

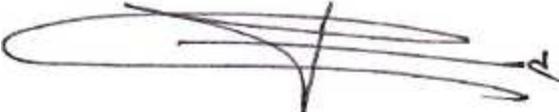


PICARD-Sol

Éléments pour l'étude comparative des avantages/désavantages des sites de Calern et de l'OHP pour le projet PICARD-Sol

PICS-PF-GP-9.000-OCA-

Issue 01, Rev. 00

	Nom et fonction	Date et Signature
Préparé :	Thierry Corbard, Responsable Scientifique PICARD-Sol à l'OCA	20/11/2009 
Agréé par :	M. Meftah, Chef de projet (LATMOS)	23/11/2009 
Agréé par :	P. Assus, Chef de Projet (OCA)	23/11/2009 
Approuvé par :		
Vu par :	J. Borgnino, F. Laclare, F. Morand (OCA) A. Irbah (LATMOS)	



I. Bordereau d'indexation

Titre :

Éléments pour l'étude comparative des avantages/désavantages des sites de Calern et de l'OHP pour le projet PICARD-Sol

Mots clé : Choix du site

Abstract :

Compte tenu de sa situation, il nous semble raisonnable de penser que les images solaires obtenues au plateau de Calern sont de meilleure qualité que celles qui pourraient être obtenues à l'OHP du fait de la seule turbulence. Il est probable de plus que la situation de l'OHP puisse se traduire par une présence plus importante d'aérosols.

L'instrument MISolFA a été développé à Calern spécifiquement pour prendre en compte les effets de la turbulence atmosphérique sur les images servant à la mesure du diamètre solaire. Il n'a pas été démontré que les informations complémentaires sur l'atmosphère que peuvent apporter les instruments de la station géophysique de l'OHP (distribution en aérosols, nébulosité..) aient un intérêt direct pour le projet et ces informations ne sauraient compenser à notre sens le choix d'un site de moindre qualité.

Enfin le choix de l'OHP impliquerait l'abandon de l'un des objectifs de l'opération : les études sur le long terme par la comparaison avec la série historique couvrant près de 30 ans. Toute chance d'interprétation de cette série qui a motivé la mission spatiale serait définitivement perdue.

Cette étude confirme que le site de Calern et l'environnement scientifique proposés par l'OCA sont les mieux à même de répondre aux objectifs scientifiques du Projet PICARD-SOL.

Langage :

Français

Etat du document :

Numéro de Chrono local :

NA

Issue :

01

Révision :

00

Laboratoire :

OCA

Source :

Référence du projet :

PICS-PF-GP-9.000-OCA-

Auteurs :

Thierry Corbard

Date de l'issue du document :

20/11/2009

Agrée par : M. Meftah (LATMOS), P. Assus (OCA)

Date: 23/11/2009

Approuvé par :

Date:

**IV. Acronymes**

CERGA	Centre d'études et de Recherches en Géodynamique et Astrométrie	HTML	Hyper Text Mark-up Language	OHP	Observatoire de Haute Provence
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales	HTTP	Hyper Text Transport Protocol	PDF	Portable Document Format (Adobe Acrobat)
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique	IHM	Interface Homme Machine	PI	Principal Investigator
CRAAG	Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique	INSU	Institut National des Sciences de l'Univers	SODISM	SOLar Diameter Imager and Surface Mapper
DORaySol	Définition et Observation du RAYon SOLaire	LATMOS	Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales	SODISM-2	Modèle de qualification du télescope SODISM destiné à être utilisé pour le projet PICARD-Sol après la recette en vol.
Co-I	Co-Investigator	MISolFA	Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien	SA	Service d'Aéronomie
CR	Compte Rendu	N/A	Not Applicable	SDO	Solar Dynamics Observatory
DA	Document Applicable	NASA	National Aeronautics and Space Administration	SO	Service d'Observations
DR	Document de Référence	OAMP	Observatoire Astronomique de Marseille-Provence		
		OCA	Observatoire de la Côte d'Azur		



V. TABLE DES MATIERES

I.	Bordereau d'indexation	2
II.	Historique des modifications du document	3
III.	Liste de distribution	4
IV.	Acronymes	5
V.	TABLE DES MATIERES	6
1	Documents applicables et de référence	8
2	Objet de ce document	9
3	Contexte	10
4	Rappel des objectifs scientifiques de PICARD-Sol	11
5	Effets atmosphériques sur la mesure du diamètre avec SODISM-2	12
6	Tableaux comparatifs Calern / OHP	14
6.1	<i>Présence d'instruments d'astrométrie solaire</i>	14
6.2	<i>Présence d'instruments permettant la surveillance de l'atmosphère</i>	16
6.3	<i>Qualité du site pour les observations solaires</i>	17
6.3.1	Altitude.....	17
6.3.2	Vent.....	17
6.3.3	Seeing / r ₀ de jour	18
6.3.4	Qualité astrométrique du site	19
6.3.5	Nombre de jours ensoleillés par an	19
6.4	<i>Environnement humain</i>	20
6.4.1	Implication des équipes de l'établissement dans les projets PICARD et PICARD-Sol.....	20
6.4.2	Responsable Scientifique du projet sur le site	22
6.4.3	Responsable technique du projet sur le site.....	23
6.4.4	Responsable des Services d'Observation «surveillance solaire et relations Soleil-Terre » (SO6) labellisé par l'INSU sur le site	23
6.4.5	Personnels pouvant contribuer aux observations et leur expertise.....	24
6.4.6	Personnels pouvant contribuer aux analyses et à l'exploitation scientifique sur le site	25
6.5	<i>Aménagements déjà réalisés pour accueillir PICARD-Sol sur le site</i>	25
6.6	<i>Coûts</i>	26
6.6.1	Frais déjà engagés par l'établissement dans l'opération.....	26
6.6.2	Frais déjà engagés par le CNES pour une installation de PICARD-Sol sur le site	27
6.6.3	Estimation du coût restant pour l'installation finale et exploitation sur le site.....	27
7	Conclusions	29
7.1	<i>Comparaison des sites en fonction des objectifs scientifiques</i>	29
7.2	<i>Résumé et recommandations</i>	31
8	Références	33



PICARD-Sol

Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
Issue:	01
Rev:	00
Date:	20/11/2009
Page:	7/38

9	Annexe I Intercomparaison des sites de Calern et St. Michel l'Observatoire (Laclare 1969, extraits)	34
9.1	<i>Fréquence des nuits utilisables (F).....</i>	34
9.2	<i>Distribution de la qualité ($Q=0.1/\sigma^2$).....</i>	35
9.3	<i>Répartition saisonnière du rendement ($R=F*Q$)</i>	35
9.4	<i>Prospection astrométrique: rendement des stations.....</i>	36
10	Annexe II Premières estimations de r_0 à Calern par MISoIFA	37
11	Annexe III Analyses de la série DORaySol	38



1 Documents applicables et de référence

	Références	Titres	Rédacteurs (affiliation)
DA1	PIC-SA-GT-SP-0.0-101	Mission PICARD : Objectifs scientifiques et spécifications générales	G. Thuillier (LATMOS)
DA2	Texte en ligne ¹	Les services d'observation et les moyens nationaux labellisés.	INSU Version actualisée en janvier 2009

DR1	PICS-PF-DMP-9-LAT-0001	PICARD-Sol : Arbre Produit & Plan de documentation et de management	S. Abbaki (LATMOS)
DR2	CNES/DSP/EU/2009/25341	Minutes of the 3rd PICARD Science Committee meeting, Toulouse Space Center, 22 October, 2009	J-Y Prado (CNES)
DR3	PIC-SP-G-9-312-CNS	Spécification d'interface entre le CMSP et l'OCA	M. Dominique (OMA/BUSOC)
DR4	PIC-SOL-CCTP-2009-01	Proposition Technique et Financière relative au PROJET PICARD-Sol Objet : Mise en oeuvre du télescope SODISM-2 et du moniteur d'images solaires MISolFA	M. Meftah (LATMOS)
DR5	PIC-OCA-FM-SP-1.1-01	SODISM-2 ADAPTATION DE L'INSTRUMENT SODISM AU SOL	F. Morand (OCA)
DR6	PIC-SA-DA-DJ-1.1-02	MISolFA : Un moniteur d'images solaires utile à la mission PICARD	A. Irbah (LATMOS)
DR7	PIC-NT-S7-SOD-5099-OCA	Héliosismologie avec PICARD : objectifs et spécifications	T. Corbard (OCA)
DR8		Conclusions et Recommandations du Comité de Revue du Projet Picard Sol Réuni le 15 avril 2008 au Calern	J. Arnaud (OCA)
DR9	Accord-Programme de Coopération Interuniversitaire Franco-Algérienne. Partenariat Hubert Curien TASSILI	Développement et exploitation d'une expérience utile à la mission spatiale PICARD. Contribution au raccordement des données sol-espace	A. Toufik (CRAAG), A. Irbah (LATMOS), C. Delmas (OCA)
DR10	PICS-PF-SD-9.30-LAT-0009	Actions Projet PICARD SOL (SODISM II)	S. Abbaki (LATMOS)
DR11	PIC-NT-S7-SOL-5402-SA	PICARD-SOL : Choix du site de mesure	G. Thuillier (LATMOS), A. Hauchecorne (LATMOS)

¹ <http://www.oamp.fr/people/tresse/SO/doc/SO-2009.pdf>

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	<h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	9/38

2 Objet de ce document

Le projet PICARD-Sol a été initié par le SA et l'OCA en 1999. Ces deux instituts collaborent depuis pour une installation du projet sur le site de l'observatoire de Calern de l'OCA (**DA1, DR3, DR4, DR5, DR10**). Le PI de la mission PICARD a proposé lors du 3ème CS PICARD en octobre 2009 de mener une étude comparative des avantages/désavantages des sites de Calern et de l'OHP pour le projet. La contribution de Thierry Corbard, responsable scientifique du projet à l'OCA, à cette étude a été sollicitée par le Comité Scientifique de la mission PICARD (**DR2**).

