TEMMAS : TELEDETECTION, MESURES IN-SITU ET MODELISATION DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES INDUSTRIELS

PLAN DE REALISATION DE CAMPAGNE DE MESURE DE PROPRIETES DES AEROSOLS ATMOSPHERIQUES SUR LE SITE DE LA RAFFINERIE DE LA MEDE REALISEE EN SEPTEMBRE 2015

Janvier 2016

Projet réalisé par l'ONERA – Convention 1381C0054

Coordinateur du projet : Pierre-Yves Foucher – Département d'Optique Théorique et Appliqué – 2 Avenue Edouard Belin 31055 Toulouse – France.

Chargé du suivi technique à l'ADEME : Emmanuel FIANI – Service Entreprises et Ecotechnologies – Direction des Productions et Energies Durables – ADEME Angers

RAPPORT AVANCEMENT 1

En partenariat avec :

REMERCIEMENTS

Les partenaires scientifiques du projet TEMMAS souhaite remercier les membres du comité de pilotage et l'ensemble des personnes ayant permis le lancement du projet et le bon déroulement de cette première campagne de mesure.

Emmanuel FIANI - ADEME
Delphine COTTET – ADEME
Chloé MASSOUBRE - ONERA
Myriam PLANTE - ONERA
Anthony DROUAIRE – ONERA
Sandra LAPEYRIE – Air PACA
Frédéric Marty – Air PACA
Sébastien MATHIOT – Air PACA
Jonathan VIRGA – Air PACA
Alexandre ARMENGAUD – Air PACA
Jean-Philippe HALLET – TOTAL
Catherine JUERY – TOTAL
Christine BERTRAND – TOTAL
Sylvie MENGOZZI – TOTAL La Mede
François WIOLAND TOTAL La Mede
Georges FAUQUE – TOTAL La Mede
François BOURASSE TOTAL La Mede

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION – PROJET TEMMAS 5

1.1. Objectifs scientifiques du projet TEMMAS 5

1.2. Campagnes de mesures sur le site de la raffinerie de La Mède 5

2. LISTE DES INSTRUMENTS DEPLOYES 5

3. DESCRIPTIF DES ATELIERS 6

3.1. Cartes du site 6

3.2. Atelier 1 : Mesures au niveau des émissaires 8

3.2.1. Synthèse 8

3.2.2. Descriptions des moyens déployés 8

3.2.3. Mesures réalisées 9

3.3. Atelier 2 : Mesures optiques des panaches 10

3.3.1. Descriptif des moyens déployés 11

3.3.2. Mesures réalisées 12

3.4. Atelier 3 : Mesures en champs proche des propriétés des aérosols 13

3.4.1. Synthèse 13

3.4.2. Descriptif des moyens déployés 14

3.4.3. Mesures réalisées 16

3.5. Atelier 4 : Mesures en bordure du site des propriétés des aérosols 22

3.5.1. Synthèse 22

3.5.2. Descriptif des moyens déployés 22

3.5.3. Mesures réalisées 23

3.6. Atelier 5 : Mesures atmosphériques 24

3.6.1. Synthèse 24

3.6.2. Descriptif des moyens déployés 24

3.6.3. Mesures réalisées 26

3.7. Atelier 6 : Mesures aéroportées 27

3.7.1. Synthèse 27

3.7.2. Caractéristiques des capteurs aéroportés embarqués 27

3.7.3. Mesures réalisées 31

Résumé

Le projet TEMMAS : Télédétection, Mesures in-situ et Modélisation des polluants atmosphériques industriels a pour objectif de mettre en synergie les techniques de caractérisation optiques par télédétection avec les mesures in situ d'analyses des propriétés microphysiques des rejets atmosphériques d'un site industriel afin d'améliorer la compréhension de l'évolution des aérosols dans l'environnement proche et la modélisation de la qualité de l'air à fine échelle.

Dans ce cadre, deux campagnes de mesures sont prévues sur le site de la raffinerie TOTAL de La Mède. La première campagne a eu lieu en Septembre 2015 sur une période de dix jours. Durant cette campagne, différents ateliers de mesures ont été déployés : (i) prélèvements d'aérosols sur filtres en sortie de l'émissaire principal ; (ii) mesures lidars scannant couvrant une grande partie du site ; (iii) prélèvement des particules atmosphériques sur filtres à différents points à l'intérieur du site ; (iv) prélèvement et mesures « on line » des propriétés microphysiques des aérosols et des concentrations de gaz traceurs des panaches à l'extérieur du site dans un rayon de quelques kilomètres ; (v) sondage par ballon sur 300m d'altitudes ; (vi) mesures optiques au sol des aérosols par héliophotomètre et (vi) mesures hyperspectrales aéroportées dans le domaine réflectif. Ce document correspond au premier rapport d'avancement du projet TEMMAS, il décrit les ateliers de mesures au sol qui ont été réalisé pour la caractérisation des aérosols lors de la première campagne TEMMAS sur le site de la Raffinerie de Provence à La Mède en Septembre 2015.

Si l'ensemble de ces mesures sont toujours en cours d'analyse, les premiers résultats montrent de façon claire qu'il est possible de mettre en correspondance les propriétés microphysiques des aérosols avec les gaz traceurs de panache, qu'il est possible d'associer à chaque condition de vent une ou des sources principales (raffinerie, réseau routier, air maritime,…) pour les différents points de collecte.

1. INTRODUCTION – PROJET TEMMAS

1.1. Objectifs scientifiques du projet TEMMAS

Les objectifs scientifiques du projet sont doubles. Premièrement, nous cherchons à valider la synergie instrumentale entre mesures hyperspectrales aéroportées et mesures Lidar sol pour la cartographie fine échelle des particules dans l'atmosphère. Deuxièmement, nous utilisons cette information pour améliorer la compréhension et la modélisation des processus de la pollution atmosphérique par les particules afin d'évaluer la contribution des différentes sources à la qualité de l'air.
Afin d'obtenir des mesures couvrant simultanément tout un site industriel, deux types d'instrumentations de télédétection innovants seront déployés pour sonder l'atmosphère en 3D :

- **l'imagerie hyperspectrale aéroportée du domaine visible à l'infrarouge** qui fournit des données optiques adaptées aux signatures des aérosols et potentiellement de certains gaz précurseurs avec une résolution spatiale métrique sur une zone étendue.
- **Les mesures Lidar multi-longueurs d'ondes** qui fournissent des données optiques adaptées à la caractérisation des aérosols industriels (concentration, type, granulométrie) et de certains gaz, résolues en distance (Veselovskii et al., 2002).

Le couplage de ces techniques de télédétection avec des mesures « in-situ » par prélèvements ou analyses « online » des propriétés microphysique des aérosols correspond à un axe novateur dans le sens où cela permettrait d'ajout une information spatiale grâce aux images aéroportées et une information sur la structure verticale des profils d'aérosols grâce aux mesures Lidar.

1.2. Campagnes de mesures sur le site de la raffinerie de La Mède

Dans le cadre du projet TEMMAS le site test choisi par les partenaires est le site de la raffinerie TOTAL à La Mède sur le sud de l'étang de Berre. Sur ce site deux campagnes de mesures ont été prévues, la première qui s'est déroulée en Septembre 2015, la seconde est prévue pour février 2016. Ce site a été choisi car il permettait de réaliser de façon simultanée les différents ateliers prévus dans le projet : mesures à la source, mesures sur le site et mesure en proche périphérie. De plus les partenaires possèdent une expérience importante sur cette zone en termes de compréhension des mécanismes météorologique et de prévision de la qualité de l'air. Dans ce document nous décrivons l'ensemble des ateliers de mesures qui ont été déployés durant la campagne de Septembre 2015 et les premiers résultats éventuels.

2. LISTE DES INSTRUMENTS DEPLOYES

Le tableau ci-dessous répertorie les principaux instruments déployés sur les différents ateliers durant la campagne de Septembre autour du site de la raffinerie de La Mède.

Tableau 1: Liste des instruments déployés pour la campagne TEMMAS 1

Nom de l'instrument - Description	Opérateur	Nombre	Nomenclature
filtre sur sonde de prélèvement iso cinétique chauffée (NF EN 13284-1 et NF X 44-052)	LQA/TOTAL RC	1 instrument 1 à 3 cheminées	FTRC1-3
PARTISOL	LQA/TOTAL RC	8	PTRC1-8
Digitel	LQA/TOTAL RC	2	DTRC1-2
Ballon Sonde (Granulomètre, optique LOAC-sonde PTU – vent Vaisala)	LA/UPS	1	BLA
CIMEL	L'ONERA	1	CIO
Lidar Vent	L'ONERA	1	LWO
Lidar Aérosol UV 355nm (2 voies de polarisation)	L'ONERA	1	LUVO
Spectromètre	L'ONERA	1	ASD
Analyseurs automatiques (SO_2), (NO_2)	Air PACA	3	ANA1-5
Jauge radiométrique BAM 1020	Air PACA	3	BAM1-5
Collecteurs Digitel DA80	Air PACA	3	DA80-1-5
Camion laboratoire Massalya : AMS + SMPS+ PTRMS	LCE	1	MASS
Caméra hyperspectrale 0.4-2.5µm : (porteur SAFIRE : Piper Aztec) Altitude de vol comprise entre 1500m/2000m	L'ONERA	1	HYP

3. DESCRIPTIF DES ATELIERS

3.1. Cartes du site

La Figure 1 et la Figure 2 illustrent la position des différents ateliers de mesures par rapport à la raffinerie.

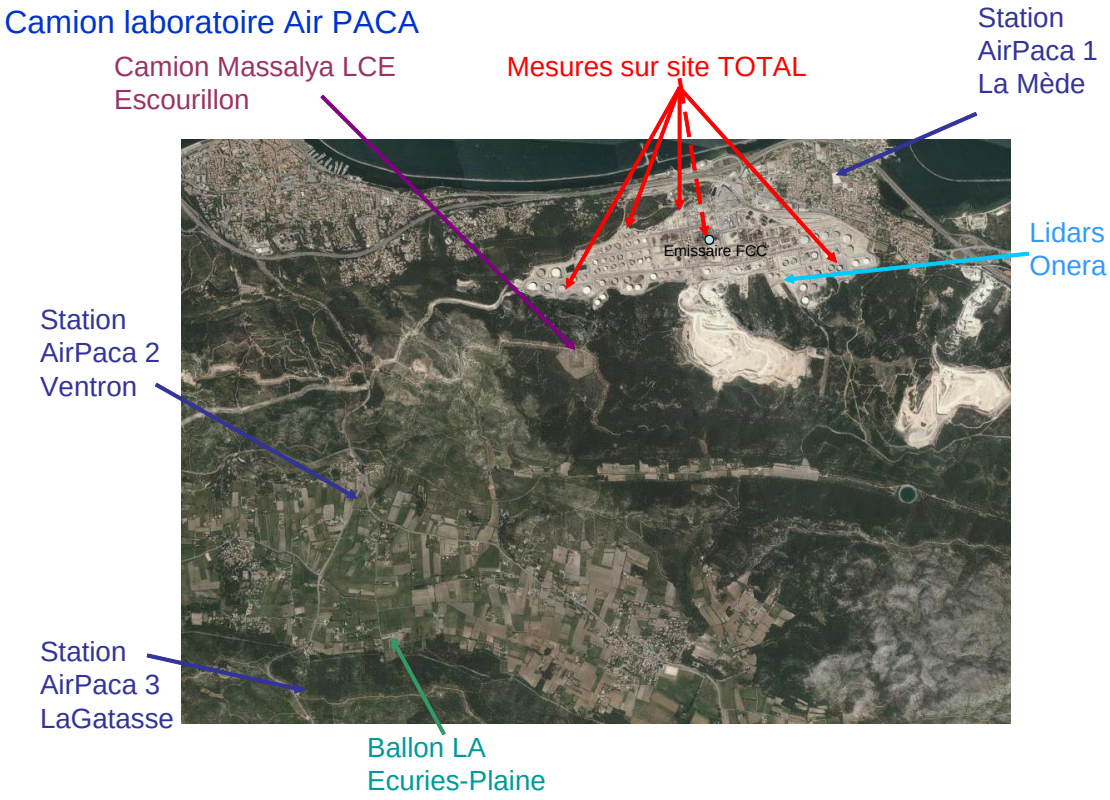


Figure 1 : Image aéroportée du site de la Mède avec position éventuelles des ateliers de mesures sol

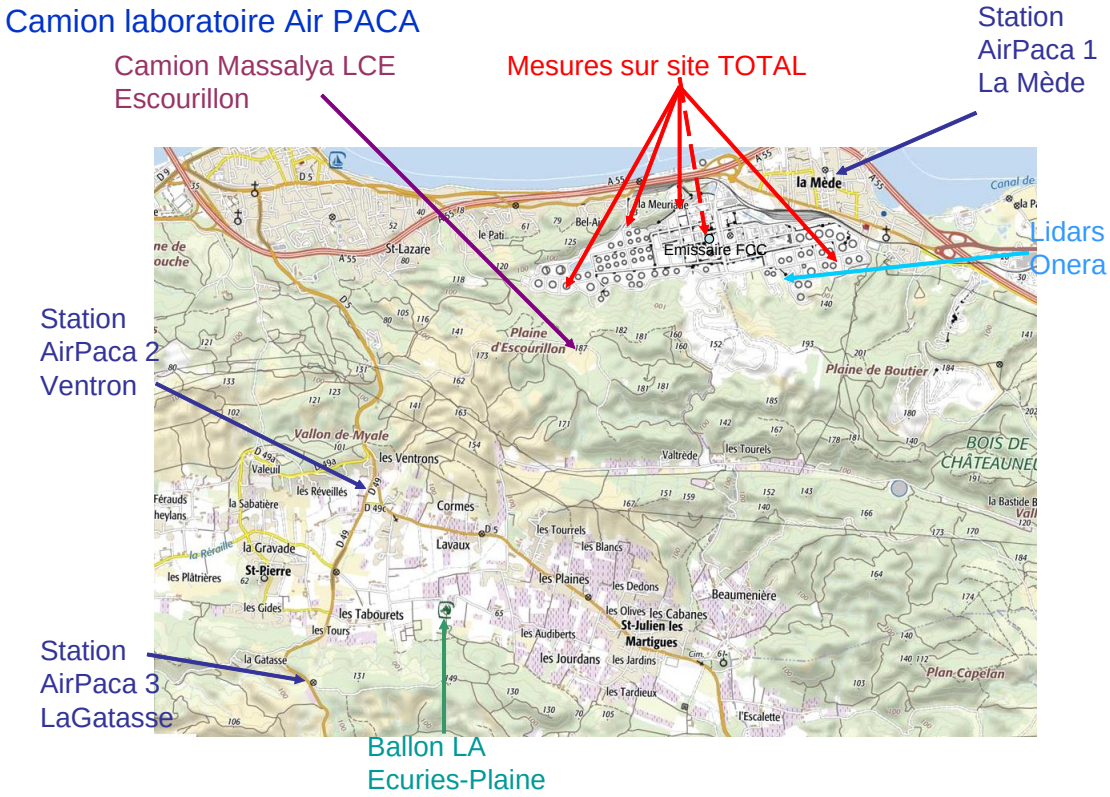


Figure 2 : Carte IGN du site de la Mède avec position éventuelles des ateliers de mesures sol

3.2. Atelier 1 : Mesures au niveau des émissaires

3.2.1. Synthèse

Responsable : TOTAL RC
Opérateur : LQA

Objectif principal : Obtenir les propriétés des aérosols en sortie de cheminée.

Instruments déployés : FTRC

Grandeurs mesurées : Paramètres d'éjection (Vitesse, T° des fumées, …)

Echantillons prélevés : Récolte de filtre (fréquence : 1 à 2 prélèvements/jour) à analyser.

Analyse des échantillons prélevés : Les échantillons d'intérêt seront analysés de façon parallèle par le LCE et un laboratoire Partie de TOTAL (Micro polluant SA & Labo d'Aérologie)

Durée du déploiement : 4,5 jours ouvrés sur la raffinerie, y compris le temps de déploiement, par campagne.

Personnel impliqué pendant la mesure : 3

3.2.2. Descriptions des moyens déployés

3.2.2.1. Localisation sur le site

Durant la première campagne, la raffinerie était en fonctionnement partielle et certaines unités n'avaient pas encore redémarrées. L'émissaire initialement prévu était l'unité FCC, principal émetteur de particule. Du fait de son non-fonctionnement au moment de la campagne, les prélèvements ont été réalisés dans les fumées de la chaudière 11. Cette chaudière était en fonctionnement mixte, fuel oil (env. 130 t/j) et fuel gaz (env. 200 t/j). Les prélèvements sont effectués depuis une passerelle (voir photo) dans le conduit principal.

