule les paramètres de surface pour l'échéance 00H. Ce fichier sera utilisé lors de la prévision.

### **- Phase de prévision:**

Cette étape correspond à l'intégration temporelle du modèle et permet le calcul des différents paramètres en se basant sur le fichier d'initialisation issu de la phase PREP ainsi que les différents fichiers de couplage. Toutefois, il faut activer les schémas de paramétrisation de SURFEX en mettant à « TRUE » la variable logique « LMSE » dans la clé « NAMARPHY » de la namelist de prévision.

## II- Prévision de référence :

La prévision de référence, allant jusqu'à 54H d'échéance, a été réalisée sur une période de deux mois ; janvier et juin 2012, représentant respectivement les saisons d'hiver et d'été.

Cette prévision, ainsi que les prévisions que nous allons présenter dans la suite de ce rapport, se basent sur l'adaptation dynamique de la prévision ARPEGE du réseau 0H.

Le cycle utilisé durant cette prévision est le cy37t1-op1.07.

### Caractéristiques du domaine géographique :

Résolution horizontale : 7500m x 7500m

Nombre de points en longitude : 205

Nombre de points en latitude : 259

Nombre de niveaux verticaux : 70

### Calcul des scores de fiabilité :

Afin de pouvoir quantifier la fiabilité des résultats obtenus, j'ai appliqué la méthode de contrôle objectif utilisée en opérationnel à l'Institut National de la Météorologie de Tunisie, permettant de comparer numériquement les prévisions du modèle aux observations au niveau des stations synoptiques.

Les paramètres retenus pour cette comparaison sont :

- La vitesse du vent à 10m ;
- La température à 2m ;
- La nébulosité ;
- Les précipitations.

Cette procédure de contrôle s'effectue en considérant des intervalles temporaires (06-18H, 18-30H, 30-42H) et géographiques; ainsi, on définit six régions selon l'emplacement géographique des stations. La figure suivante décrit le découpage considéré :

Ainsi, pour calculer par exemple le score de fiabilité de la température à 2m pour un jour donné, on commence par le calcul de la moyenne de chaque région pour chacun des intervalles temporaires cités ci-dessus. Ensuite on calcule la moyenne de toutes les régions pour chacun des intervalles temporaires. Finalement, la moyenne de ces trois intervalles n'est autre que la moyenne de fiabilité du jour pour la prévision de la température à 2m.

Le calcul des scores de fiabilité sera réalisé en considérant l'écart de la moyenne du paramètre prévu, pour une région et un intervalle de temps données, à celle observée.



Figure 2 : Carte de découpage du réseau de stations synoptiques en six régions

À titre d'exemple, on considère les scores suivants pour la température à 2m :

- Le score est égal à 3 si la différence entre l'observation et la prévision est de +/- 2 degrés;
- Le score est égal à 2 si la différence entre l'observation et la prévision est comprise entre 2 et 4 degrés;
- Le score est égal à 1 si la différence entre l'observation et la prévision est supérieure à 4 degrés.

Finalement, pour obtenir les scores de fiabilité sous forme de pourcentage, on applique l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage de fiabilité} = (\text{Score moyen} - 1) * 50$$

### 1) Prévision de la température à 2m:

En utilisant l'outil de contrôle objectif des prévisions, opérationnel en Tunisie, j'ai calculé les scores de fiabilité de la prévision de référence, ensuite je les ai comparés aux scores obtenus par le modèle opérationnel ALADIN-TUNISIE.

Pour les mois de janvier et juin, les scores de fiabilité de la prévision de température à 2m sont les suivants:

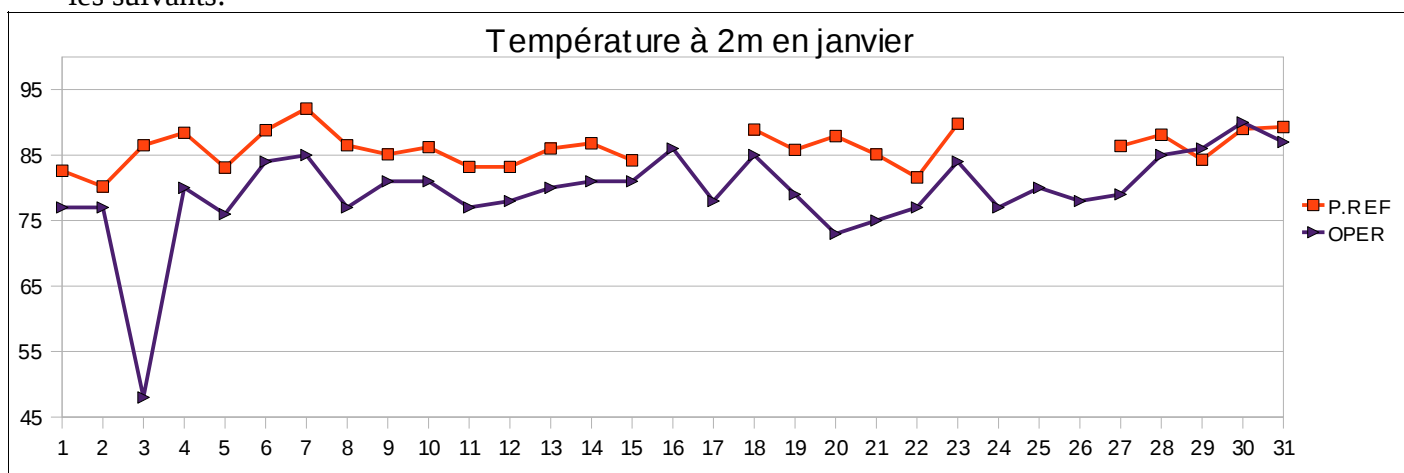


Figure 3: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle de la température à 2m pour le mois de janvier 2012

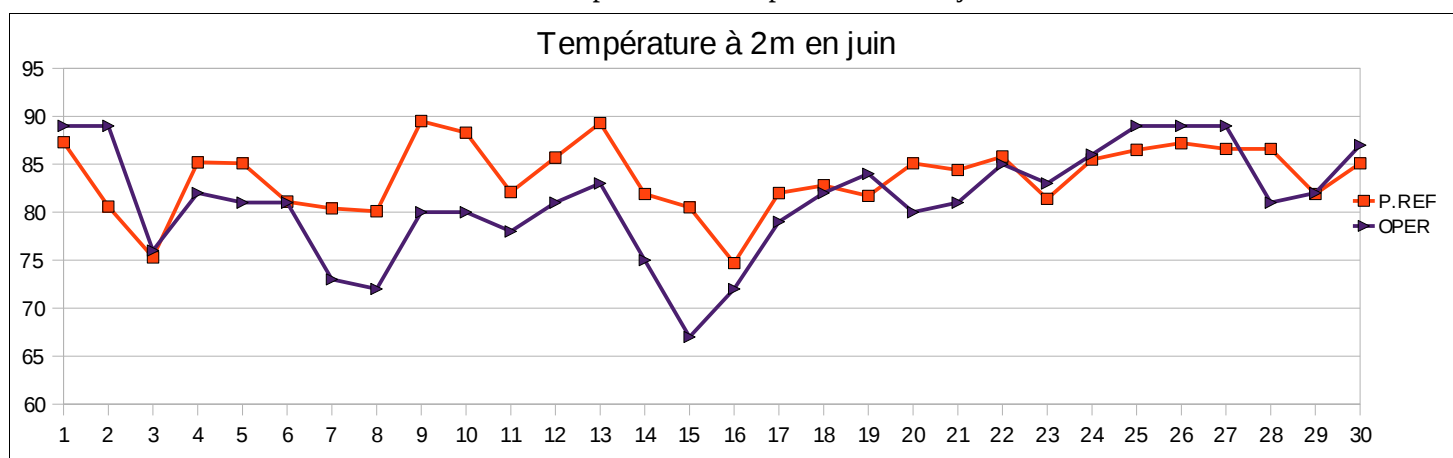


Figure 4: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle de la température à 2m pour le mois de juin 2012

Pour le mois de janvier, nous remarquons que la prévision de référence a bien amélioré les

scores de fiabilité par rapport au modèle opérationnel ALADIN-TUNISIE, et surtout en évitant les chutes de performance enregistrées par exemple le jour du 03 janvier 2012.

Notons alors que le champ des pourcentages de fiabilité de la prévision de référence présente un minimum de 80% avec un écart type de 2,8 alors que le champ représentatif des pourcentages de fiabilité du modèle opérationnel présente un minimum de 48% avec un écart type de 7,1.

Concernant le mois de juin, nous remarquons la confirmation de l'amélioration de la prévision de référence notée pour le mois de janvier. Ainsi, le score le plus faible enregistré est de 75% avec un écart type de 3,6, alors que pour le modèle opérationnel, le score le plus faible est de 67% avec un écart type de 5,6.

La correction des chutes de fiabilité est remarquée fortement pour les jours des 08 et 15 juin 2012.

### **Récapitulatif des scores :**

Le tableau suivant récapitule les scores de fiabilité moyennés sur les mois de janvier et juin 2012, ainsi que le score moyen journalier le plus faible du mois. Ce dernier présente une grande importance dans le cadre de la stratégie de qualité adoptée à l'INM.

Tableau 1 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions opérationnelle et de référence de la température à 2m pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	<b>86%</b>	<b>80%</b>
	P. Opérationnelle	79%	48%
Juin	P. Référence	<b>84%</b>	<b>75%</b>
	P. Opérationnelle	81%	67%

A la lumière de cette comparaison des scores de fiabilité relatifs à la prévision de la température à 2m, nous remarquons que la prévision de référence améliore d'une façon sensible la qualité de prévision par rapport à la prévision du modèle opérationnel ALADIN-TUNISIE.

### **2) Prévision des précipitations :**

Concernant la prévision des précipitations, l'étude des mois de janvier et juin a donné les scores de fiabilité suivants:

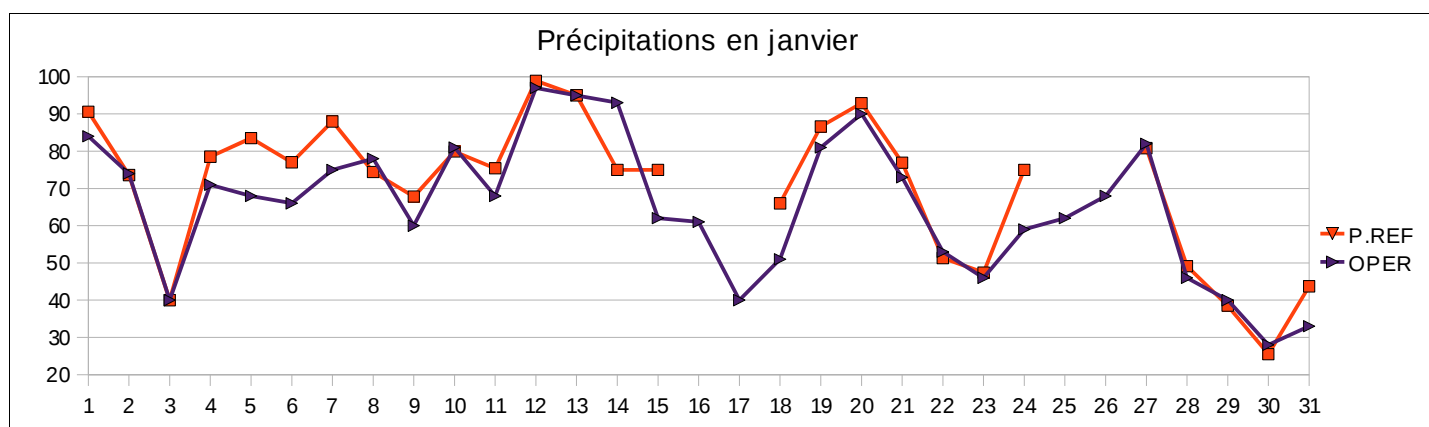


Figure 5: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle des précipitations pour le mois de janvier 2012

