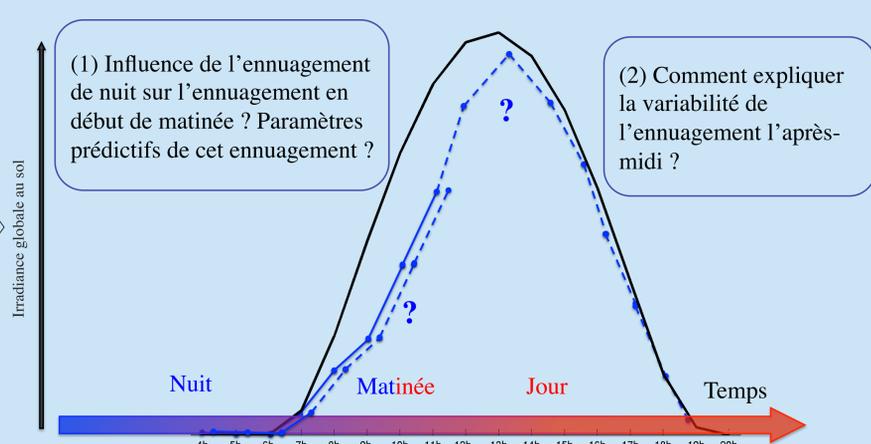
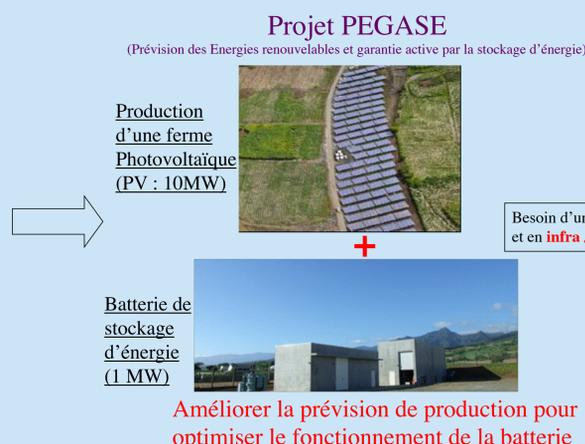


Natacha Kalecinski (1), Martial Haeffelin (2), Jordi Badosa (1)  
(1) Laboratoire de Météorologie Dynamique,  
(2) Institut Pierre Simon Laplace

## OBJECTIFS – ENJEUX

Intégration des énergies renouvelables sur l'île de la Réunion :

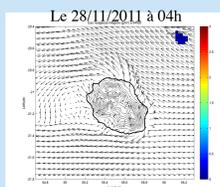
- 150 MW de puissance photovoltaïque (PV) installée à La Réunion
- Régulièrement la puissance PV produite > 30% de puissance consommée
- Puissance PV est intermittente (non garantie) → il faut d'autres sources pour maintenir l'équilibre production-consommation
- Problème principal: complexité des formations et évolutions des nuages à l'échelle diurne**



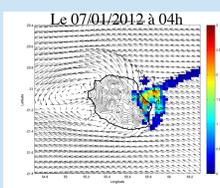
## IDENTIFICATION DES PARAMETRES CLES

### (1) Quatre scénarios de formation de nuages la nuit

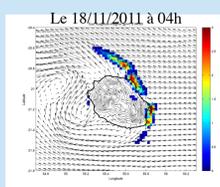
Scénario **CF**  
Cloud Free



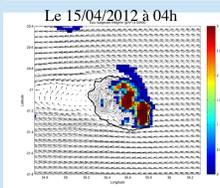
Scénario **CM**  
Cloud Mass



Scénario **CB**  
Cloud Band



Scénario **CS**  
Cloud Slope



Contenu en eau nuageuse intégré de 0 à 3000 m (g/m2)

38 cas d'étude  
(sélectionnés à partir des prévisions du modèle AROME)

Scénario	Fr	Pourcentage
CF	Fr < 0.5	12%
CM	Fr = 0.5	7%
CB	0.4 < Fr < 0.8	38%
CS	0.6 < Fr < 1.2	20%

Blocage: Diminution de la couche limite

Blocage: Décélération du fluide en amont

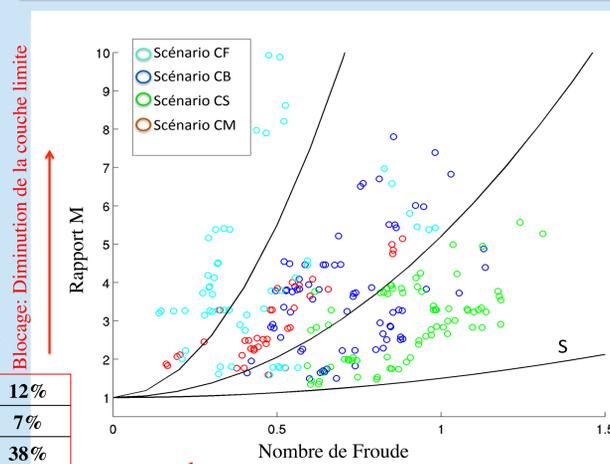
Les scénarios se différencient donc à partir de paramètres synoptiques :

- CB : Blocage en amont**
- CM : Blocage en amont + hauteur d'inversion des alizés basse**
- CS : Blocage sur les pentes**
- CF : Blocage en amont et vitesse faible**

### (2) Paramètres prédictifs synoptiques

Afin de prendre en compte l'effet du relief sur l'écoulement amont:

- > Nombre de Froude
- > Hauteur adimensionnée :  $M = \text{relief} / \text{Hauteur de la couche limite en amont}$
- > Hauteur d'inversion des alizés

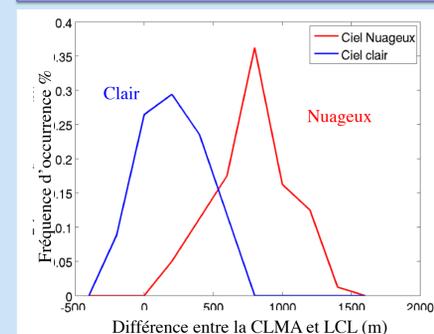


Pour différencier le régime avec nuages ou régime sans nuage (**CB et CF**) :

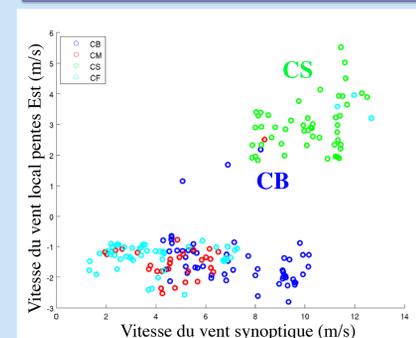
Pour différencier le régime avec des nuages sur les pentes ou des nuages en amont (**CB et CS**) :

### (3) Paramètres prédictifs locaux

Différence entre la hauteur de la couche limite et du niveau de condensation



Présence d'une cellule de brises de terre et vents catabatiques forts (~3 m/s)



Source: AROME, Météo-france

## RESULTATS

Les paramètres clés qui permette d'identifier et expliquer les scénarios de formation de nuages la nuit sont les suivant :

### Paramètres synoptiques

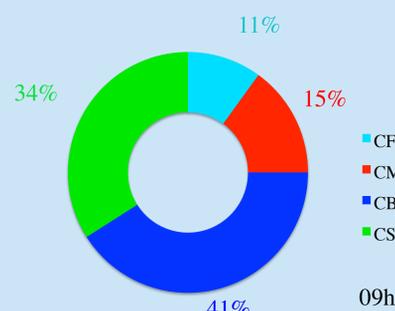
- Vitesse du vent synoptique
- Direction du vent synoptique
- Hauteur d'inversion des alizés
- Hauteur de couche limite
- Hauteur du niveau de condensation

### Paramètres locaux

- Force de la circulation de brise de terre et de vent catabatique.
- Hauteur de la couche limite

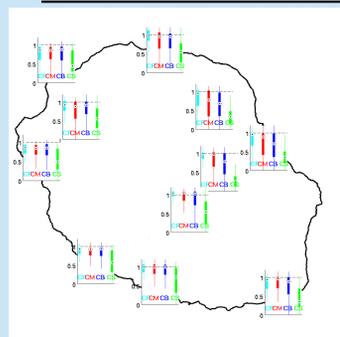
Etude statistique sur 10 ans de données sol de rayonnement (Indice de ciel clair:  $K_t = R_{\text{mesuré}} / R_{\text{clair}}$ ) à partir d'une classification des paramètres prédictifs synoptiques sur 10 ans de réanalyses ERA-iterim d'ECMWF

Répartition des scénarios à partir des paramètres synoptiques.

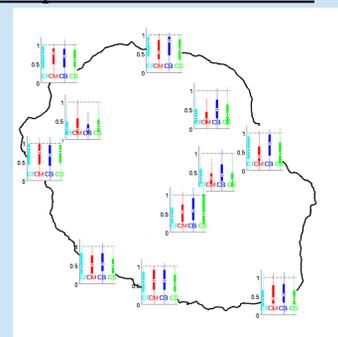


### Variabilité de l'indice de ciel clair pour des vents de nord-est

09h

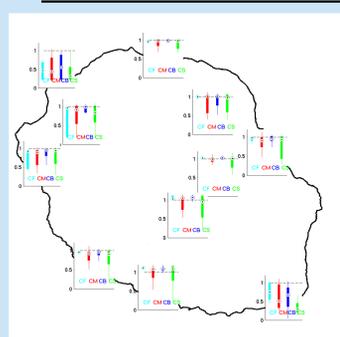


14h

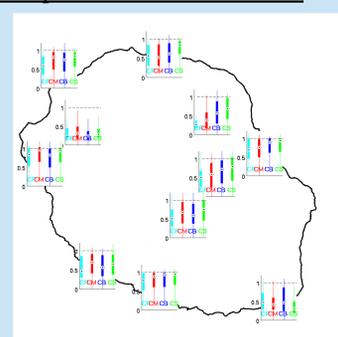


### Variabilité de l'indice de ciel clair pour des vents de sud-est

09h



14h



Source: mesures sol Météo-france, réanalyses ERA-iterim

Paramètres clés de scénarios d'ennuageement de nuit sont prédictifs du rayonnement solaire en début de matinée

## CONCLUSIONS

- Anticipation du rayonnement en début de matinée
- Méthode couvre une période complexe du rayonnement (transition nuit-jour)
- Paramètres grandes échelles: plus fiables, peu variables d'une prévision à l'autre
- Utilisation de cette méthode à partir de prévision météo plusieurs jours à l'avance.