Figure 3 : Localisation prélèvement en cheminée (Chaudière 11)

3.2.2.2. Caractéristiques des instruments déployés

La mesure de concentration en poussières dans une veine gazeuse a été réalisée selon les principes des normes NF EN 13284-1 et NF X 44-052, à l'aide d'une sonde de prélèvement iso cinétique chauffée. Elle s'effectue à l'aide d'un prélèvement iso cinétique (vitesse des gaz à l'entrée de la buse de prélèvement égale à la vitesse des fumées dans la cheminée ajustée avec le débit d'aspiration des gaz en fonction du diamètre de buse choisi) d'un échantillon gazeux, sur une portion droite. Dans le cas présent, le point de prélèvement se situe dans un coude, ce qui ne permet pas d'assurer une homogénéité idéale du flux à cet endroit et la mesure du profil de vitesse est partielle compte tenu de la dimension à ce niveau (env. 6 m * 4 m).
Les poussières sont captées sur un filtre en fibre de quartz. La teneur en poussières est déterminée par pesée du filtre avant et après le prélèvement, ainsi que de la solution de rinçage, à l'aide d'une balance de précision. L'aspiration des gaz est assurée par une pompe (environ 1 Nm^3/h) et le volume de gaz prélevé est déterminé après séchage des gaz sur adsorbant, par un compteur gaz de type sec. Le système de prélèvement est chauffé jusqu'à la sortie du porte filtre.

3.2.3. Mesures réalisées

Calendrier de l'intervention
- lundi 7 septembre : grutage du matériel

- mardi 8 septembre au jeudi 10 septembre : 2h de prélèvement chaque jour.
- vendredi 11 septembre : grutage pour démontage

Résultats :

Le tableau suivant donne les résultats pour le premier jour, des pertes d'échantillons ayant pu avoir lieu les jours 2 et 3. Les résultats sont rendus dans les conditions normales de température et de pression, à une teneur en oxygène de référence de 3% et sur gaz secs. Les particules récupérées dans le rinçage de la canne de prélèvement sont incluses (conformément à la norme), mais le blanc n'a pas été soustrait.
Après pesée, les filtres ont été envoyés au LCE pour analyse chimique.

Mesure du 08/09/2015	
Temps de prélèvement	**2h**
Temps de purge	**1h**
Volume prélevé (m3)	**2,3**
Vitesse moyenne de prélèvement (m/s)	**5,04**
Température moyenne des fumées (°C)	**210°**
Humidité moyenne (%)	**13,4**
Teneur O2 (analyseur en ligne) (%)	**3,4**
Analyse du blanc (mg)	**0,1**
Masse particule (en mg/Nm3 sur sec à 3% d'O2)	**14.4**
Débit gazeux à la CH11 à partir des facteurs d'émission des combustibles (Mm3 / jour)	**2.7**
Emission PM primaire d'après la mesure (kg/j)	**39**
Déclaration site CH11 à partir des facteurs d'émission des combustibles (kg/j) de PM	**76**

Tableau 2 : prélèvement sur la cheminée de la chaudière 11.

D'après le prélèvement réalisé le 8/09, la Chaudière 11 émet de l'ordre de 39 kg/jour de Particules filtrables.
La déclaration du site pour cet émissaire à partir de facteur d'émission spécifique aux combustibles est de l'ordre du double, soit 76 kg/j.

3.3. Atelier 2 : Mesures optiques des panaches

Objectif principal : Obtenir la signature optique des aérosols des panaches.

Responsable : ONERA.

Instruments déployés : LWO, LUVO (Lidars).

Grandeurs mesurées : Signal rétrodiffusé par les aérosols du panache dans la gamme UV-SWIR. Champs de vent au niveau du site.

Durée du déploiement : 1 semaine du lundi 7 Septembre au vendredi 11 Septembre.

Personnel impliqué pendant la mesure : 4

3.3.1. Descriptif des moyens déployés

3.3.1.1. Localisation sur le site

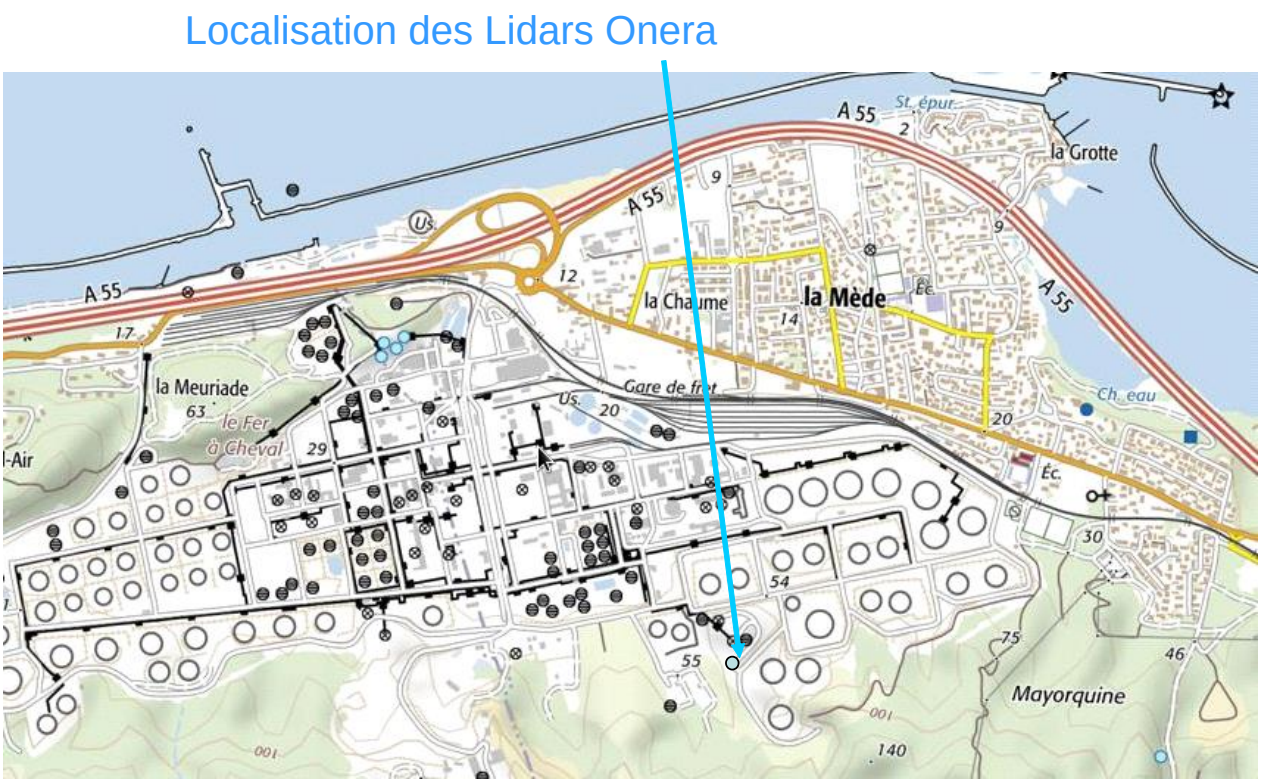


Figure 4 : Positionnement des Lidars à l'intérieur de la raffinerie.

Figure 5 : Gauche : déploiement des deux lidars scannant sur une position haute de la raffinerie et partie nord (cheminées) du champ de vue des instruments. Droite : zone sud du champ de scan des lidars.

3.3.1.2. Caractéristique des instruments déployés

Deux lidars ont été déployés : un lidar commercial WindCube de la société Léosphère et un prototype de lidar UV scannant.

Caractéristiques techniques des Lidars

Malheureusement suite à un problème technique sur le prototype aucune mesure n'a pu être acquise dans l'UV pour cette campagne. Le problème rencontré est inhérent à l'utilisation de prototypes qui n'ont pas la robustesse d'instrument dit « commerciaux ». Ce problème a depuis été réglé après plusieurs mois d'investigation par l'Onera. Ce lidar sera a priori opérationnel pour la campagne de Février 2016.

3.3.2. Mesures réalisées

Des scans avec le lidar WindCube ont été réalisés de façon quasi continue entre le mardi et le vendredi. Ces mesures sont en cours de dépouillement en termes de champs de profils verticaux de vent et de carte d'aérosols.

3.4. Atelier 3 : Mesures en champs proche des propriétés des aérosols

3.4.1. Synthèse

Objectif principal : Obtenir les propriétés des aérosols dans les champs proches (500m-3km).

Responsable : Air PACA-LCE

Instruments déployés : ANA, BAM, DA80 pour Air PACA
Camion Massalya : PTR-MS, AMS, SMPS, OPC, MAAP, Station météo pour le LCE

Grandeurs mesurées : Masse en PM2.5 (priorité 1), Masse en PM10 (priorité 2), Principales composantes chimiques de l'aérosol (sulfates, nitrates, ammonium, matière organique, black carbon), COV, SO_2, NO_2, NOx.

Echantillons prélevés : Récolte des filtres (1 prélèvement / jour /site)

Analyse des échantillons prélevés : Les échantillons seront analysés par le LCE

Temps de mise en place des installations : 2 journées

Durée du déploiement : 1 semaine

Personnel impliqué pendant la mesure : 2

3.4.2. Descriptif des moyens déployés

3.4.2.1. Localisation sur le site

La plateforme mobile Massalya du LCE était positionné sur la plaine de l'Escourillon (Coordonnées GPS : 43.38696, 5.08638), au sud-ouest et légèrement en altitude (180 m) par rapport au site pétrochimique de TOTAL et à l'ouest de la carrière des Bouttiers.

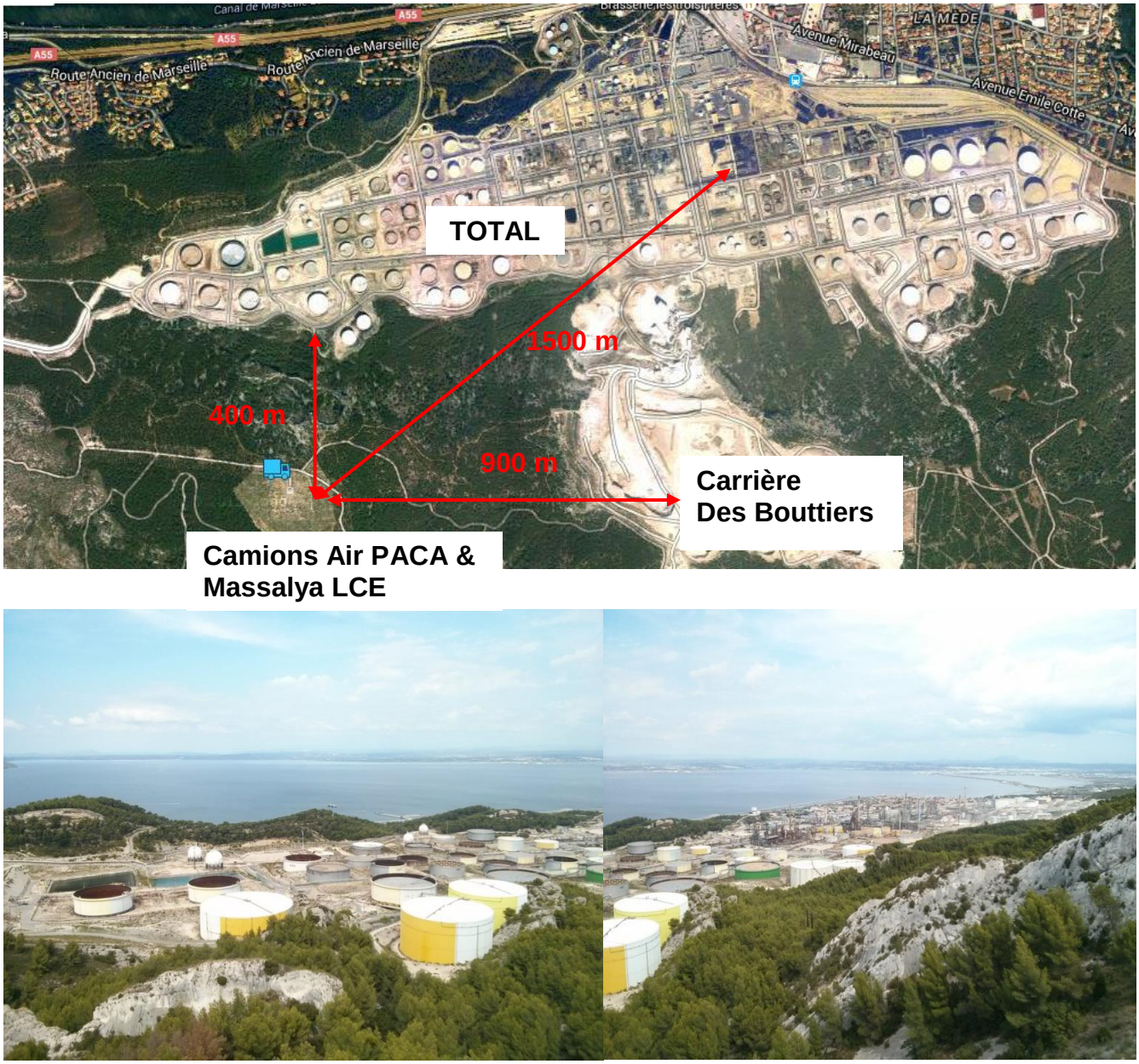


Figure 6: Localisation du site de mesure (en haut).
Le site pétrochimique de TOTAL La Mède vu depuis la plaine de l'Escourillon (en bas)

3.4.2.2. Caractéristiques des instruments déployés

La plateforme mobile Massalya regroupe des équipements pour la mesure en ligne et en continu des aérosols et des COV dans l'atmosphère avec une résolution temporelle de l'ordre de la minute. Dans le cadre de cette campagne, la totalité des instruments analytiques a été déployée, cela comprend :

- Un SMPS et un OPC pour mesurer la distribution granulométrique de l'aérosol entre 0,01 et 34 µm.
- Un AMS (Aérosol Mass Spectrometer) associé à un MAAP pour quantifier les principales composantes chimiques de la fraction PM1 de l'aérosol : matière organique, sulfates, nitrates, ammonium, chlorures et black carbon.
- Un PTR-ToF-MS pour la caractérisation qualitative et quantitative des COV.
- Une station météo pour prendre en compte localement les directions et vitesses des vents lors du traitement des données.

Les instruments ont fonctionné en continu pendant les cinq jours de la campagne (du lundi 07/09/2015 minuit au vendredi 11/09/2015 13h). A noter cependant que l'acquisition des données pour le SMPS et le MAAP a débuté avec quelques heures de retard par rapport aux autres instruments.
Un récapitulatif du dispositif mis en place par le LCE durant cette campagne est donné ci-dessous.

Appareils	Mesure	Jours de fonctionnement	Fréquence
PTR-MS (TOF)	COV	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h)	1 min
AMS	SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+, Matière Organique, Cl^- jusqu'à 450 nm	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h)	2 min
SMPS	Nombre de particules/cm^3 en fonction de la granulométrie 106 classes de taille de 15 à 660 nm	07/09/15 (10h44) au 11/09/15 (13h)	5 min
OPC	Nombre de particules/cm^3 en fonction de la granulométrie 30 classes de taille de 0,265 µm à 34 µm	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h)	1 min
MAAP	Concentration en Black Carbon (Carbone suie)	07/09/15 (3h07) au 11/09/15 (13h)	1 min
Station météo	Direction et vitesse du vent Température et humidité relative	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h)	5 min

Titre et numéro du tableau ???

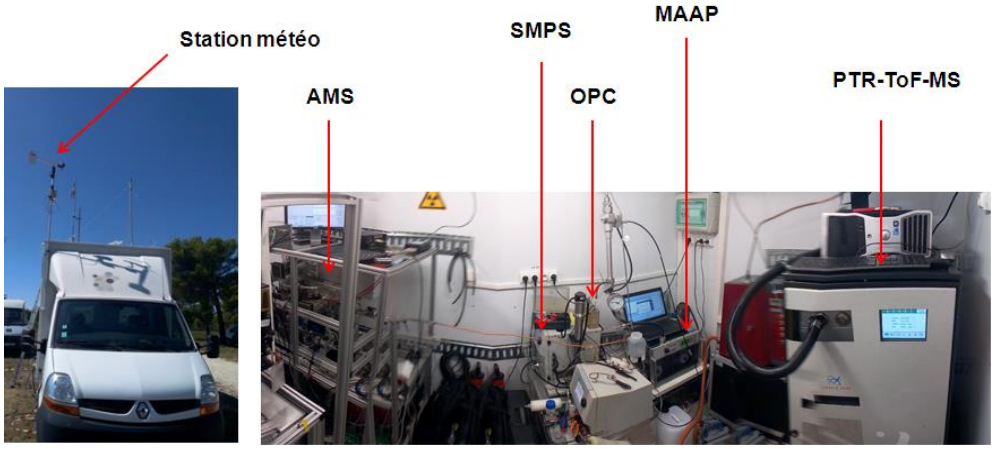


Figure 7: La plateforme Massalya équipée des instruments de mesure du LCE

3.4.3. Mesures réalisées

3.4.3.1. Mesure en ligne des particules - Nombre et granulométrie des particules :

Les mesures fournies par l'OPC montrent que les PM1 contribuent en très grande majorité au nombre de particules total relevé pendant la campagne (100% en nombre, 80% en masse). La granulométrie et le nombre total de particules PM1 mesurées avec le SMPS durant les cinq jours de la campagne sont représentés sur la Figure 8.