L'étude comparative posant la question d'un déménagement du projet à ce stade devrait non seulement démontrer l'intérêt scientifique d'une telle opération (et pourquoi cet intérêt n'a pu être identifié dès le début) mais aussi clairement montrer quels sont les faits nouveaux justifiant la perte de tout ou partie de ce qui a déjà été investi humainement et financièrement sur 10 ans pour préparer l'installation des deux instruments sur le site de Calern.

Cette contribution à l'étude comparative vient en complément du document (**DR11**) envoyé directement au CNES par G. Thuillier (PI) et Alain Hauchecorne (CO-PI).

Pour cette contribution, les deux chefs de projet PICARD-Sol, M. Meftah (LATMOS) et P. Assus (OCA) ont été consultés. Les spécialistes de l'astrométrie solaire et de l'optique atmosphérique que sont F. Laclare, J. Borgnino (OCA) et A. Irbah (LATMOS) ont également été consultés et contribuent à cette étude. Les tableaux comparatifs ont été transmis à Michel Boer, directeur de l'OHP et Jean-Marie Perrin, responsable scientifique de la station Gérard Mégie sur le site de l'OHP afin qu'ils puissent apporter directement leur contribution s'ils le désiraient. Les informations qu'ils nous ont transmises à ce jour sont explicitement citées (**en rouge**).

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 		Ref: PICS-PF-GP-9.000-OCA- Issue: 01 Rev: 00 Date: 20/11/2009 Page: 10/38
--	--	---

3 Contexte

Une dynamique de groupe harmonieuse existe impliquant l'équipe projet du LATMOS menée par M. Meftah, celle de l'OCA menée par P. Assus et le responsable scientifique du projet PICARD-Sol à l'OCA, Thierry Corbard, comme en atteste par exemple la liste des actions maintenue par le responsable qualité (DR10).

Le projet PICARD-Sol comprend deux instruments principaux, le modèle de qualification du télescope SODISM (ou SODISM-2) et le moniteur de turbulence MISolFA (DR6), complétés par un pyranomètre, une station météo et les instruments d'astrométrie solaire préexistants sur le plateau de Calern. MISolFA a été conçu par les spécialistes en optique atmosphérique de l'OCA et du LATMOS pour répondre aux besoins spécifiques du projet en termes de monitoring de la turbulence ([Assus et al. 2000](#), [Irbah et al. 2001](#)) et permettre le raccordement des mesures sol-espace. Le CRAAG (Observatoire d'Alger) contribue à son développement dans le cadre de la coopération qui existe avec l'OCA. Il fonctionne maintenant sur le site de Calern où il est en phase de qualification et où l'on prépare également l'arrivée de SODISM-2 (bâtiment construit spécialement sur le site, monture, interfaces, guidage, IHM). Le personnel de l'OCA participe activement à l'adaptation de l'instrument SODISM au sol pour laquelle F. Morand (OCA) a rédigé le document de référence (DR5).

Le site de Calern avait été choisi pour l'implantation du CERGA après une étude de sites montrant ses qualités astrométriques ([Laclare, 1969](#)). Il a ensuite naturellement été choisi (DA1) dès le début du projet PICARD-Sol en 1999 pour la proximité avec les instruments d'astrométrie solaire ayant fourni depuis 1975 les plus longues séries existantes sur la mesure du diamètre solaire au sol ([Laclare 1996](#)). Des points de mesure seront d'ailleurs réalisés avec ces instruments durant la mission PICARD pour référence et comparaison. Une revue de projet a été organisée en 2008 à l'issue de laquelle le choix du site de Calern n'a pas été remis en cause (DR8).

Depuis 2000, près de 600 k€ ont été investis par l'OCA, la coopération franco-algérienne (TASSILI, DR9) et le CNES pour construire l'infrastructure adaptée sur le site de Calern et l'on peut estimer à 900k€ l'effort en ressources humaines déjà consacré au projet par ces deux entités (750k€ OCA et 150k€ CNES).

4 Rappel des objectifs scientifiques de PICARD-Sol

Les objectifs scientifiques du projet PICARD-Sol sont (DA1, DR4) :

1. Assurer une comparaison des diamètres obtenus dans l'espace et au sol, afin de comprendre l'influence de l'atmosphère sur la connaissance du diamètre solaire.
2. Quantifier les effets de l'atmosphère, à l'aide de modèles dont les paramètres d'entrée seront fournis par le moniteur de turbulence MISolFA, et ainsi améliorer la précision des mesures de diamètre au sol.
3. Comparer les mesures de diamètre obtenues par SODISM-2 et DORaySol, afin d'identifier les éventuels biais des deux méthodes et de connecter les mesures faites par SODISM (sol et vol) à la série historique.
4. Poursuivre les mesures après la fin de la mission satellite PICARD, avec une précision au sol améliorée, et en connexion avec les séries de mesures faites avec les instruments du type DORaySol.
5. Analyser les anomalies éventuelles observées en vol, approfondir les performances instrumentales, valider un nouveau Logiciel de Vol

5 Effets atmosphériques sur la mesure du diamètre avec SODISM-2

La mesure du diamètre du soleil est obtenue avec SODISM-2, en formant directement son image sur une caméra CCD. Le diamètre est défini par la position des points d'inflexion du limbe qui est la fonction radiale d'assombrissement centre-bord de l'intensité du soleil. L'atmosphère terrestre crée des effets qui peuvent perturber les mesures du diamètre.

La turbulence atmosphérique affecte la formation des images avec un instrument d'observation au sol. Le formalisme est basé sur la loi de Kolmogorov. Lorsqu'on ajoute à un fluide turbulent un constituant passif (ne modifiant pas les propriétés dynamiques du milieu) et conservatif (ne disparaissant pas par réaction chimique ou autre), la concentration du constituant suit aussi la loi de Kolmogorov. Ce résultat s'applique au mélange air/vapeur d'eau ([Roddier, 1981](#)). Cette loi permet de déduire la densité spectrale des fluctuations de température et de concentration en vapeur d'eau et en conséquence celles de l'indice de réfraction qui conditionnent la propagation du front d'onde et ses perturbations.

Le front d'onde qui arrive sur la pupille de l'instrument d'observation, présente des perturbations qui évoluent au rythme de la turbulence caractérisée par sa constante de temps (temps caractéristique). La pente moyenne du front d'onde sur la pupille, donne la direction suivant laquelle se forme l'image qui généralement, est différente de l'axe optique. L'évolution temporelle de la turbulence fait varier la pente moyenne du front d'onde et en conséquence la position où se forme l'image dans le plan focal : c'est le phénomène d'agitation des images au foyer des télescopes. L'intégration temporelle des images avec une caméra CCD dont le temps de pose est supérieure au temps caractéristique de la turbulence, donne une image moyenne où les hautes fréquences spatiales sont filtrées. C'est le cas des images du soleil où ce filtrage aura pour conséquence d'étaler le limbe et d'affecter ainsi la mesure du diamètre. Les dégradations du front d'onde n'étant similaires que sur des zones angulaires de quelques dizaines de secondes d'arc dans le cas des observations de jour, le limbe sera affecté différemment dans l'image du soleil dont la taille est environ égale à 30 minutes d'arc. La turbulence atmosphérique induit aussi des fluctuations de l'amplitude du front d'onde : c'est le phénomène de scintillation.

La présence d'aérosol dans l'atmosphère peut induire de la lumière diffusée qui dans le plan focal de l'instrument d'observation, viendra se superposer à l'image de l'objet (le soleil). Cet effet est fortement réduit lorsque l'image du soleil est corrigée avec celle du fond de ciel. La mesure du diamètre ne sera donc pas affectée par cette lumière diffusée. Les aérosols ont également pour effet d'absorber en partie le rayonnement. Cela se traduira donc par des fluctuations d'intensité dans l'image qui se superposeront à ceux induits par la scintillation. Ces effets sont négligeables par rapport aux fluctuations de phase responsables de l'agitation. De plus, les aérosols en

 Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.		Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	13/38

absorbant de façon plus ou moins importante le rayonnement solaire, modifient le profil vertical de température et seront par conséquent, pris en compte dans le formalisme de formation des images avec un instrument au sol au travers du modèle de Kolmogorov.