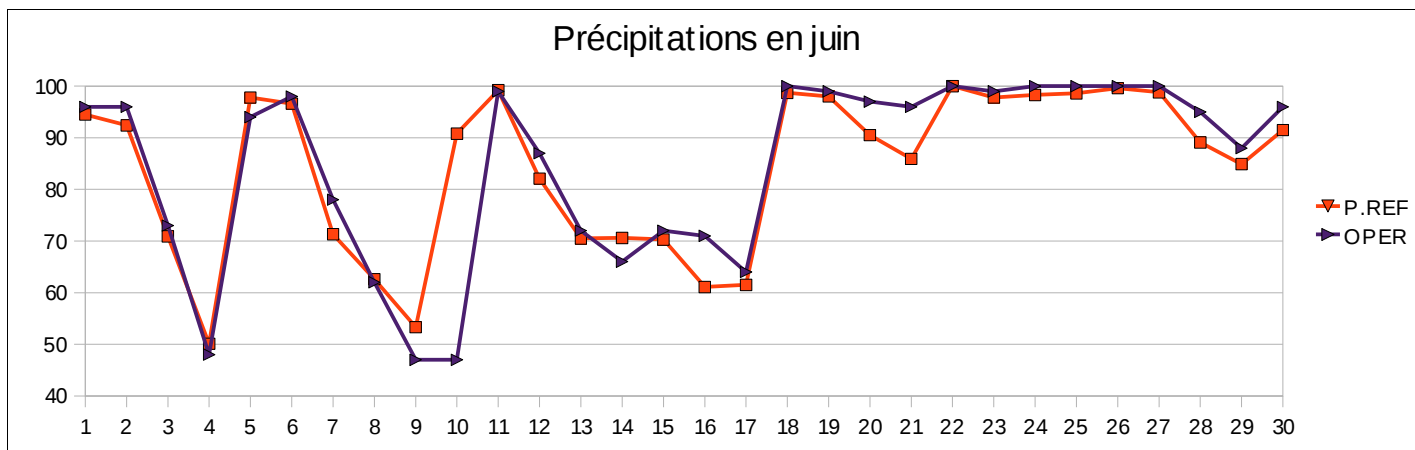


Figure 6 : Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle des précipitations pour le mois de juin 2012

### Récapitulatif des scores :

Tableau 2 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions opérationnelle et de référence des précipitations pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	71%	26%
	P. Opérationnelle	65%	28%
Juin	P. Référence	84%	50%
	P. Opérationnelle	85%	47%

Nous remarquons qu'au mois de janvier la prévision de référence présente une amélioration des scores de fiabilité par rapport à la prévision opérationnelle, cependant cette amélioration est moins marquée que celle enregistrée pour la prévision de la température à 2m à la même période.

Cependant, le comportement de la prévision de référence pour les précipitations au mois de juin est très comparable à la prévision opérationnelle, ceci peut revenir à la climatologie du mois qui reste un mois sec en Tunisie.



### 3) Prévision de la vitesse du vent à 10m :

Nous avons obtenu les scores de fiabilité suivants pour les mois de janvier et juin 2012:

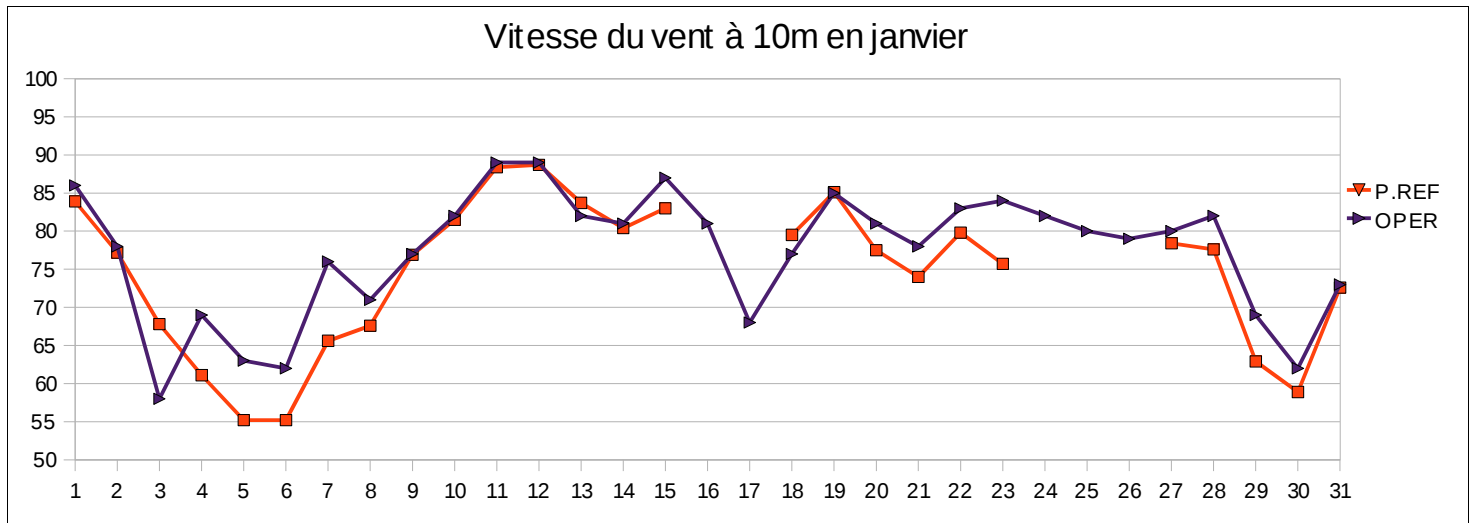


Figure 7: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle de la vitesse du vent à 10m pour le mois de janvier 2012

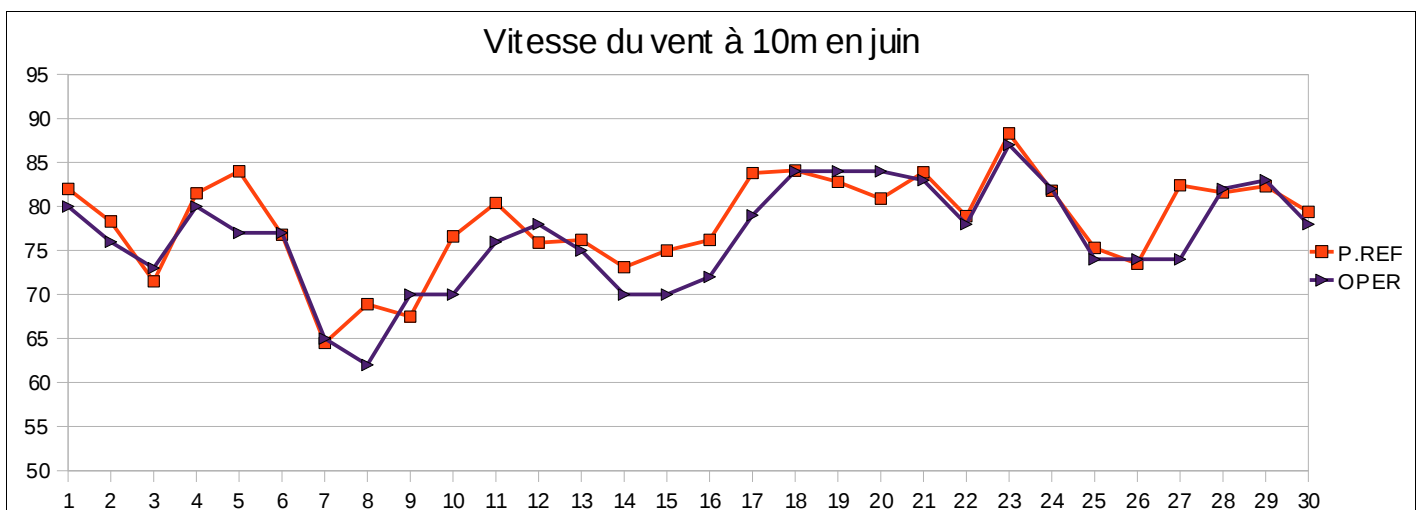


Figure 8: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision opérationnelle de la vitesse du vent à 10m pour le mois de juin 2012

La comparaison des pourcentages de fiabilité pour la prévision du vent à 10m montre que la prévision de référence n'a pas permis d'améliorer les scores. Cependant, la différence entre les scores de l'opérationnel et de la prévision de référence reste plus faible que celle enregistrées pour les autres paramètres cités ci-dessus.

Cependant, nous remarquons que pour le mois de juin, une légère amélioration des scores de fiabilité pour la vitesse de vent à 10m, obtenus avec la prévision de référence.

### Récapitulatif des scores:

Tableau 3 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions opérationnelle et de référence de la vitesse du vent à 10m pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	75%	55%
	P. Opérationnelle	77%	58%
Juin	P. Référence	78%	65%
	P. Opérationnelle	77%	62%

D'après ces résultats, nous remarquons que la prévision de référence n'a pas permis d'améliorer les scores de fiabilité de prévision de la vitesse du vent à 10m au mois de janvier, cependant, ses scores s'améliorent au mois de juin et même dépassent ceux obtenus avec le modèle opérationnel ALADIN-TUNISIE.

### III- Prévision avec SURFEX :

Je vais présenter au cours de ce chapitre les résultats obtenus à l'aide d'une version ALADIN-Tunisie avec SURFEX. Cette prévision aura lieu en considérant le même domaine géographique qu'avec la prévision de référence. En première partie je vais m'intéresser au comportement global de la prévision avec SURFEX par rapport à la prévision sans SURFEX, alors qu'en cours de la deuxième partie je vais présenter les différents scores de fiabilité obtenus à l'aide des deux prévisions.

#### A/ Étude des différences :

Dans cette partie, qui s'intéresse au comportement global de la prévision avec SURFEX, je vais présenter les différences obtenues entre les prévisions avec et sans SURFEX pour les paramètres de température et humidité relative à 2m ainsi que pour la vitesse du vent à 10m.

##### 1) Température à 2m :

Les figures suivantes représentent la différence sur tout le domaine géographique étudié, entre la prévision de la température à 2m, avec et sans SURFEX, pour les mois de janvier et juin 2012, et sur les périodes de jour et de nuit pour chacun (P. avec SURFEX – P. sans SURFEX):

- En janvier :

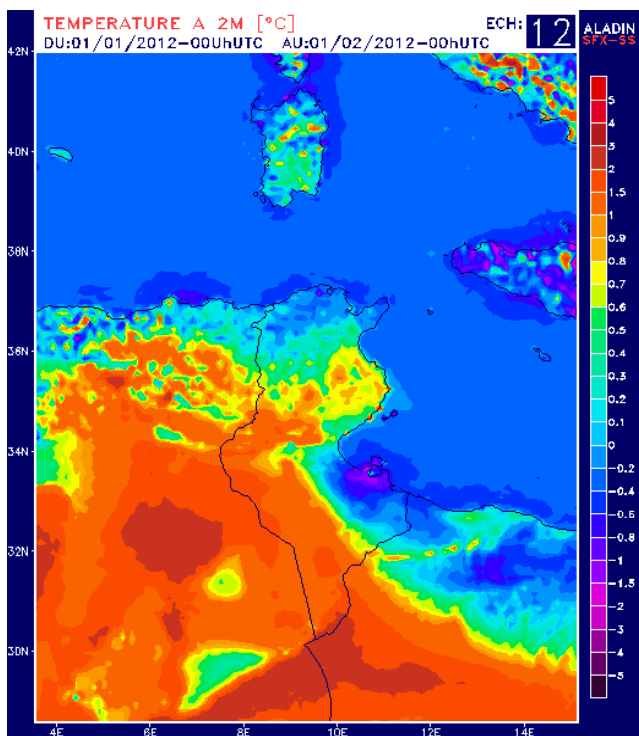


Figure 9: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en janvier à 12H

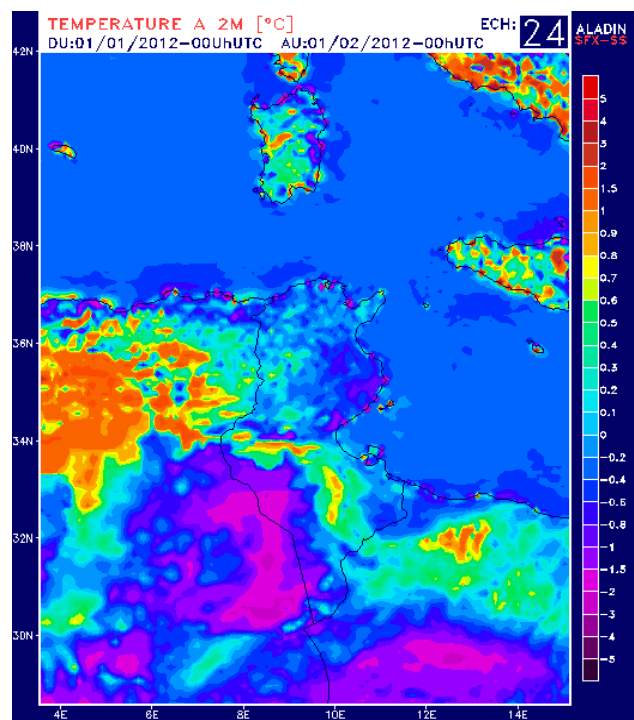


Figure 10: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en janvier à 24H

- En juin:

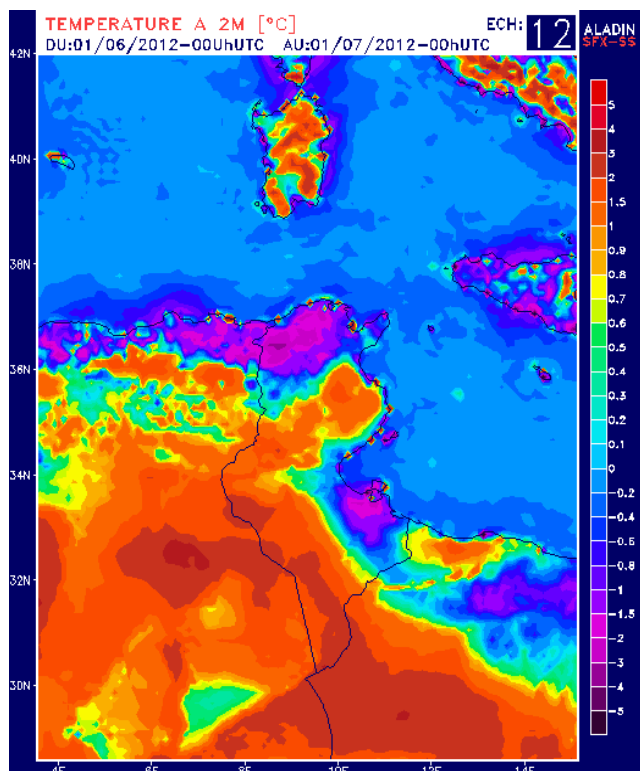


Figure 11 : Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en juin à 12H

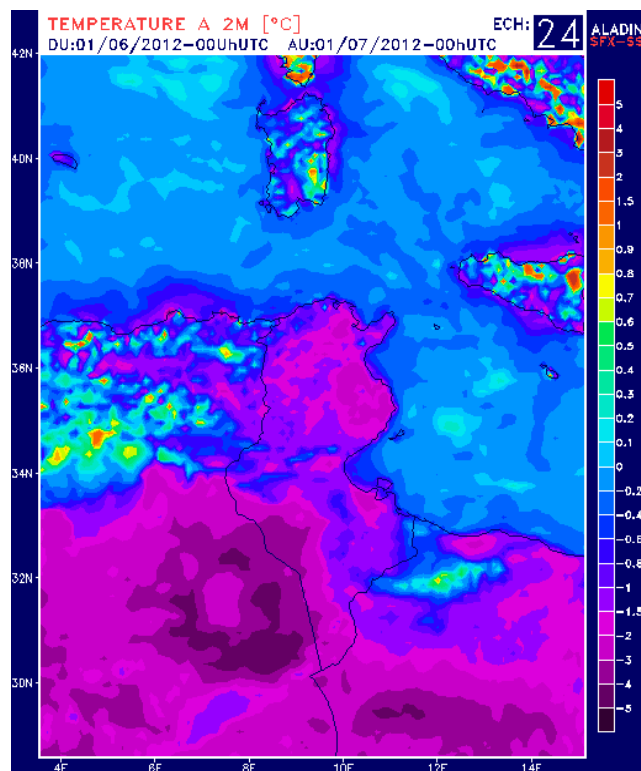


Figure 12: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en juin à 24H

Ces figures montrent que la prévision avec SURFEX tend vers plus de réchauffement le jour et vers un refroidissement la nuit. Cependant, la différence entre les deux prévisions est plus marquée en période estivale qu'en période hivernale.

Les figures suivantes permettent de décrire ce comportement sur les échéances de 00H à 54H:

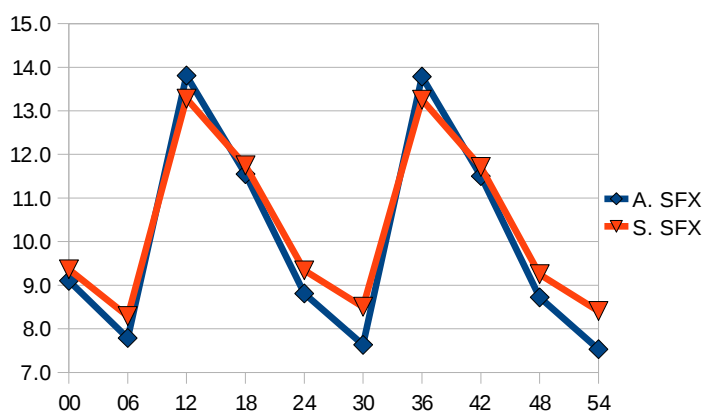


Figure 13: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en janvier de 00H à 54H

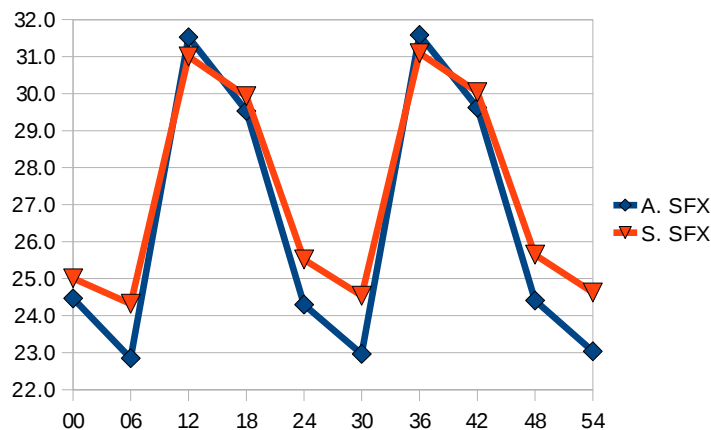


Figure 14: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en juin de 00H à 54H

Ce comportement est en accord avec les résultats obtenus à l'aide du modèle ALADIN-FRANCE avec SURFEX, qui a enregistré un réchauffement pendant le jour et un refroidissement la

nuit. Cette variabilité a été bien marquée en été alors qu'en hiver la différence était beaucoup plus faible entre les deux prévisions.

## 2) Humidité relative à 2m :

Les différences en humidité relative à 2m entre les prévisions avec et sans SURFEX, en périodes hivernale et estivale, sont représentées sur les figures suivantes (P. avec SURFEX – P. sans SURFEX) :

-En janvier :

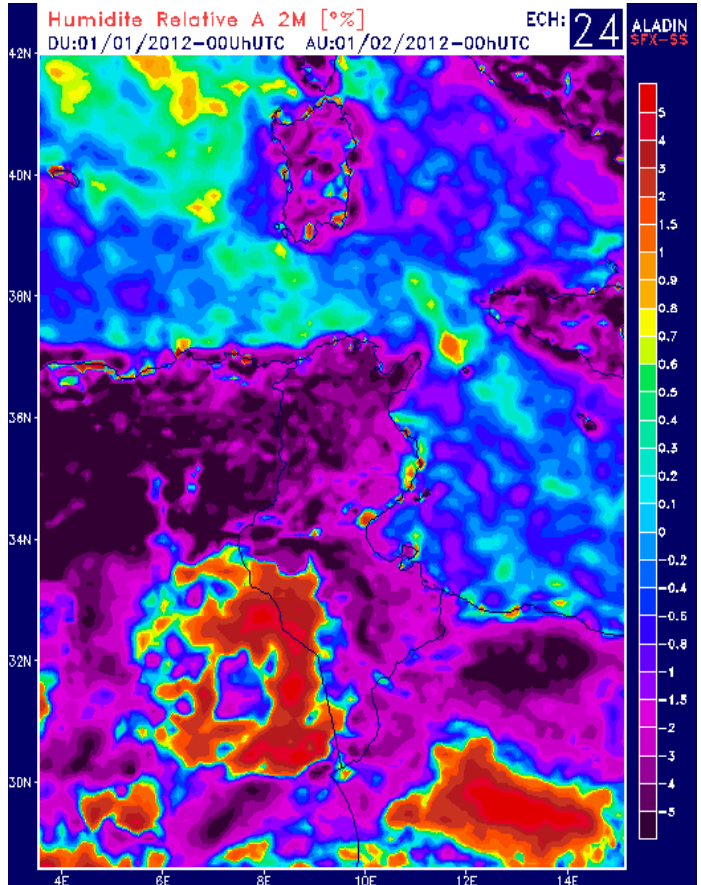
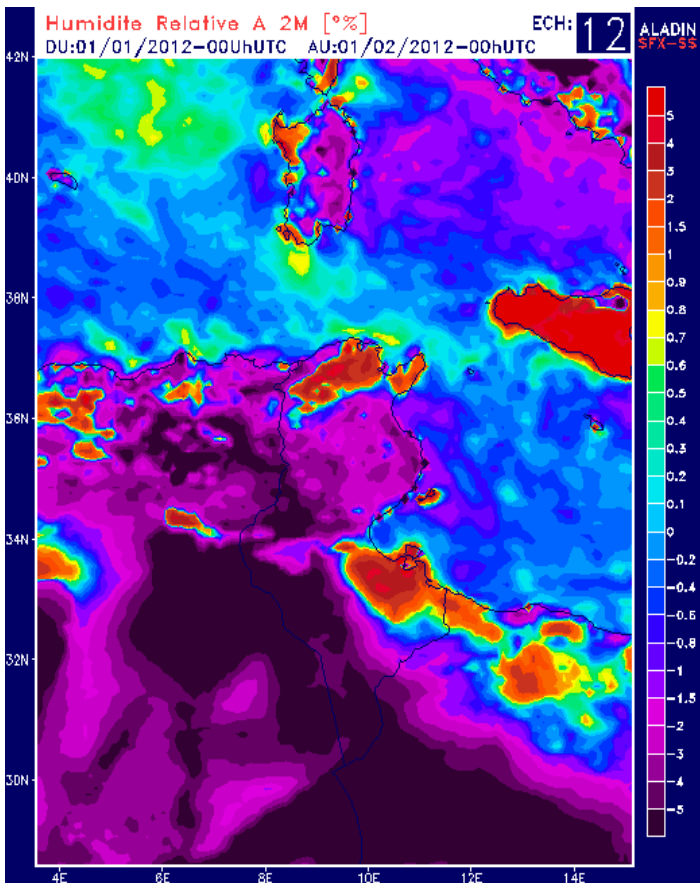


Figure 15: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en janvier à 12H

Figure 16: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en janvier à 24H

Nous remarquons d'après ces figures qu'en période hivernale, la prévision avec SURFEX est marquée par moins d'humidité à 2m en jour. Cependant, la nuit, cette différence tend à s'inverser et on remarque sur la figure de l'échéance 24H qu'un fort apport en humidité intéresse plusieurs régions.

- En juin:

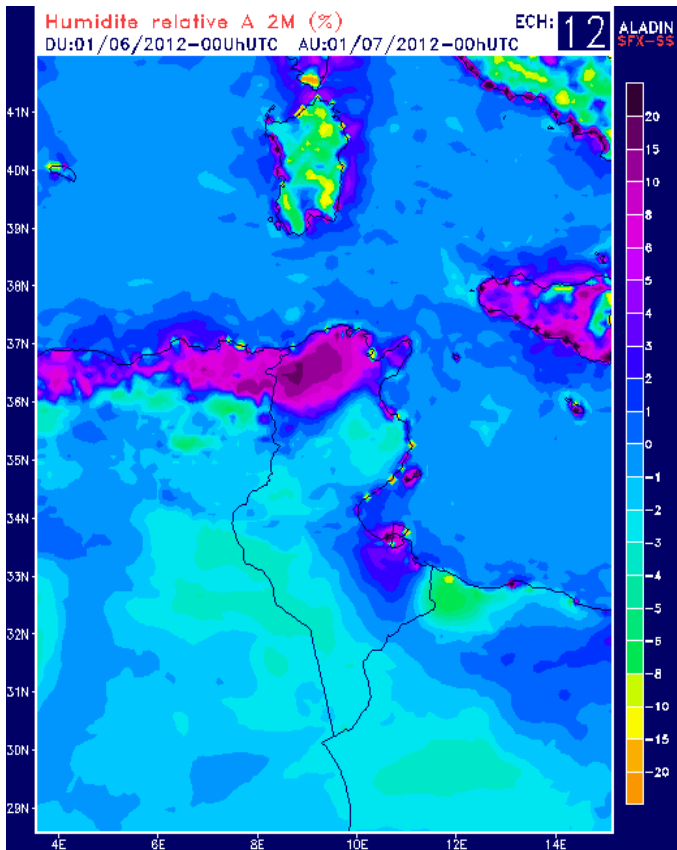


Figure 17: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en juin à 12H

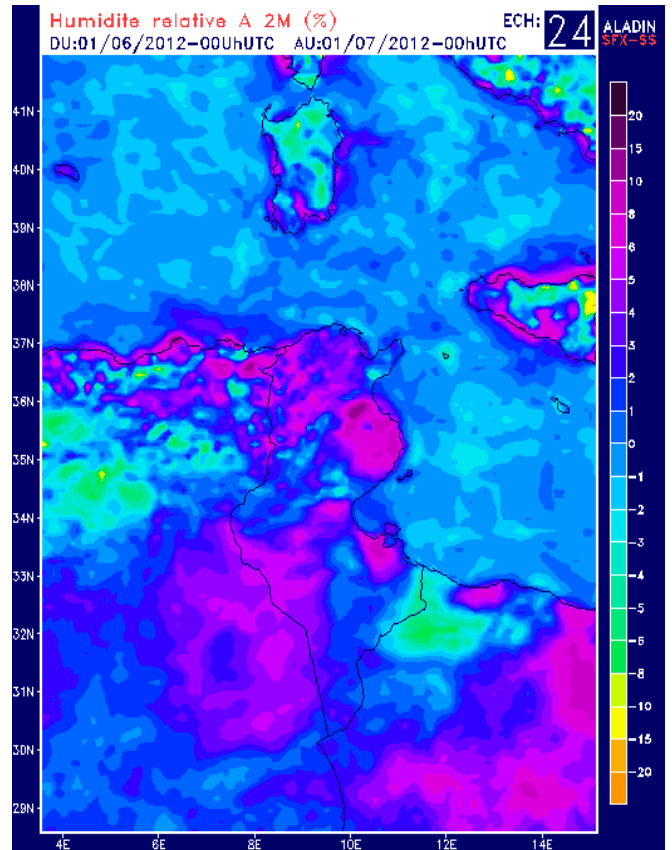


Figure 18: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de température à 2m en juin à 24H

