

REPUBLIQUE DU NIGER

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI



Titre : Potentiel éolien de la zone sahélienne.

par :

Prof. MADOUGOU Saïdou

Laboratoire d'énergétique de l'Université Abdou Moumouni

Email: nassara01@yahoo.fr

PLAN

1. Introduction
2. Présentation de la zone d'étude
3. Dynamique atmosphérique dans la région
4. Jet des basses couches
5. Matériel et méthode : radars profileurs de vent et méthode de mesure
6. Caractéristiques de la basse troposphère sur les sites
7. Caractéristiques du vent des basses couches
8. Caractéristiques moyennes des vents (variations et puissances moyennes)
9. Possibilité de production d'énergie éolienne
10. Conclusion et perspectives

1. INTRODUCTION

➡ INTRODUCTION

- L'accès des populations à l'électricité, n'est pas du tout aisé;
- Au Niger, le taux d'accès à l'électricité en 2021 n'était que de 17,56% (SIE-Niger, 2021);
- Les unités de production d'électricité utilisent à 95% des sources d'énergies fossiles.

- Les sources d'énergies: le charbon, l'uranium, le pétrole, l'eau, le solaire, le vent, etc.;
- Les énergies renouvelables semblent les mieux adaptées pour faire face aux conséquences qu'engendreraient l'usage des sources d'énergies fossiles;
- Parmi ces sources d'énergies renouvelables, l'énergie éolienne est l'une des plus prometteuse;
- L'usage de l'énergie éolienne dans la région est moins développée;

- Partant de ces faits, la connaissance de la variabilité spatio-temporelle de ce vent est essentielle pour l'évaluation de son potentiel éolien;

- Installation de deux radars UHF profileurs de vent en 2005 à Bamako et en 2006 à Niamey au moment de la campagne AMMA ;

➡ **Objectif du travail:** Etudier le potentiel éolien de la zone sahélienne à partir des observations de radars profileurs de vent et d'explorer la possibilité de production d'électricité éolienne.

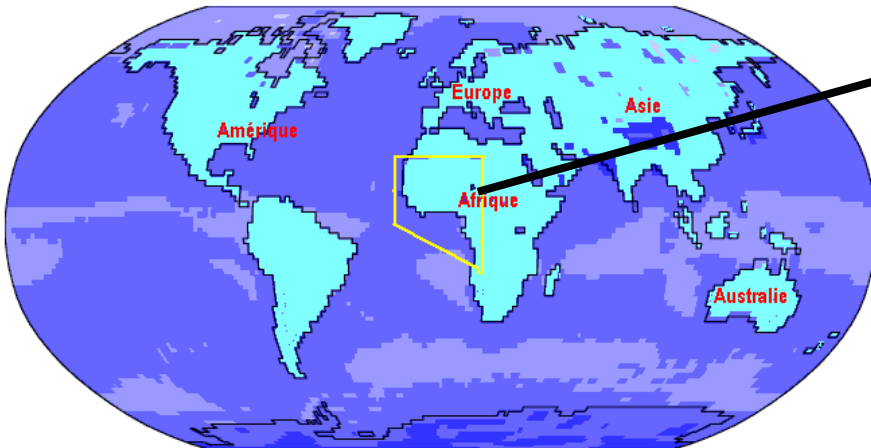
2. Présentation de la zone d'étude

Zone d'étude

La zone d'étude (6 160 000 km²) : du Sénégal au Lac Tchad;

du Golfe de Guinée à la bande Nord du Sahel.

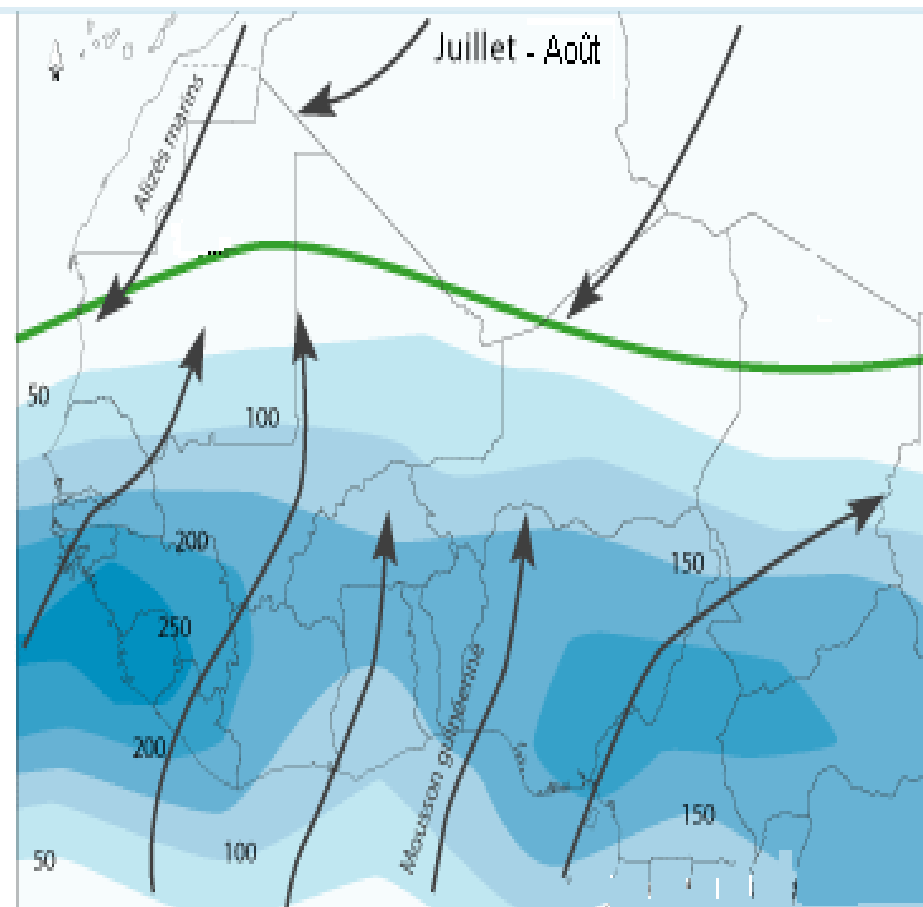
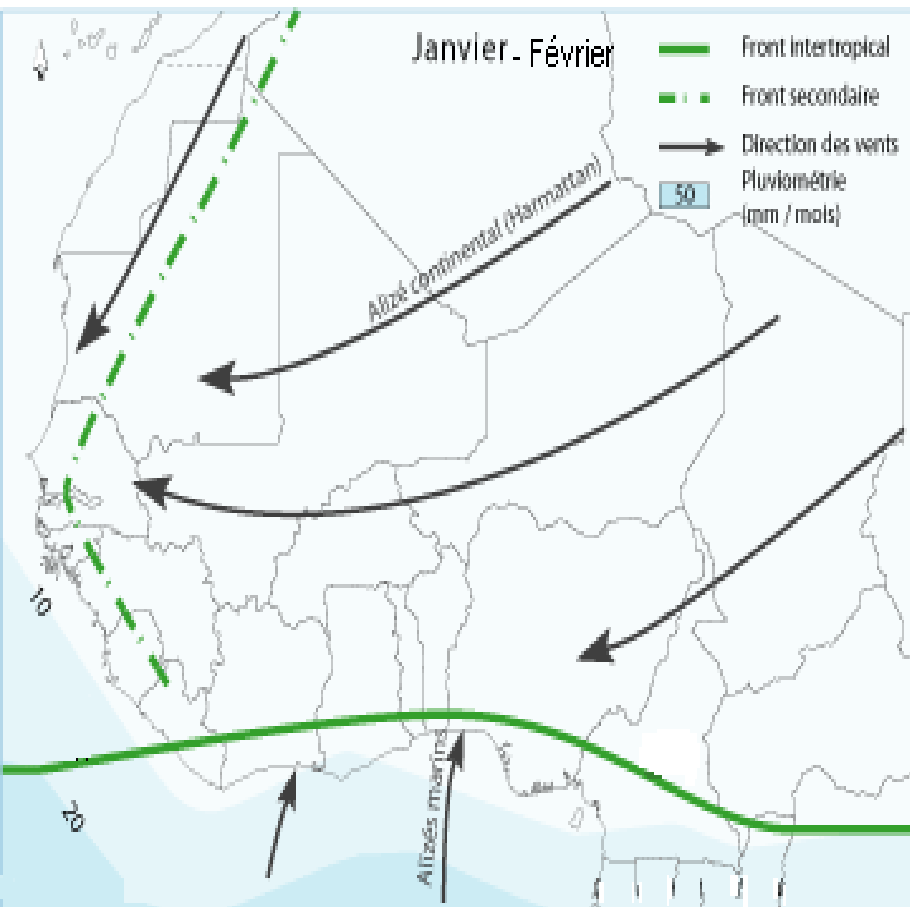
Les sites : aéroport de Bamako de latitude 12.53°N, longitude 7.95°W et d'altitude 378 m asl;
aéroport de Niamey de latitude 13.50°N, longitude 2.20°E et d'altitude 226 m asl;