La qualité des images est conditionnée par le moment du second ordre de l'amplitude complexe (fonction de cohérence mutuelle ou fonction de transfert long temps de pose correspondant à l'atmosphère terrestre) qui permet de définir le paramètre de Fried (critère de Strehl). Généralement, ce seul moment, fonction de la turbulence optique, est utilisé pour quantifier la qualité des images. Il est cependant possible ([Lutomirski, 1978](#)) de définir également des fonctions de cohérence mutuelle pour quantifier l'effet des aérosols (prises en compte des coefficients de diffusion et d'extinction) et des molécules (prise en compte de la diffusion de Rayleigh). Les différents processus étant décorrélés la fonction de cohérence mutuelle (fonction de transfert) totale sera obtenue en multipliant les différentes fonctions de cohérence mutuelle. On peut ensuite prendre en compte l'effet de filtrage introduit par l'instrument d'observation. Il est donc possible, théoriquement, de prendre en compte non seulement la turbulence mais aussi les aérosols et les molécules. La encore, ces études montrent que, pour les fréquences spatiales apparaissant dans le traitement des images astronomiques, la présence d'aérosols (comme de molécules) se traduit au premier ordre par une extinction de l'objet observé et que la turbulence est la seule cause de l'étalement (voir aussi [Bruscaglioni et al., 1993](#), [Kopeika et al. 1981](#))

En conclusion, des variations globales de l'intensité de l'image du soleil, n'affectent pas la mesure de son diamètre. Elle n'est affectée que si l'étalement du limbe change et la seule source de ce changement clairement identifiée est la turbulence. Les fluctuations locales d'intensité dans l'image qui seraient dues à la présence de nuages, d'aérosols ou autre sur le trajet optique des ondes émanant du soleil, vont se traduire par des fluctuations de l'intensité du limbe sans pour autant changer son étalement. Des techniques adéquates de filtrage permettent de corriger ce type de fluctuations dans les images du soleil en prenant soin de ne pas modifier l'étalement du limbe ([Irbah et al., 1999](#)).

6 Tableaux comparatifs Calern / OHP

6.1 Présence d'instruments d'astrométrie solaire

OCA/Calern	OAMP/OHP
<ul style="list-style-type: none"> • Astrolabe Solaire (1975-2003) : La série visuelle de référence, qui comporte 7212 rayons sur la période 1975-2003, a été obtenue par Francis Laclare avec un Astrolabe Solaire équipé d'une densité en silice et de 11 prismes fixes en zérodur. De 1989 à 1997, des mesures CCD ont été faites par ce même instrument (Laclare et al. 1996). Cet instrument n'est plus en fonctionnement sauf pour quelques points de référence que F. Laclare continue de prendre. • DORaySol (1999-2007) : Entre 1999 et 2007, l'instrument DORaySol, construit sur les mêmes principes et situé à une vingtaine de mètres de l'Astrolabe Solaire a produit une nouvelle série CCD. Le prisme est « variable » pour pouvoir suivre le soleil dans son mouvement diurne et augmenter le nombre quotidien des rayons mesurés (jusqu'à 80 par jour en été). Il ne permet cependant pas d'observer sur la période octobre-mars lorsque le Soleil reste trop bas (Delmas et al. 2006). Les résultats de l'analyse de plus de 15000 mesures montrent une stabilité instrumentale du même ordre que celle de l'astrolabe solaire et ceci permet dès à présent d'obtenir des résultats sur la variation du diamètre et l'asphéricité solaire (voir l'annexe III). Ils révèlent aussi l'existence d'un biais 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun instrument d'astrométrie solaire n'a fonctionné sur le site • Un astrolabe stellaire a fonctionné pendant une dizaine d'années dans les années 60.



instrumental sur la mesure absolue du diamètre entre les séries est (du matin) et ouest (l'après midi). L'origine de ce biais instrumental affectant la mesure absolue reste à élucider mais l'analyse des mesures montre que la stabilité du prisme variable ne peut plus être mise en cause.

Les mesures ont été interrompues en 2008 pour permettre à l'équipe de se concentrer sur la réalisation de MISolFA et la préparation de l'accueil de SODISM-2. **L'instrument reste cependant fonctionnel et sera utilisé pendant la mission PICARD pour des études comparatives entre les deux approches et le réexamen des séries passées.**

- Le bâtiment destiné à abriter PICARD-Sol a été construit (financements CNES et OCA) à proximité de ces deux instruments.
- **Référence : Article « Ground solar radius survey in view of microsatellite missions » ([Delmas et al., 2006](#))**

6.2 Présence d'instruments permettant la surveillance de l'atmosphère

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • MISolFA est installé et fonctionne à Calern où il est en phase de qualification. C'est un instrument spécifiquement conçu pour répondre aux objectifs scientifiques du projet PICARD-Sol qui consiste à obtenir les informations à la fois spatiales et temporelles sur la turbulence vue par l'instrument imageur afin de corriger les images et, en considérant les images spatiales, d'en déduire la meilleure procédure pour les mesures météorologiques au sol. MISolFA permettra d'associer les paramètres spatiaux et temporels de la turbulence à chaque image de SODISM-2 acquise. Il a été conçu par les spécialistes de l'optique atmosphérique que sont J. Borgnino, F. Martin et A. Irbah (Assus et al. 2000, Irbah et al. 2001) et développé pour une installation à Calern par les équipes de l'OCA et du CRAAG en collaboration avec le LATMOS et le soutien financier de l'OCA, du CNES et de la coopération franco-algérienne (TASSILI – Ministère Affaires Etrangères (DR9)). (voir aussi la page web MISolFA et l'article « Contexte et historique de la genèse de MISolFA » http://cassiopee.oca.eu/spip.php?article226) • Un pyranomètre sera monté sur la cuve de SODISM-2 qui permettra de faire la mesure du flux solaire dans une bande spectrale 300 à 1100 nm et suivant la ligne de visée de SODISM-2 à quelques minutes d'arc près. | <ul style="list-style-type: none"> • L'ensemble de l'équipe projet qui sera en charge de l'exploitation estime que l'instrument MISolFA ne peut être déplacé avant d'avoir été utilisé et rodé au moins un an aux côtés de SODISM-2 par l'équipe qui l'a conçu et dans l'infrastructure spécialement réalisée pour le projet à Calern. Il s'agit d'un prototype basé sur un concept entièrement nouveau développé pour les besoins du projet. Même bien documenté, cet instrument ne peut être considéré comme facilement transportable et utilisable par un simple technicien à l'heure actuelle. • Il y a à l'OHP des mesures d'autres paramètres de l'atmosphère (concentrations en aérosols, nébulosité, variation d'éclairement) effectuées par un ensemble de lidars et pyranomètres mais qui ne peuvent être utilisés pour expliquer la formation des images (à haute résolution) avec SODISM-2. L'optique adaptative n'utilise pas ces paramètres pour améliorer les techniques de correction du front d'onde perturbé. Elle utilise des techniques proches de ce que fait MISolFA. Si des corrélations étaient mises en évidence entre ces paramètres atmosphériques et des variations du diamètre mesuré au sol, les bases théoriques permettant d'établir un lien de causalité resteraient à établir. Ces mesures ne correspondent pas aux objectifs scientifiques du projet PICARD-Sol, ce qui explique qu'elles n'aient jamais été envisagées jusqu'à présent. |
|--|---|

6.3 Qualité du site pour les observations solaires

6.3.1 Altitude

OCA/Calern	OAMP/OHP
1270 m	650 m

6.3.2 Vent

Le vent est un aspect important car il peut affecter le suivi en perturbant sporadiquement l'instrumentation, or il est important de pouvoir isoler l'agitation de l'image due à la turbulence atmosphérique seule. Même si MISolFA forme 2 images du soleil qui permettent en principe de bien comprendre les effets induits par l'agitation due aux vibrations extérieures (vent, mécanique etc.), le vent complique beaucoup la tâche et il est important qu'il soit le plus faible possible pendant les acquisitions. La nature et la force du vent affectent aussi beaucoup la turbulence locale.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Sur la période 2003-2007 le vent a en moyenne une vitesse de 2,6m/s sans direction clairement privilégiée autour de la moyenne (sigma de 88°) (2.86 m/s et 76° respectivement pour les mesures de jour (entre 7h et 19h)). (Référence : Page météo du site de Calern)² Cela correspond à un écoulement généralement laminaire des masses d'air sur le plateau. La fréquence du mistral y est beaucoup plus faible qu'en Provence | <ul style="list-style-type: none"> L'OHP est situé sous le vent de reliefs tels que la montagne de Lure au Nord à moins de 20 km, de la crête de la Faye à moins de 30 km ou encore sous le vent violent de la chaîne du Ventoux à moins de 40 km. Le mistral y est également très présent. Sur les 22 derniers mois la valeur moyenne de vitesse du vent est de 10 m/s (Référence : Page météo de l'OHP)³ |
|---|---|