En période estivale, la prévision de l'humidité relative à 2m garde la même tendance qu'en période hivernale, ainsi, nous remarquons des humidités plus faibles le jour et plus importantes durant la nuit. Cependant on note que les différences avec la prévision sans SURFEX sont plus faibles.

## 2) Vitesse du vent à 10m :

L'étude des différences en vitesse de vent à 10m entre les prévisions avec et sans SURFEX, en périodes hivernale et estivale montre que le code SURFEX a tendance à considérer un vent plus faible, et ce indépendamment de la période considérée.

Ces différences sont représentées sur les figures suivantes (P. avec SURFEX – P. sans SURFEX) :

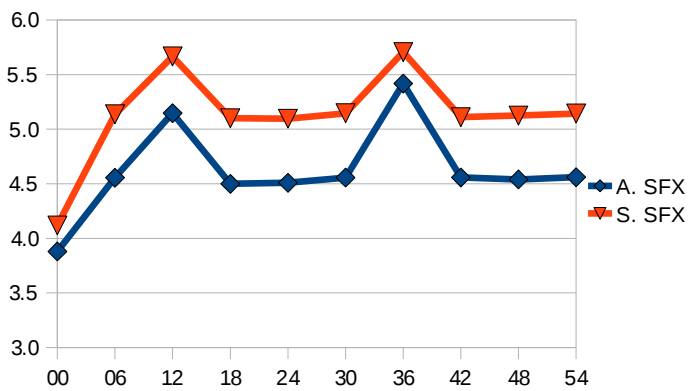


Figure 19: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de la vitesse de vent à 10m en janvier de 00H à 54H (en m/s)

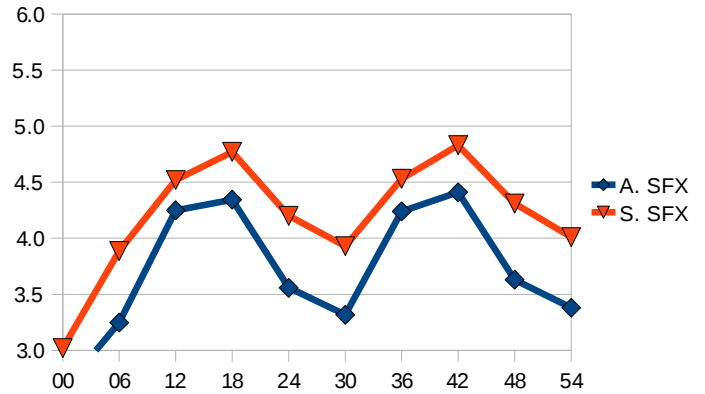


Figure 20: Différence entre la prévision avec SURFEX et la prévision sans SURFEX de la prévision de la vitesse de vent à 10m en juin de 00H à 54H (en m/s)

Nous remarquons également que l'écart entre les deux prévisions est maintenu durant toutes les échéances mais s'amplifie en période de nuit. Ainsi, le comportement du modèle ALADIN-TUNISIE avec SURFEX est en accord avec les résultats obtenus à l'aide du modèle ALADIN-FRANCE avec SURFEX et qui prévoient des valeurs plus faibles de vitesse de vent à 10m qu'avec la prévision sans SURFEX.

## B/ Comparaison des scores de fiabilité:

### 1) Prévision de la température à 2m :

Les scores de fiabilité de prévision de la température à 2m, sans et avec l'utilisation du code SURFEX, obtenus pour les mois de janvier et juin 2012 sont représentés sur les figures suivantes:

Température à 2m en janvier

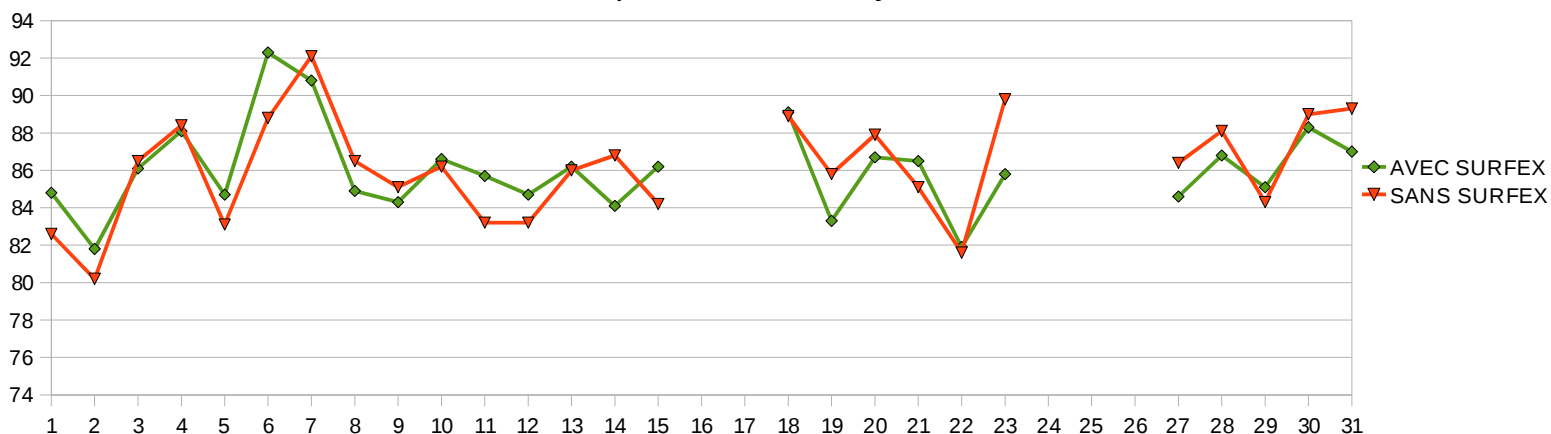


Figure 21: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX de la température à 2m pour le mois de janvier 2012

Température à 2m en juin

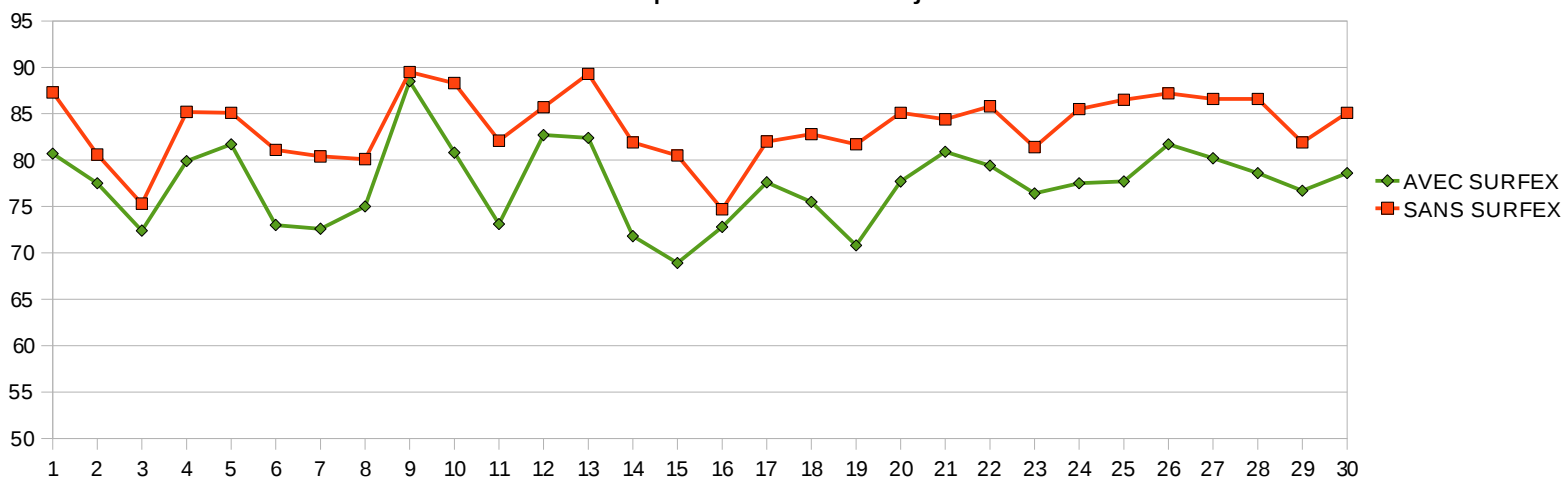


Figure 22: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX de la température à 2m pour le mois de juin 2012



## Récapitulatif des scores:

Tableau 4 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions de référence et avec SURFEX de la température à 2m pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	86%	80%
	P. avec SURFEX	86%	<b>82%</b>
Juin	P. Référence	84%	75%
	P. avec SURFEX	<b>77%</b>	<b>69%</b>

Pour le mois de janvier, nous remarquons que la fiabilité moyenne mensuelle des deux prévisions est très comparable, étant de 86% pour chacune, cependant, la prévision avec SURFEX a bien amélioré le plus faible et le plus haut scores du mois, et tend vers la réduction de l'écart type.

Cependant, pour le mois de juin, la prévision avec SURFEX n'a pas permis d'améliorer les scores obtenus avec la prévision de référence. Cette dégradation n'a pas été observée lors de l'évaluation de SURFEX dans ALADIN-France en adaptation dynamique. La raison pourrait venir des périodes testées différentes, mais plus vraisemblablement de la différence de domaine géographique. Il est important de souligner qu'en adaptation dynamique, les variables pronostiques de surface (températures et humidités dans le sol) sont interpolées directement depuis Arpège qui n'utilise pas encore SURFEX. L'initialisation des variables pronostiques de surface n'est ainsi pas optimale ; l'utilisation d'une analyse de surface dans ALADIN-Tunisie permettrait de corriger cela.

Une caractéristique importante de l'activation de SURFEX est la présence de plusieurs types de surfaces dans un point de grille. Une hypothèse possible pour expliquer la diminution de fiabilité en mois de juin, chose qui n'a pas été constatée en mois de janvier, serait une dégradation des scores pour les stations côtières, à cause de l'influence de la surface maritime.