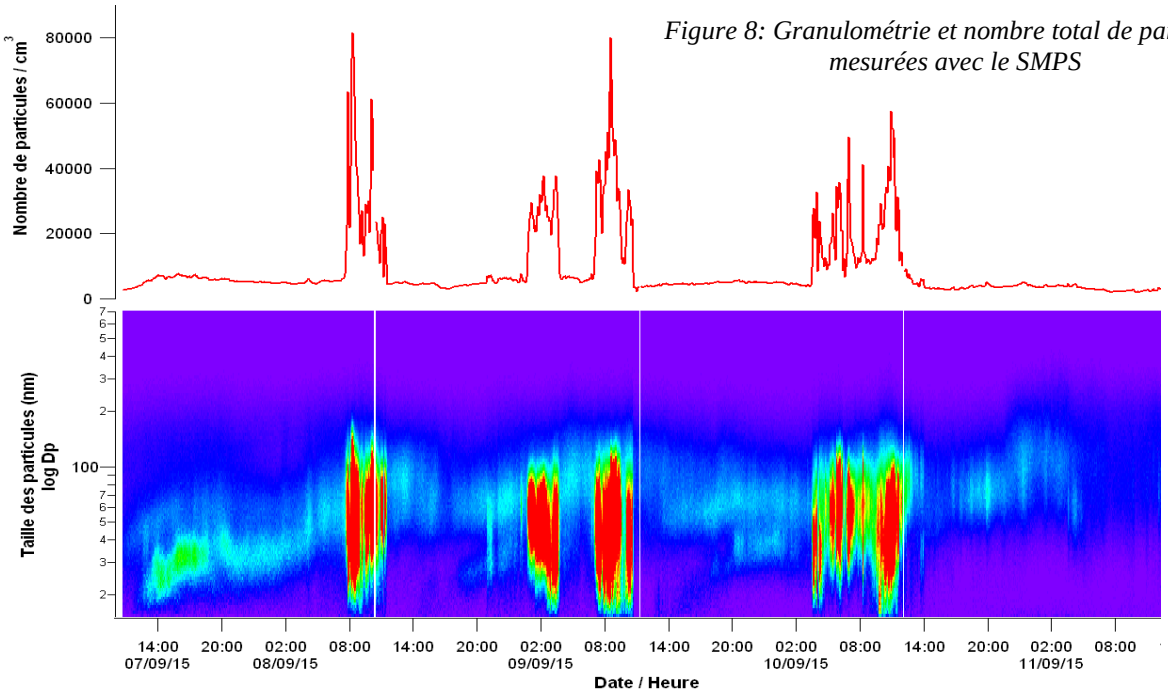
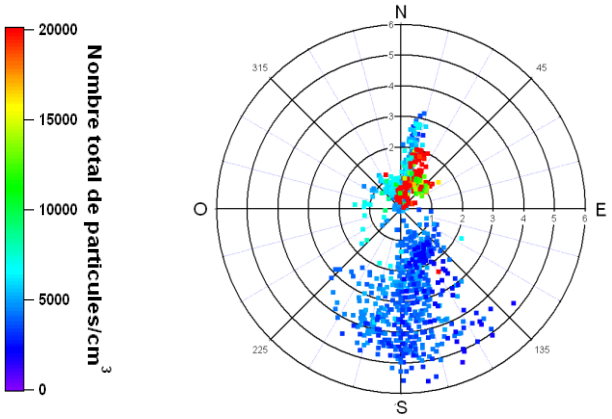


Figure 8: Granulométrie et nombre total de particules mesurées avec le SMPS

La semaine a été marquée par quatre épisodes de concentrations marquées en particules représentant le passage de panaches chargés en particules en provenance du site pétrochimique de TOTAL (direction NE – cf. rose de pollution Figure 10 pas bonne figure). La valeur maximale est relevée le 08/09/15 avec un nombre total en PM1 de 82b000 particules/cm^3. En dehors de ces épisodes, la valeur moyenne de fond mesurée était de 5 000 particules/cm^3. Les chutes soudaines qui sont observées correspondent à un changement de régime de vent (passage en brise de mer correspondant à une bascule d'un vent de nord en vent de sud).
Par ailleurs, les particules mesurées pendant ces quatre épisodes étaient très fines avec une granulométrie inférieure à 150 nm et un mode centré autour de 50 nm.

Figure 9: Rose de pollution en PM1

Axe radial : Vitesse du vent (m/s)
Angle : Direction du vent (°N)



3.4.3.2. Composition chimique des particules :

Les grandes fractions chimiques de l'aérosol PM1 sont représentées en concentrations massiques sur la Figure 10. Les quatre épisodes de pollution observés précédemment se retrouvent dans les mesures AMS et MAAP. Lors de ces épisodes, des quantités importantes d'aérosols soufrés très faiblement neutralisés au regard des quantités en ammonium ont été systématiquement relevées.

De plus, une augmentation de la concentration en nitrates a été observée la nuit du 11/09/2015. Les mesures SMPS et OPC indiquent qu'il s'agit de particules de granulométries comprises entre 200 et 400 nm et qu'elles ne sont pas suffisamment nombreuses pour impacter le nombre total de particules. Pendant cette période, la direction dominante du vent était l'orientation sud. L'origine de cet aérosol reste à définir mais les données relatives à la composition chimique et à la distribution granulométrique suggèrent qu'il s'agit d'un aérosol ancien puisqu'il a déjà subi des processus de vieillissement.

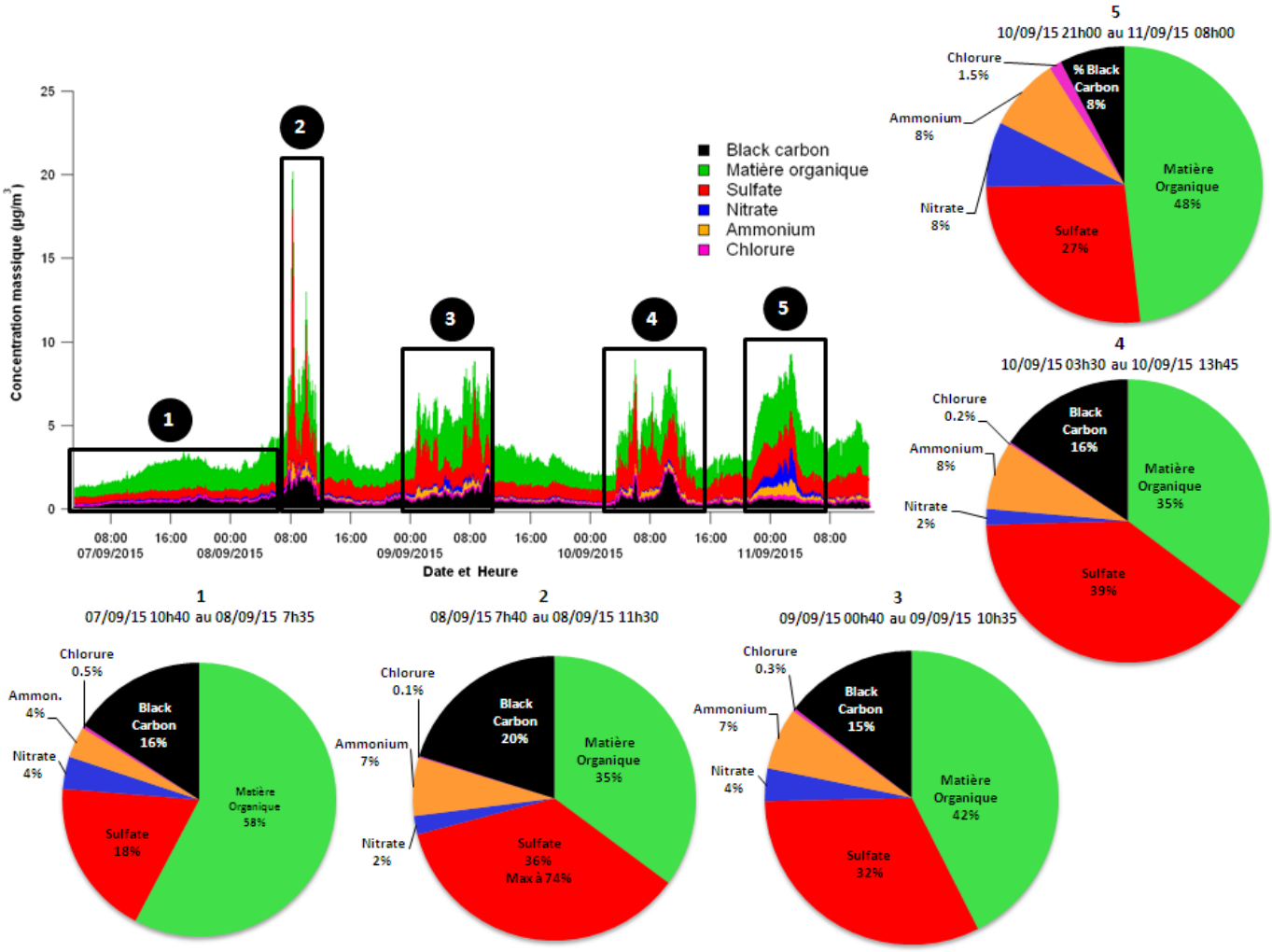


Figure 10: Les principales fractions chimiques de l'aérosol mesurées avec l'AMS et le MAAP

3.4.3.3. Mesure en ligne des COV :

Une cinquantaine de COV a été identifiée et quantifiée en temps réel avec le PTR-ToF-MS. Les familles chimiques représentées sont les hydrocarbures aliphatiques, les hydrocarbures aromatiques, les composés azotés, les composés oxygénés de type cétones, aldéhydes, acides carboxyliques, alcools… Quelques traces de composés soufrés ont également pu être détectées.

Le suivi temporel de certains COV représentatifs de chaque famille est donné sur la

Figure 11.
De même que pour les particules, des variations soudaines dans les concentrations de COV ont été enregistrées lors des changements de régime de vent. Les augmentations des concentrations en COV ont été observées lorsque les masses d'air étaient en provenance du nord-est. Avec ce régime de vent, des épisodes de concentrations élevées dont les teneurs sont 5 à 200 fois plus importantes que les teneurs moyennes de fond sont mesurées ponctuellement (facteur variable selon le composé et la période considérés). L'ensemble des familles chimiques est concerné par ces épisodes.

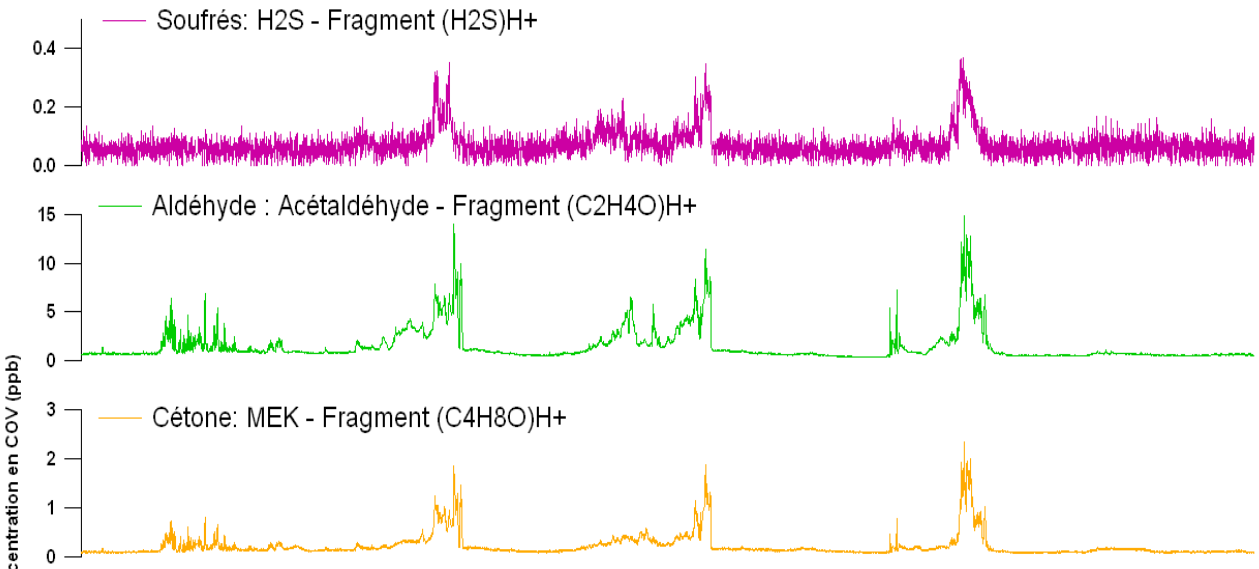


Figure 11: Suivi temporel de la concentration de cinq COV avec le PTR-MS

Figure 12: Localisation des sites d'Air PACA

Les instruments d'Air PACA ont fonctionné en continu pendant les cinq jours de la campagne (du lundi 07/09/2015 minuit au vendredi 11/09/2015 13h). Un récapitulatif du dispositif mis en place par Air PACA durant cette campagne est donné ci-dessous.

Mesure	Jours de fonctionnement	Fréquence	Sites de mesures
SO_2	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h30) avec des coupures maintenances	15 min	La Mède (43°23'58.56"N, 5° 6'48.13"E) STNA (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79 E) Les Ventrons (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79"E)
NO_2, NO, NOx	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h30) avec des coupures maintenances	15 min	La Mède (43°23'58.56"N, 5° 6'48.13"E) STNA (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79 E)
Station météo	07/09/15 (minuit) au 11/09/15 (13h30) avec des coupures maintenances	15 min	STNA (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79 E)
PM10	04/09/15 (minuit) au 11/09/15 (24h00)	15 min Filtre Jour Filtre Jour	La Mède (43°23'58.56"N, 5° 6'48.13"E) Les Ventrons (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79"E) STNA (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79 E)
PM2.5	07/09/15 (12h00) au 11/09/15 (12h00)	Filtre jour	La Mède (43°23'58.56"N, 5° 6'48.13"E) STNA (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79 E) Les Ventrons (43°23'12.59"N, 5° 5'10.79"E)

Quelques panaches de SO_2 sont enregistrés sur le site de la Mède, dans les après-midi du 09 et du 10 septembre. Les concentrations ne dépassent pas 80 µg/m^3/h. Les concentrations restent faibles en comparaison du seuil d'information et de recommandation (300 µg/m^3/heure). Les concentrations en SO_2 du site STNA sont logiquement bien corrélées avec les concentrations en sulfates issues de l'AMS sur ce même site (Figure 13: Evolution temporelle des concentrations en SO_2Figure 13).

Les concentrations en NO, NO_2 et NOx sont corrélées avec les épisodes de PM1 sous le vent de la raffinerie et avec les émissions du trafic routier provenant de l'autoroute à proximité de la raffinerie (Figure 8). Les concentrations enregistrées à La Mède et sur le site STNA ne dépassent pas 100 µg/m^3/h, elles sont en dessous du seuil d'information et de recommandation pour le NO_2 (200 µg/m^3/h). (Figure 14).

Une première comparaison SO_2 versus NOx pour les sites de la Mède et de STNA met en évidence un bon phasage temporel entre les augmentations de concentrations de SO_2 et de NOx pour le site STNA.
Ce phasage temporel entre ces 2 concentrations n'est plus vrai à la Mède. Les concentrations en SO_2 à la Mède sont plus fortes les après-midi du 9 et 10 septembre. Les concentrations en NOx à la Mède sont plus élevées le matin des 8, 9, 10 et 11 septembre. (Figure 15).