² <http://www-g.oca.eu/general/services/meteo/>

³ <http://pc-meteo.obs-hp.fr/intervalle.php>

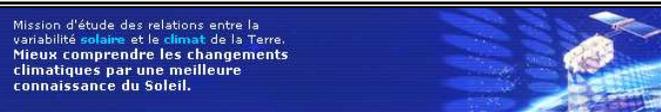
6.3.3 Seeing / r_0 de jour

Il s'agit d'une évaluation du site prenant en compte seulement les effets de la turbulence optique (micro fluctuations de température (et/ou d'humidité) brassées par la turbulence dynamique, donc les fluctuations de l'indice de l'air atmosphérique et donc les fluctuations de la phase des ondes lumineuses). Le paramètre de Fried r_0 est le paramètre reconnu dans le monde pour évaluer la qualité des sites astronomiques existants ou recherchés pour de nouvelles implantations.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Les observations avec DORaySol donnent un r_0 moyen d'environ 4cm pour un temps d'intégration de 25s. Cet instrument n'est pas un moniteur de qualité d'image et le paramètre de Fried a été déduit des observations servant à la mesure du diamètre. • Les premiers résultats de MISoIFA montrent (voir ANNEXE II) que cette valeur moyenne est plutôt de l'ordre de 5cm sur des temps d'intégration de une à deux secondes correspondants à ce qui sera fait avec SODISM-2. Les résultats montrent aussi que r_0 dépasse régulièrement les 10cm. Les premières statistiques donnent 2,5% de $r_0 > 10$cm laissant apparaître que le site de Calern a de bonnes potentialités en terme de qualité d'image. (Références : ANNEXE II et présentation au colloque de prospective du PNST)⁴. | <ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de mesure systématique de seeing de jour faite à l'OHP qui n'est pas un observatoire solaire mais on peut imaginer que son altitude et sa situation devraient se traduire par des images de moins bonne qualité que sur le plateau de Calern. • « <i>le r_0 du site de jour (qui) n'a pas été mesuré. Sans doute moins bon que le Calern.</i> » (M. Boer 14/11/1009) • « La turbulence peut être très forte lorsque souffle le mistral. » (Référence : page web « statistiques météo pour l'OHP »)⁵ |
|---|---|

⁴ http://www.ias.u-psud.fr/pnst/colloquePNST2009/Session8_Instrumentation/O8a.4_Corbard_PICARD_Sol.pdf

⁵ http://www.obs-hp.fr/guide/stats_meteo.shtml

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	 <h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	19/38

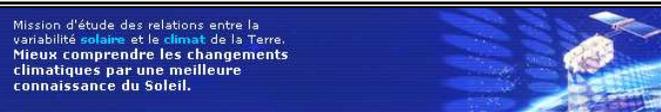
6.3.4 Qualité astrométrique du site

<ul style="list-style-type: none"> L'écoulement généralement laminaire des masses d'air sur le plateau contribue à la bonne qualité astrométrique du site. Le rapport de la campagne de prospection astrométrique (1965-1969) montrait que Calern était la station avec le meilleur rendement (devant, dans l'ordre : Vendée, Nice, Font Romeu, Briançon, OHP, Paris). Selon ce rapport, la qualité des mesures astrométriques est systématiquement et significativement meilleure à Calern qu'à l'OHP (Voir Annexe I et Laclare, 1969) 	<ul style="list-style-type: none"> Les mesures nocturnes effectuées pendant une dizaine d'année dans les années 60 avec un astrolabe à l'OHP se sont révélées de qualité médiocre. Le rapport de prospection astrométrique de 1969 plaçait l'OHP loin derrière Calern et derrière même l'observatoire de Nice pour la qualité de ses mesures astrométriques (Voir Annexe I et Laclare, 1969)
--	---

6.3.5 Nombre de jours ensoleillés par an

Jours permettant de faire au moins quelques séquences de mesures.

<ul style="list-style-type: none"> De 2000 à 2007, sur la période annuelle d'observation de DORaySol (mars à octobre), 65 à 70% des journées ont effectivement permis la production de mesures de diamètre (Morand, 2007) SODISM-2 n'aura pas les mêmes contraintes sur la hauteur du Soleil et pourra être exploité même l'hiver. Les journées d'hiver étant globalement meilleures, on peut estimer que le taux annuel de jours exploitables atteindra ou dépassera 70%. 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de statistique de jour affichée. Pour les observations de nuit, une statistique faite sur les années 1965-2004, à partir des informations entrées sur le cahier de coupole du télescope de 1m93, montre entre 60% et 70% de bonnes nuits au cours de l'année. Il s'agit ici des très bonnes nuits du point de vue transparence; il n'est pas tenu compte de la turbulence qui peut être très forte lorsque souffle le mistral. (Référence : page web « statistiques météo pour l'OHP »)⁵
--	---

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	 <h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	20/38

6.4 Environnement humain

6.4.1 Implication des équipes de l'établissement dans les projets PICARD et PICARD-Sol

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • L'OCA est initiateur du projet suite aux travaux de F. Laclare couvrant près de 30 ans de mesures astrométriques menées au plateau de Calern. Ces travaux ont été utilisés pour justifier PICARD et naturellement PICARD-Sol à Calern. (DA1). Dans ce document, révisé par le PI en mars 2009, il est d'ailleurs précisé: « L'ensemble des instruments sera opérationnel au plateau de Calern sous la responsabilité de l'OCA » • L'OCA est engagé dans une collaboration avec le CRAAG (Observatoire d'Alger) pour le développement et l'analyse de l'instrument MISolFA mais également l'installation d'un DORaySol en Algérie pour observer simultanément à PICARD. Il met à disposition des ingénieurs pour le développement de l'acquisition de MISolFA. La coopération avec le CRAAG dure depuis plus de 25 ans et permet le déplacement de chercheurs et étudiants algériens intéressés par cette thématique (soleil et atmosphère). Elle est amenée à être le fil conducteur qui permettra de l'ouvrir à d'autres thématiques dans le cadre euro-méditerranéen. • Les personnels de l'OCA ont encadré plus d'une dizaine de stages et une thèse (Berdja, 2007) portant sur le projet depuis 2000. (Voir la liste des rapports de stages tous accessibles en ligne.)⁶ | <ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a aucune mesure de diamètre faite à l'OHP et donc aucune référence et expertise sur le sujet. • Des tests du télescope 'carte du ciel' (à Paris) sont réalisés pour mesurer le diamètre solaire par la méthode des transits. Quand la méthode sera validée, le système sera transféré à l'OHP (DR2). • Aucun membre de l'OHP n'est CO-I PICARD |
|--|---|

⁶ <http://cassiopee.oca.eu/spip.php?article239>

⁷ http://www.helas-eu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31



- L'OCA et le Centre de Mission de PICARD à Bruxelles (CMS-P) ont établi un protocole d'échange afin de fournir les données sol aux membres du projet (DR3).
- Les membres de l'OCA ont fait en 2009 une demande de soutien au Programme National Soleil-Terre pour l'organisation à Nice de deux ateliers autour du projet PICARD-Sol en 2010
- L'OCA développe le centre de traitement pour l'analyse des données héliosismiques de PICARD ainsi que celles de SDO (NASA) qui seront acquises simultanément.
- L'OCA est membre du réseau européen HELAS (Action de coordination du FP6) au sein duquel il défend les collaborations autour du projet PICARD (voir la [page web du réseau présentant ses activités](#))⁷. Un workshop entièrement dédié au programme d'héliosismologie de PICARD a été entièrement financé par ce réseau et le département Cassiopee de l'OCA ([page web de l'événement](#))⁸

Personnels OCA impliqués :

- T. Corbard, Astronome adjoint, CO-I SODISM, membre du CS PICARD, rédacteur du document de spécification pour le programme héliosismologie de PICARD (DR7) ([Corbard et al. 2008](#)).
- J. Borgnino, Professeur émérite, spécialiste d'optique atmosphérique, initiateur du projet MISolFA.
- P. Assus, Ingénieur opticien, Chef de projet PICARD-Sol et

⁸ <http://www.helas-eu.org/workshops/nice/>

⁹ <http://cassiopee.oca.eu/spip.php?rubrique170>

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p>	<p>Ref: PICS-PF-GP-9.000-OCA- Issue: 01 Rev: 00 Date: 20/11/2009 Page: 22/38</p>
 <h1 style="text-align: center;">PICARD-Sol</h1>	

concepteur du système de calibration interne pour l'optique de SODISM ([Assus et al. 2008](#)).