## 2) Prévision des précipitations:

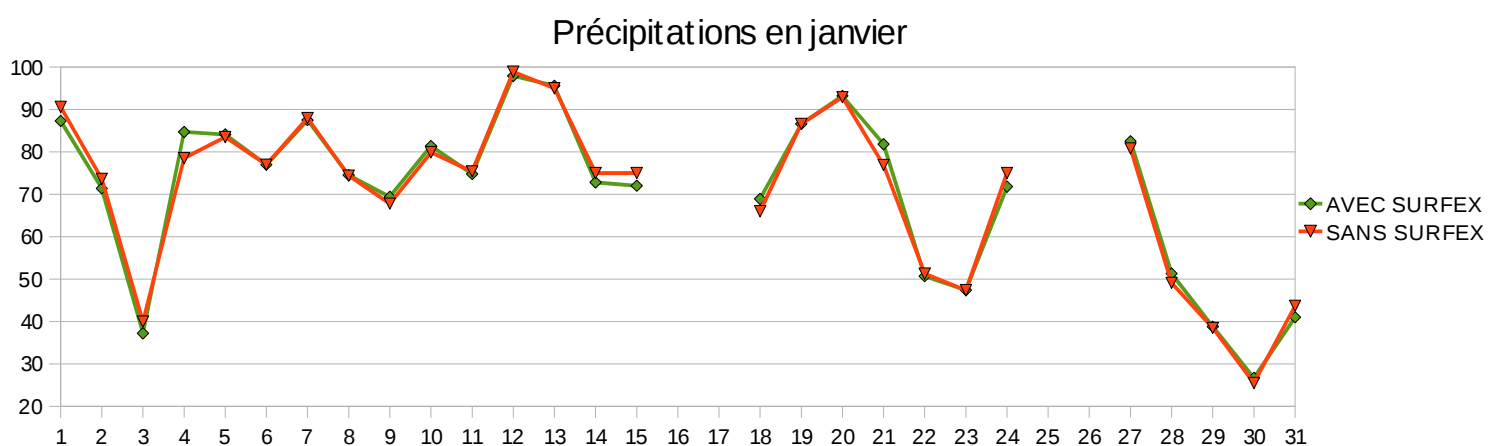


Figure 23: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX des précipitations pour le mois de janvier 2012

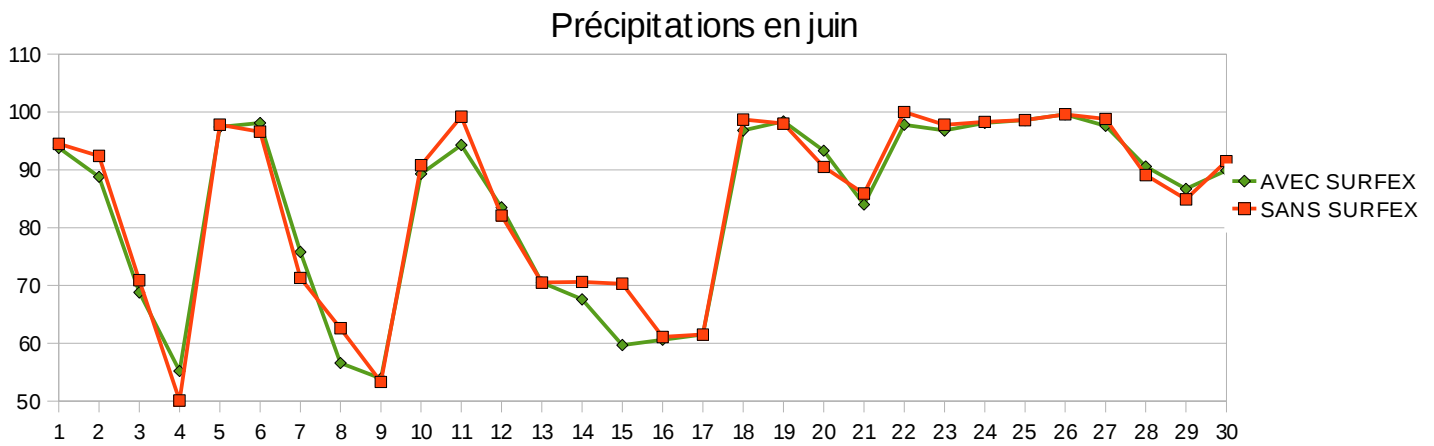


Figure 24: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX des précipitations pour le mois de juin 2012

#### Récapitulatif des scores:

Tableau 5 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions de référence et avec SURFEX des précipitations pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	71%	26%
	P. avec SURFEX	71%	<b>27%</b>
Juin	P. Référence	84%	50%
	P. avec SURFEX	84%	<b>54%</b>

Nous remarquons que l'effet de SURFEX sur la prévision des précipitations est quasiment neutre sur les scores moyens mensuels des mois de janvier et juin.

### 3) Prévision de la vitesse du vents à 10m:

Les deux figures suivantes représentent les scores de fiabilité de la prévision de la vitesse du vent à 10m, sans et avec SURFEX, pour les mois de janvier et juin 2012:

#### Vitesse du vent à 10m en janvier

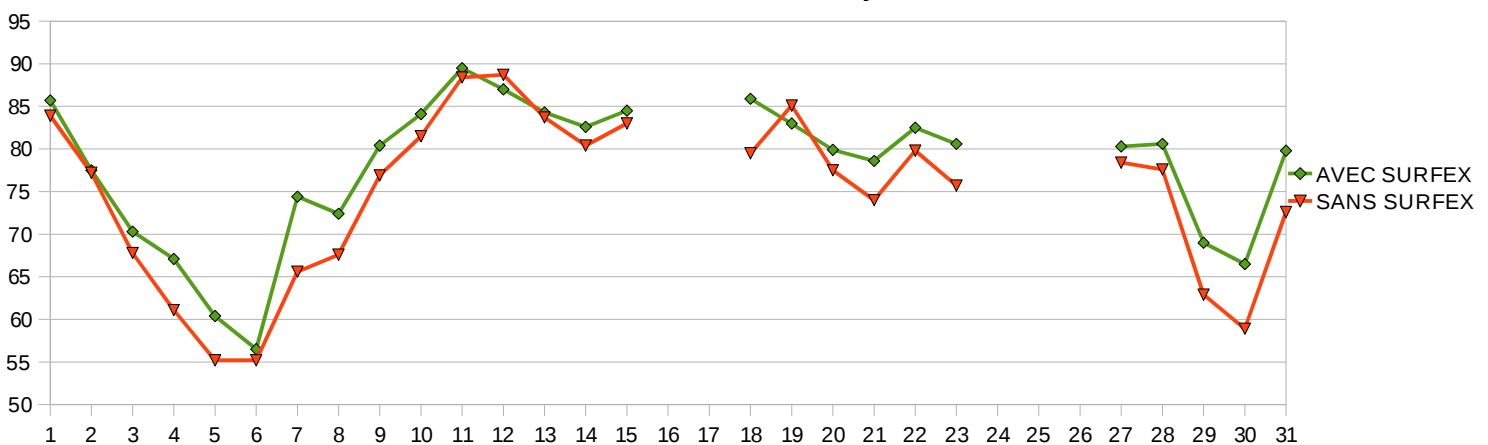


Figure 25: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX de la vitesse du vent à 10m pour le mois de janvier 2012

### Vitesse du vent à 10m en juin

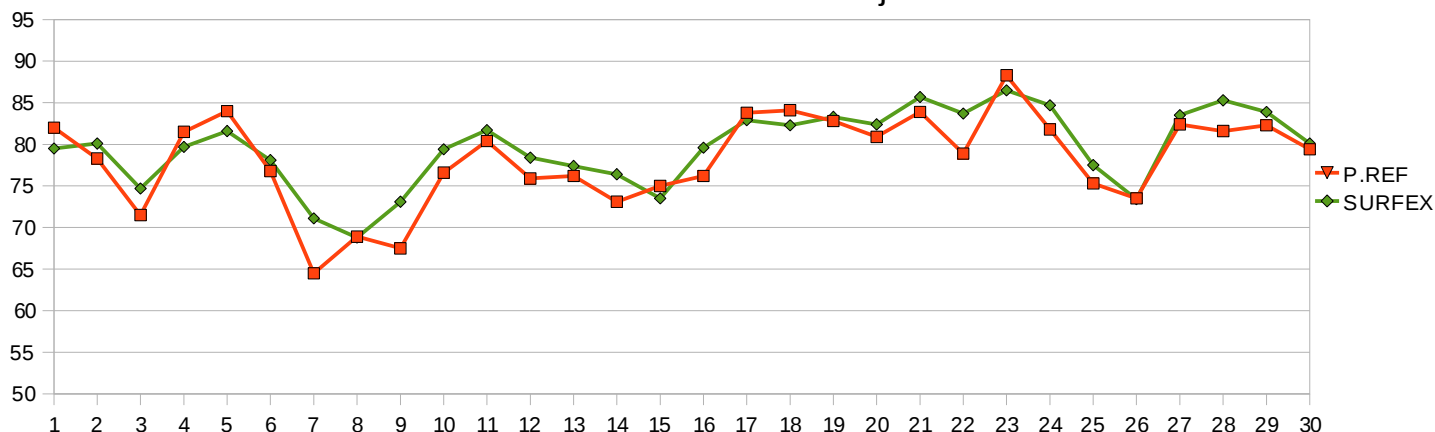


Figure 26: Scores journaliers de fiabilité de la prévision de référence et de la prévision avec SURFEX de la vitesse du vent à 10m pour le mois de juin 2012

La variation des scores de fiabilité des prévisions sans et avec SURFEX montre une nette amélioration de la prévision de la vitesse du vent avec SURFEX, cette amélioration est généralisée sur la période étudiée. SURFEX a permis également de corriger certaines baisses de fiabilité à savoir celles du 04, 05 et 30 janvier et celle du 07 juin 2012.

#### Récapitulatif des scores:

Tableau 6 : Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions de référence et avec SURFEX de la vitesse du vent à 10m pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	P. Référence	75%	55%
	P. avec SURFEX	<b>78%</b>	<b>57%</b>
Juin	P. Référence	78%	65%
	P. avec SURFEX	<b>80%</b>	<b>69%</b>

En conclusion, le code SURFEX a permis d'améliorer les scores de fiabilité de la prévision de la vitesse du vent à 10m. Une hypothèse serait que les caractéristiques de surface, dont la rugosité, sont mieux représentées avec l'activation de SURFEX.

## **IV- Impact des nouvelles bases de données SURFEX:**

Nous allons maintenant présenter l'impact de l'utilisation des nouvelles bases de données SURFEX, à savoir les bases de données de sable et d'argile, ainsi que l'ECOCLIMAP II Europe.

Nous allons procéder à la comparaison des résultats à ceux présentés dans la section II.

### **Bases de données HWSO de sable et d'argile :**

Ces nouvelles bases de données, disponibles depuis 2009, ont une résolution de 1km, au lieu de 10km, la résolution des bases de données FAO.

### **ECOCLIMAP II Europe :**

Cette base de données, disponible depuis 2008, comprend plusieurs améliorations sur le domaine Europe, et présente à titre d'exemple 273 covers au lieu de 215 sur la base de données globale ECOCLIMAP I utilisée dans la section I.

La figure suivante montre, à titre d'exemple, la différence au niveau de la fraction de végétation entre les différentes bases de données :

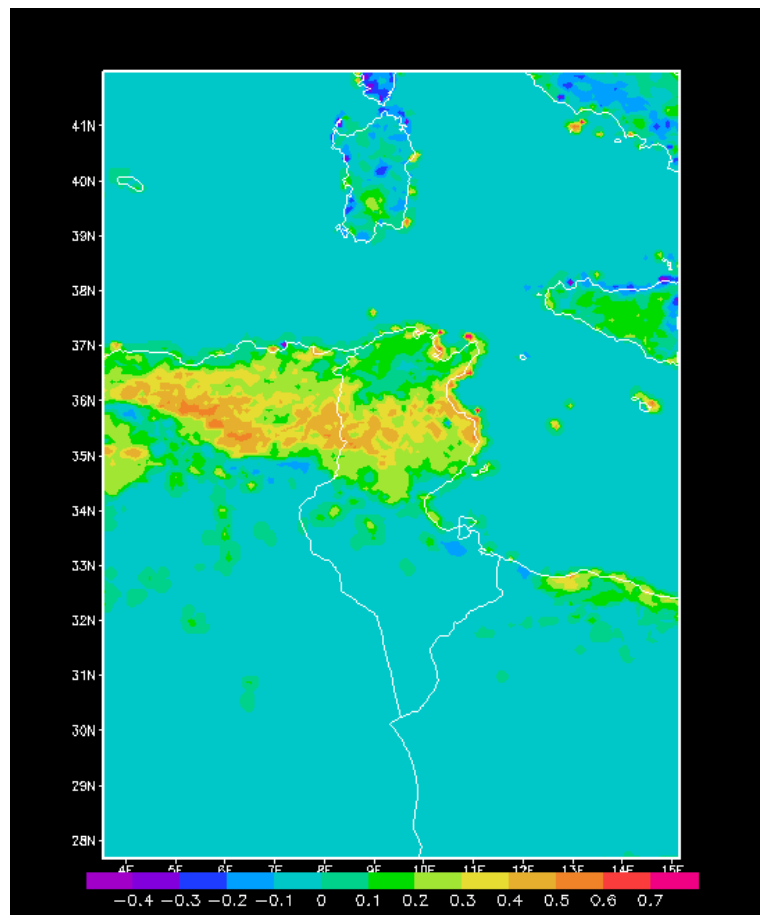


Figure 27 : Différences entre les fractions de végétation (ECOCLIMAP I – ECOCLIMAP II Europe)

En ce qui suit, nous allons procéder à la comparaison des scores de fiabilité par paramètre et pour chacun des deux mois considérés.