Les filtres prélevés en air ambiant (Air PACA et TOTAL LQA) ont tous été pesés par Air PACA (même balance). Les concentrations totales en particules (PM2.5) varient de 8 à 30 µg/m^3 en moyenne sur

24h. Un seul filtre dépasse le seuil annuel réglementaire de 25 µg/m^3 (site E TOTAL le 09/09) Une sélection de 18 filtres de 150 mm a été réalisée pour conduire des analyses chimiques complètes au LCE (filtres surlignés en jaune) (Figure 16). Les résultats doivent être fournis par le LCE (Laboratoire de Chimie de l'Environnement).

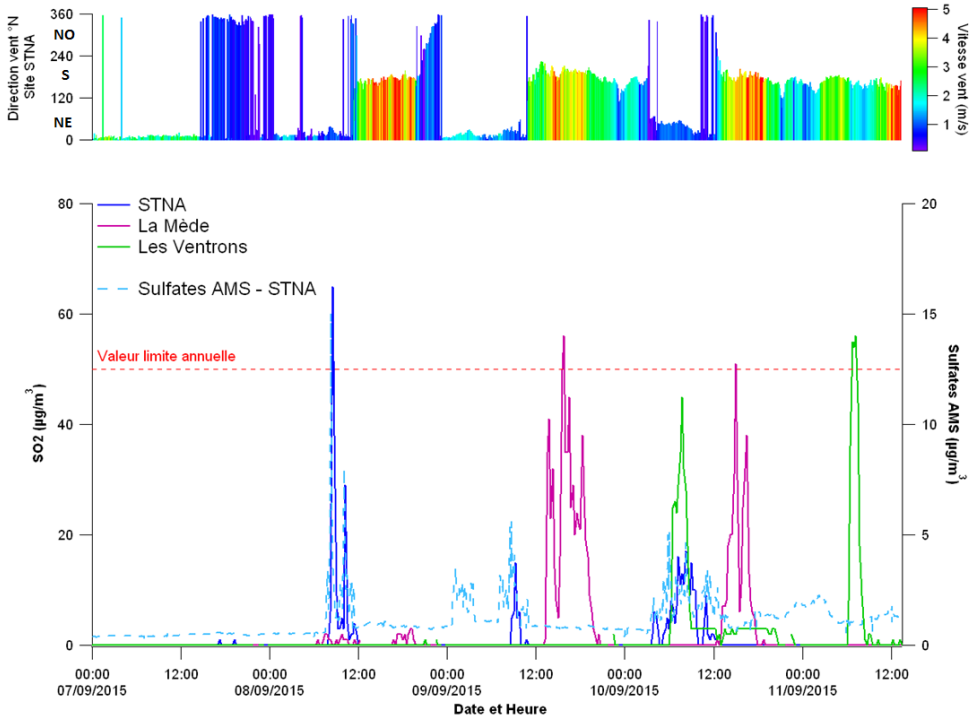


Figure 13: Evolution temporelle des concentrations en SO_2

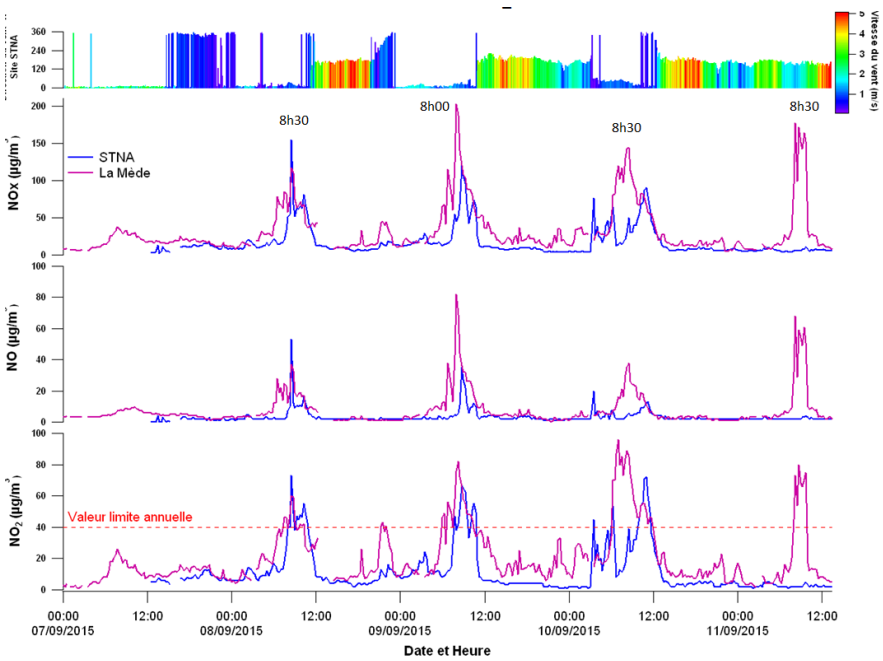


Figure 14: Evolution temporelle des concentrations en NO/NO_2/NOx

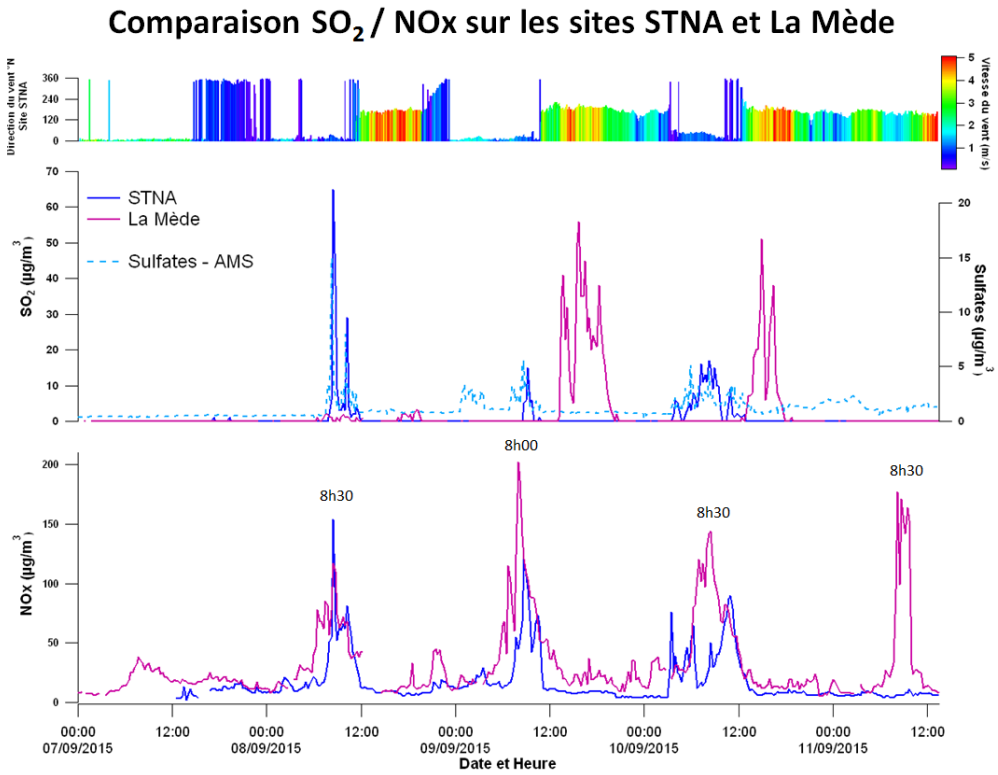


Figure 15: Comparaison SO_2/NOx sur les sites STNA et La Mède

Proposition de filtres à analyser (en jaune)

	Numérotation Labo	Numérotation Terrain	Localisation	Date de début de prélèvement	Date de fin de prélèvement	Volume (m^3)	Masse collectée (µg)	µg/m^3
TOTAL	3	TO-DGRC2-P-100915	DGRC2	10/9/15 09:11	11/9/15 09:57	745	11960	16.1
	4	TO-DGRC1-P-100915	DGRC1	10/9/15 10:34	11/9/15 09:37	691.5	5360	7.8
	5	TO-DGRC2-P-070915	DGRC2	7/9/15 17:28	8/9/15 11:08	533	13030	24.4
	6	TO-DGRC1-P-070915	DGRC1	7/9/15 16:08	8/9/15 10:48	563	7330	13.0
	7	TO-DGRC1-P-090915	DGRC1	9/9/15 09:54	10/9/15 10:27	735	9880	13.4
	8	TO-DGRC2-P-080915	DGRC2	8/9/15 11:12	9/9/15 10:53	710	15990	22.5
	9	TO-DGRC2-P090915	DGRC2	9/9/15 10:56	10/9/15 09:07	666	20160	30.3
	10	TO-DGRC1-080915	DGRC1	8/9/15 10:54	9/9/15 09:53	689.5	13110	19.0
Blancs	11	AP-02029-B-040915	La Mède	4/9/15 12:00		blanc	860	blanc
	12	AP-STNA-B-040915	STNA	4/9/15 12:00		blanc	620	blanc
	13	AP-STNA-B-040915	Les Ventrons	4/9/15 12:00		blanc	950	blanc
Air PACA	17	AP-02029-P-070915	La Mède	7/9/15 12:00	8/9/15 12:00	731	6120	8.4
	18	AP-02029-P-080915	La Mède	8/9/15 12:00	9/9/15 12:00	725	6640	9.2
	19	AP-02029-P-090915	La Mède	9/9/15 12:00	10/9/15 12:00	724	7530	10.4
	20	AP-02029-P-100915	La Mède	10/9/15 12:00	11/9/15 12:00	720	7270	10.1
	24	AP-STNA-P-070915	STNA	7/9/15 12:00	8/9/15 12:00	715	7660	10.7
	25	AP-STNA-P-080915	STNA	8/9/15 12:00	9/9/15 12:00	716	7800	10.9
	26	AP-STNA-P-090915	STNA	9/9/15 12:00	10/9/15 12:00	717	7000	9.8
	27	AP-STNA-P-100915	STNA	10/9/15 12:00	11/9/15 12:00	716	5640	7.9
	31	AP-02034-P-070915	Les Ventrons	7/9/15 12:00	8/9/15 12:00	727	6020	8.3
	32	AP-02034-P-080915	Les Ventrons	8/9/15 12:00	9/9/15 12:00	726	6270	8.6
	33	AP-02034-P-090915	Les Ventrons	9/9/15 12:00	10/9/15 12:00	726	7300	10.1
	34	AP-02034-P-100915	Les Ventrons	10/9/15 12:00	11/9/15 12:00	726	6120	8.4

Soit 18 filtres (+ 2 filtres TOTAL réf. RU1345 et RU1348)

Figure 16: Pesées et sélection des filtres pour analyses chimiques

3.5. Atelier 4 : Mesures en bordure du site des propriétés des aérosols

3.5.1. Synthèse

Objectif principal : Obtenir les propriétés des aérosols en bordure du site.

Responsable : TOTAL RC

Instruments déployés : PTRC (2 par site), DTRC

Grandeurs mesurées : Masse en PM2.5 (priorité 1), Masse en PM10 (priorité 2)

Echantillons prélevés : Récolte des filtres (1 par jour (moyenne 24h) au minimum)

Analyse des échantillons prélevés : Chaque échantillon sera analysé par le LCE et un laboratoire Partie de TOTAL (Micro polluant SA & LA). Les propriétés recherchées dans ces analyses sont listées en annexe.

Durée du déploiement : 4,5 jours ouvrés par campagne

Personnel impliqué pendant la mesure : 2

3.5.2. Descriptif des moyens déployés

3.5.2.1. Localisation sur le site

Les appareils sont déployés sur 4 localisations à raison d'une mesure PM10 (Partisol) et une mesure PM2.5 (Partisol ou Digitel) par site. Les emplacements retenus sont proches d'une précédente campagne interne TOTAL de juin 2007, et sont tous hors zone ATEX.

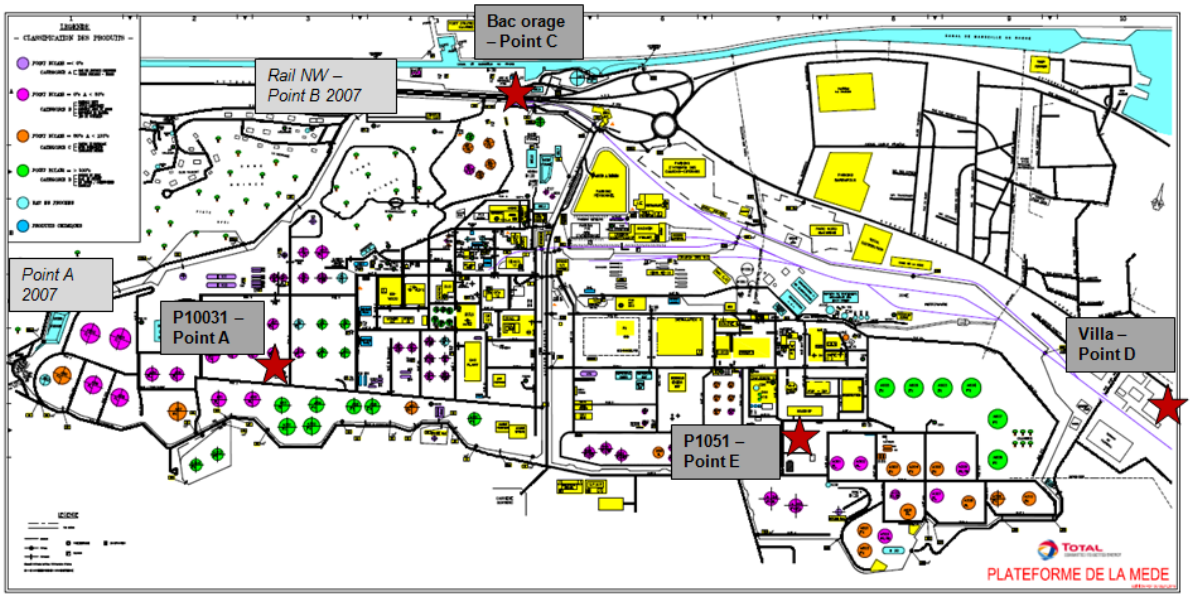


Figure 17 : implantation des préleveurs air ambiant autour de la raffinerie.

3.5.2.2. Caractéristiques des instruments déployés

Deux types de préleveurs seront utilisés :

- 6 systèmes PARTISOL préleveurs de petit débit (1 m^3/h) dont 4 équipés de tête de prélèvement PM10 et 2 de tête PM 2.5
- 2 systèmes DIGITEL (30 m^3/h) équipés de tête de prélèvement PM 2.5

Les pesées et la préparation des filtres sont réalisées par le laboratoire d'Air PACA et les analyses chimiques, par le LCE.

Figure 18: système de prélèvement Digitel (PM2.5) à gauche, et à droite Partisol(PM10)

3.5.3. Mesures réalisées

Calendrier de l'intervention

Semaine 36 : Installations des appareils
Semaine 37 : Prélèvement journalier du lundi au jeudi
Semaine 38 : Rangement

Résultats :

Les filtres prélevés en air ambiant (Air PACA et TOTAL LQA) ont tous été pesés par AIRPACA (même balance). Les concentrations totales en particules (PM2.5) varient de 4 à 15 µg/m^3 en moyenne sur 24h, bien en deçà du seuil annuel réglementaire de 25 µg/m^3. Une sélection des filtres de DIGITEL a été réalisée pour conduire des analyses chimiques complètes au LCE (filtres surlignés en jaune). Les résultats doivent être fournis par le LCE (Laboratoire de Chimie de l'Environnement).

Proposition de filtres à analyser (en jaune)

	Numérotation Labo	Numérotation Terrain	Localisation	Date de début de prélèvement	Date de fin de prélèvement	Volume (m^3)	Masse collectée (µg)	µg/m^3
TOTAL	3	TO-DGRC2-P-100915	DGRC2	10/9/15 09:11	11/9/15 09:57	745	11960	16.1
	4	TO-DGRC1-P-100915	DGRC1	10/9/15 10:34	11/9/15 09:37	691.5	5360	7.8
	5	TO-DGRC2-P-070915	DGRC2	7/9/15 17:28	8/9/15 11:08	533	13030	24.4
	6	TO-DGRC1-P-070915	DGRC1	7/9/15 16:08	8/9/15 10:48	563	7330	13.0
	7	TO-DGRC1-P-090915	DGRC1	9/9/15 09:54	10/9/15 10:27	735	9880	13.4
	8	TO-DGRC2-P-080915	DGRC2	8/9/15 11:12	9/9/15 10:53	710	15990	22.5
	9	TO-DGRC2-P090915	DGRC2	9/9/15 10:56	10/9/15 09:07	666	20160	30.3
	10	TO-DGRC1-080915	DGRC1	8/9/15 10:54	9/9/15 09:53	689.5	13110	19.0

Tableau 4 : prélèvement air ambiant de PM2.5.