- Frédéric Morand, ingénieur électronicien et informaticien, responsable de l'électronique et de l'informatique de pilotage PICARD-Sol, responsable des observations solaires avec DORaySol (1999-2007).
- Gérard Grec, directeur de recherche, spécialiste de physique solaire.
- Catherine Renaud, ingénieur informatique, responsable de l'informatique PICARD-Sol.
- Erwan Simon, ingénieur informaticien, responsable de l'informatique et des interfaces d'acquisition (CDD CNES).
- Bertrand Chauvineau, astronome adjoint, observateur astrométrie solaire.
- Personnels des services techniques (ateliers mécanique, services intérieurs).
- Références : [Voir la page PICARD de l'équipe solaire de l'OCA](#)⁹

6.4.2 Responsable Scientifique du projet sur le site

- T. Corbard, responsable de l'équipe "Physique Solaire" du Laboratoire Cassiopée de l'OCA

- *« Jean-Marie Perrin assurera éventuellement le suivi scientifique de l'expérience » (M. Boer 14/11/2009)*

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	<h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	23/38

6.4.3 Responsable technique du projet sur le site

<ul style="list-style-type: none"> • P. Assus, Ingénieur opticien, initiateur du projet MISolFA avec J. Borgnino, F. Martin et A. Irbah (Assus et al. 2000) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>« Je ne peux nommer le responsable technique que lorsque le projet relèvera d'une éventualité plus forte (avis du CS PICARD, instruction technique de l'opération par l'OHP, avis du comité de pilotage et décision de l'INSU). Il ne peut pas être nommé à ce stade, à moins que nous ayons une requête de 'expérience PICARD de faire cette évaluation. Requête non formulée à ce stade. » (M. Boer 14/11/2009)</i>
--	--

6.4.4 Responsable des Services d'Observation «surveillance solaire et relations Soleil-Terre » (SO6) labellisé par l'INSU sur le site

<ul style="list-style-type: none"> • T. Corbard. L'OCA fait partie des OSU responsables de ce service d'observation (DA2). L'établissement affiche un service Exploitation du satellite PICARD et des instruments PICARD-Sol pour la surveillance solaire et les relations Soleil-Terre.¹⁰ • Les services labellisés sont PICARD et DORaySol (DA2). L'OCA a entrepris des démarches pour que PICARD-Sol remplace à terme DORaySol. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'OAMP et l'OHP ne font pour le moment pas partie des établissements responsables pour les services d'observation du SO6 (DA2).
---	---

¹⁰ http://www.oca.eu/cassiopee/Sirsolaire/SO_PICARD.html

 Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.	Ref: PICS-PF-GP-9.000-OCA-
	Issue: 01 Rev: 00 Date: 20/11/2009 Page: 24/38
 <h1>PICARD-Sol</h1>	

6.4.5 Personnels pouvant contribuer aux observations et leur expertise

L'objectif est de faire le maximum de mesures possibles avec SODISM-2 et MISolFA, coordonnées avec les mesures spatiales, idéalement de façon quotidienne. Le système n'est pas entièrement automatisé. Durant une journée d'observation, l'observateur devra ouvrir le toit, mettre en route les instruments, décider des séquences en fonction de la météo, surveiller les opérations (cuve, températures, etc.), gérer les échanges avec le centre de mission et pourra commencer les analyses de niveaux 0 et 1 une fois les procédures amorcées.

Nous estimons que des observations tous les jours ensoleillés de l'année demanderaient 1,6 ETP

(Les pourcentages donnés correspondent à l'estimation du temps de chaque personne au moment du fonctionnement nominal (> juin 2010))

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • (15%)- T. Corbard (tâche de service d'astronome) – Physique solaire • (20%)- B. Chauvineau (tâche de service d'astronome) • (10%)-F. Morand, concepteur de l'électronique d'acquisition et du pilotage • (5%) - C. Renaud, responsable de l'informatique PICARD-Sol • (15%)- P. Assus, ingénieur opticien, chef de projet PICARD-SOL • (70%)- E. Simon (si son contrat est renouvelé au-delà d'octobre 2010), responsable de l'informatique acquisition. • (5%)- CRAAG : M. Fodil, responsable électronique voie pupille, et des étudiants algériens dans le cadre de la collaboration entre l'OCA et le CRAAG. • Bilan : 1,4 ETP | <ul style="list-style-type: none"> • Le personnel OCA ne participera pas aux observations si l'expérience est installée à l'OHP. • <i>« Pour les opérations, il y a 7 ITA actuellement en charge de la géophysique, à voir s'ils peuvent s'en charger aussi: cela fera nécessairement partie des discussions avec l'INSU après avis éventuel du comité de pilotage de l'OHP et de son comité scientifique » (M. Boer 14/11/2009 et J.M Perrin 19/11/2009)</i> |
|---|---|

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	<h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
		Issue:	01
		Rev:	00
		Date:	20/11/2009
		Page:	25/38

6.4.6 Personnels pouvant contribuer aux analyses et à l'exploitation scientifique sur le site

(Hors personnels LATMOS qui contribueront aussi à l'exploitation)

<ul style="list-style-type: none"> • (20%) - T. Corbard • (5%) - J. Borgnino (Professeur émérite) • (5%) - F. Laclare (Chercheur émérite) • (10%) - G. Grec • (10%) - F. Morand • (15%) - C. Renaud • (30%) - E. Simon (si contrat renouvelé) • (10%) - D. Djaffer , R. Ikhlef (Chargés de recherche), T. Abdeflatif (Directeur de Recherche, étudiants algériens (Collaboration OCA/ CRAAG) • Bilan : 1,05 ETP 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun chercheur de l'OHP n'est pour le moment impliqué dans le projet.
---	--

6.5 Aménagements déjà réalisés pour accueillir PICARD-Sol sur le site

<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un local pour accueillir SODISM-2 et MISolFA sur la même plateforme • Développement des infrastructures pour permettre l'installation de SODISM-2 (électrique, cave pour pompe à vide, ...) • Développement électronique, mécanique et informatique de la station de pilotage de SODISM-2 • Développement du serveur de données de SODISM-2 et MISolFA avec connexion Calern – Observatoire de Nice et 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>« bien sur nous tiendrons à faire nous même l'évaluation technique d'une éventuelle installation sur notre site si le CS PICARD estime qu'il est pertinent d'installer le segment sol chez nous. » (M. Boer 14/11/2009)</i>
--	--

<p>archivage.</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise à disposition d'un espace de stockage de 20m² nécessaire pour stocker les moyens de transport de SODISM-2 Mise à disposition sur demande d'une salle blanche classe 100000 de 38m² à l'OCA, nécessaire pour l'intégration de SODISM-2 ou pour des interventions ponctuelles sur le télescope (maintenance, modifications, ...) 	
--	--

6.6 Coûts

6.6.1 Frais déjà engagés par l'établissement dans l'opération

Financements directs ou obtenus par l'établissement dans le cadre de demandes INSU, Europe, Région, Programmes Nationaux, collaborations etc...)

OCA/Calern	OAMP/OHP
<ul style="list-style-type: none"> Ressources humaines (2000-2009): 750k€ Matériel (pièces du télescope MISolFA, une partie du bâtiment, module moto-reducteur pour SODISM-2, ...) 70k€¹¹ Frais induits (2000-2009) : 100k€(estimés à 10k€ / an) Coopération TASSILI: 150 K€(deux accords 2000-2004 et 2007-2010). 	<ul style="list-style-type: none"> 0k€

¹¹Ces chiffres reprennent ceux du bilan inclus dans le document ATMMETCASSCORBPICA_2009-2013 transmis au CNES pour les demandes de soutien durant la phase d'exploitation.

6.6.2 Frais déjà engagés par le CNES pour une installation de PICARD-Sol sur le site

<ul style="list-style-type: none"> • Construction du bâtiment à Calern : 50 k€ • Construction de la monture et de son système de pilotage pour l'accueil de SODISM-2 : 35 k€ • Construction et installation de l'instrument MISolFA : 75 k€ • Soutien CNES (2003-2009) (Conventions annuelles CNES/OCA) hors ressources humaines : 66k€(80% des ressources obtenues pour les aspects sol et héliosismologie) • Ressources humaines : ~150k€(support scientifique) 	<ul style="list-style-type: none"> • 0k€
---	---

6.6.3 Estimation du coût restant pour l'installation finale et exploitation sur le site

<ul style="list-style-type: none"> • M. Meftah, chef de projet, a rédigé en mars 2009 une Proposition Technique et Financière relative au projet PICARD-Sol (DR4) d'un montant de 460k€ et dans laquelle il est précisé que « SODISM-2 et MISolFA seront installés à l'Observatoire de Calern. ». Un certain nombre des lots décrits dans cette demande sont en effet spécifiques à l'adaptation de l'instrumentation aux infrastructures déjà financées et construites à Calern. • Un support scientifique pour la phase d'exploitation a été demandé au CNES en juillet 2009 par l'OCA. Pour la partie PICARD-Sol cette demande comprend pour 2010-2013: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 CDD IR opérateur pour contribuer aux observations et à l'analyse (Nov 2010- Nov 2013) 135k€ ○ 100k€(matériels, informatique, maintenance, 	<ul style="list-style-type: none"> • La proposition technique devrait être reformulée. Aux 460k€ de la proposition technique faite pour Calern s'ajouteront les coûts supplémentaires non encore estimés par les chefs de projet : <ul style="list-style-type: none"> ○ Construction ou adaptation de l'infrastructure d'accueil ○ Déménagement MISolFA ○ Installation SODISM-2: nouvelles études de la cuve thermique et réalisation, nouvelle monture, nouveau système de guidage ○ ressources humaines pour ces études et réalisations. ○ Nouveaux systèmes serveurs et archivage. • Aucune demande de support scientifique n'a été formulée
---	---



missions, vacations, etc...)