Prévision de la température à 2m :

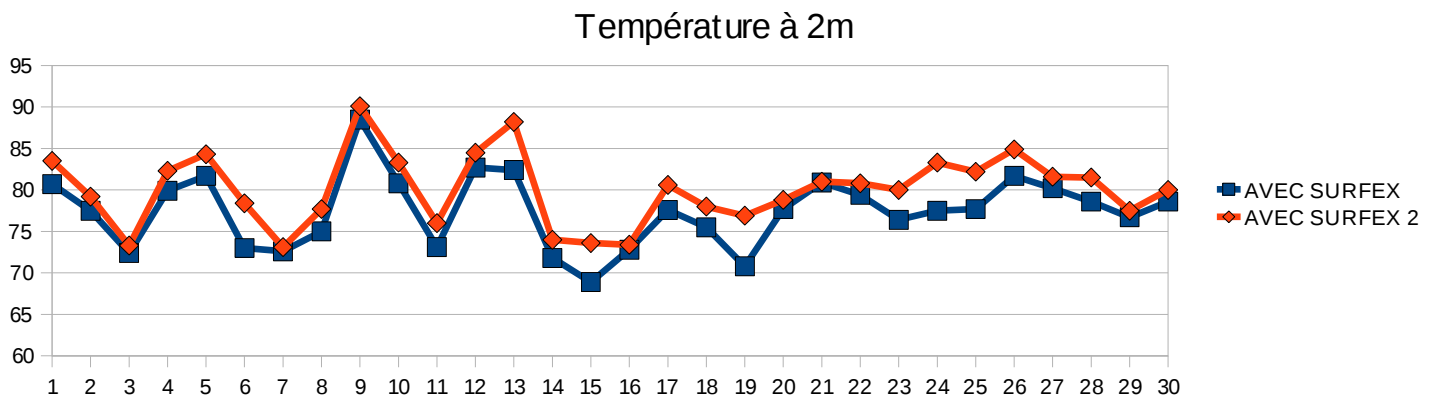


Figure 28: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, de la température à 2m, pour le mois de janvier 2012

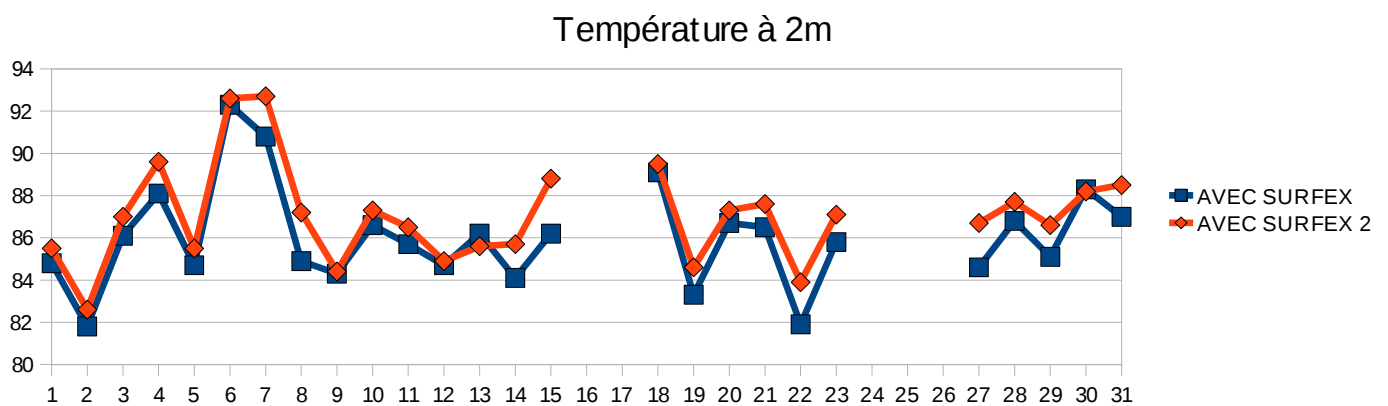


Figure 29: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, de la température à 2m, pour le mois de juin 2012

Nous remarquons qu'il y a une amélioration globale des scores de fiabilité qui a eu lieu suite à l'utilisation des nouvelles bases de données.

D'autres tests nous ont permis de vérifier que cette amélioration provient essentiellement grâce à l'utilisation de ECOCLIMAP II Europe, comme le montre la figure suivante:

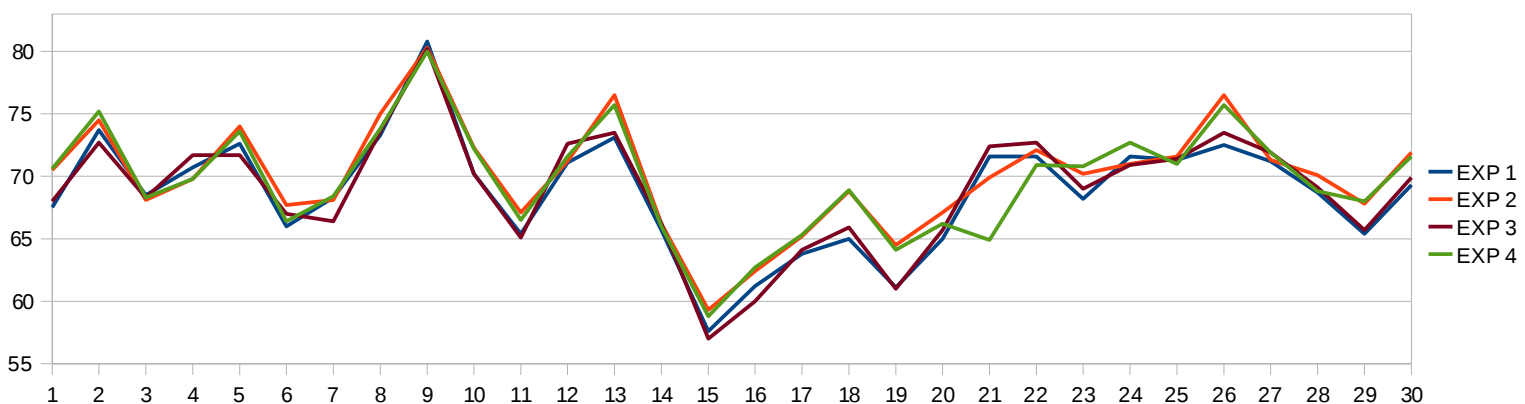


Figure 30: Variabilité de la fiabilité de prévision de la température à 2m en juin 2012 en fonction des bases de données de surface

Sur cette figure sont représentés les scores journaliers de fiabilité de la prévision de la température à 2m au mois de juin 2012. Les différentes expériences considèrent les bases de données suivantes :

- EXP 1 : ECOCLIMAP I, FAO;
- EXP 2 : ECOCLIMAP II EUROPE, HWSD ;
- EXP 3 : ECOCLIMAPI, HWSD ;
- EXP 4 : ECOCLIMAP II EUROPE, FAO.

Ainsi nous remarquons que les expériences 2 et 4 présentent les meilleurs scores de fiabilité, cependant, l'expérience 3 a très peu amélioré les scores par rapport à la prévision initiale menée avec SURFEX.

Prévision des précipitations :

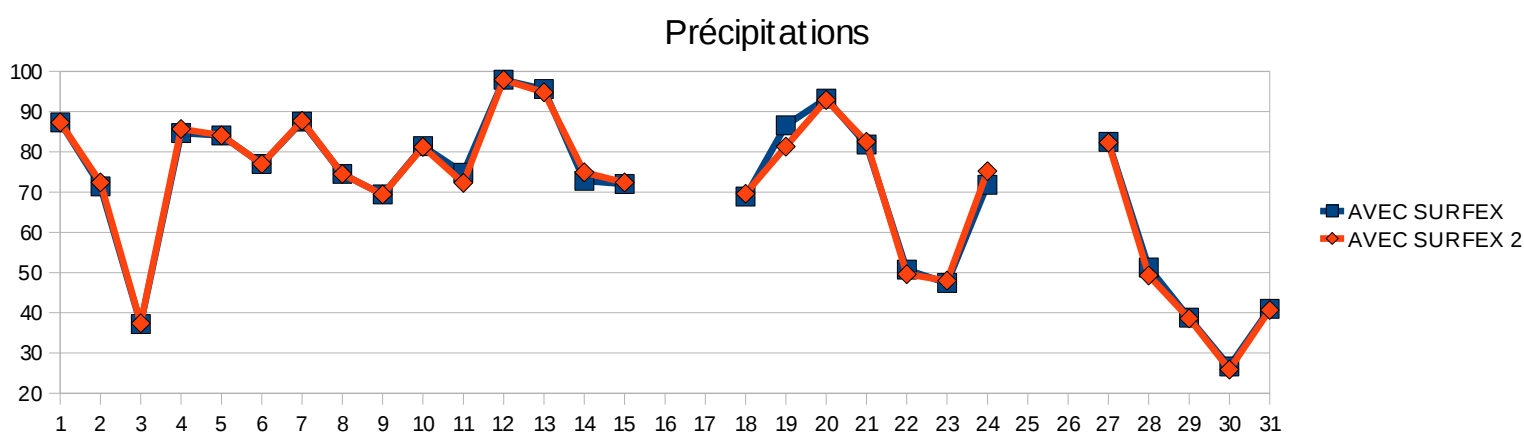


Figure 31: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, des précipitations pour le mois de janvier 2012

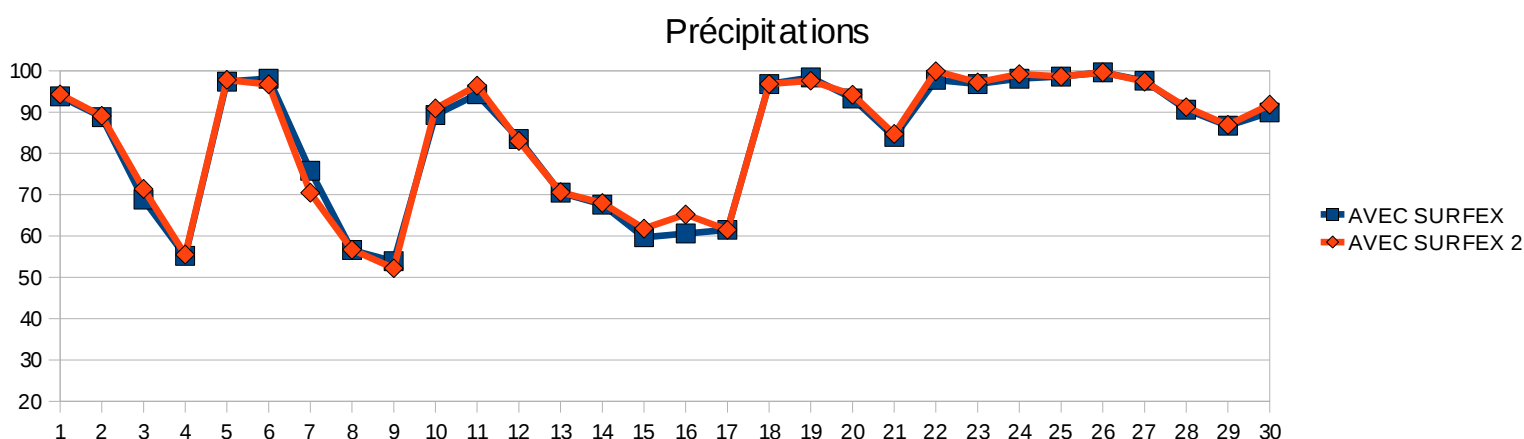


Figure 32: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, des précipitations pour le mois de juin 2012

Nous remarquons que l'utilisation des nouvelles bases de données liées au sol et à la végétation a un effet quasiment neutre sur la fiabilité de la prévision des précipitations.

### Prévision de la vitesse du vent à 10m :

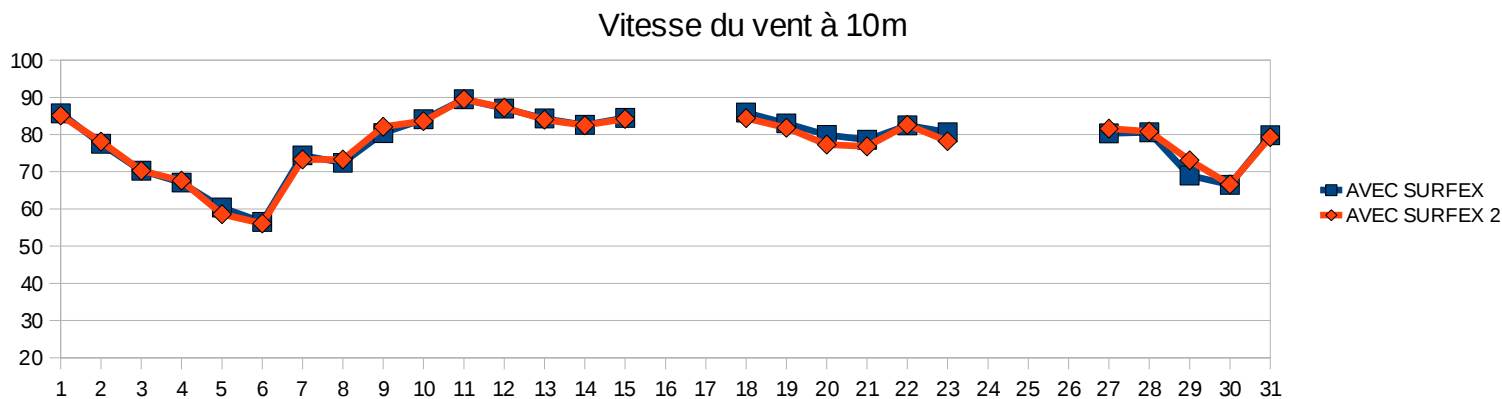


Figure 33: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, de la vitesse du vent à 10m, pour le mois de janvier 2012

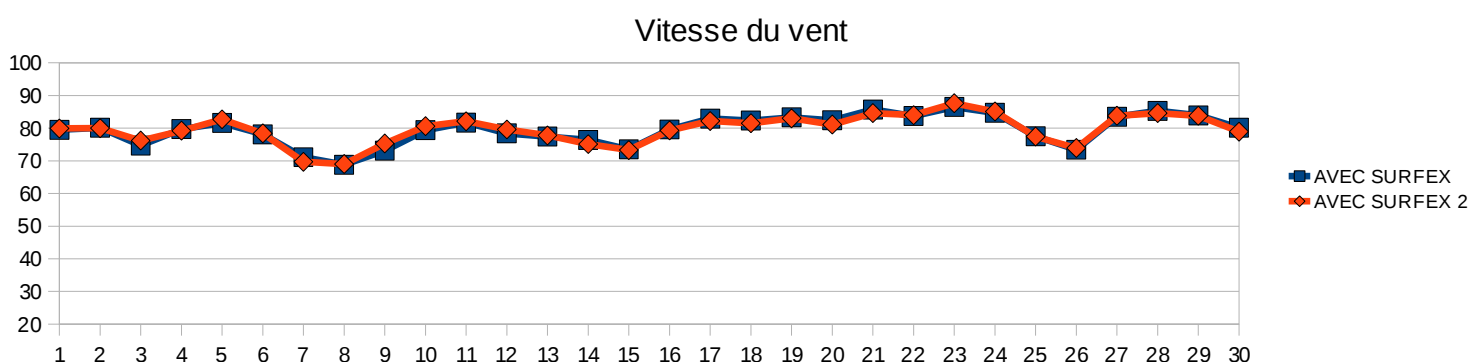


Figure 34: Scores journaliers de fiabilité de la 1ère prévision avec SURFEX et de la 2ème introduisant les nouvelles bases de données de sol, de la vitesse du vent à 10m, pour le mois de juin 2012

Nous remarquons que l'utilisation des nouvelles bases de données liées au sol a un effet quasiment neutre sur la fiabilité de la prévision de la vitesse du vent à 10m.

Ainsi, l'introduction des nouvelles bases de données de sable et d'argile et de l'ECOCLIMAP II Europe a permis d'améliorer les scores de fiabilité de la prévision de température à 2m, cependant, son effet reste quasiment neutre pour la prévision des précipitations ou de la vitesse du vent à 10m.

#### Moyennes du mois de janvier:

Tableau 7: Scores mensuels de fiabilité des prévisions avec ECOCLIMAP I et II EUROPE pour Janvier 2012

	Température à 2m	Force du vent à 10m	Précipitations
Prévision avec SURFEX	86%	78%	71%
Prévision avec SURFEX 2	<b>87%</b>	78%	71%

#### Moyennes du mois de juin:

Tableau 8: Scores mensuels de fiabilité des prévisions avec ECOCLIMAP I et II EUROPE pour Juin 2012

	Température à 2m	Force du vent à 10m	Précipitations
Prévision avec SURFEX	77%	80%	83%
Prévision avec SURFEX 2	<b>80%</b>	80%	<b>84%</b>

## V- Impact du schéma de ville TEB :

TEB est un schéma physique qui permet de simuler les différents flux et interactions au sein des villes. Il se base sur un principe de simplification des bâtiments, en effet TEB simplifie ces composantes en une route, un toit, et deux murs parallèles.

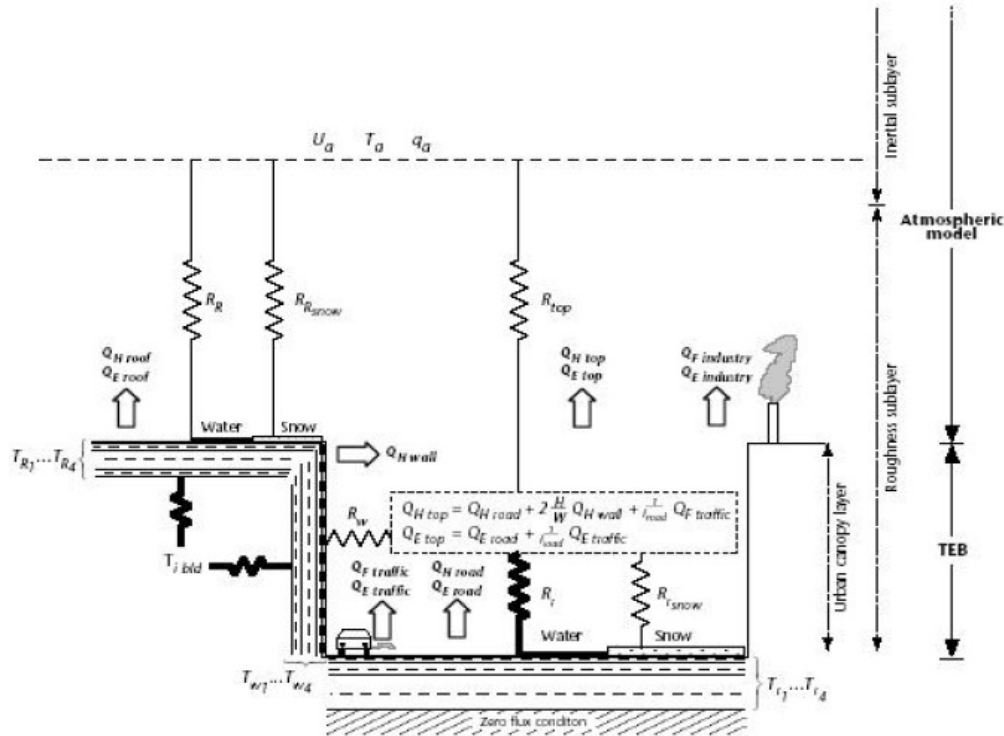


Figure 35: Schéma de canyon dans le module TEB (Noilhan, SURFEX workshop, december 2006)

Parmi les phénomènes physiques simulés on peut citer :

- Les interactions au sein des canyons ;
- L'interception des pluies et de la neige ;
- Le flux de chaleur latente;
- Le stockage de la chaleur dans les immeubles ;
- Les flux anthropiques.

Le module TEB a été validé sur plusieurs sites urbains tels que Mexico City, Vancouver (Masson et al 2002) et Marseille (Lemonsu et al 2003).

Dans notre cas de simulation, l'activation du module TEB va intéresser environ 20% du domaine de prévision, soit plus que 10 mille points de grille, mais avec des portions de villes différentes, par conséquent, la différence entre les prévisions avec et sans TEB ne sera sensible qu'aux grands centres urbains, comme le montre la figure suivante:



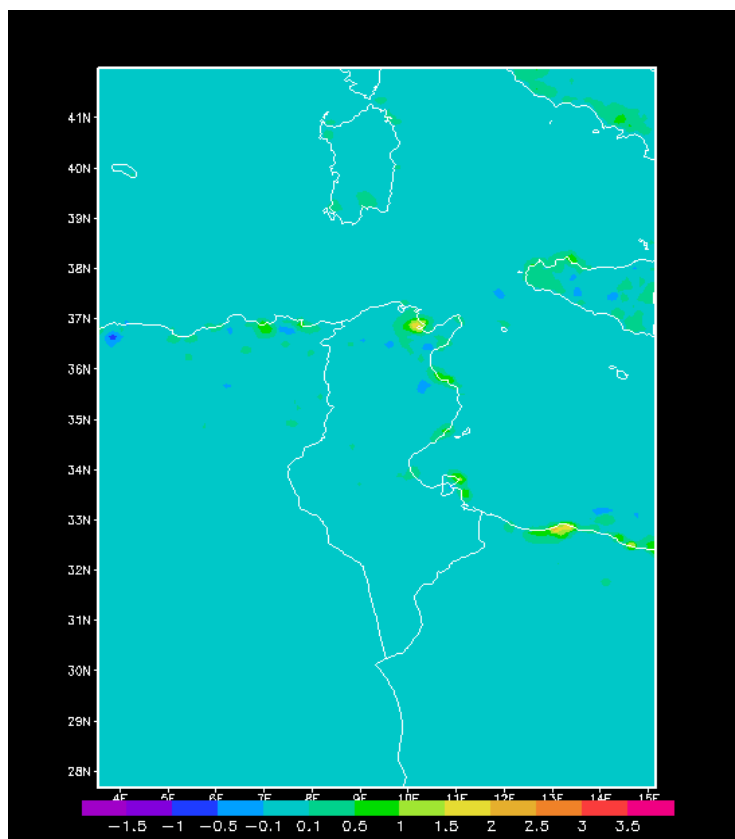


Figure 36: Différences de température à 2m pour le 15 juin 2012 à 12H  
(P. avec TEB – P. sans TEB)

Nous remarquons d'après cet exemple que la différence entre les prévisions sans et avec le module TEB peut dépasser les 2 degrés dans les grands centres urbains.

Ainsi, nous avons réalisé une simulation qui introduit le module TEB, des trois paramètres étudiés ci-dessus, à savoir la température à 2m, les précipitations et la vitesse du vent à 10m, en partant de la deuxième prévision avec SURFEX, présentant des meilleurs scores pour la température.

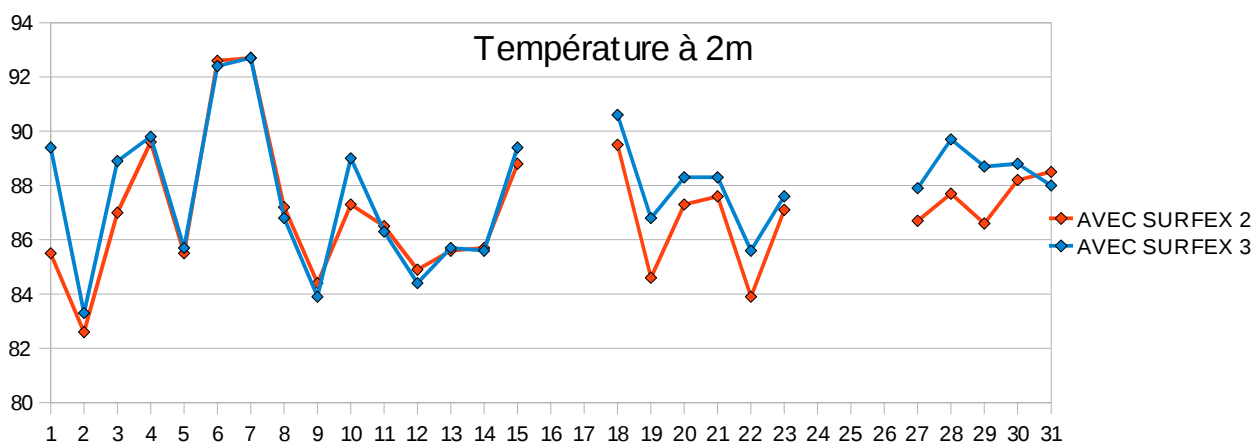


Figure 37: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision on l'on active le schéma TEB, de la température à 2m, pour le mois de janvier 2012

## Température à 2m

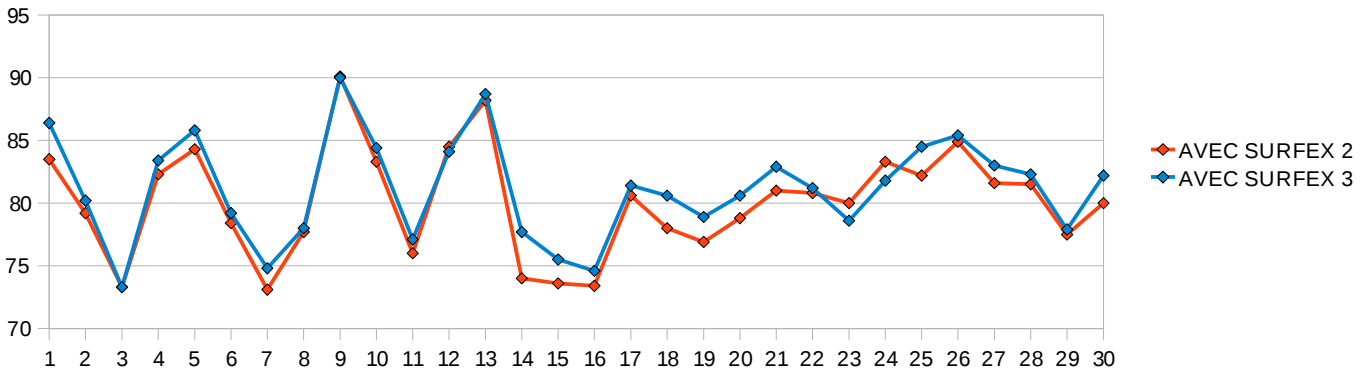


Figure 38: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision où l'on active le schéma TEB, de la température à 2m, pour le mois de juin 2012

Nous remarquons d'après ces figures que l'activation du module TEB sous SURFEX a permis d'améliorer les scores de fiabilité de la prévision de température à 2m, et ce sur les deux mois étudiés.

### Récapitulatif des scores:

Tableau 9: Scores mensuels de fiabilité et scores journaliers les plus faibles des prévisions de SURFEX avec et sans le module TEB de la température à 2m pour Janvier et juin 2012

		Moyenne	Score plus faible
Janvier	SANS TEB	87%	83%
	AVEC TEB	<b>88%</b>	83%
Juin	SANS TEB	80%	73%
	AVEC TEB	<b>81%</b>	73%

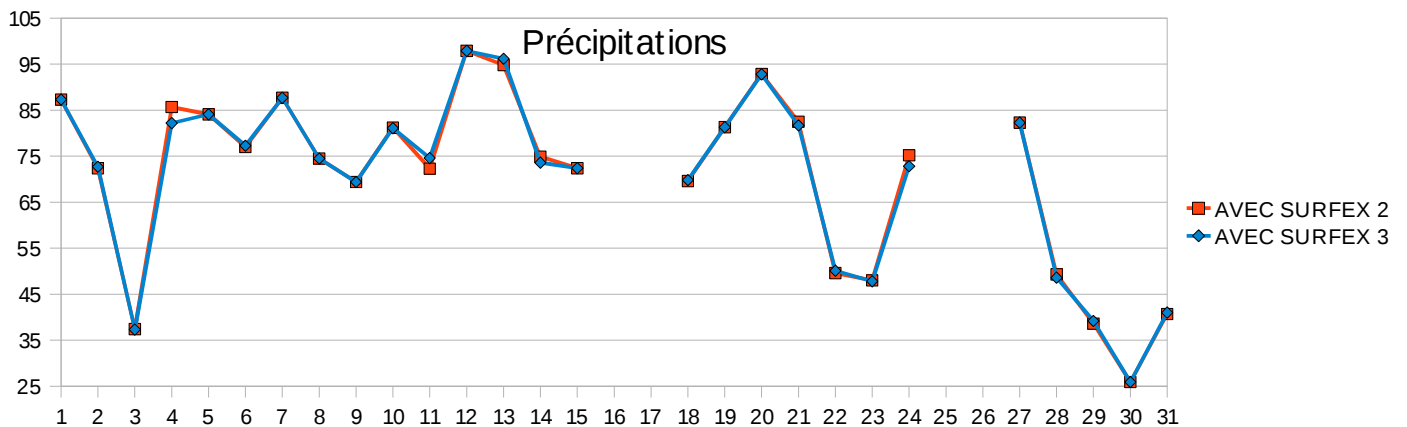


Figure 39: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision où l'on active le schéma TEB, des précipitations, pour le mois de janvier 2012

## Précipitations

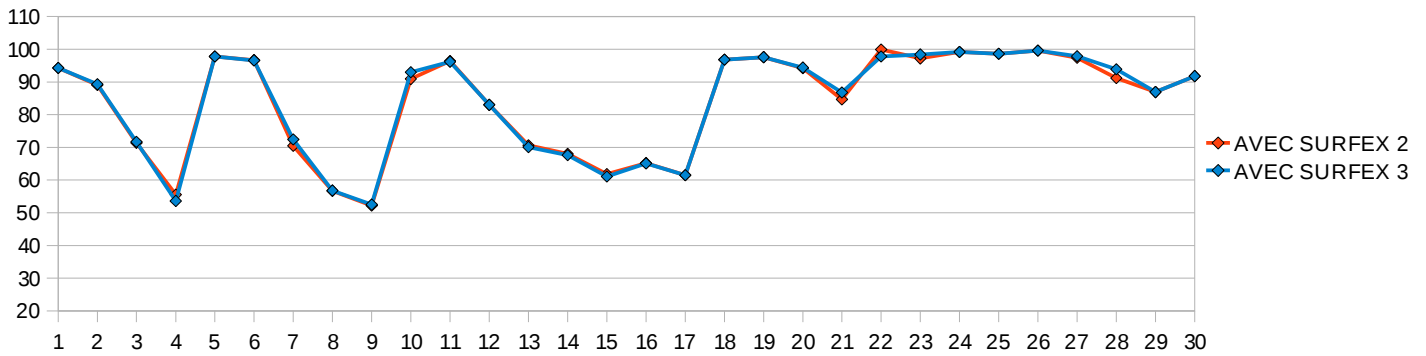


Figure 40: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision on l'on active le schéma TEB, des précipitations, pour le mois de juin 2012

D'après ces deux figures, nous constatons que l'activation du module TEB sous SURFEX a eu un effet neutre sur la fiabilité de la prévision. Cet effet neutre est constaté également sur les scores de fiabilité de la prévision de vitesse de vent à 10m comme le montrent les deux figures suivantes :

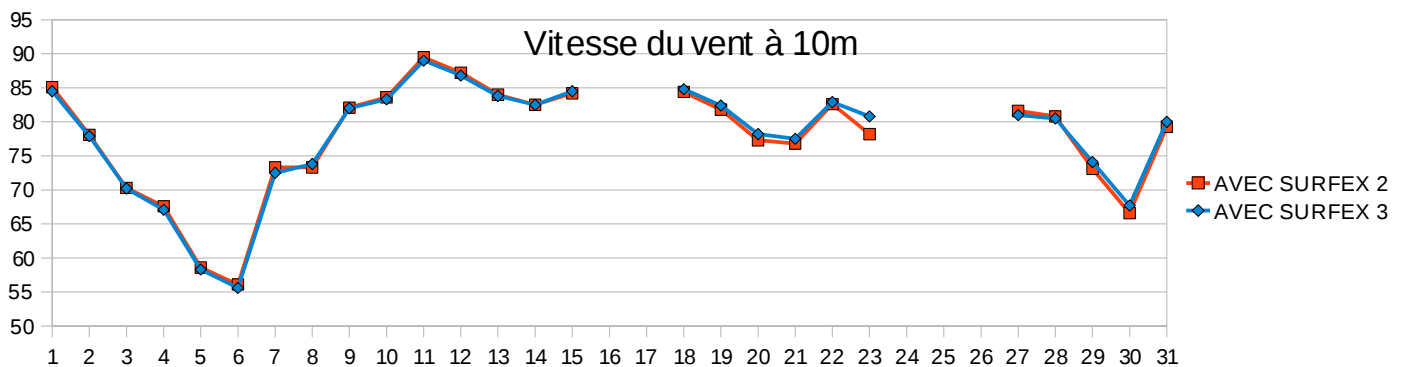


Figure 41: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision on l'on active le schéma TEB, de la vitesse du vent, pour le mois de janvier 2012

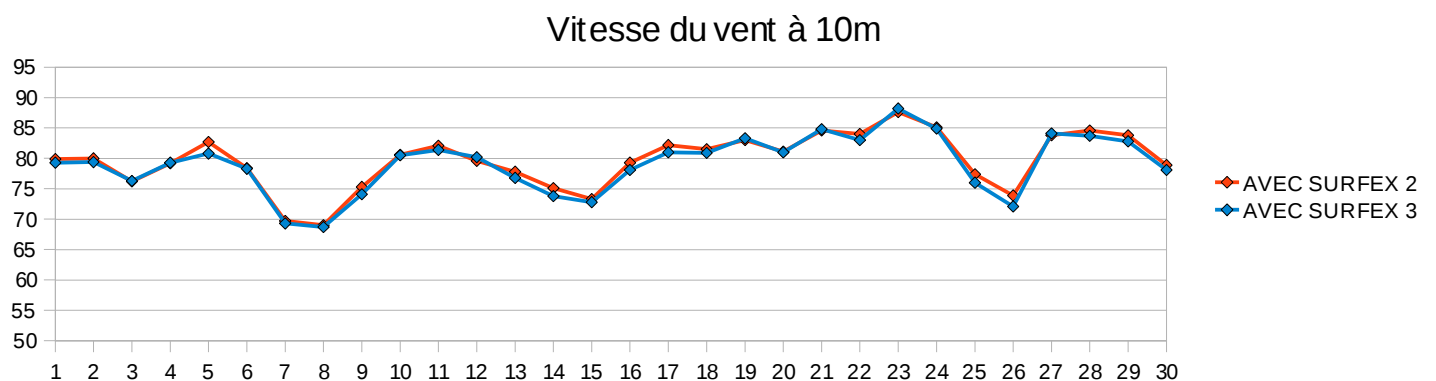


Figure 42: Scores journaliers de fiabilité de la 2ème prévision introduisant les nouvelles bases de données de sol, et la 3ème prévision on l'on active le schéma TEB, de la vitesse du vent, pour le mois de juin 2012

En conclusion, l'activation du module TEB de SURFEX a permis d'améliorer légèrement les scores de fiabilité de la prévision de température à 2m. Cependant, pour la prévision des précipitations ainsi que la vitesse du vent à 10m, le module TEB a eu un effet neutre.

## **VI- Conclusions et perspectives:**

Au cours de ce stage, qui consistait à adapter et expérimenter une version ALADIN-Tunisie avec SURFEX, je suis passé par trois étapes principales :

La première consistait à expérimenter une version de référence qui a servi de base de comparaison pour la suite du travail. Cette version a permis d'obtenir des meilleurs scores de fiabilité que la version opérationnelle d'ALADIN-Tunisie. La plus grande amélioration a été notée pour la prévision de la température à 2m.

La deuxième étape consistait à expérimenter une version d'ALADIN-Tunisie avec SURFEX, puis comparer ses résultats à la prévision de référence. Ainsi nous avons remarqué une amélioration de la prévision de la vitesse du vent à 10m, mais pour la température à 2m, nous avons noté une baisse des scores de fiabilité pour le mois de juin. Pour les précipitations, les scores ne présentaient pas une variabilité sensible.

Finalement, la troisième étape consistait à expérimenter certaines paramétrisations de SURFEX et étudier leurs impacts sur la prévision. Ainsi, des tests avec différentes bases de données de sable et d'argile et d'ECOCLIMAP ont été réalisés, et ont montré qu'il est possible d'améliorer la fiabilité des prévisions de température à 2m en utilisant les bases de données ECOCLIMAP II EUROPE et HWSD. D'autre part, j'ai réalisé une simulation en activant le module de ville TEB et j'ai remarqué qu'il y a eu une légère amélioration des scores de fiabilité de la température à 2m pour les mois de janvier et juin. L'expérimentation de ces différentes paramétrisations a eu un effet neutre sur la prévision des précipitations et de la vitesse du vent à 10m.

Concernant la baisse des scores de fiabilité de la prévision de température à 2m avec SURFEX au mois de juin, j'ai essayé de comparer certains paramètres tels que les flux de chaleurs latente et sensible ou l'indice d'humidité du sol ainsi que les champs d'albédo, mais ceci n'a pas permis de donner une explication exacte à la baisse des scores en juin ; il faudrait poursuivre les investigations . L'origine de la dégradation est peut-être liée à l'initialisation non optimale des variables pronostiques de surface en adaptation dynamique ; il serait ainsi intéressant d'évaluer l'apport d'une analyse de surface dans ALADIN-Tunisie. Il faudrait également étudier l'intérêt d'interpoler la température à 2m de la tuile nature plutôt que la température à 2 m moyenne pour la comparaison aux observations.