3. Dynamique atmosphérique dans la région

3. Dynamique atmosphérique dans la région

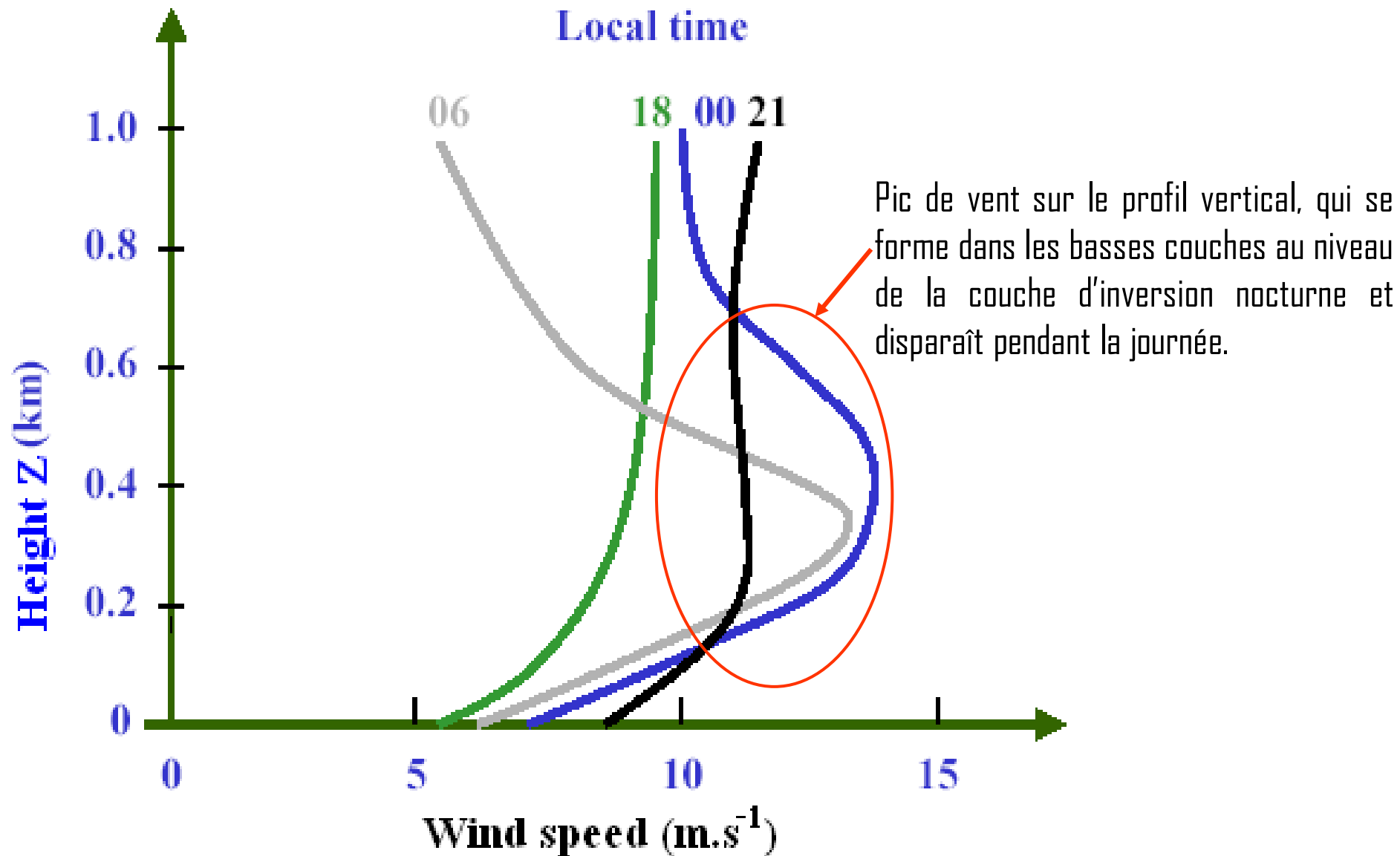
- Mouvements des alizés;
- Ces Alizés se rencontrent en formant une bande de convection presque zonale (ZCIT);
- Ligne de convergence au sol entre l'Harmattan (N-E) et la mousson (S-O) est appelé FIT. Cette ligne de convergence se déplace entre 5° et 18°N.



(Source: CILSS, 2007).

4. Jet des basses couches

4.1. Description du jet de basses couches



(Malcher et al. 1983)

4.2. Mécanisme de formation du jet

Le vent horizontal résulte de trois forces: la force de Coriolis, la force du gradient de pression et la résultante des forces de frottements au sol.

$$\frac{\partial \vec{V}_h}{\partial t} = - f \cdot \vec{k} \wedge \vec{V}_h - \frac{1}{\rho} \nabla \vec{p} + \frac{\partial \vec{\tau}_{ij}}{\partial x_j}$$

5. Matériel et méthode : radars profileurs de vent et méthode de mesure

5.1. Présentation des radars UHF profileurs de vent

Les radars UHF, que nous avons utilisés, se composent d'un émetteur, des antennes, d'un récepteur, d'une électronique de commande et d'un système de traitement du signal.

Radar de Bamako



Radar de Niamey



Tableau 1: Caractéristiques des radars installés à Bamako et à Niamey

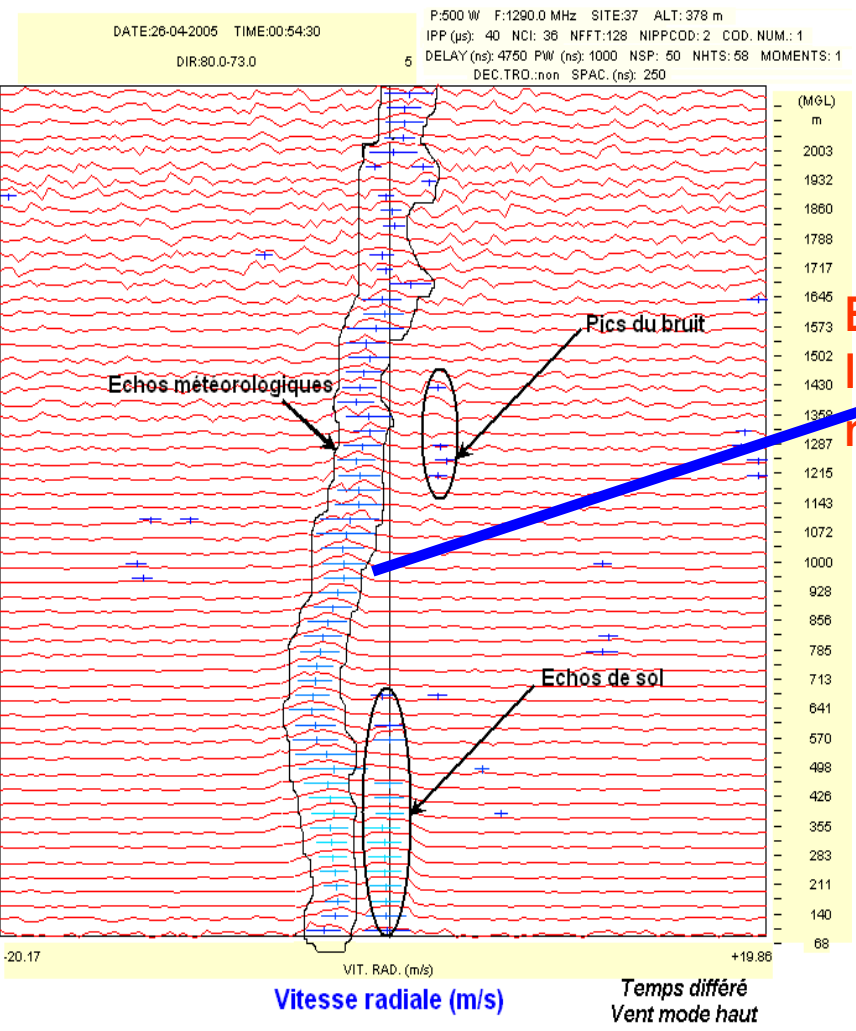
Caractéristiques de l'UHF	UHF Bamako (Degreane)	UHF de Niamey (Vaï sala)
Fréquence d'émission f_o (MHz)	1290	915
Longueur d'onde d'émission λ_o (cm)	23	33
Altitude premier niveau (m AGL)	71	150
Résolution radiale (m) : $C\tau/2$	150	60
Résolution temporelle (min)	2.5	5

Ces radars fournissent en permanence des profils verticaux de vent;