- **30k€** frais induits par la présence des instruments à Calern (10k€/an)

D'après M. Rouzé (CNES) le 21/10/2009 : « *Les budgets demandés ont été proposés pour 2010... Et pas de réaction négativeDonc ce qui était prévu pour l'OCA le reste pour le moment.... Mais il faudra attendre vraisemblablement des nouvelles du lancement avant d'engager quoique ce soit....* »

par l'OHP auprès du CNES.

- Le coût en ressources humaines nécessaires pour les observations et la gestion des données (relation avec le CMSP, archivage, serveurs etc..) ne pourra être estimé qu'après discussions avec l'INSU après avis éventuel du comité de pilotage de l'OHP et de son comité scientifique. Il faudra en effet déterminer dans quelle proportion les 7 ITA de la station géophysique pourront prendre en charge les deux instruments supplémentaires demandant une personne travaillant en permanence pendant l'acquisition tous les jours de beau temps. Il semble peu probable que les 1,6 ETP visés soit immédiatement disponibles alors qu'il n'avait jamais été envisagé d'installer le projet à l'OHP. Il est donc impossible d'estimer ce coût à ce jour.

7 Conclusions

7.1 Comparaison des sites en fonction des objectifs scientifiques

Objectif scientifiques	OCA/Calern	OHP
(1) Assurer une comparaison des diamètres obtenus dans l'espace et au sol, afin de comprendre l'influence de l'atmosphère sur la connaissance du diamètre solaire	Cet objectif a été la motivation principale du développement de MISolFA à l'OCA, la principale influence de l'atmosphère sur l'estimation du diamètre se faisant via la turbulence. Un pyranomètre monté sur la cuve de SODISM-2 est prévu qui permettra de faire la mesure du flux solaire dans une bande spectrale de 300 à 1100 nm. Le capteur sera à quelques minutes d'arc près suivant la ligne de visée de SODISM II.	Eventuellement pour ce qui est des aérosols, la nébulosité, les variations d'éclairement. Il est clair cependant que ces effets liés à la turbidité, s'ils existent, seront faibles sur la formation des images à haute résolution et l'étalement du limbe comparés aux effets de la turbulence. La présence de MISolFA reste primordiale pour le projet.
(2) Quantifier les effets de l'atmosphère, à l'aide de modèles dont les paramètres d'entrée seront fournis par le moniteur de turbulence MISolFA, et ainsi améliorer la précision des mesures de diamètre au sol	Oui avec MISolFA	Non , l'équipe projet émet de très fortes réserves sur la possibilité de déménager l'instrument MISolFA avant une période assez longue de qualification aux côtés de SODISM-2. Rien n'est conçu pour une telle mobilité à court terme.
(3) Comparer les mesures de diamètre obtenues par SODISM-2 et DORaySol, afin d'identifier les éventuels biais des deux méthodes et de connecter les mesures faites par SODISM (sol et vol) à la série historique	Oui , seules des observations sur le site de Calern peuvent permettre cette étude.	Non . Une installation à l'OHP élimine toute possibilité d'interprétation ou de prolongation de la série historique.

PICARD Mission d'étude des relations entre la variabilité **solaire** et le **climat** de la Terre. **Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.**



PICARD-Sol

Ref: PICS-PF-GP-9.000-OCA-
 Issue: 01
 Rev: 00
 Date: 20/11/2009
 Page: 30/38

<p>(4) Poursuivre les mesures après la fin de la mission satellite PICARD, avec une précision au sol améliorée, et en connexion avec les séries de mesures faites avec les instruments du type DORaySol</p>	<p>Après la phase spatiale, la continuité des mesures et leur exploitation pourront potentiellement être assurées par les astronomes de l'OCA dans le cadre de leur tâche de service.</p>	<p>L'OHP pourra éventuellement assurer la continuité des mesures si les techniciens sont maintenus et disponibles sur le long terme. Les scientifiques assurant l'exploitation resteront à identifier. Cela ne pourra pas se faire en connexion avec les instruments de type DORaySol qui n'existent pas sur le site.</p>
<p>(5) Analyse d'anomalies éventuelles observées en vol, approfondissement des performances instrumentales, validation de nouveau Logiciel de Vol.</p>	<p>Oui, l'OCA a donné son accord de principe pour la mise à disposition, sur demande, d'une salle blanche et d'un lieu de stockage.</p>	<p>Cela dépendra de la disponibilité en locaux et salle blanche de l'OHP. Nous n'avons pas l'information.</p>

Il est difficile de pouvoir s'engager dès maintenant pour le long terme et donc de faire reposer le choix du site sur ce critère. L'expérience devra d'abord démontrer la faisabilité des mesures météorologiques solaires depuis le sol au niveau de précision requis pour qu'elles soient scientifiquement intéressantes. **Notre meilleure chance d'atteindre ce but est de se placer sur un site de bonne qualité.** Pour le long terme, il faudra se poser la question du déménagement sur un véritable site solaire. Des contacts encourageants ont déjà été pris dans ce sens par l'équipe de l'OCA avec Thierry Roudier (OMP) au Pic du Midi et Pere Palle (IAC) pour Ténérife. Nous avons proposé, dans cette optique à long terme, de constituer dès maintenant un comité scientifique propre à PICARD-Sol. Le CS PICARD a estimé qu'il fallait attendre la fin de la mission spatiale pour cela (DR2)

 Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.		<h1>PICARD-Sol</h1>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-
			Issue:	01
			Rev:	00
			Date:	20/11/2009
			Page:	31/38

7.2 Résumé et recommandations

Nous basons notre argumentation sur la qualité du site en prenant en compte seulement les effets de la turbulence qui sont les effets à prendre en compte pour le problème d'étalement du bord solaire en imagerie. A contrario, le document (DR11) est centré sur la volonté nouvelle d'étudier les effets sur les images solaires des composants moléculaires et des aérosols présents dans l'atmosphère et il est très peu question des effets optiques de la turbulence qui doivent être pris en compte.

Il n'y a pas eu de mesures des effets liés aux aérosols à Calern et il n'y a pas eu de mesures de r_0 de jour à l'OHP ce qui rend la comparaison difficile. Néanmoins, notre objectif étant la mesure du rayon par imagerie du bord solaire, il est clair que la mesure du r_0 est le paramètre essentiel à considérer.

Compte tenu de sa situation (vents, altitude) il semble raisonnable de penser, comme M. Boer, que l'OHP devrait du fait de la seule turbulence, conduire à des images solaires de moins bonne qualité que celle obtenue au plateau de Calern. Il est probable de plus que sa situation entraîne une présence plus importante d'aérosols pouvant conduire à plus de variations d'intensité. Les aérosols sont d'origines diverses, mais il est probable que les vents dominants et l'activité humaine y ont un rôle fort notable (l'OHP est sous le vent de toute la vallée de la Durance et très affecté par le mistral qui ramène toute la pollution de la vallée du Rhône (centrales nucléaires, usines pétrochimiques à proximité de Lyon, et toute l'activité depuis la Suisse jusqu'en Provence)).

Il n'a pas été démontré que les informations sur l'atmosphère que peuvent apporter les instruments de la station géophysique de l'OHP (distribution en aérosols, nébulosité..) aient un intérêt direct pour le projet et ces informations ne sauraient compenser le choix d'un site de moindre qualité.

Si nous décidions de déplacer l'ensemble PICARD-Sol sur un site de meilleure qualité (Pic du Midi, Tenerife) ceci ne pourrait être fait qu'après une période de qualification assez longue de MISolFA aux cotés de SODISM-2 dans l'infrastructure élaborée à Calern spécifiquement pour ces deux instruments.

Comme le souligne son directeur, la capacité qu'aurait l'OHP à assurer les observations par l'implication des techniciens de la station géophysique n'a pas été évaluée par les autorités compétentes. Le coût que représenterait un tel déménagement n'a pas non plus été évalué par les chefs de projet qui n'ont pas été consultés à ce sujet. Mais on peut déjà dire qu'il est très nettement sous évalué dans le document (DR11). L'OCA a demandé le soutien du CNES pour le maintien d'un opérateur à Calern pour la durée de la mission spatiale afin de compléter le travail des astronomes et ingénieurs de l'OCA. Le CNES n'a pour le moment donné aucun signe indiquant que cette demande ne pourrait être satisfaite. «*Ce qui était prévu pour l'OCA le reste pour le moment* » (M. Rouzé 21/10/2009) paraît même plutôt encourageant.