3.6. Atelier 5 : Mesures atmosphériques

3.6.1. Synthèse

Objectif principal : Obtenir des informations météorologiques et de granulométrie PM2.5 dans les premières couches atmosphériques

Responsable : LA/CNRS

Instruments déployés : Ballon sonde + instruments

Grandeurs mesurées : Profils de vents, humidité, température et de granulométrie PM2.5.

Durée du déploiement : 1 semaine par campagne.

Personnel impliqué pendant la mesure : 2

Localisation sur le site : Localisation sur la Plaine (zone d'écurie). A compléter.
Contraintes et Risques :
Le LA/CNRS va contacter la DGAC pour avoir l'autorisation de positionner le ballon.

3.6.2. Descriptif des moyens déployés

3.6.2.1. Localisation de l'atelier

Le ballon captif a été déployé sur le parking du centre équestre AECB à la localisation GPS 43.367°N / 5.071°S sur la commune de Martigues. L'autorisation de vol a fait l'objet d'un accord de la préfecture des Bouches du Rhône et d'un protocole de vol rédigé par le centre militaire de Contrôle de la base militaire d'Istres qui supervise ce secteur aérien. Les possibilités de vol ont été limitées à 300 m sol tous les jours entre 8:00 et 12:00 LT. La figure 4.6.1 présente la situation topographique. Le site est situé au sud-ouest de la raffinerie à environ 3 km dans la plaine. Ce site est idéalement implanté pour échantillonner le transport des masses d'air sous le vent de la raffinerie lors des brises matinales de secteur nord, comme on a pu le rencontrer durant la première campagne.

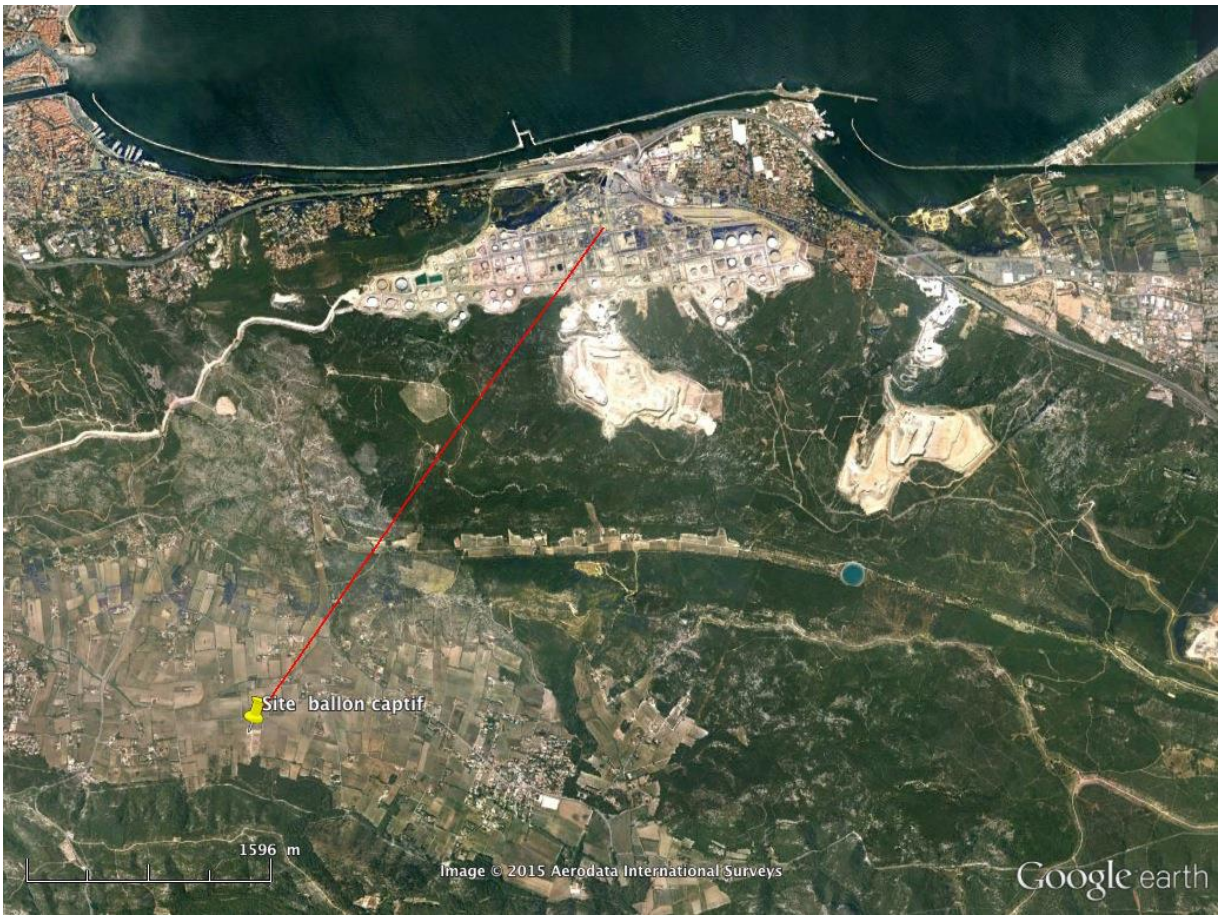


Figure 19 : Position du site ballon captif

3.6.2.2. Caractéristiques des instruments

Le ballon captif est un ballon de 7m^3 de type Vaisala TTB327 d'un emport maximal de 3.6 kg au niveau de la mer. Il est relié à un treuil électrique par une ligne de vie de 1000 m maximale. La figure 4.6.2 montre le ballon en opération sur le site de Martigues.
Le ballon est équipé avec des sondes Vaisala TTS111 qui permettent la mesure de la pression, température, intensité et direction du vent. Le ballon peut accueillir 5 sondes au maximum. Le ballon a également été instrumenté avec un compteur optique de particules LOAC (light optical aerosol counter) de MeteoModem. Ce compteur à la possibilité de mesurer la granulométrie des particules dans 19 classes de taille entre 0.2 et 50 µm.

Figure 20 : Ballon captif Vaisala TTB327 au niveau du sol.

3.6.3. Mesures réalisées

Le ballon a été opéré tous les jours entre 8:00 et 12:00 du 7 au 11 septembre 2015. Lors du premier vol, le LOAC a été victime d'une panne bloquant son acquisition. L'instrument n'a pu être réparé qu'à l'issu de la campagne. La provision d'une nouvelle unité a été effectuée au laboratoire pour la campagne hivernale. La figure 4.6.3 montre un exemple des mesures météorologiques acquises durant le 8 sept. 2015 à 3 altitudes différentes : au sol, à 150 m et à 300 m.

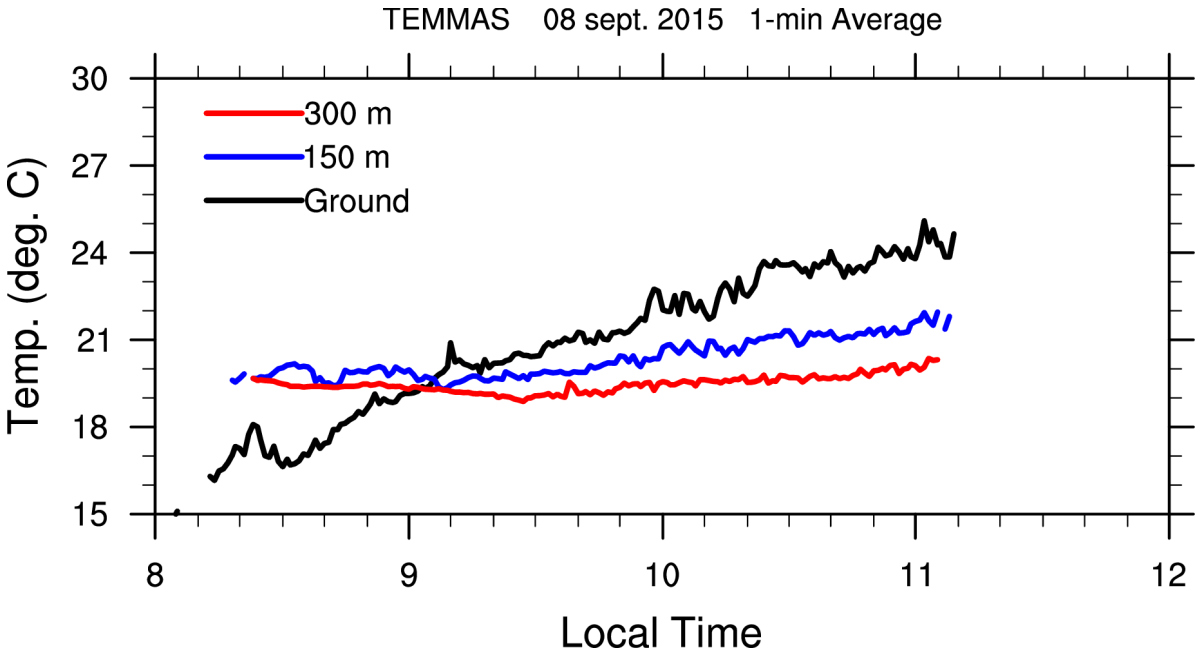


Figure 21 : Série temporelle pour le mardi 8 Septembre au sol, à 150m et 300m d'altitude de la température atmosphérique

3.7. Atelier 6 : Mesures aéroportées

3.7.1. Synthèse

Objectif principal : Cartographier les spectres optiques des panaches

Responsable : L'ONERA

Durée du déploiement : Nominalement, 2 séquences de vols sont prévus par instrument durant la semaine de campagne

Instruments déployés : Caméra hyperspectrale 0.4-2.5µm à bord du Piper Astec de SAFIRE

Grandeurs mesurées : Luminance spectrale du panache

Contraintes et Risques :
Les conditions météos doivent être favorables pour assurer les mesures aéroportées : ciel clair.

3.7.2. Caractéristiques des capteurs aéroportés embarqués

Les capteurs proposés sont les deux caméras hyperspectrales HySpex VNIR et SWIR et la caméra panchromatique CamV2 haute résolution. L'ensemble constitué des capteurs, d'une centrale inertielle, du laboratoire dédié à leur étalonnage et des logiciels de correction, constitue une plateforme appelé PELICAN-HYPER (Plateforme d'Etalonnage et Logiciels dédiés à l'Imagerie de Caméras Aéroportées Numériques HYPERspectrales).

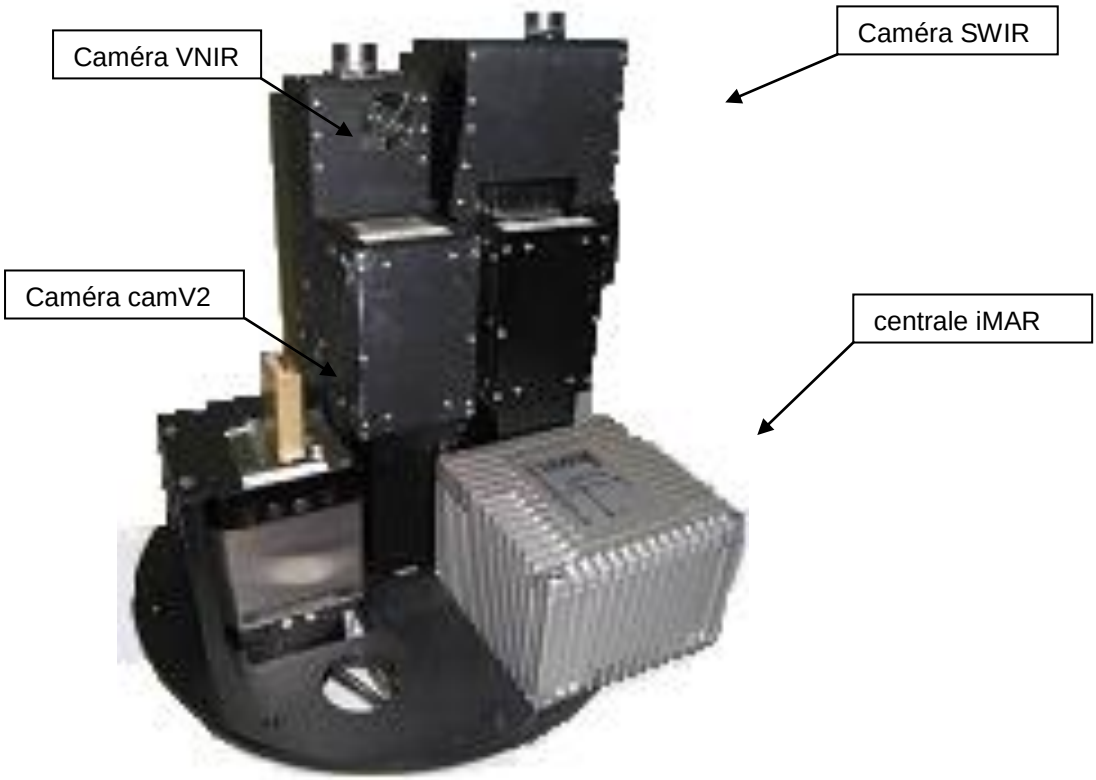


Figure 22 : Capteurs PELICAN-HYPER sur une plaque d'interface

Les principales caractéristiques des capteurs sont décrites dans le tableau suivant.

Tableau 5: Caractéristiques des capteurs de PELICAN-HYPER

Caractéristiques	HySpex VNIR	Hyspex VNIR + Fov exp	HySpex SWIR	CamV2
Type d'acquisition	Push-broom	Push-broom	Push-broom	Snapshot
Nombre de pixels	1600	1600	320	7256 × 5462
Champ de vue	17°	34°	14°	27°
Intervalle spectral	0,4-1 µm	0,4-1 µm	1-2,5 µm	0,4-0,8 µm
Nombre de bandes spectrales	160	160	256	Panchro
Largeur de bandes	3,7 nm	3,7 nm	6 nm	400 nm
Pas au sol (@ 2667m) perpendiculaire au sens du vol	0,50 m	1,00 m	2,00 m	0,17 m
Pas au sol (@ 2667m) parallèle au sens du vol	1,00 m	2,00 m	2,00 m	0,17 m
Fauchée à 2667m (hauteur/sol)	800 m	1600 m	640m	1280 m

L'objectif permettant de multiplier le champ de vue par deux (FOV-expander) est utilisé dans le cas particulier où le porteur vole à une vitesse trop importante par rapport à l'altitude requise pour un GSD fixé ou contrainte par le plan de vol. Cet objectif est également intéressant pour des prises de vue avec la caméra VNIR seule sur de grande zone puisqu' 'il permet de réduire le nombre de ligne de vol et réduire la durée d'acquisition.

Afin d'être conforme aux niveaux généralement établis pour les images en télédétection nous avons retenus les définitions des niveaux ci-dessous pour les images hyperspectrales :

Tableau 6: Définition des niveaux des images

Niveaux	Appellation	Unité	Description
Niveau 0	*Image brute*	*Compte numérique*	*Images brutes avec header ENVI et données de navigation (non livrables)*
Niveau 1	*Image en luminance*	*W/m2/sr/µm*	*Images dont la valeur de chaque pixel est exprimée en unité de luminance (éventuellement à un facteur multiplicatif prés si préciser.)*
Niveau 1a	Image Panchro, VNIR ou SWIR en luminance	W/m2/sr/µm	Images contenant des informations spectrales après correction radiométrique gain et offset et prise en compte d'un éventuel hublot et disposant d'un fichier de localisation des pixels établi à partir des données de navigation et du modèle d'élévation (par défaut SRTM30).
Niveau 1b	Ortho-image VNIR ou SWIR en luminance	W/m2/sr/µm	ré-échantillonnage d'une image 1a suivant le fichier de localisation défini dans le niveau 1a. Le ré-échantillonnage est réalisé par défaut en mode bilinéaire et dans le référentiel WGS84 avec la projection UTM.
Niveau 2	*Image en réflectance*	*Sans unité*	*Images dont la valeur de chaque pixel est corrigée des effets atmosphériques et d'éclairement solaire (en % éventuellement à un facteur multiplicatif prés si préciser.)*
Niveau 2a	Image VNIR ou SWIR en réflectance	Sans unité	Correction atmosphérique d'une image 1a.
Niveau 2b	Ortho-image VNIR ou SWIR en réflectance	Sans unité	ré-échantillonnage d'une image 2a suivant le fichier de localisation défini dans le niveau 1a. Le ré-échantillonnage est réalisé par défaut en mode bilinéaire et dans le référentiel WGS84 avec la projection UTM.

Les images Panchromatiques ne sont actuellement proposées qu'au niveau 1a sans fichier de localisation des pixels.

Les images sont livrées dans un format binaire accompagné d'un fichier header de type ENVI qui défini leur taille, le type de données et leur codage.