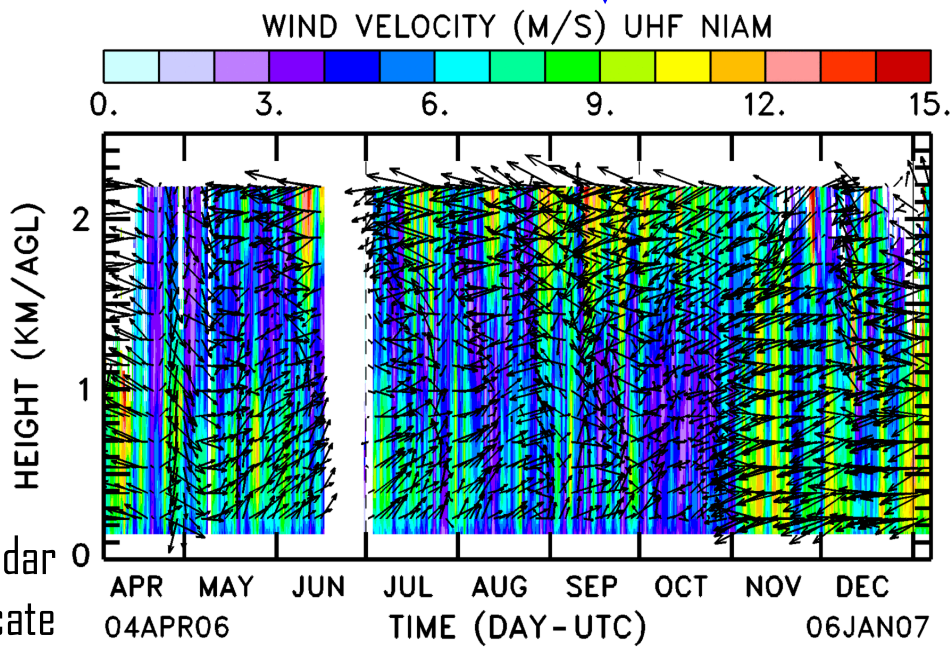
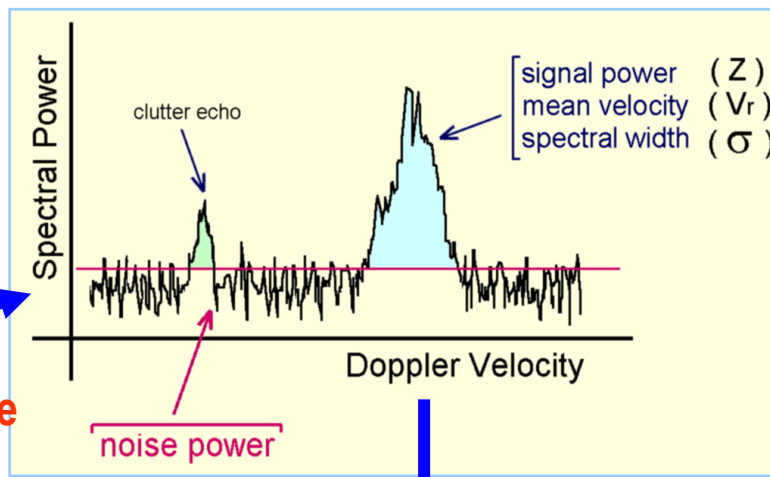
5.2. Extraction du signal météorologique

Traitement Doppler Sélection du pic météo (consensus)

DEGREWIND - PCL1300

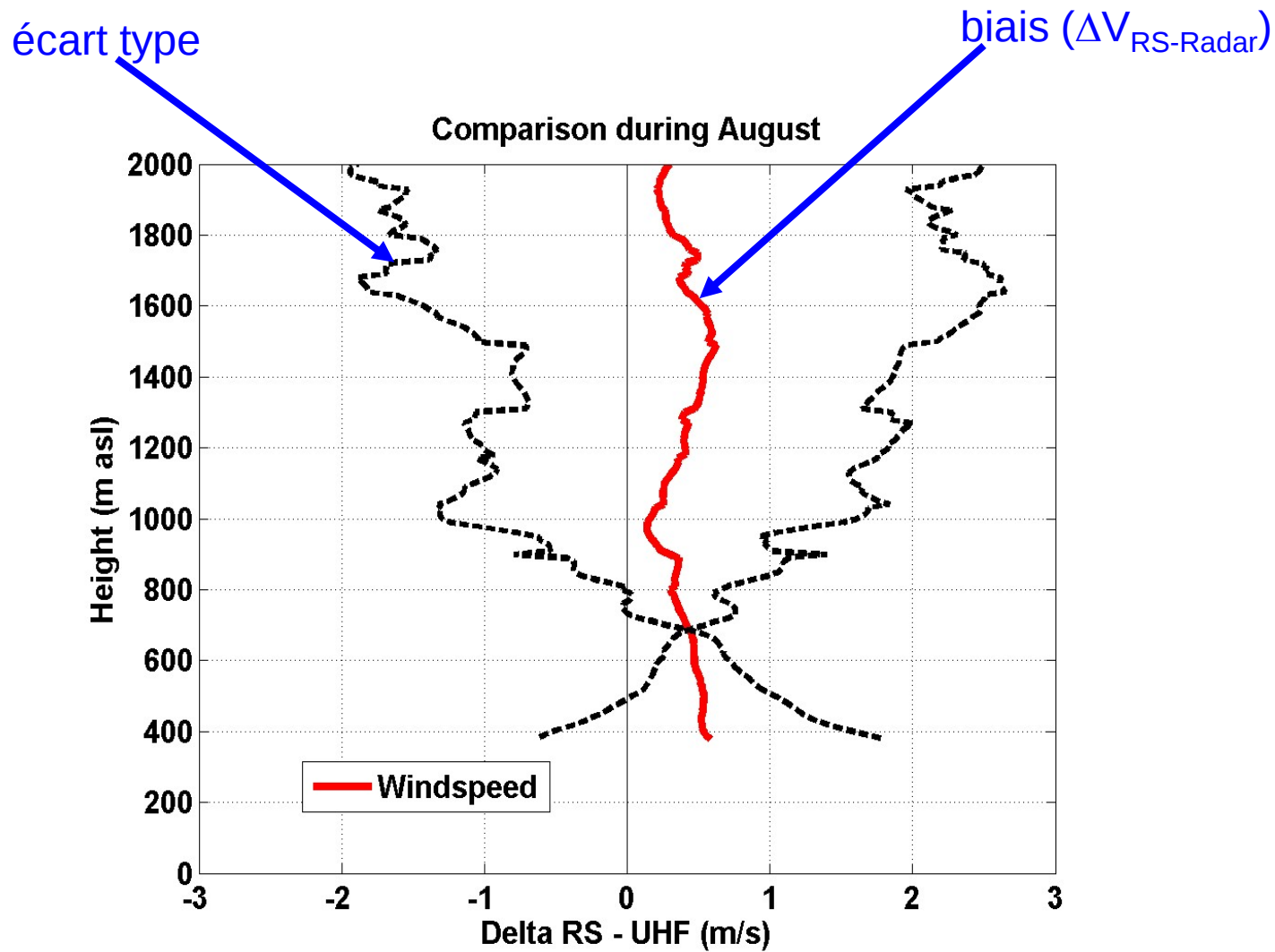


Extraction de l'information météorologique



L'extraction du signal météo à partir du signal radar rétrodiffusé est une opération compliquée, rendue délicate par la faible intensité du signal air clair par rapport au bruit.

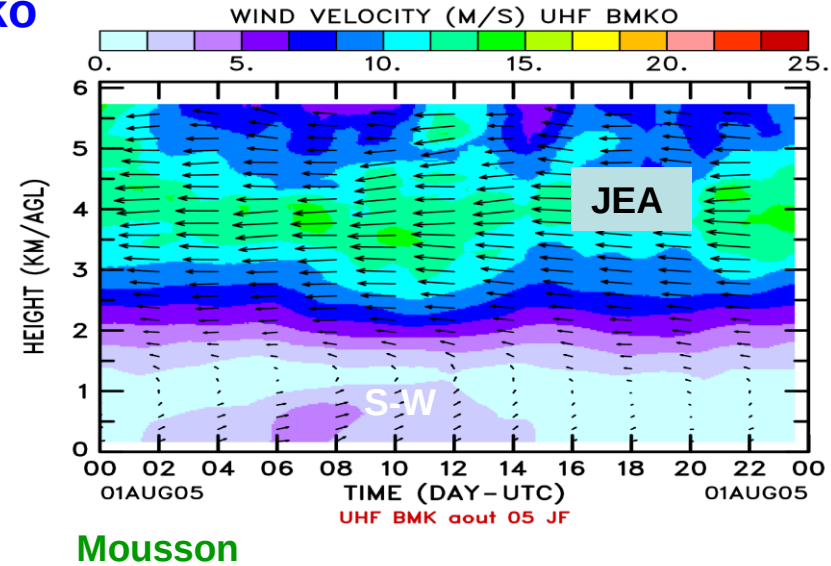
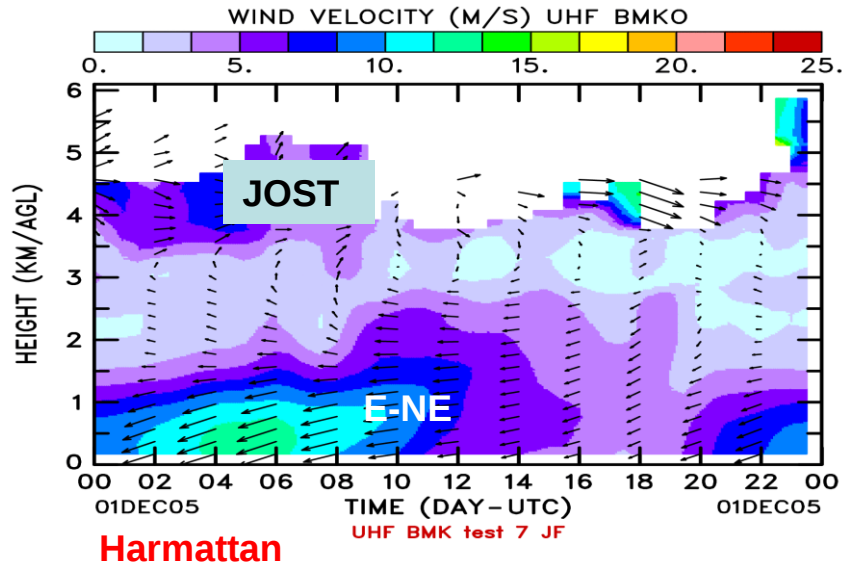
5.3. Validation des mesures