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p> 	PICARD-Sol	Ref: PICS-PF-GP-9.000-OCA- Issue: 01 Rev: 00 Date: 20/11/2009 Page: 32/38
--	-------------------	---

Enfin le choix de l'OHP impliquerait l'abandon de l'un des objectifs majeurs de l'opération : les études sur le long terme par la comparaison avec la série historique couvrant près de 30 ans. Toute chance d'interprétation de cette série qui a motivé la mission spatiale serait définitivement perdue. Or seules les études à long terme, inaccessibles aux missions spatiales, permettront éventuellement d'étudier le lien entre les variations solaires et le climat terrestre, enjeu principal de la mission PICARD.

Cette étude confirme que le site de Calern et l'environnement scientifique proposés par l'OCA sont les mieux à même de répondre aux objectifs scientifiques du Projet PICARD-SOL. Aucun fait scientifique nouveau, aucune considération sur la qualité des sites, ou arguments d'organisation ne semblent justifier un déménagement du projet à l'OHP.

 <p>Mission d'étude des relations entre la variabilité solaire et le climat de la Terre. Mieux comprendre les changements climatiques par une meilleure connaissance du Soleil.</p>	<table border="1"> <tr> <td>Ref:</td> <td>PICS-PF-GP-9.000-OCA-</td> </tr> <tr> <td>Issue:</td> <td>01</td> </tr> <tr> <td>Rev:</td> <td>00</td> </tr> <tr> <td>Date:</td> <td>20/11/2009</td> </tr> <tr> <td>Page:</td> <td>33/38</td> </tr> </table>	Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-	Issue:	01	Rev:	00	Date:	20/11/2009	Page:	33/38
Ref:	PICS-PF-GP-9.000-OCA-										
Issue:	01										
Rev:	00										
Date:	20/11/2009										
Page:	33/38										
 <h1 style="text-align: center;">PICARD-Sol</h1>											

8 Références

- Assus, P.; Irbah, A.; Bourget, P.; Corbard, T.; the PICARD team, **"Monitoring the scale factor of the PICARD SODISM instrument"**, 2008, AN 329, 517
- Assus P, Borgnino J, Martin F, Bouzid A, Chibani M, Irbah A, Seghouani N, 2000, **"A generalized solar seeing monitor : MISoIFA (Moniteur d'Images Solaires Franco-Algérien)"**, IAU Technical Workshop on "Astronomical Site Evaluation in the Visible and the Radio Range" ,ASP Conference Proceedings, Vol 266, Eds : J. Vernin, Z. Benkhaldoun, C. Munoz-Tunon
- Berdja A., **« Effets de la Turbulence Atmosphérique lors de l'Observation du Soleil à Haute Résolution Angulaire »**, 2007, Thèse dirigée par Julien BORGNINO, Université de Nice Sophia-Antipolis, Nice, France
- Brusciaglioni P., Donelli P., Ismaelli A, Zaccanti G, **"Monte Carlo calculations of the modulation transfer function of an optical system operating in a turbid medium"**, 1993, Appl. Optics, 32, 2813-2824.
- Corbard, T.; Boumier, P.; Appourchaux, T.; Jiménez-Reyes, S. J.; Gelly, B.; the PICARD team, **"Helioseismology program for the PICARD satellite"**, 2008, AN 329, 508
- Delmas C., Morand F., Laclare, Irbah A., Thuillier G., Bourget, P., **"Ground solar radius survey in view of microsatellite missions"**, 2006, AdSpR 37, 1564
- Lutomirski R. F., **"Atmospheric degradation of electrooptical system performance"**, 1978, Appl. Optics, 17, 3915-3921
- Irbah A, Chibani M, Lakhal L, Berdja A, Borgnino J, Martin F, Assus P, 2001, **" MISoIFA: A Generalized Solar Seeing Monitor"**, Société Française d'Astronomie et d'astrophysique, "Scientific Highlights 2001", EDP Sciences, Lyon, France, May 28-June 1.
- Irbah, A.; Bouzaria, M.; Lakhal, L.; Moussaoui, R.; Borgnino, J.; Laclare, F.; Delmas, C., 2001, **Feature extraction from solar images using wavelet transform: image cleaning for applications to solar astrolabe experiment**, Solar Physics 185, 255
- Kopeika N.S. , Solomon S., Gencay Y., **"Wavelength variation of visible and near-infrared resolution through the atmosphere : dependence on aerosol and meteorological conditions"**, 1981, J. Opt. Soc. Am., 71, 892-901
- Laclare, F., Delmas, C., Coin, J P., Irbah, A., **"Measurements and Variations of the Solar Diameter"**, 1996, Solar Physics 166, 211
- Laclare, 1969, thèse **« CONTRIBUTION A LA RECHERCHE D'UN SITE D'OBSERVATIONS ASTROMETRIQUES. »**, Publication de l'Observatoire de PARIS
- Morand F., 2007, Communications internes - Réseau de Suivi au Sol du Rayon Solaire (R2S3)
- Roddier F. ; **"The effect of atmospheric turbulence in optical astronomy"**, 1981; E.Wolf ed., Progress in Optics Vol. XIX

9 **Annexe I** Intercomparaison des sites de Calern et St. Michel l'Observatoire ([Laclare 1969, extraits](#))

9.1 Fréquence des nuits utilisables (F)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
CALERN :	16	14	15	15	17	19	22	20	20	18	12	14	202 (55%)
St. MICHEL :	18	19	15	15	19	21	26	23	19	18	13	15	221 (60%)

‘ ON ENTEND PAR NUIT UTILISABLE OU PARTIELLEMENT UTILISABLE, UNE NUIT CLAIRE OU PARTIELLEMENT CLAIRE (3 heures au moins de ciel dégagé), MAIS SANS TENIR COMPTE DE L'AGITATION ATMOSPHERIQUE OU DE TOUT AUTRE FACTEUR METEOROLOGIQUE DETERIORANT LA QUALITE DES MESURES FAITES AVEC L'ASTROLABE ‘

Ce paramètre était établi à partir de longues séries statistiques météorologiques (10 à 20 ans) concernant la position des systèmes nuageux, la couverture moyenne nocturne, la comparaison des postes régionaux et les informations locales.

9.2 Distribution de la qualité ($Q=0.1/\sigma^2$)

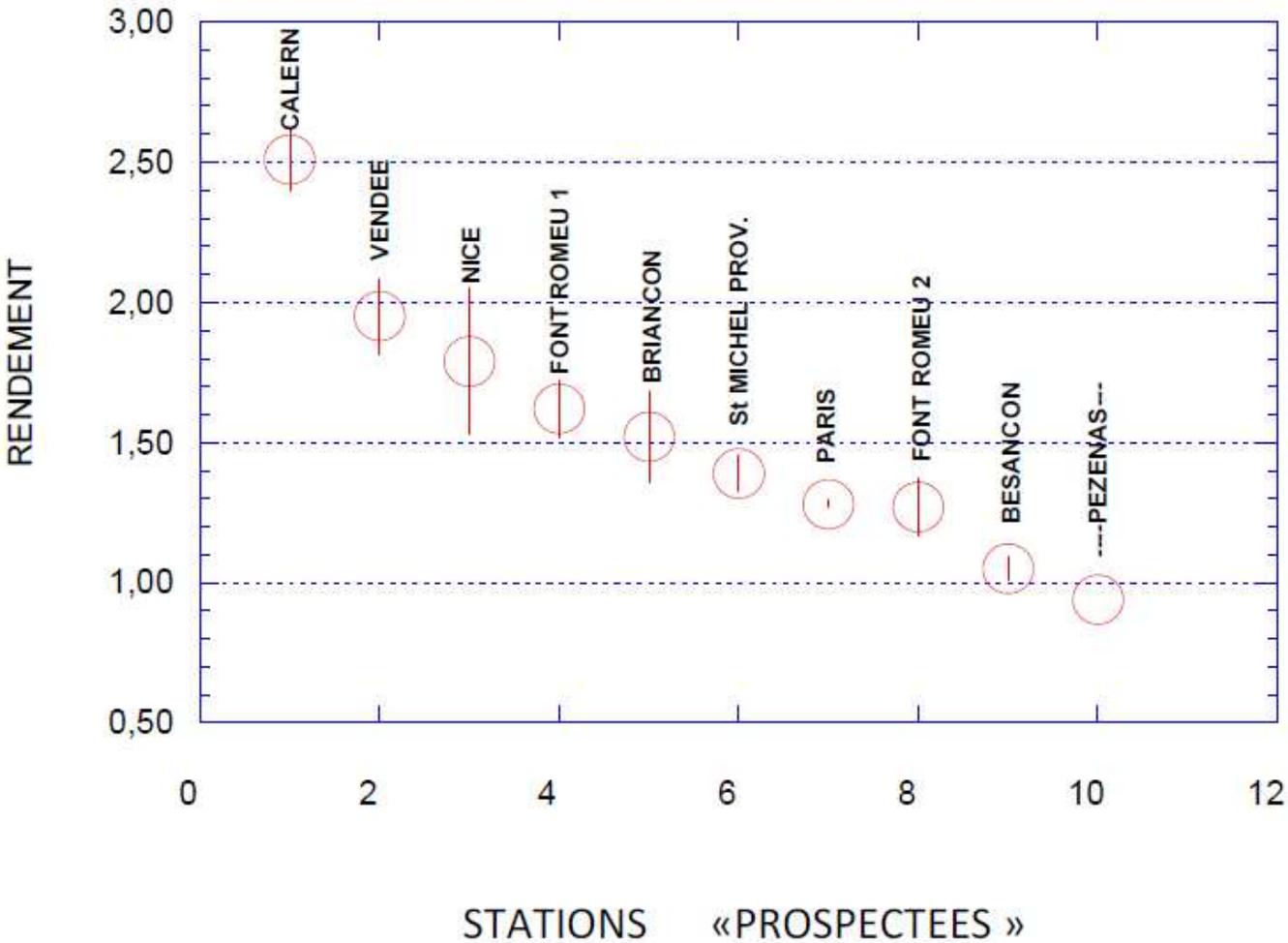
DISTRIBUTION ANNUELLE DU NOMBRE DE NUITS UTILISABLES EN FONCTION DE LA QUALITE DES MESURES