Montage dans le Piper

Le Piper Aztec n'est pas pressurisé. La visée s'effectue directement sans passer à travers un hublot. La trappe photographique mise à la disposition de l'instrumentation est celle qui se trouve à l'arrière de l'avion. Cette trappe est très exiguë et aucun élément ne doit dépasser de "la peau" de l'avion.
Un montage compact des caméras sur une plaque d'assemble permet de se placer dans les différents porteurs en changeant uniquement l'interface entre la plaque et le porteur.
Cette interface mécanique présente des dimensions rigoureusement identiques à celle de la trappe photo du PA23. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente le support avec ses imageurs en cours de montage dans la trappe du Piper Aztec (les vis ne sont pas toutes présentes).
La découpe laisse entrevoir les optiques des 3 caméras. Les deux ouvertures rectangulaires sont adaptées au champ de vue des deux caméras hyperspectrales placées légèrement en retrait.
L'objectif de la caméra CamV2 vient affleurer le plan de la trappe.

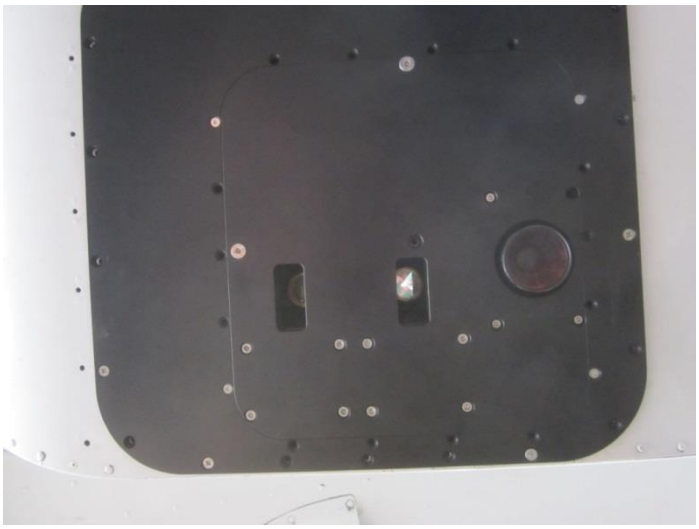


Figure 23 : les imageurs à THR spatiale et spectrale de Pelican-hyper vus sous le Piper Aztec.

Dans le Piper Aztec, seul un opérateur peut être embarqué à côté de la baie.
Les éléments de contrôle des caméras et des servitudes sont intégrés dans la seule baie du Piper placée derrière le pilote. Elle est au standard 19" et d'une hauteur largement dimensionnée pour recevoir l'instrumentation de Pelican-hyper.
Un switch clavier-écran-souris a été ajouté pour assurer ici la gestion des 3 caméras par un seul opérateur. Il permet de basculer entre les caméras à très haute résolution spectrale et celle à très haute résolution spatiale pour les paramétrer et déclencher les acquisitions.

Figure 24 : Baie de contrôle des imageurs Pelican-hyper

3.7.3. Mesures réalisées

Il a été décidé de réaliser 3 ou 4 survols de la raffinerie de La Mède par jour avec comme horaires, 7h30, 9h30, 11h30 et 13h30 TU. Chaque survol suivra les lignes de vol correspondant au vent pour pouvoir suivre les panaches. La ligne centrale NE sur laquelle se situe les instruments et mesures au sol sera acquise systématiquement.

Vol n° 1 du 7/9/2015

Décollage de Francazal et arrivée sur zone vers 7h40 TU. L'altitude et la vitesse avion sont prévues pour des pixels VNIR, SWIR et PAN respectivement de 2m, 2m et 25 cm. Au démarrage le vent est un mistral léger : nous décidons donc de suivre les lignes Mistral ainsi que la ligne de vol centrale (L2) NE prioritaire que nous ferons systématiquement à chaque vol. La météo est très favorable avec un grand ciel bleu sans cirrus. Pour gagner du temps de vol, comme les hippodromes sont plus longs que prévus, la vitesse avion est augmentée de 120 knots à 138 knots.

Tableau 7 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-1a_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	LAMEDE-1a_1 à 16	LMNE2	Axe NE navigation NOK	2015-09-07T074414	160	2688
lamede-1a_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	Axe NE navigation NOK	2015-09-07T074414	256	1343
lamede-1a_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	2-17 - 38	LMNE2	OK	2015-09-07T075523	160	3818
lamede-1a_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK	2015-09-07T075523	256	1908
lamede-1a_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	3-39-53	LMMI1	OK mais mauvaise vitesse initiale	2015-09-07T080620	160	2340
lamede-1a_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI1	OK mais mauvaise vitesse initiale	2015-09-07T080620	256	1170
lamede-1a_04_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	4-54-70	LMMI2		2015-09-07T081611	160	4089
lamede-1a_04_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI2		2015-09-07T081611	256	2044
lamede-1a_05_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	5-71-89	LMMI3		2015-09-07T082707	160	3851
lamede-1a_05_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI3		2015-09-07T082707	256	1925
lamede-1a_06_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	6-90-108	LMNE2	OK démarrage un peu tôt	2015-09-07T084017	160	4482
lamede-1a_06_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	démarrage un peu tôt. Sat sur batime	2015-09-07T084017	256	2241

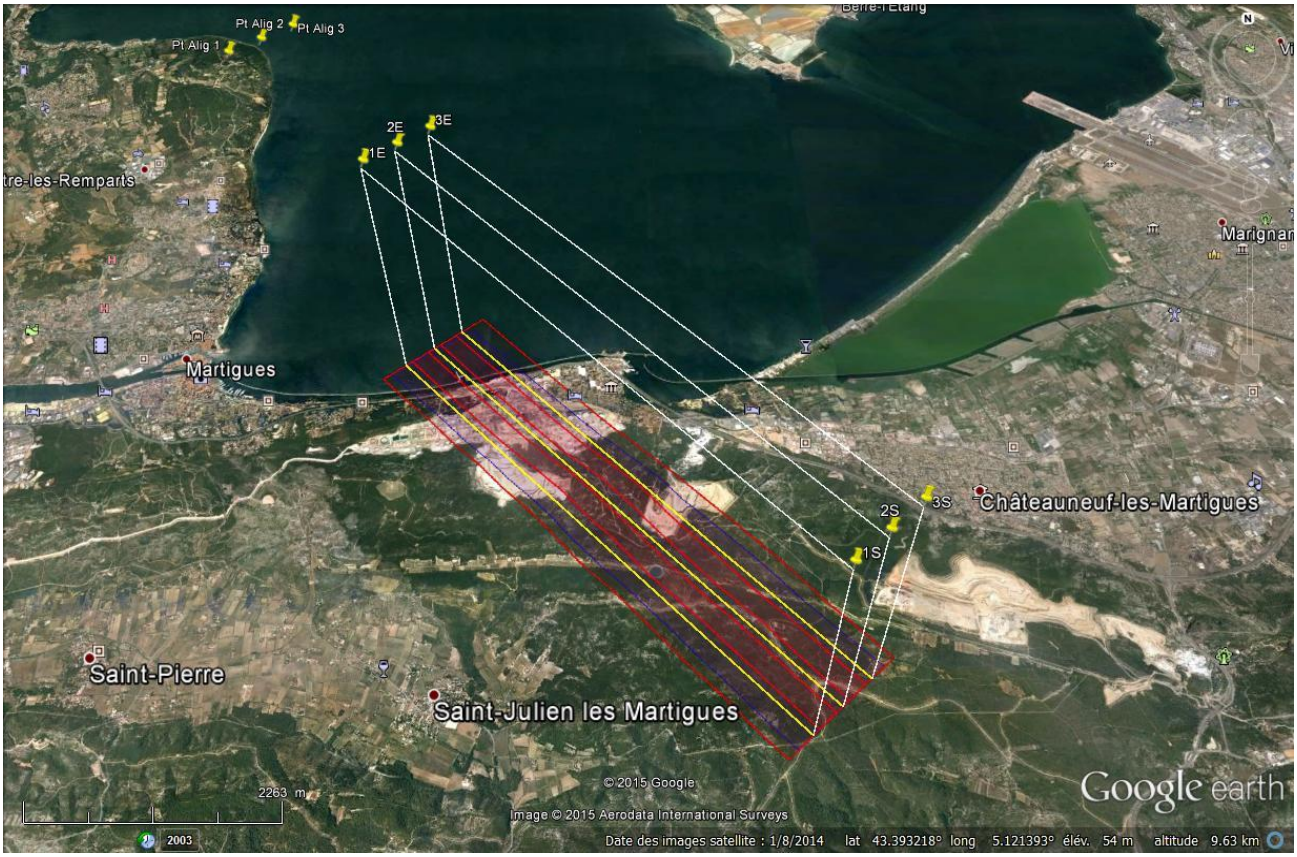


Figure 25 : Lignes de Vol La Mède – Mistral (LMMI)

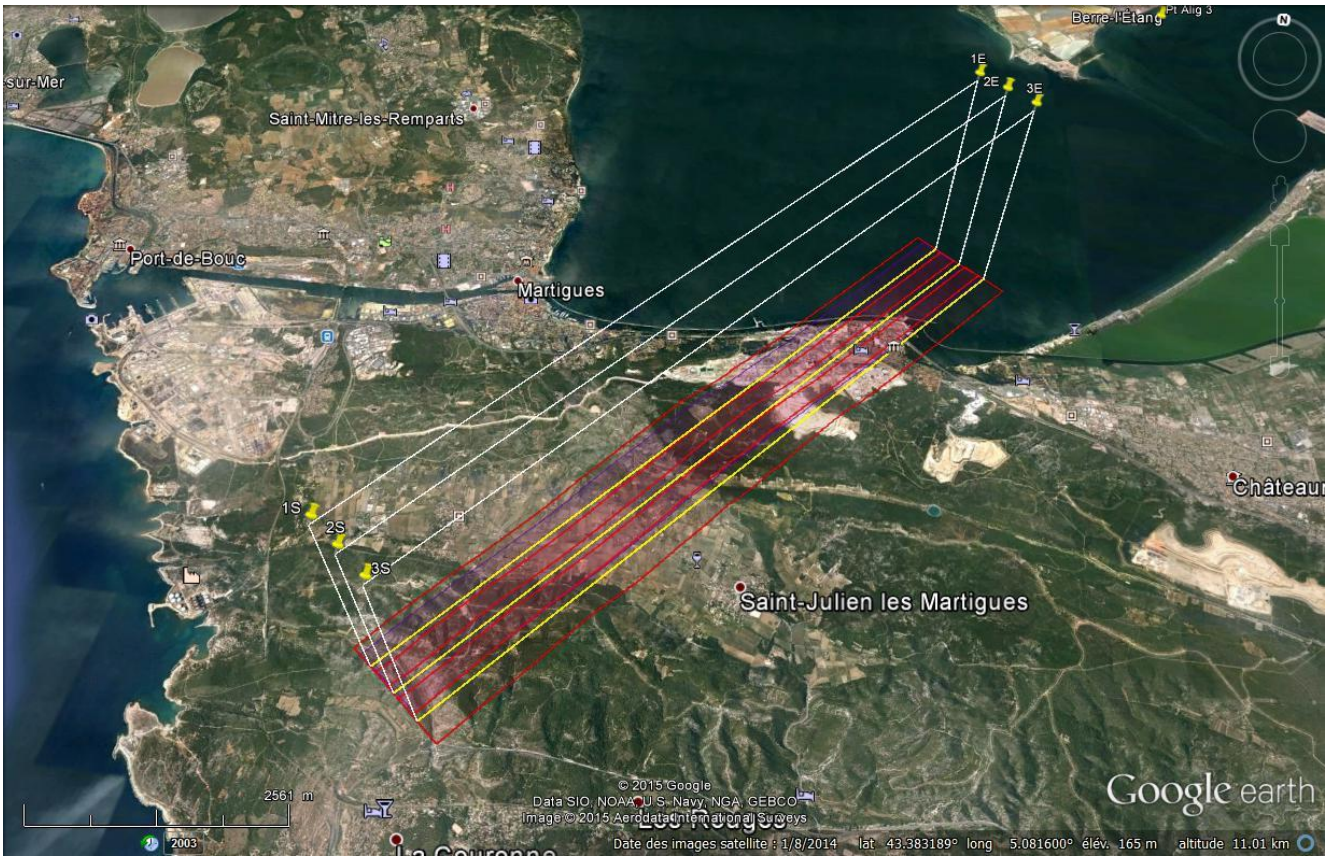


Figure 26 : Lignes de vol La Mède Nord-Est (LMNE). La ligne de vol centrale est prioritaire.

Vol n° 2 du 7/9/2015

Décollage d'Aix-en-Provence pour le deuxième créneau horaire de la journée. Rien à signaler sauf un problème de plantage du PC nécessitant un démarrage d'une nouvelle session en cours de vol. Les lignes de vol sont toujours NE et Mistral.

Tableau 8 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	lb bande	lb ligne
lamede-1b_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	Lamede-1b_1 à 18	LMNE2	OK sat sur batiments	2015-09-07T094919	160	4313
lamede-1b_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK sat sur batiments	2015-09-07T094919	256	2156
lamede-1b_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	2-19-33	LMMI1	OK sat sur carrière	2015-09-07T095917	160	3117
lamede-1b_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI1	OK sat sur carrière	2015-09-07T095917	256	1558
lamede-1b_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	3-34-45	LMMI2	OK début tardif	2015-09-07T100755	160	2747
lamede-1b_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI2	OK début tardif	2015-09-07T100755	256	1373
lamede-1c_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	5-51-65	LMMI3	OK	2015-09-07T102525	160	3397
lamede-1c_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI3	OK	2015-09-07T102525	256	1698
lamede-1c_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	6-66-84	LMNE2	OK	2015-09-07T103532	160	4540
lamede-1c_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK	2015-09-07T103532	256	2270

Vol n° 3 du 7/9/2015

Acquisition image correcte mais perte des informations de la centrale inertielle malgré plusieurs essais de redémarrage. Les lignes de vol sont toujours NE et Mistral.

Tableau 9 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-1d_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	Lamede-1D-1 à 37	LMNE2	IMU OK ?	2015-09-07T122216	160	4710
lamede-1d_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	IMU OK ?	2015-09-07T122216	256	2355
lamede-1e_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	2-38-69	LMMI1		2015-09-07T123015	160	3168
lamede-1e_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI1		2015-09-07T123015	256	1584
lamede-1e_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	non	LMMI2	CamV2 non démarrée	2015-09-07T123849	160	3406
lamede-1e_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI2		2015-09-07T123849	256	1703
lamede-1e_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	3-70-90	LMMI3		2015-09-07T124656	160	3407
lamede-1e_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI3		2015-09-07T124656	256	1703
lamede-1e_04_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	4-91-108	LMNE2		2015-09-07T125624	160	4540
lamede-1e_04_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2		2015-09-07T125624	256	2269

Vol n° 4 du 7/9/2015

Dernier vol de la journée du 7 septembre arrêté car la centrale ne redémarre toujours pas.
Sur le trajet du retour un arrêt complet du matériel et un redémarrage permet de retrouver un fonctionnement normal de la centrale. Il semble que cela soit dû à un conflit entre le trackball et la centrale.

Tableau 10 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-1f_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	5-109-124	LMMI2	Pb IMU on arréte les acq	2015-09-07T140444	160	3230
lamede-1f_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMMI2	Pb IMU on arréte les acq	2015-09-07T140444	256	1614

Vol n° 5 du 8/9/2015

Décollage de Francazal vers 6h30 TU. Le vol est prévu avec vent d'est changeant au secteur SE. La présence de cirrus dès le début de la journée se renforcera en cours de journée. Les lignes de vol seront donc la ligne centrale NE et les 3 lignes La Mède-EST.
Un conflit de port communication entre le trackball et IMU entraine toujours des problèmes sur le fonctionnement de la centrale. Après plusieurs initialisations la centrale remarche correctement.