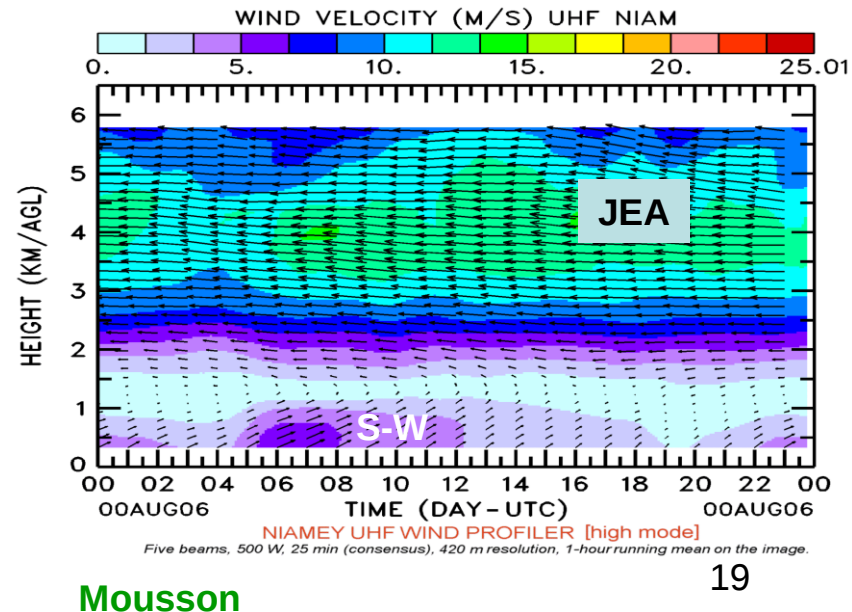
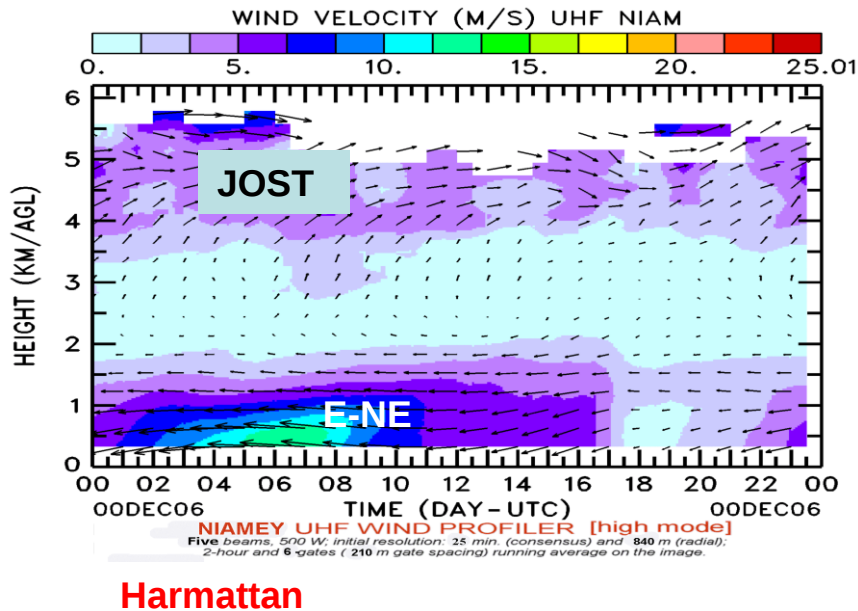
6. Caractéristiques de la basse troposphère sur les sites

6.1. Profils du vent horizontal suivant les saisons

A Bamako



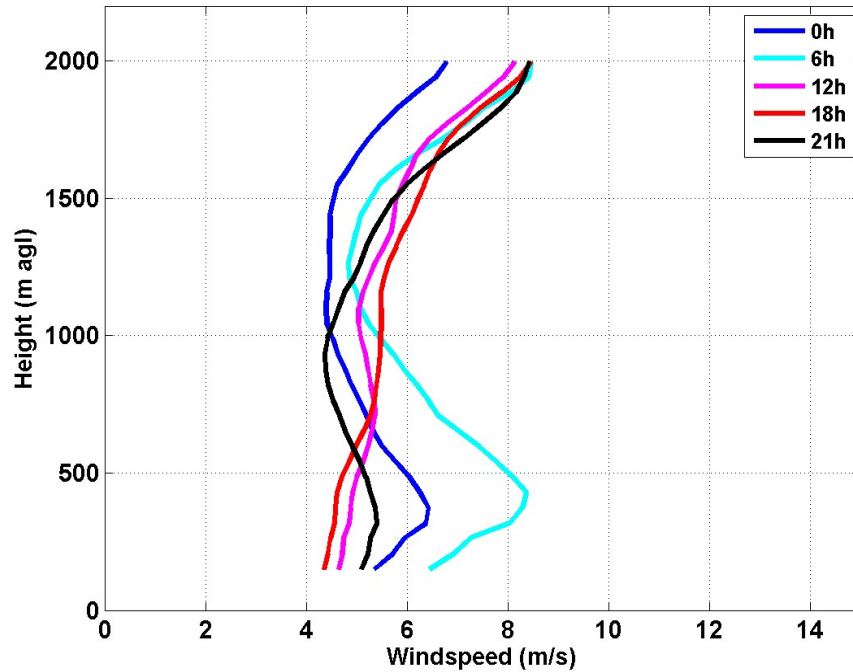
A Niamey



6.2. Profils verticaux mensuels du vent

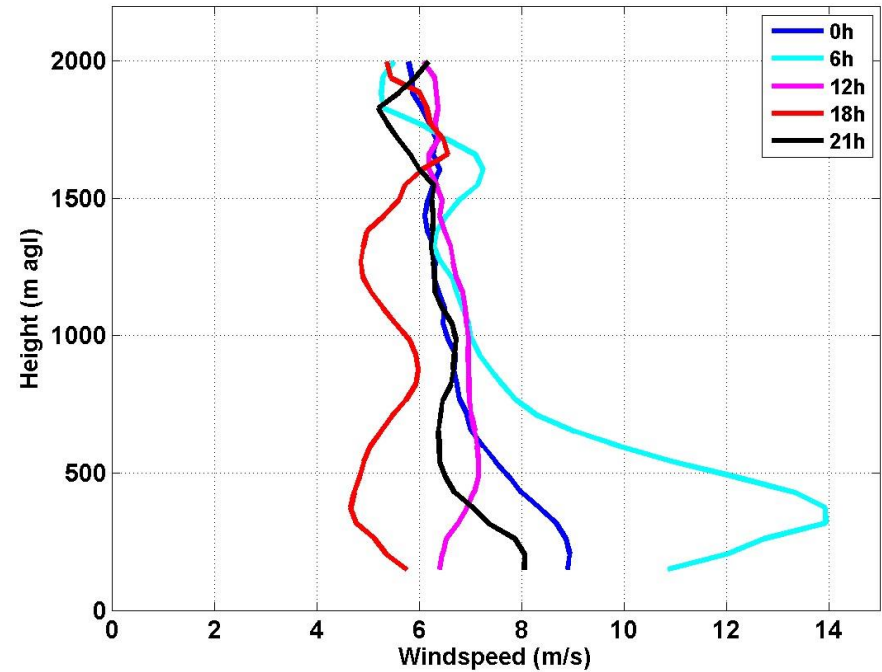
Août (Mousson)

Mean wind profiles Niamey August 2006



Décembre (Harmattan)

Mean wind profiles Niamey December 2006



7. Caractéristiques du vent des basses couches

7.1. Statistiques du pic du vent

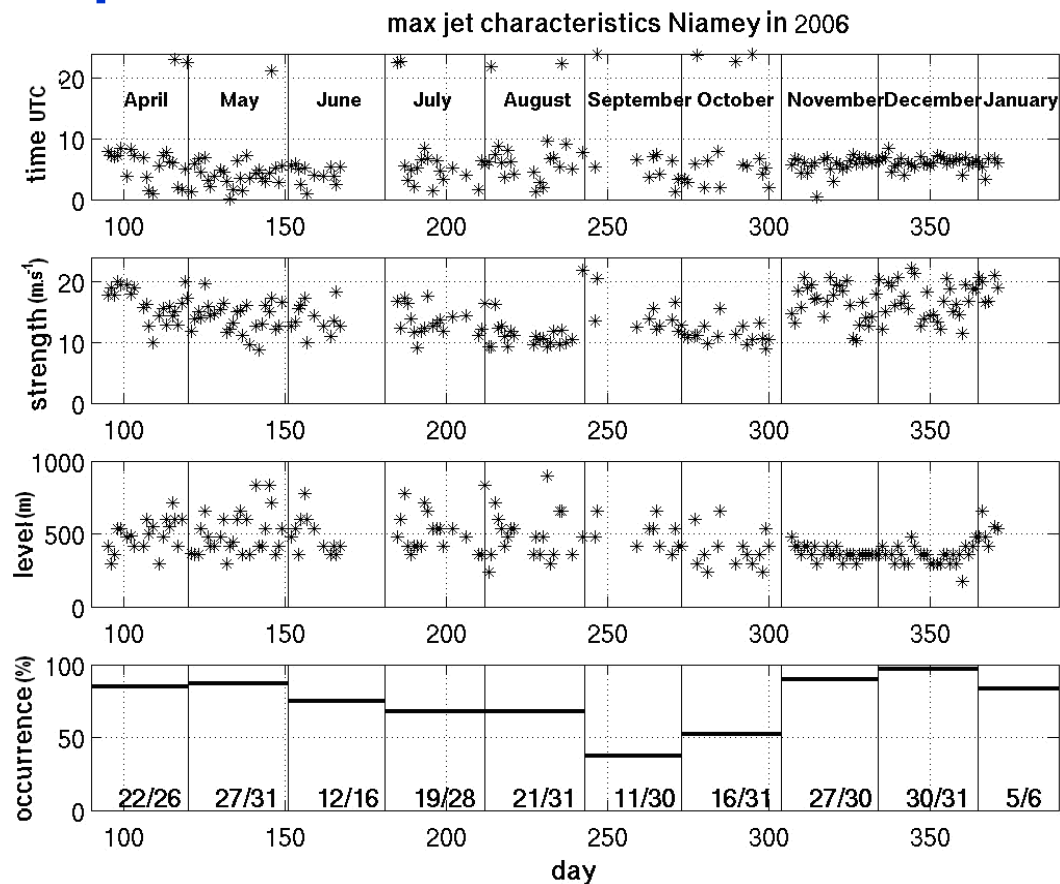
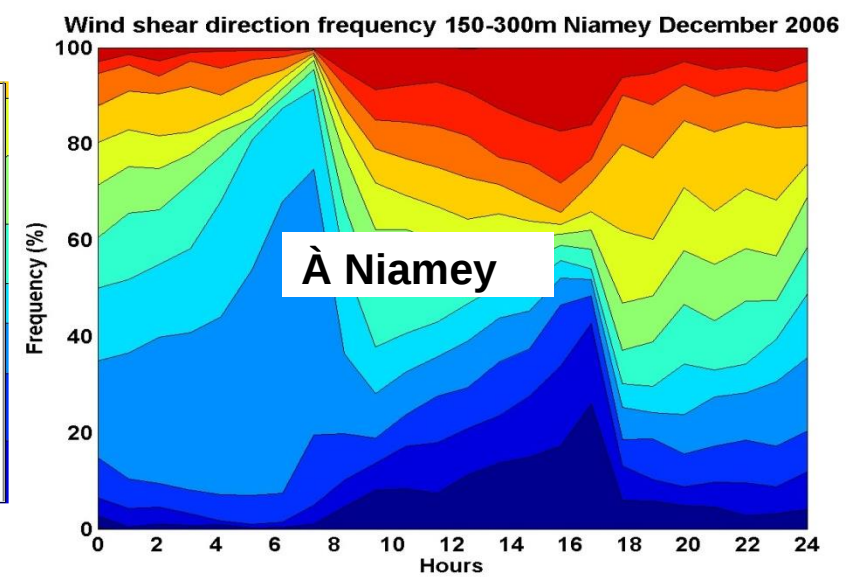
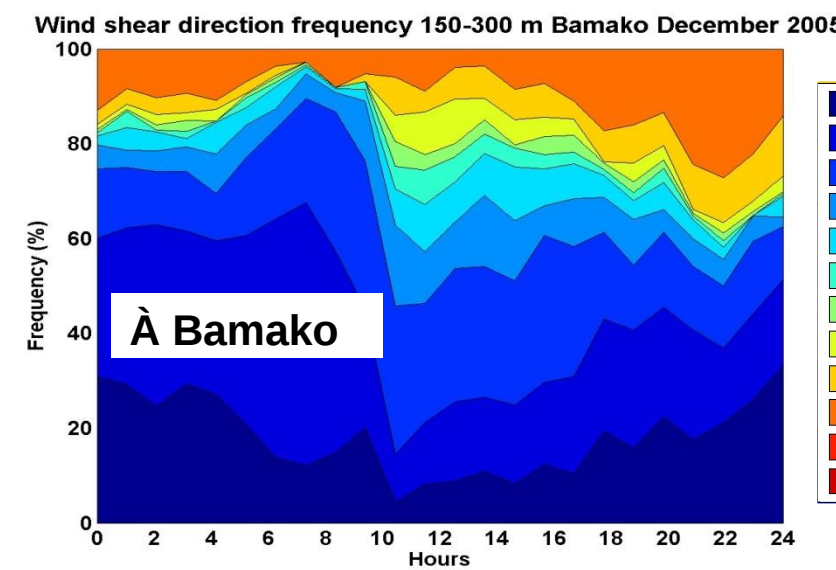
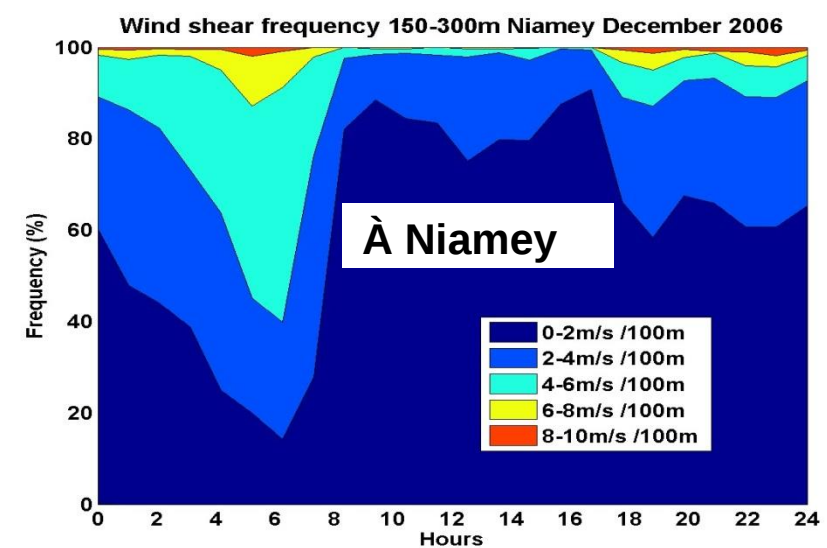
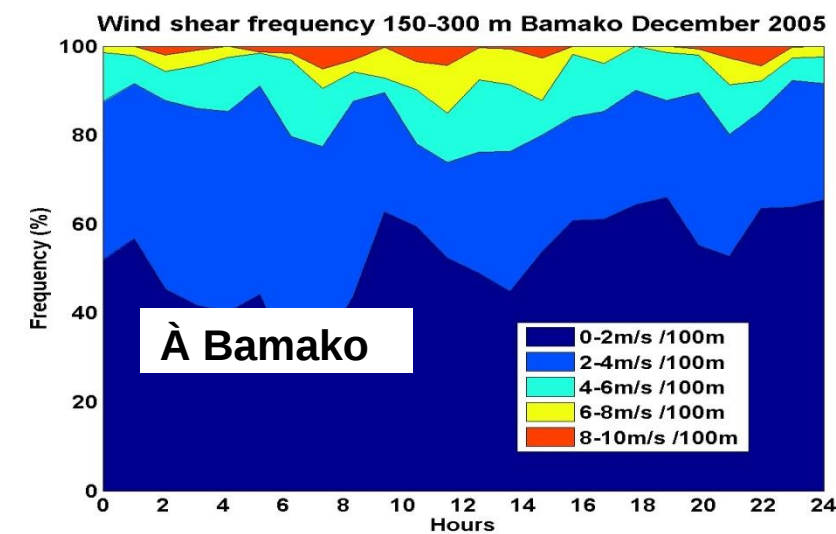


Tableau 2: Statistiques calculées à partir des données de radars profileurs de vent installés à Bamako et à Niamey.

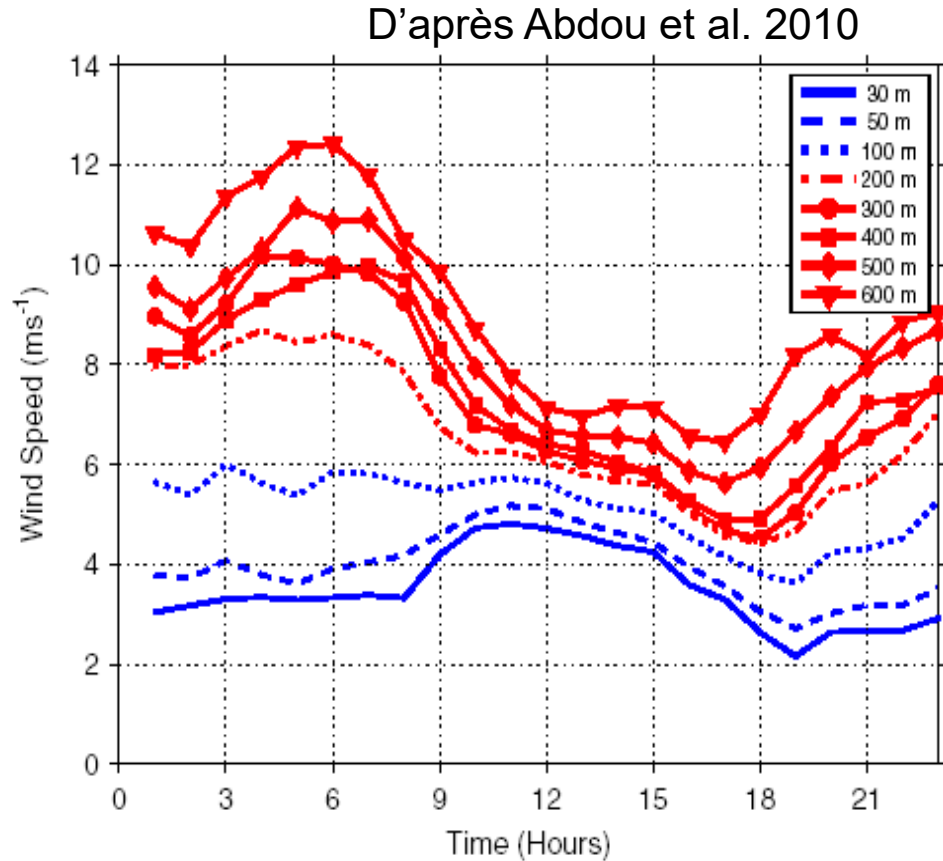
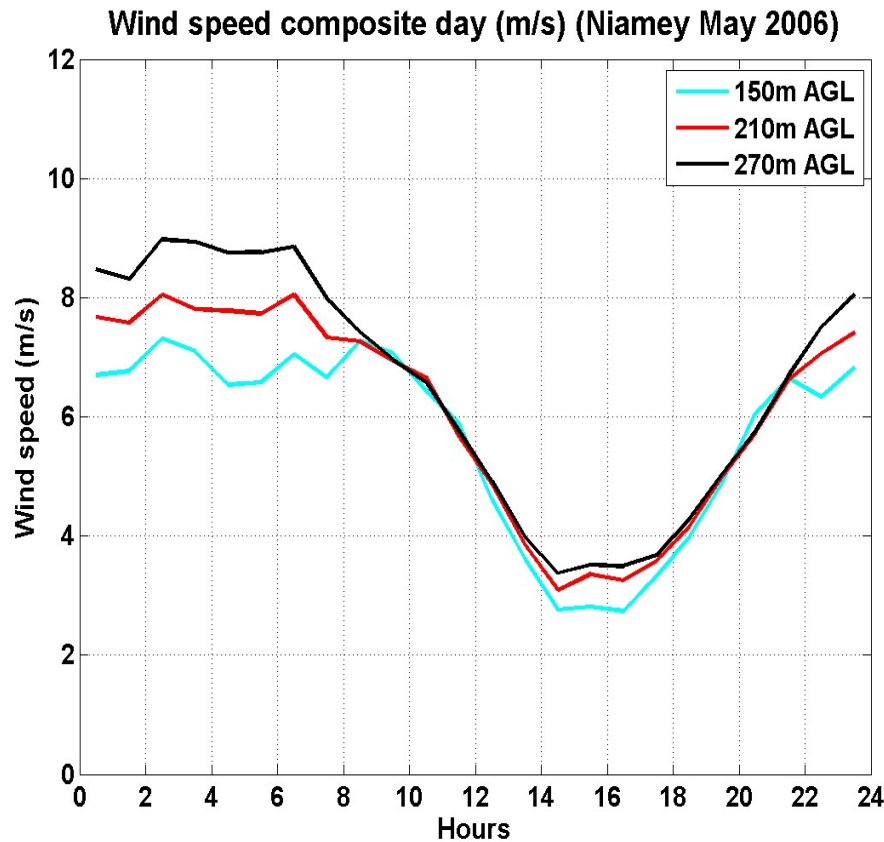
	Heure d'occurrence du pic du jet (h)	Vitesse du pic du jet (ms^{-1})	Niveau du pic du jet (m)
BAMAKO 2005	2.7 ± 3.1	13.2 ± 2.9	517 ± 206
NIAMEY 2006	4.8 ± 2.4	14.6 ± 3.3	467 ± 170

7.2. Conséquences aéronautiques du jet: le cisaillement du vent

Le cisaillement de vent entre deux niveaux correspond à la différence entre les deux vecteurs vents. Il se définit à la fois en module et en direction.



6.3. Choix du niveau de mesure pour l'étude du potentiel éolien



Les niveaux 150 m à plus restituent correctement le jet.

Choix du niveau à 150m pour l'évaluation du potentiel éolien à Bamako et à Niamey.

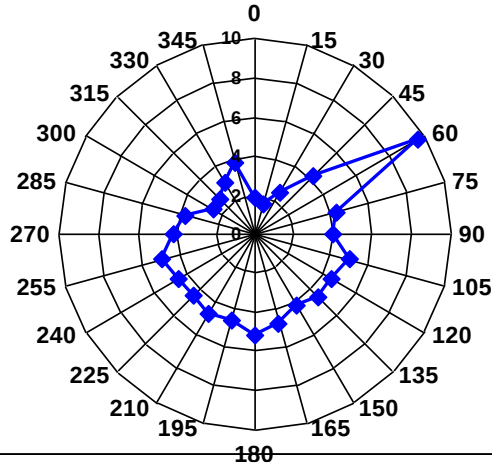
8. Caractéristiques moyennes des vents (variations et puissances moyennes)

8.1. Caractéristiques moyennes du vent à 150 m

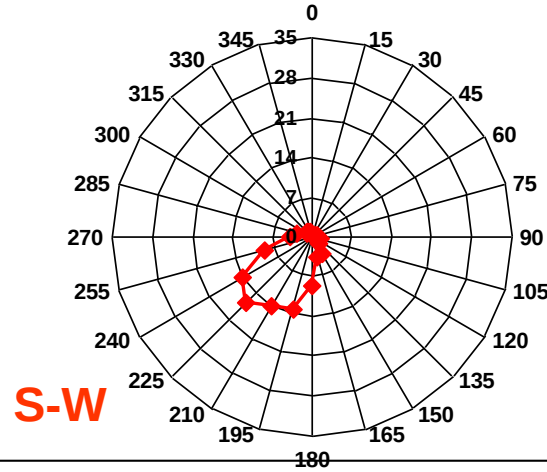
8.1.1. Roses des vents et cycles diurnes

Mousson

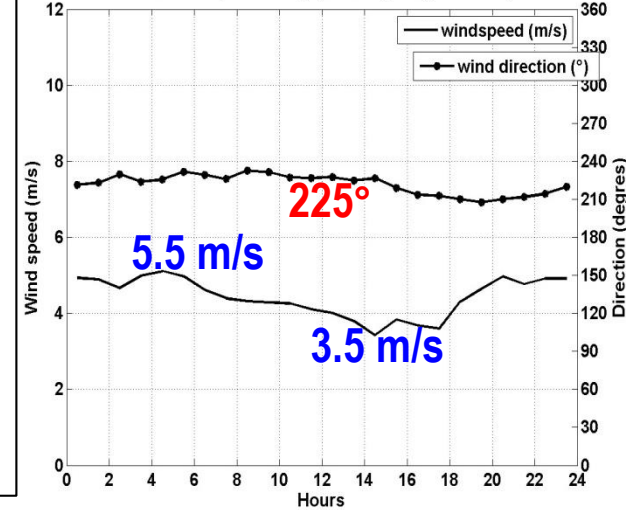
Wind speed (m/s) distribution (Niamey August 2006) at 150m



Wind frequency (%) of directions (Niamey August 2006) at 150m

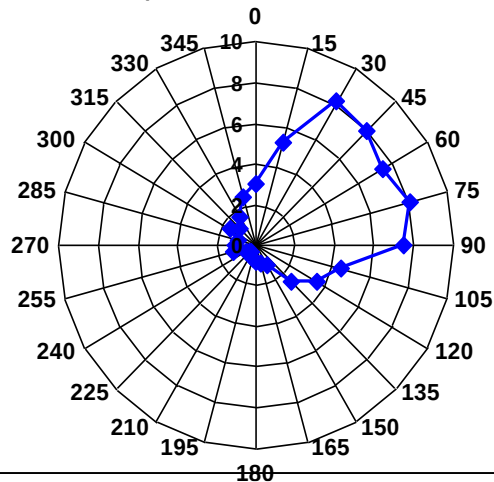


Wind composite day (Niamey August 2006)

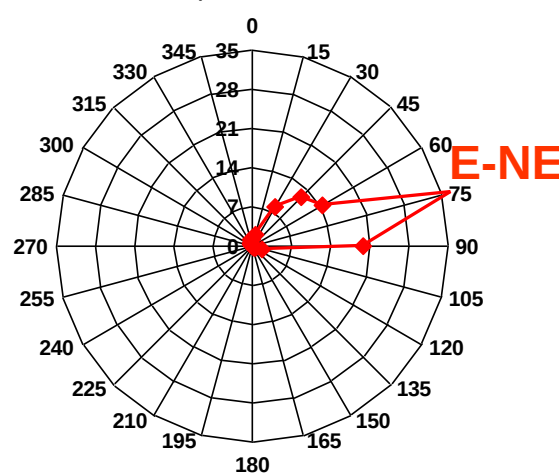


Harmattan

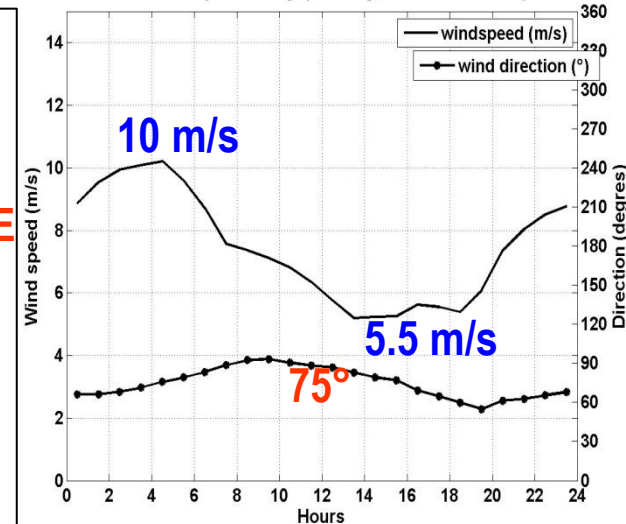
Wind speed (m/s) distribution (Niamey December 2006) at 150m



Wind frequency (%) of directions (Niamey December 2006) at 150m

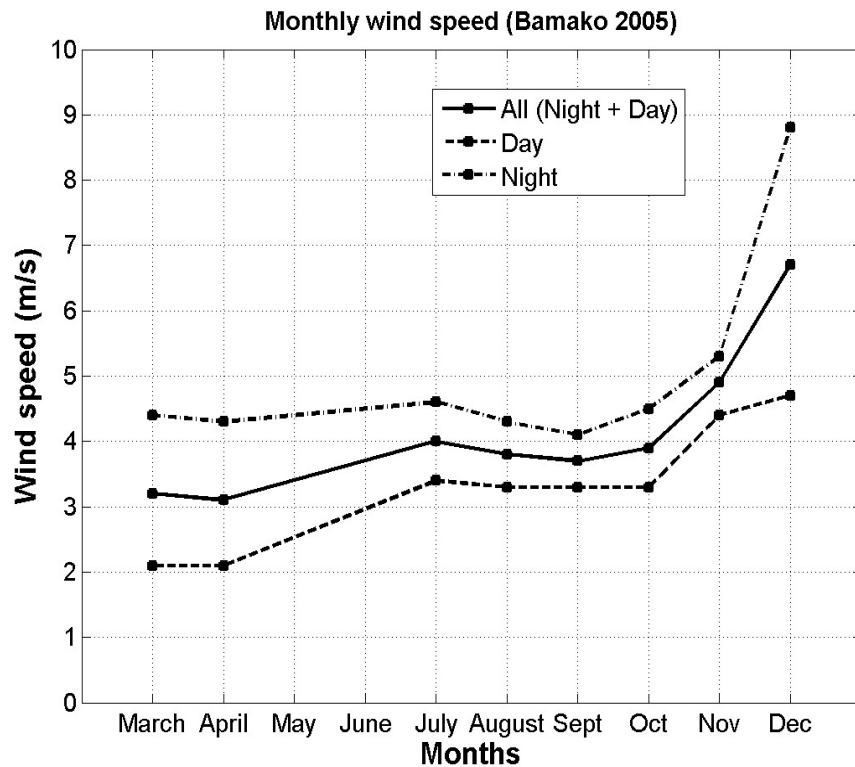


Wind composite day (Niamey December 2006)

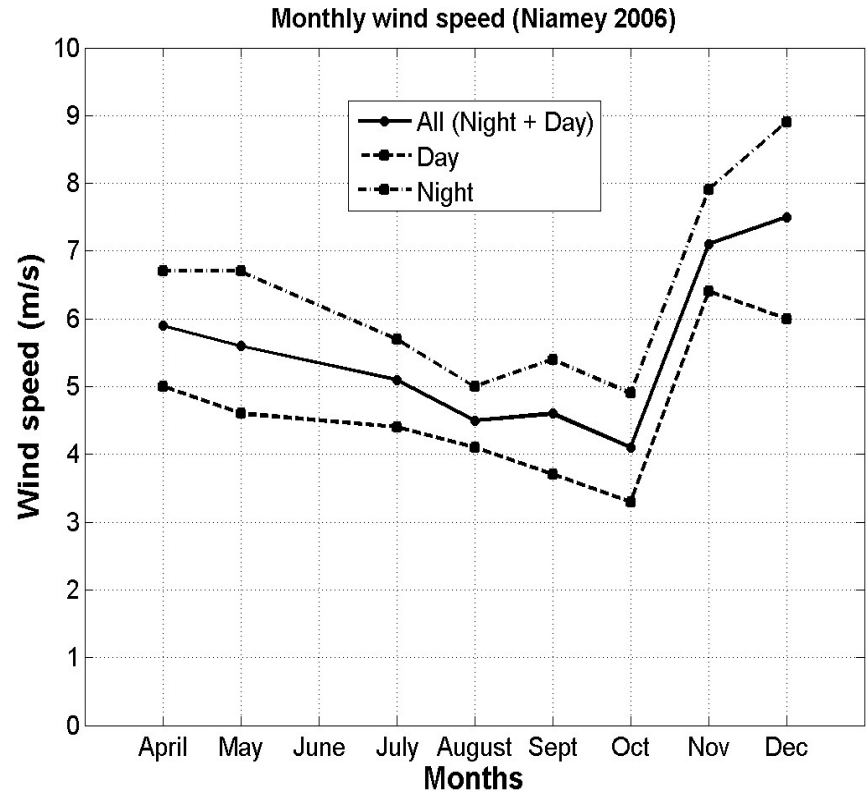


8.1.2. Variations mensuelles des vitesses du vent à 150 m

À Bamako

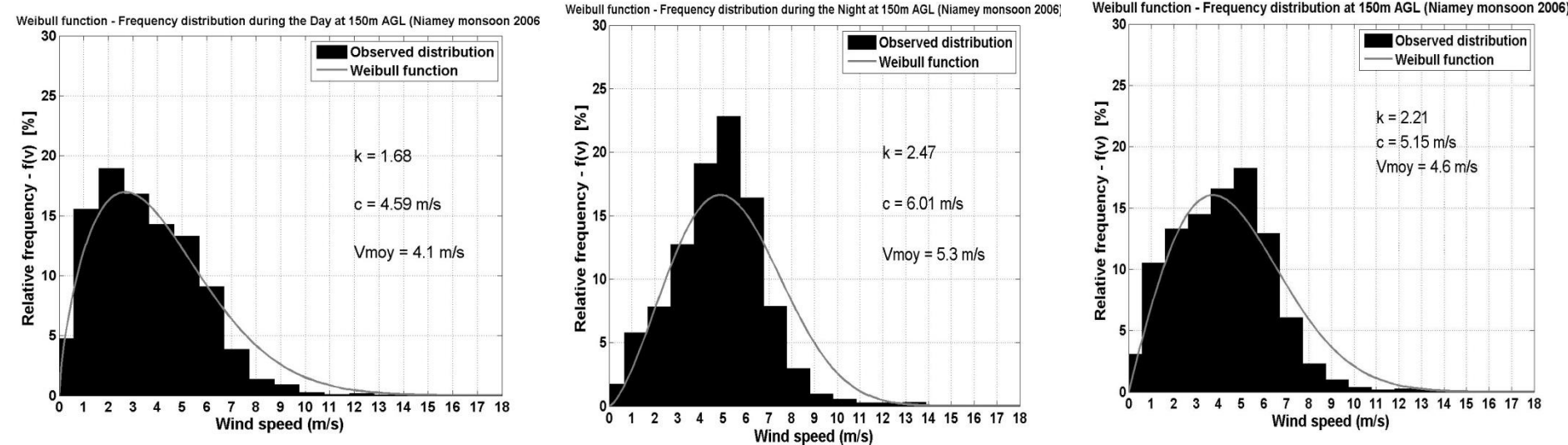


À Niamey

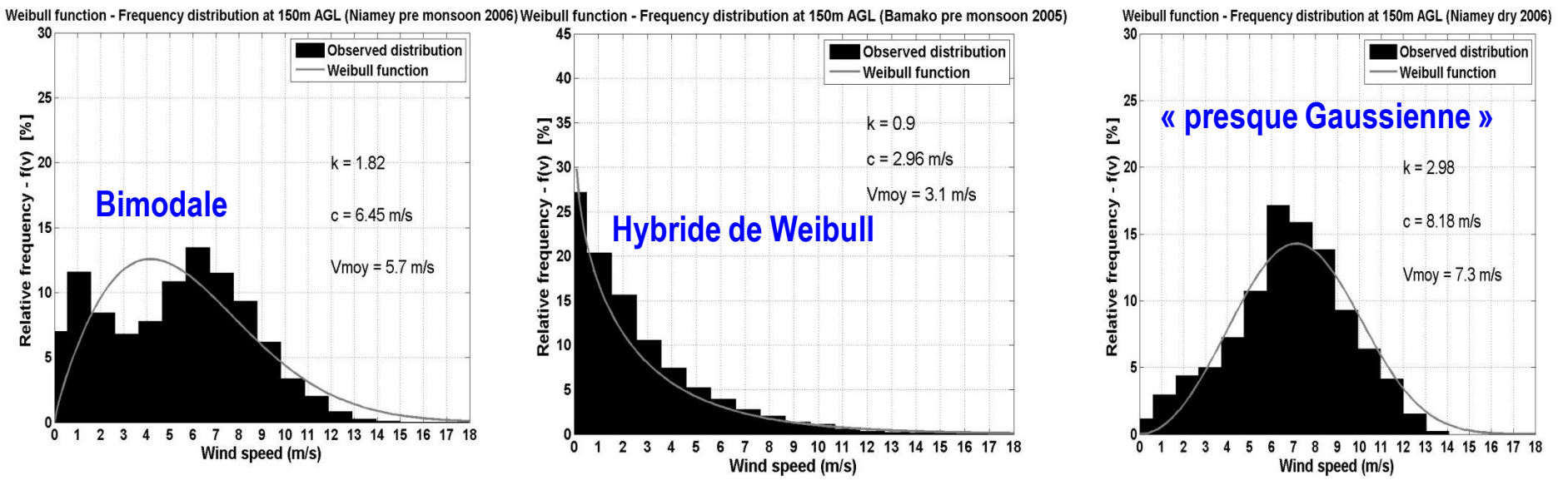


8.2. Caractéristiques statistiques du vent (distributions statistiques des vitesses) à 150 m

Niamey



(i) pendant la mousson (jour) (ii) pendant la mousson (nuit) (iii) pendant la mousson (tout le cycle)

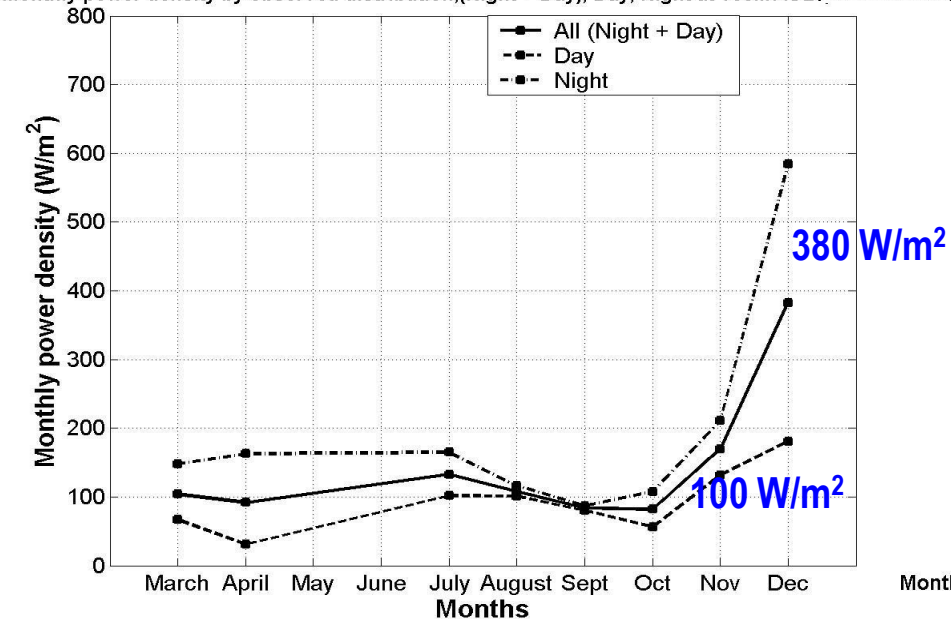


(i) Pré-mousson à Niamey (tout le cycle) (ii) Pré-mousson à Bamako (tout le cycle) (iii) Harmattan à Niamey (tout le cycle)

8.3. Puissances mensuelles disponibles à 150 m.

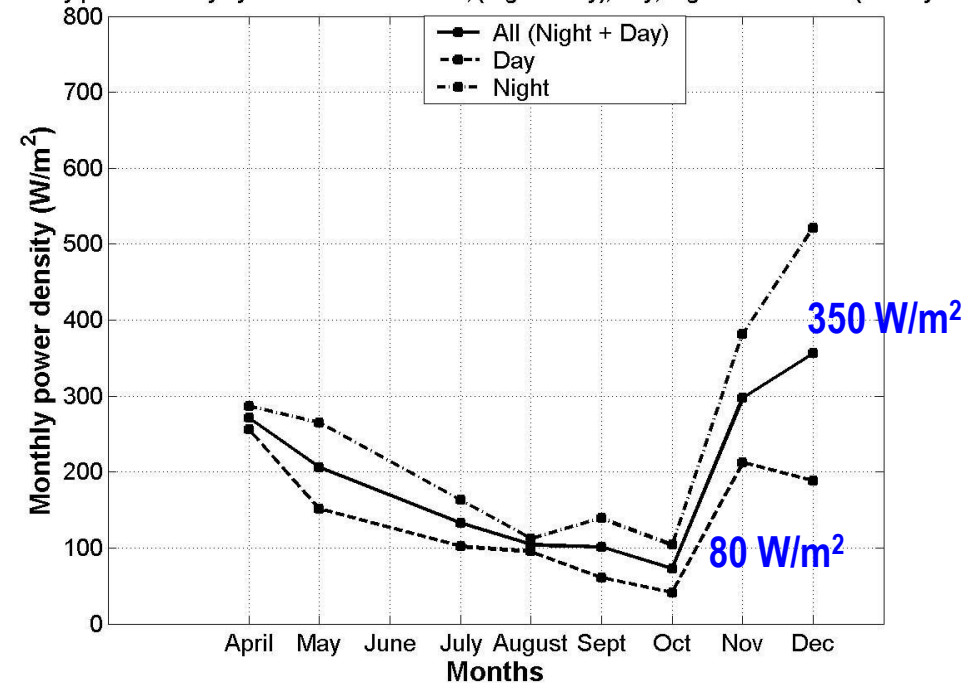
À Bamako

Monthly power density by observed distribution, (Night + Day), Day, Night at 100m AGL (Bamako 2005)



À Niamey

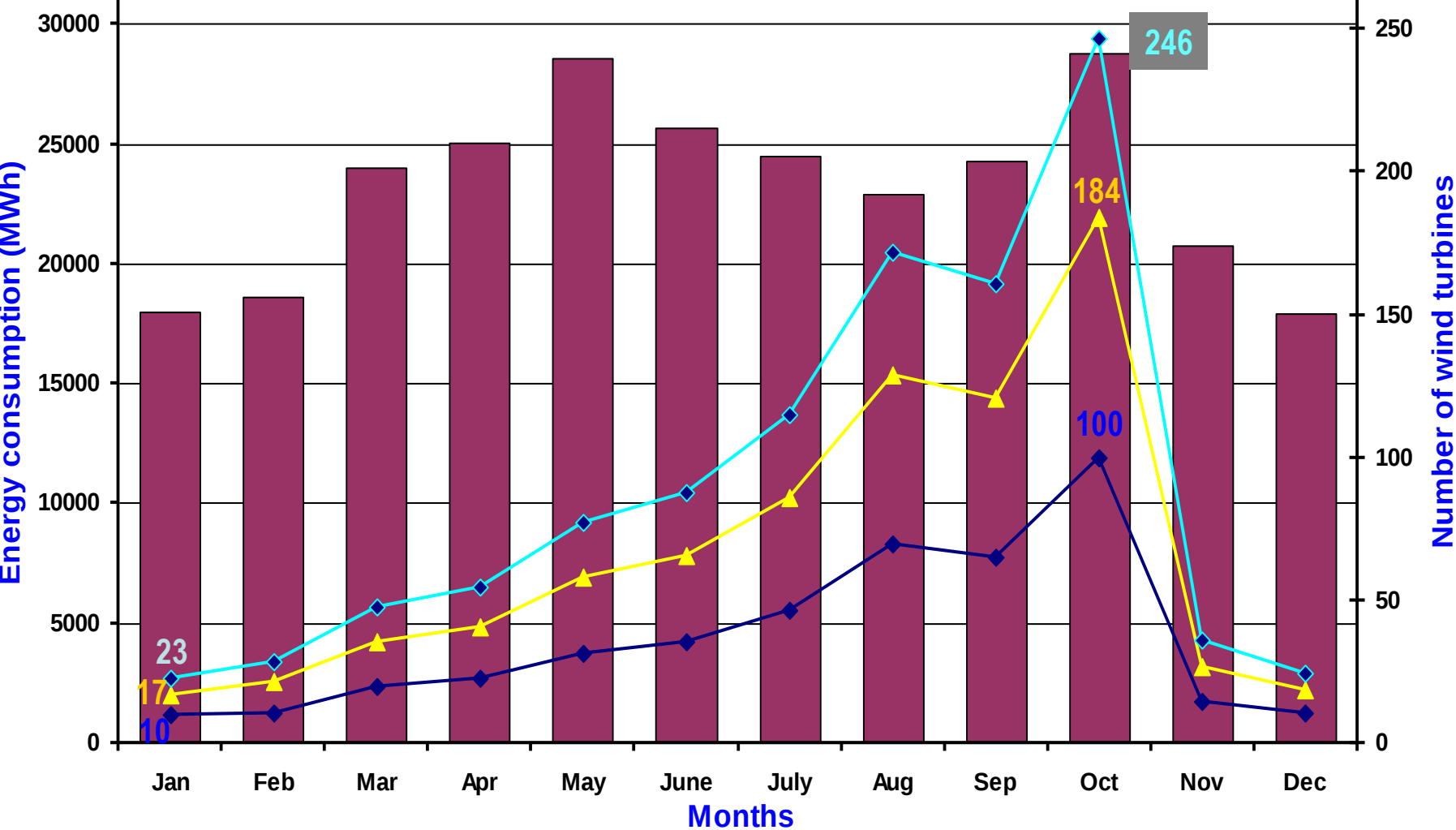
Monthly power density by observed distribution, (Night + Day), Day, Night at 150m AGL (Niamey 2006)



9. Possibilité de production d'énergie éolienne Niger

9. Nombre d'aérogénérateurs nécessaires

Number of wind turbines needed - Energy consumption (Niamey 2006)



9.2. Analyse du coût du kilowattheure éolien produit

Tableau 3 : Valeurs du coût de production du kilowattheure, du taux d'émission des gaz à effet de serre et de la durée de vie du projet, selon les trois types d'aérogénérateurs choisis.

Type d'aérogénérateur	Nombre d'aérogénérateurs utilisés	Coût total net actualisé (€)	Durée de vie du projet (an)	Coût du kilowattheure (€ / kWh)	Emissions de gaz à effet de serre (kg / an)
Vestas	100	92 237 418	20	0.093	0
Enercon 1	184	117 341 553	20	0.129	0
Enercon 2	246	122 572 283	20	0.137	0

Depuis 2021, plusieurs projets d'installation de centrales électriques éoliennes sont en cours au nord du Niger.

10. Conclusion et perspectives.

- En 2006, c'est une des premières études du vent par radar UHF profileur de vent dans la région ;
- Le travail a permis de caractériser de manière approfondie le vent dans cette région;
- Pour la première fois dans cette région, le vent a été étudié via des radars profileur pour des fins d'exploitation de son potentiel éolien.

- Mise en évidence des caractéristiques exploitables de ce potentiel éolien;
- Un prix du kWh dans la limite acceptable 9 et 14 centimes d'euros;
- Certains pays de la sous-région (Niger, Sénégal,...) sont engagés dans la perspective de la construction de centrales électriques éoliennes;
- Poursuite d'études approfondies du potentiel en profondeur des pays de la région (thèses en cours).

**JE VOUS REMERCIE DE VOTRE AIMABLE
ATTENTION !**