	$\sigma > 0''.22$	$\sigma < 0''.22$	$\sigma < 0''.18$	$\sigma < 0''.16$	$\sigma < 0''.14$
CALERN :	35	167	120	86	53
St MICHEL :	106	115	45	18	8

9.3 Répartition saisonnière du rendement ($R=F*Q$)

	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	RENDEMENT
	J F M	AMJ	JAS	OND	ANNUEL
CALERN :	0.42	0.55	0.64	0.40	2.01
St. MICHEL :	0.29	0.40	0.45	0.25	1.39

9.4 Prospection astrométrique: rendement des stations



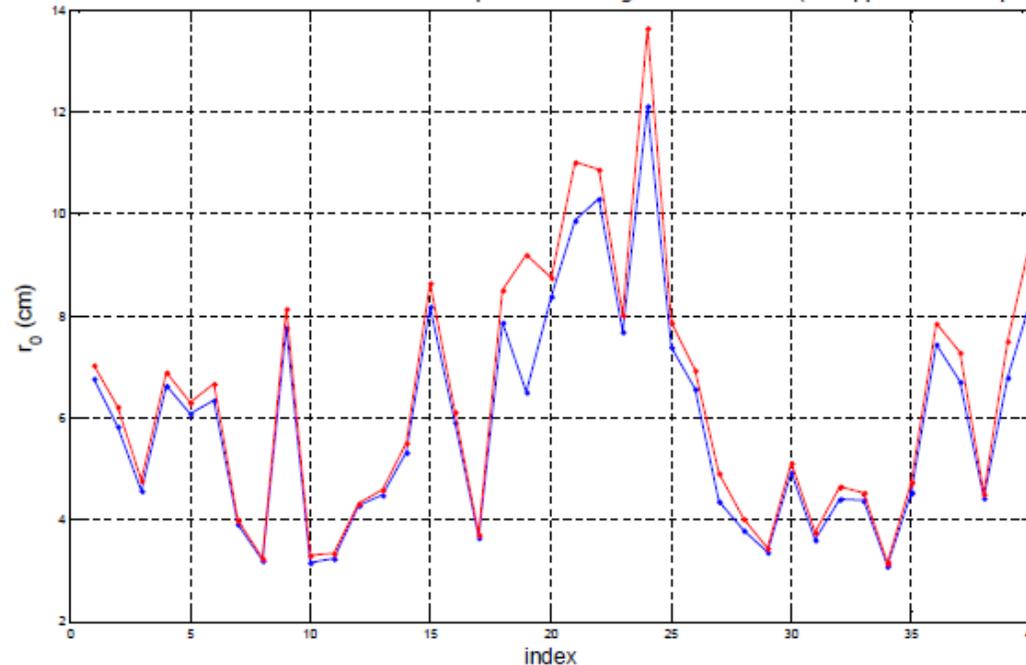


10 Annexe II Premières estimations de r_0 à Calern par MISoIFA

Présentées au colloque de prospective PNST (29/09/2009) et au Comité Scientifique PICARD 22/10/2009 (DA2)

(A.Irbah, C. Dufour, P. Assus, T. Corbard, F. Morand, C. Renaud, E. Simon)

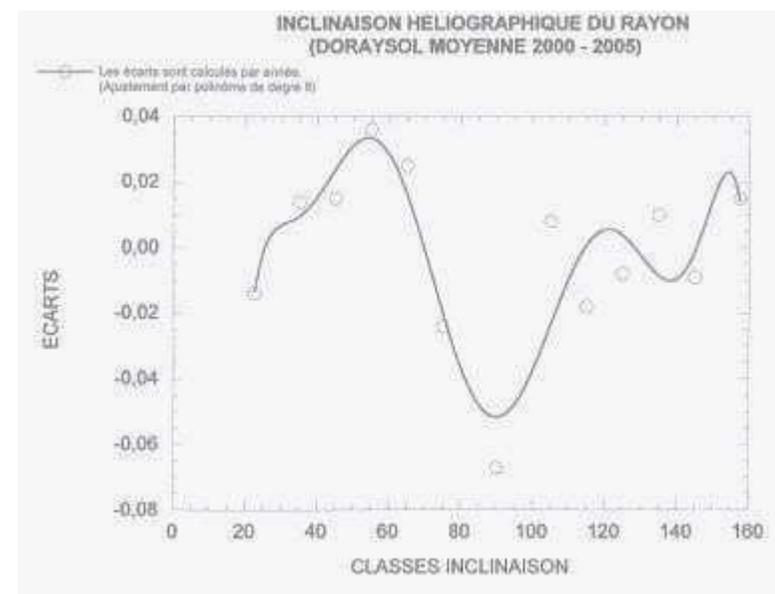
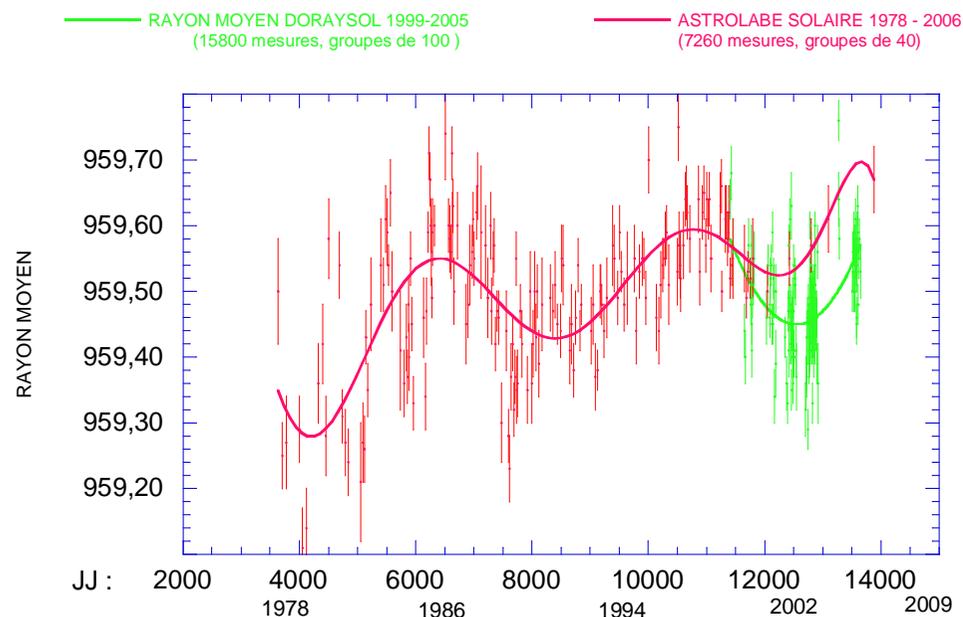
Date : 2009-07-01 07:09 - r_0 calculé sur des périodes d'intégration constante (r : suppression bad pixels)



- Calcul du paramètre de Fried r_0 en considérant 40 intervalles de 2 s.
- Sur ces intervalles de temps, on obtient des valeurs de r_0 pouvant aller jusqu'à 14 cm.
- **De bonnes conditions d'observation sont donc disponibles à Calern durant les courts temps de pose (1 à 2s) de SODISM-2.**

11 Annexe III Analyses de la série DORaySol

(F. Laclare, F. Morand, B. Chauvineau, T. Corbard, C. Delmas, M. Fodil).



Les 6 ans (1999-2005) d'observation DORaySol déjà analysés contiennent 2 fois plus de mesures (15800) que la série visuelle couvrant 15 ans et les points obtenus ont un écart type équivalent. Les années 2006 et 2007 sont en cours de dépouillement et d'analyse (environ 7000 mesures).