Tableau 11 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-2a_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	Lamede-2-1 à 21	LMNE2	présence de cirrus (7h45)	2015-09-08T074718	160	4898
lamede-2a_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2		2015-09-08T074718	256	2449
lamede-2a_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	2-22-34	LMEST1	OK début tardif	2015-09-08T075510	160	3072
lamede-2a_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMEST1	OK début tardif	2015-09-08T075510	256	1536
lamede-2a_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	3-35-xx	LMEST2	OK	2015-09-08T080408	160	3980
lamede-2a_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMEST2	OK	2015-09-08T080408	256	1990
lamede-2a_04_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	4-xx-68	LMEST3	OK	2015-09-08T081330	160	3945
lamede-2a_04_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMEST3	OK	2015-09-08T081330	256	1972
lamede-2a_05_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	5-69-87	LMNE2	OK	2015-09-08T082131	160	4560
lamede-2a_05_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK	2015-09-08T082131	256	2280

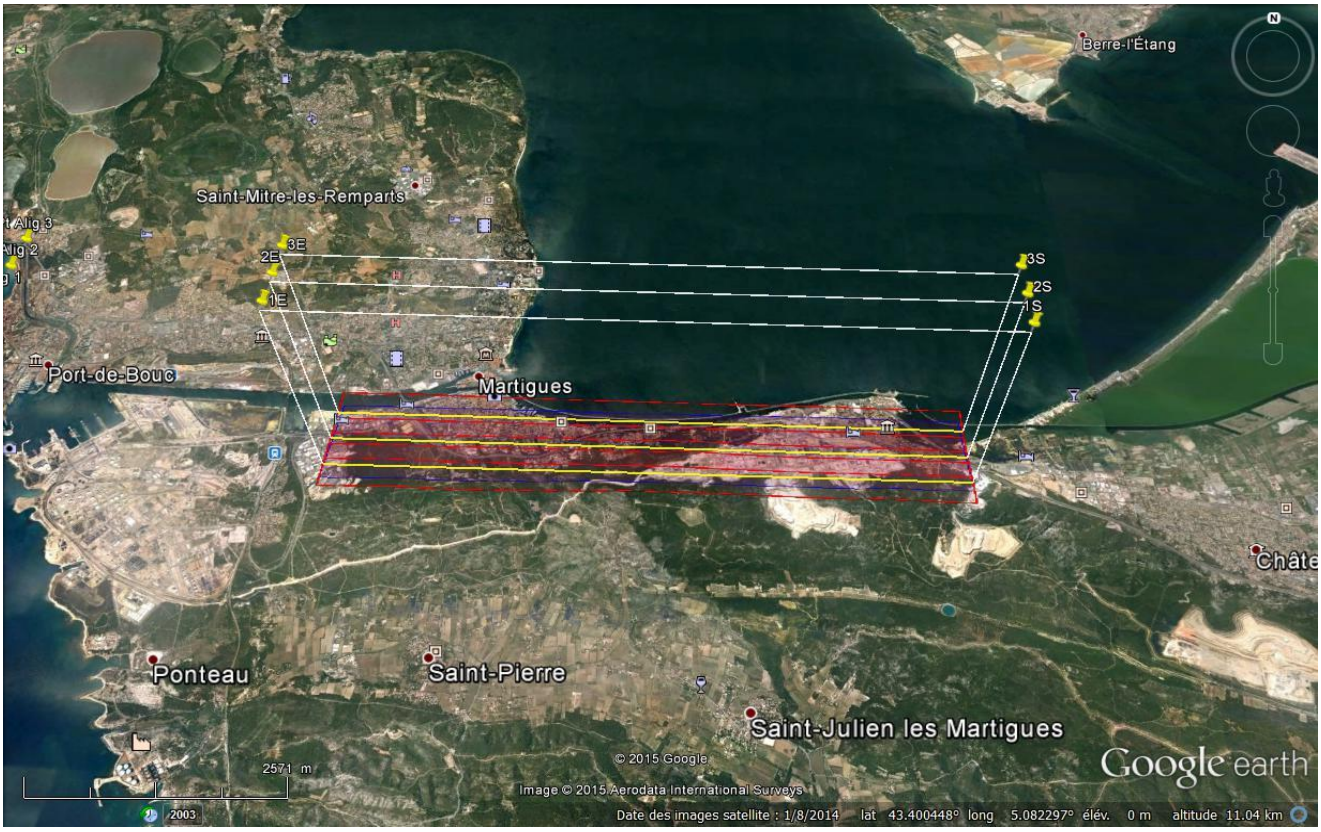


Figure 27 : Lignes de vol La Mède Est (LMEST)

Vol n° 6 du 8/9/2015

Bon fonctionnement de la chaine d'acquisition mais présence d'un voile nuageux. Le vent a tourné en SE, nous suivons donc les lignes La Mède SE.

Tableau 12 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-2c_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	11-168-186	LMNE2	OK	2015-09-08T115129	160	4700
lamede-2c_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK	2015-09-08T115129	256	2350
lamede-2c_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	12-187-xxx	LMSE1	Ok pb lancement début d'axe	2015-09-08T120107	160	2749
lamede-2c_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE1	Ok pb lancement début d'axe	2015-09-08T120107	256	1374
lamede-2c_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	13-xxx-210	LMSE2	pb perte controle trackball	2015-09-08T120832	160	2456
lamede-2c_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE2	pb perte controle trackball	2015-09-08T120832	256	1228
lamede-2c_04_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	14-xxx-xxx	LMSE3	OK	2015-09-08T121601	160	3321
lamede-2c_04_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE3	OK	2015-09-08T121601	256	1660
lamede-2c_05_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	15-xxx-243	LMNE2	OK	2015-09-08T122315	160	3998
lamede-2c_05_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	OK	2015-09-08T122315	256	1999

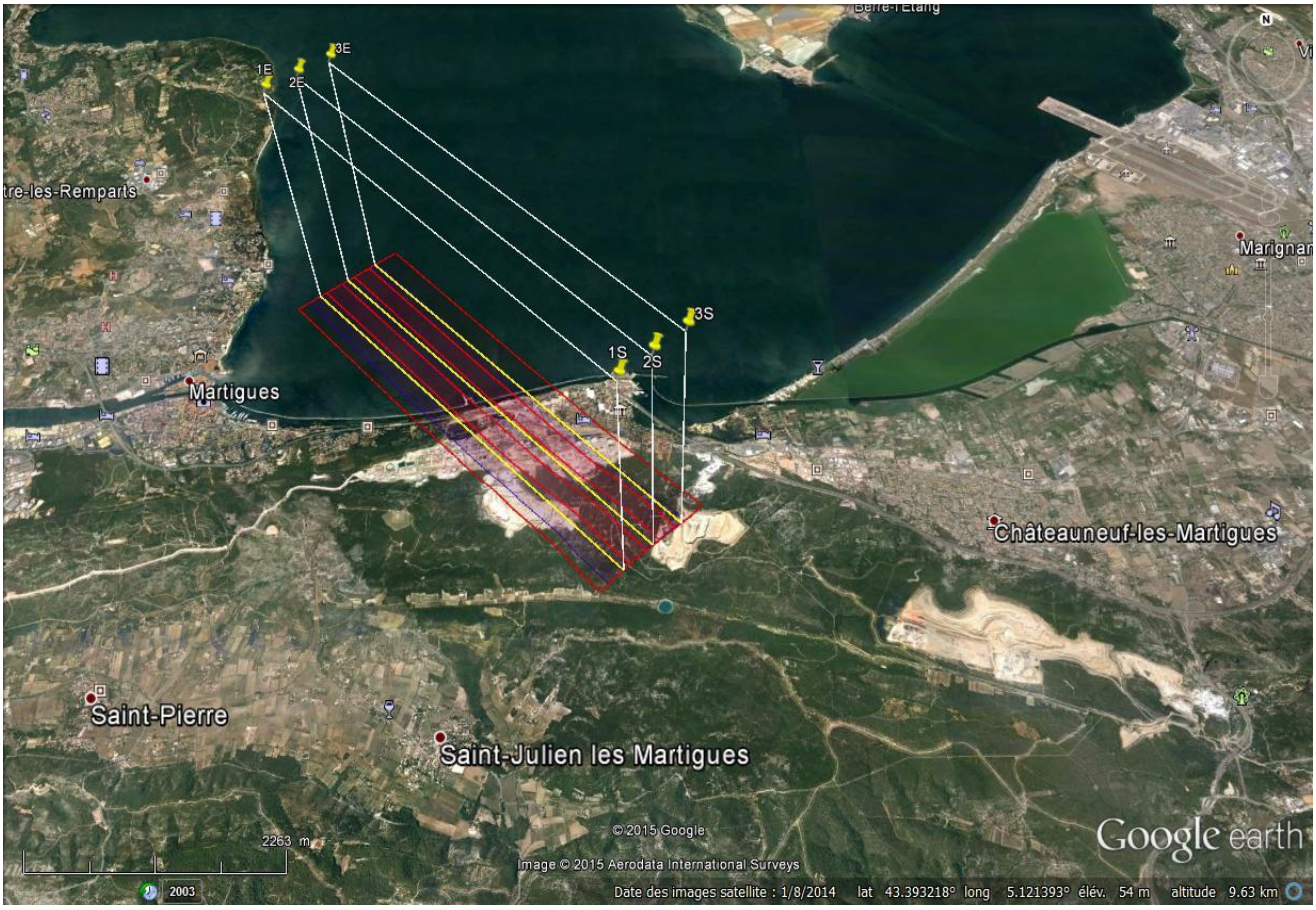


Figure 28 : Lignes de vol La Mède Sud-Est (LMSE)

Vol n° 7 du 8/9/2015

Il y a beaucoup de nuages autour du site et un voile nuageux sur le site. La radiométrie est donc incertaine mais relativement stable.

Tableau 13 : Liste des images acquises

Nom image brute HYPER	PANCHRO	AXE	commentaire image	Date et heure	Nb bandes	Nb lignes
lamede-2b_01_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	6-88-109	LMNE2		2015-09-08T094040	160	4882
lamede-2b_01_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	Un peu de saturation	2015-09-08T094040	256	2441
lamede-2b_02_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	7-110-122	LMSE1	nuages plus épais	2015-09-08T094930	160	3214
lamede-2b_02_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE1	nuages plus épais	2015-09-08T094930	256	1606
lamede-2b_03_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	8-123-135	LMSE2	voile nuageux	2015-09-08T095811	160	3008
lamede-2b_03_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE2	voile nuageux	2015-09-08T095811	256	1503
lamede-2b_04_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	9-136-148	LMSE3	voile nuageux	2015-09-08T100546	160	2957
lamede-2b_04_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMSE3	voile nuageux	2015-09-08T100546	256	1478
lamede-2b_05_VNIR_1600_SN0012_FOVx2_raw.hyspex	10-149-167	LMNE2	voile nuageux	2015-09-08T101655	160	4696
lamede-2b_05_SWIR_320m_SN3502_raw.hyspex		LMNE2	voile nuageux	2015-09-08T101655	256	2348

Exemples d'images obtenues (mosaïque quick look de basse qualité radiométrique et géométrique)

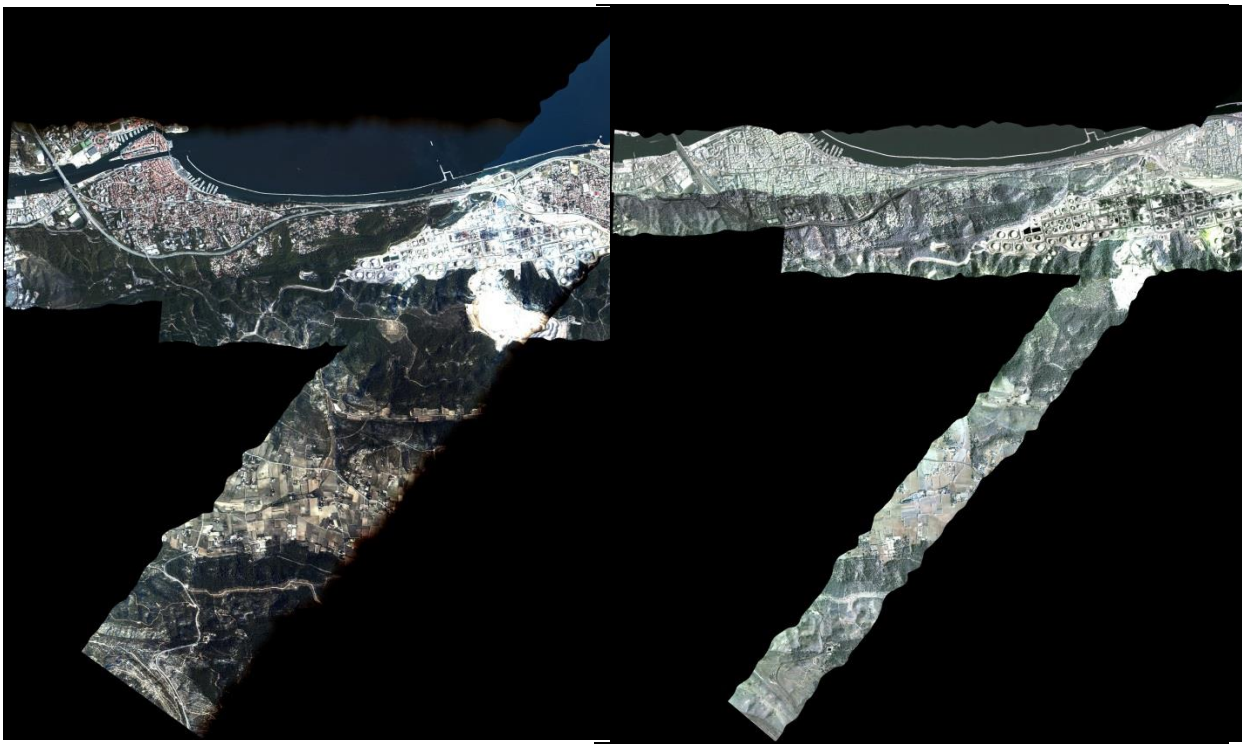


Figure 29 : Mosaïque VNIR et SWIR Lignes de vol EST et NE (quick look)

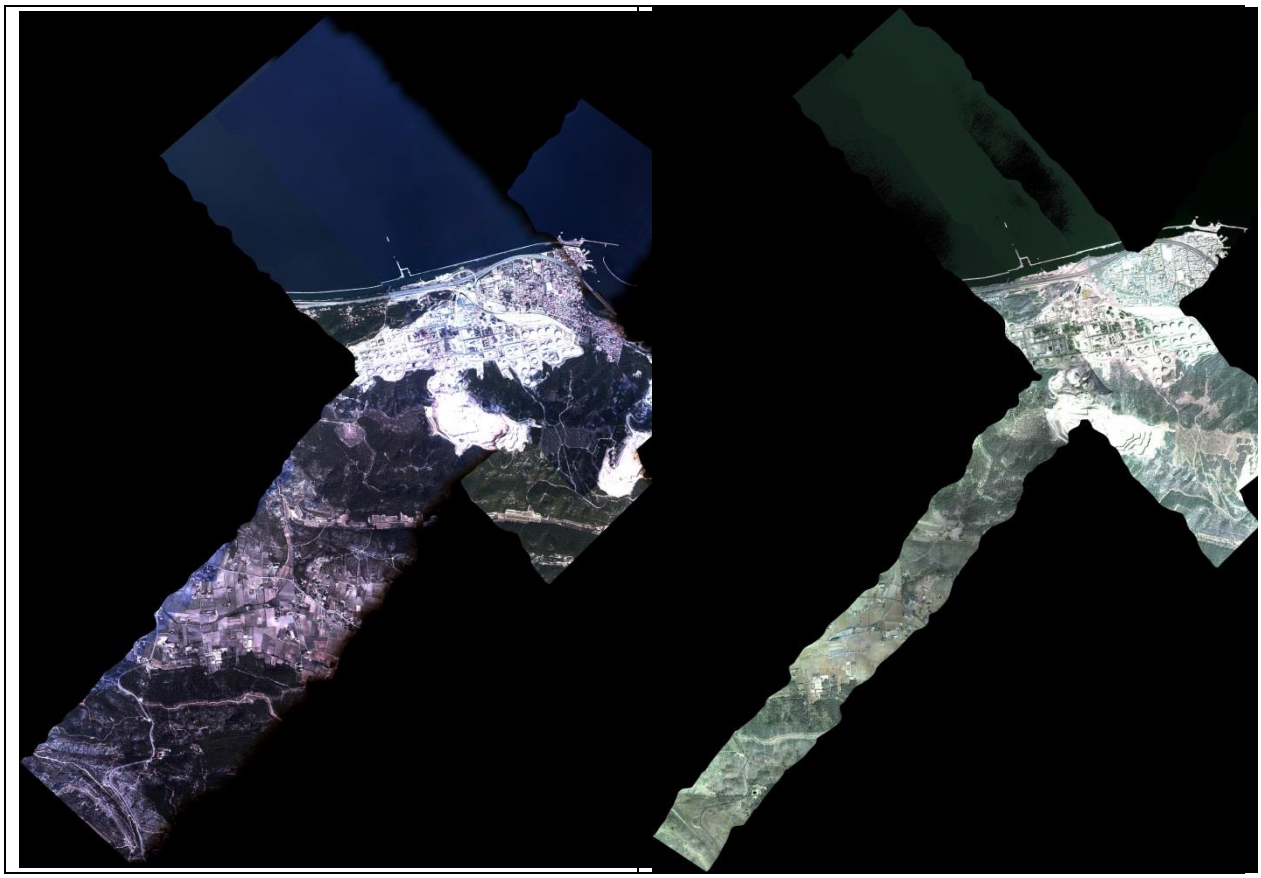


Figure 30 : Mosaïque VNIR et SWIR lignes de vol Mistral et NE (quick look)

3.8. Atelier 7 : Prévision et modélisation

3.8.1 Prévisions :

Pendant la campagne, chaque matin, Air PACA a mis à disposition de l'ensemble des partenaires les résultats de la plateforme de prévisions interrégionale AIRES. http://www.aires-mediterranee.org/ ou www.airpaca.org
Les prévisions sont effectuées à l'aide du modèle WRF avec la configuration suivante :

- Version : 3.1
- 27 niveaux
- 3 domaines imbriqués aux résolutions de 36, 12, 4 km

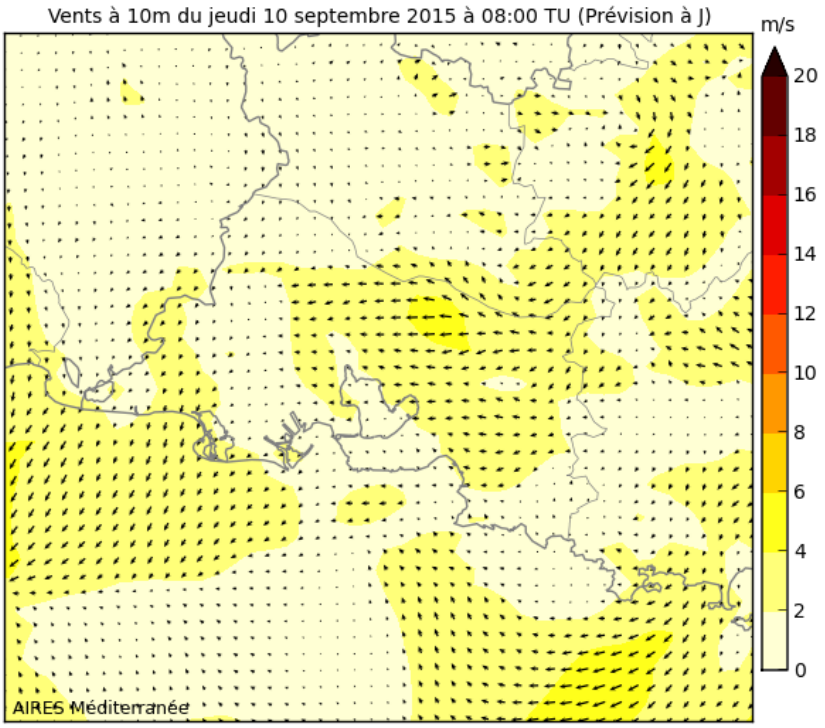


Figure 31 : Exemple de prévision pour le jour J. Modèle météo WRF du système AIRES sur la zone de l'étang de Berre. Vents à 10m le 10/09 à 8h00 TU

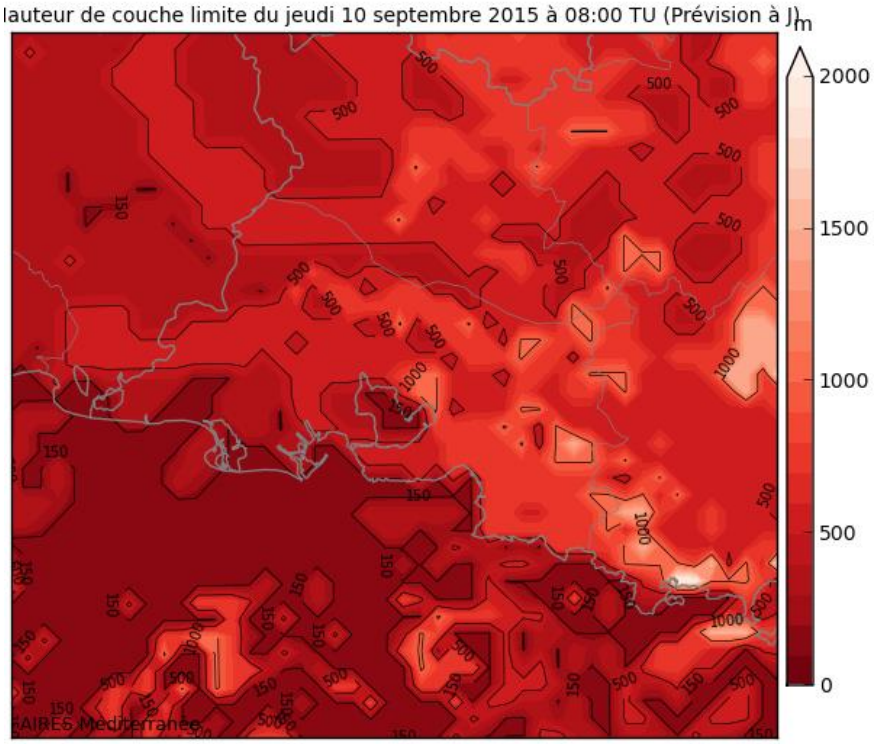


Figure 32 : Exemple de prévision pour le jour J. Modèle météo WRF du système AIRES sur la zone de l'étang de Berre. Hauteur de couche limite à 8h00 TU 10/09

3.8.2 Pré modélisations :

Air PACA a également préparé une nouvelle version de WRF avec la configuration suivante :

- Version 3.1
- 27 niveaux
- 4 domaines imbriqués aux résolutions de 27, 9, 3 et 1 km
- Le dernier domaine est centré sur le site de Total la Mède.

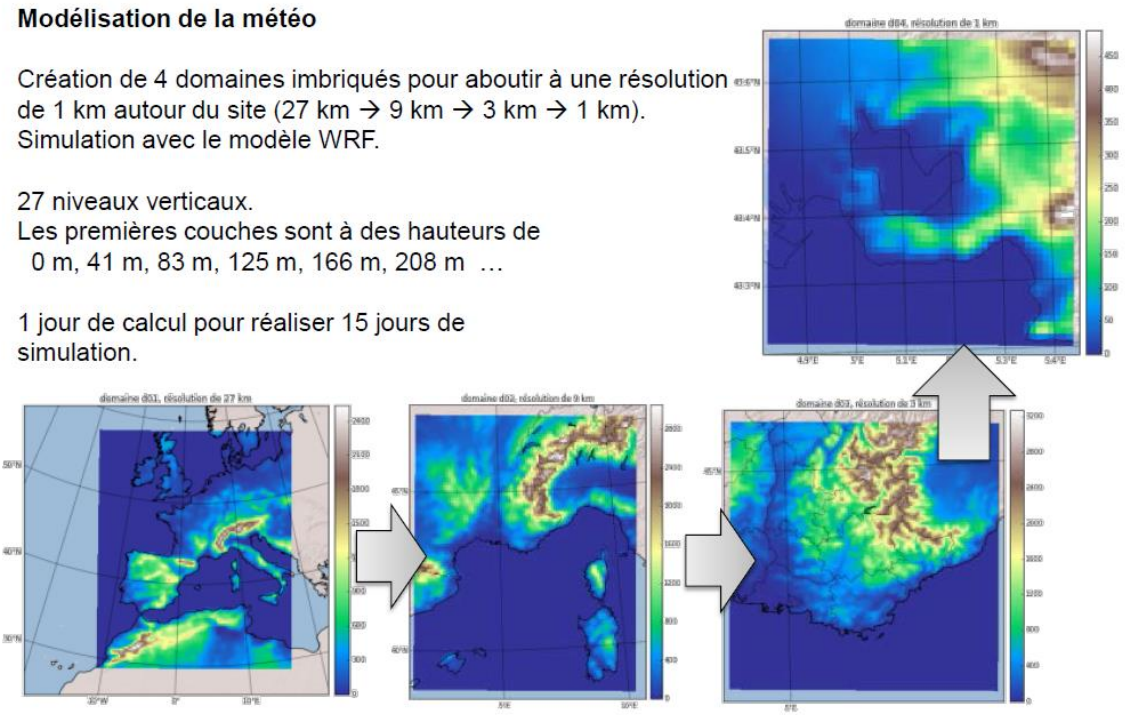


Figure 33 : Modèle WRF – configuration et nesting 4 domaines pour les futures modélisations TEMMAS. Dernier domaine à 1km de résolution centré sur TOTAL la Mède.

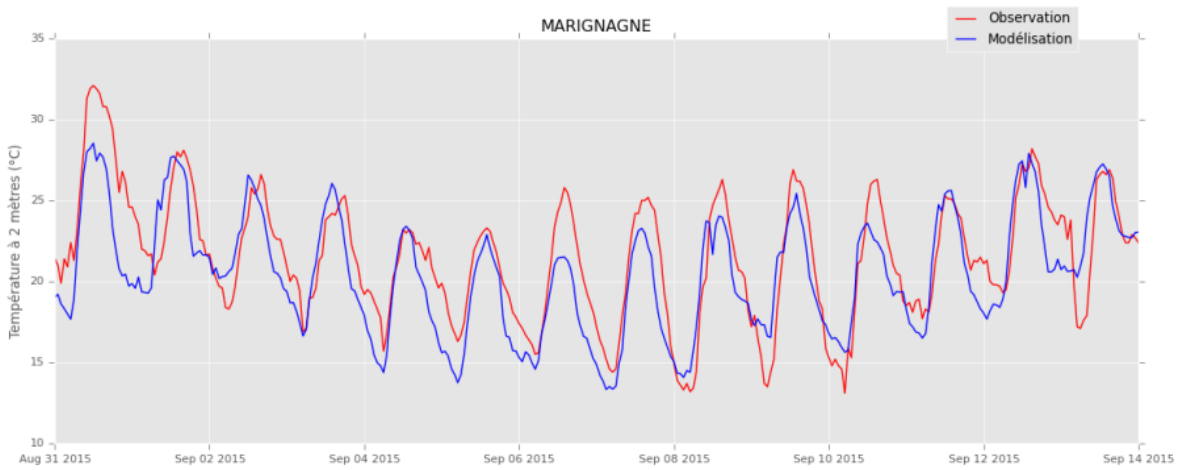


Figure 34 : comparaison mesures versus modélisation : validation avec les stations de Météo France pendant la campagne Température à 2m – Station de Marignane.

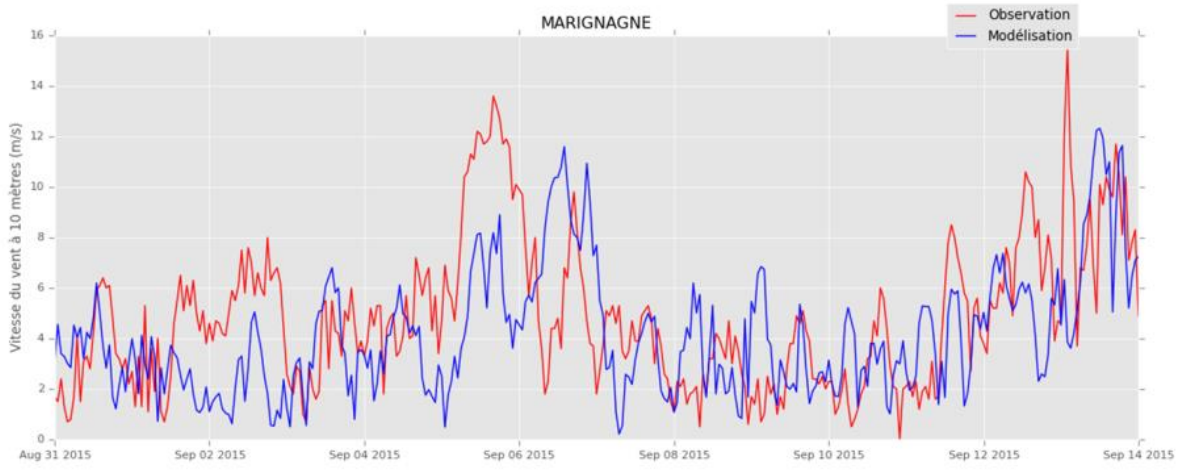


Figure 35 : Comparaison mesures versus modélisation : validation avec les stations de Météo France pendant la campagne. Vitesse du vent à 10m – Station de Marignane.

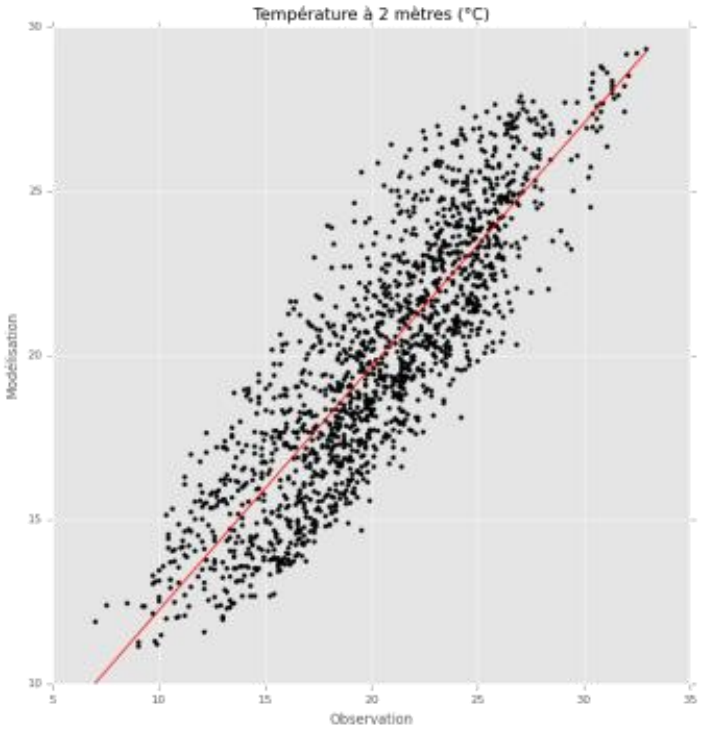


Figure 36 : Comparaison mesures versus modélisation : validation avec les stations de Météo France pendant la campagne sur la zone. . Température à 2m : Biais = -0.4 – RMSE = 2.3 – Coefficient de corrélation : 0.86

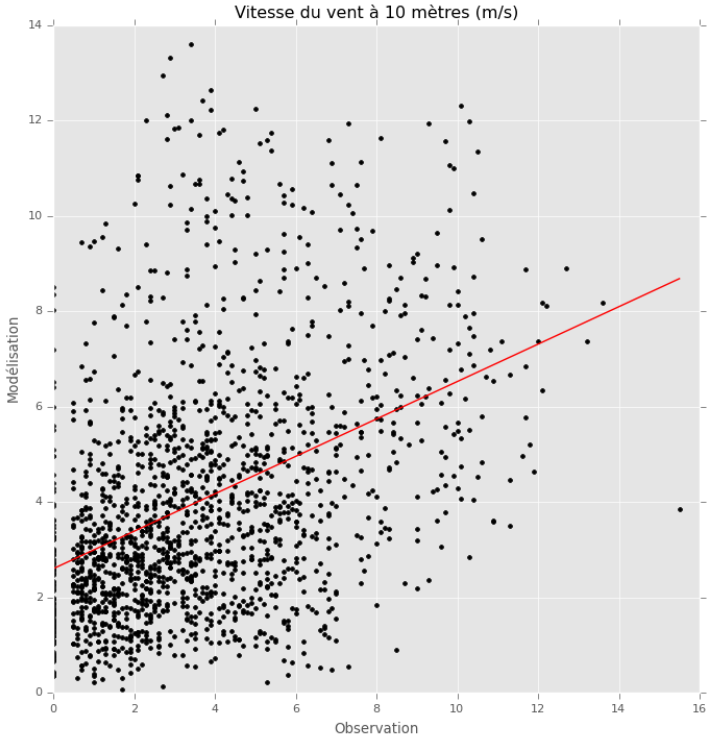


Figure 37 : Comparaison mesures versus modélisation : validation avec les stations de Météo France pendant la campagne sur la zone. .Vitesse du vent à 10m: Biais =0.4m/s – RMSE = 2.9 – Coefficient de corrélation : 0.416

Les résultats sont conformes aux simulations réalisées avec le même modèle sur la région PACA à Air PACA.
Sont actuellement en cours :

- Comparaison avec les moyens mis en œuvre durant la campagne
- Comparaison plus poussée pour comprendre les erreurs (profils verticaux, Cartographies)

A venir :
A partir des simulations météo, simulation des polluants avec les modèles de chimie-transport.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr