



# ANR – Polluproof

*Journée technique du CEDRE – 18 novembre 2015*  
*Sébastien ANGELLIAUME*



r e t u r n   o n   i n n o v a t i o n

# POLLUPROOF : PROOF of POLLution



Consolidation des preuves de pollution maritime chimique  
par moyens aéroportés radars et optiques



# POLLUPROOF : les partenaires



Transports  
Canada

Transport  
Canada



# POLLUPROOF : <http://w3.onera.fr/polluproof/>



Mon compte Se déconnecter

**POLLUPROOF** [ ANR-13-ECOT-007 ]

ONERA THE FRENCH AEROSPACE LAB  
Cedre  
CEPPOL  
Agenium  
AVdef  
DROUINES & DROITS INNOVATIONS  
Transports Canada  
Transport Canada

Accueil Le projet Référentiel Partenaires Utilisateurs finaux

Accueil

Voir Modifier

### Objectifs du projet

#### Contexte

350 Millions de tonnes/an de produits chimiques (hors HC) transitent dans les eaux de l'UE.

#### Objectif

Procédure de recueil de preuves de pollution illicites par substances liquides nocives à l'aide de capteurs aéroportés.

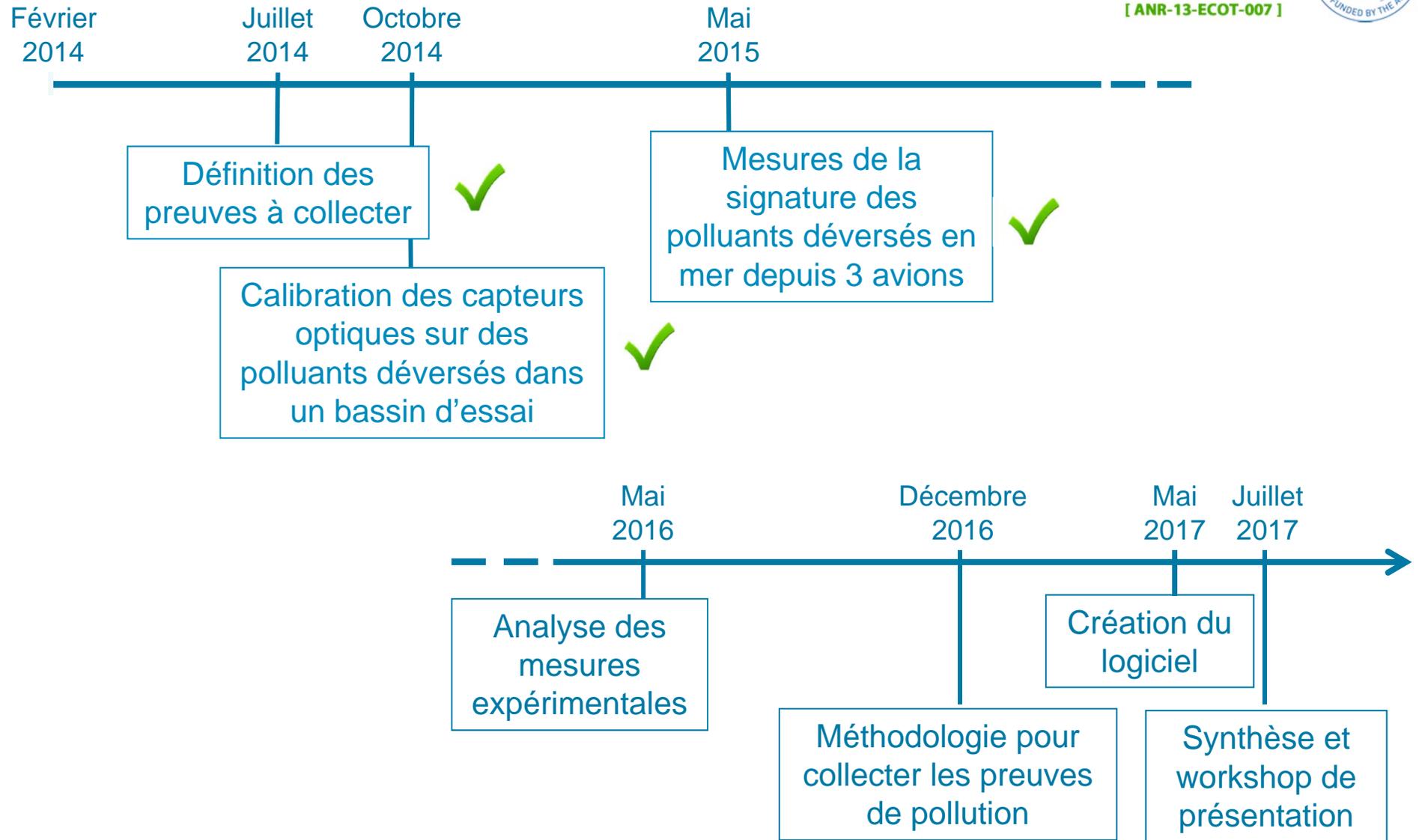
Cette procédure fournira à [La Douane](#) et à [Transports Canada](#) **des outils additionnels** pour poursuivre les responsables de pollution.

Si vous souhaitez en savoir plus, lisez le [résumé scientifique](#).

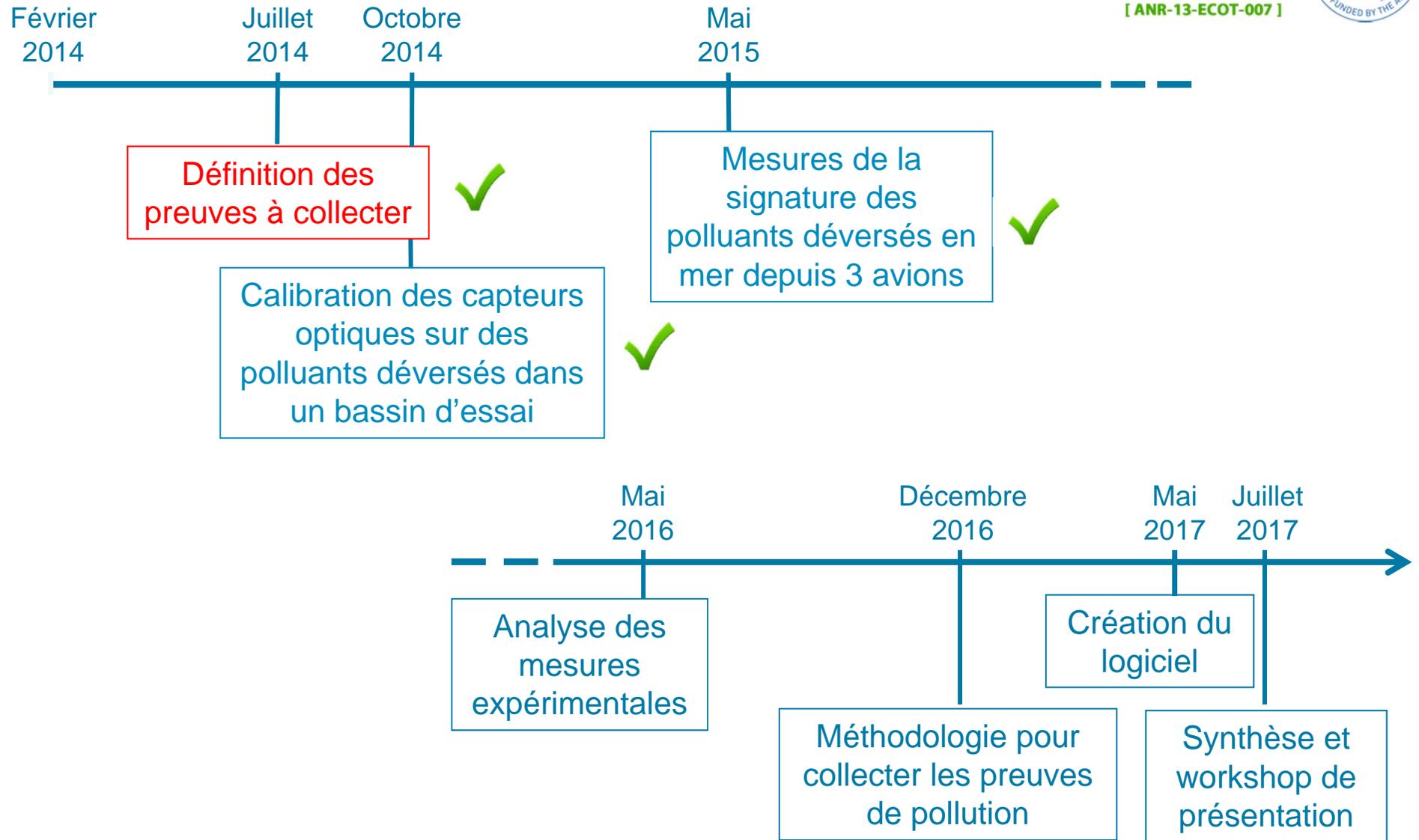
Accueil | Le projet | Référentiel | Partenaires | Utilisateurs finaux

Dernière mise à jour: Jeudi, 17 Septembre, 2015 - 15:15

# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# POLLUPROOF : les produits chimiques considérés (HNS)



Produits sélectionnés parmi les 20 substances les plus transportées par voie maritime en Europe et classées par le code IBC comme étant les plus nocives

Catégorie I : huile végétale et esters d'acide gras

- Huile de colza
- Esters méthyliques d'acides gras (FAME)

Catégorie II : produits toxiques de la pétrochimie

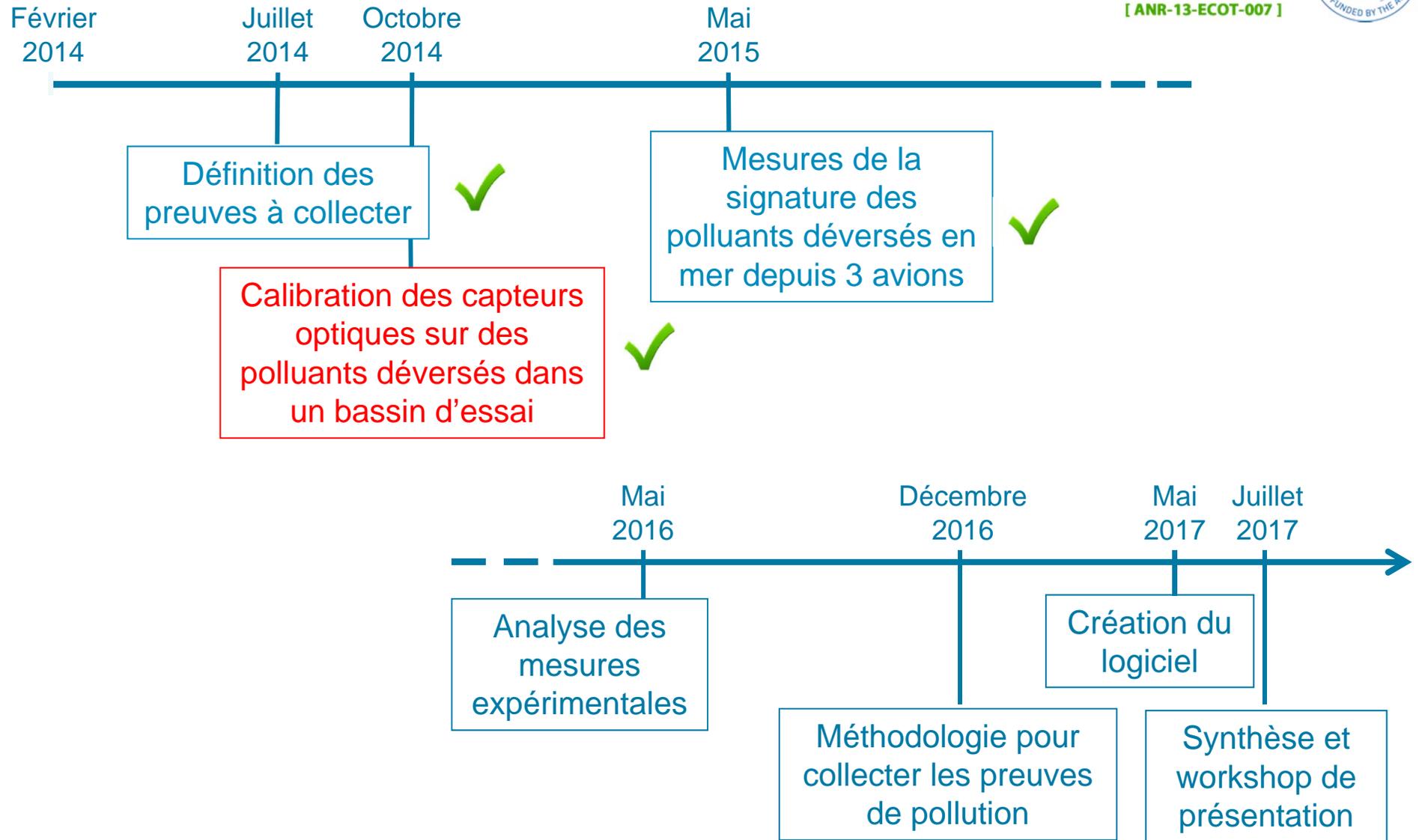
- Toluène
- Heptane
- Xylène

Catégorie III : alcools et dérivés

- Méthanol

Produit	Persistant / volatile	Epaisseur de la nappe
Toluène	Volatile	quelques $\mu\text{m}$
Heptane	Volatile	quelques $\mu\text{m}$
FAME	Persistant	quelques mm
Méthanol	Volatile (soluble dans l'eau)	panache en 3 D sous la surface
Colza	Persistant	quelques mm
Xylène	Persistant	entre 1mm et $1\mu\text{m}$

# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# Etalonnage des capteurs optiques expérimentaux : bassin du CEDRE – octobre 2014



## Objectifs scientifiques :

- Mettre en évidence par la mesure les signatures particulières des différents polluants dans le domaine optique
- Analyser la différence entre les signatures de chaque polluant dans les différents domaines optiques
- Proposer une méthodologie de détection et d'identification

# Etalonnage des capteurs optiques expérimentaux : bassin du CEDRE – octobre 2014



Déversement de : méthanol, heptane, xylène, toluène, huile de colza, diethyl ether,  
propanol, benzène, silicone, gasoil, kérosène et diesel

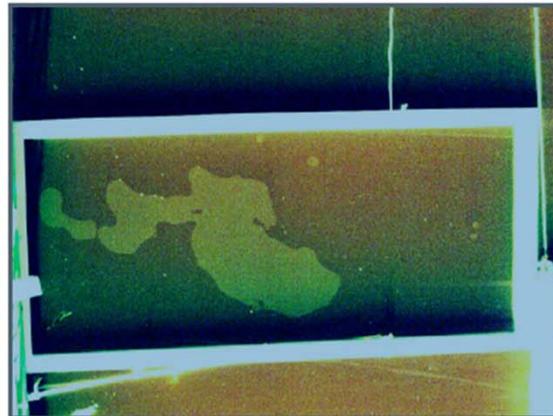


Hypercam LWIR (RDDC)  
HySpex VNIR/SWIR (ONERA)

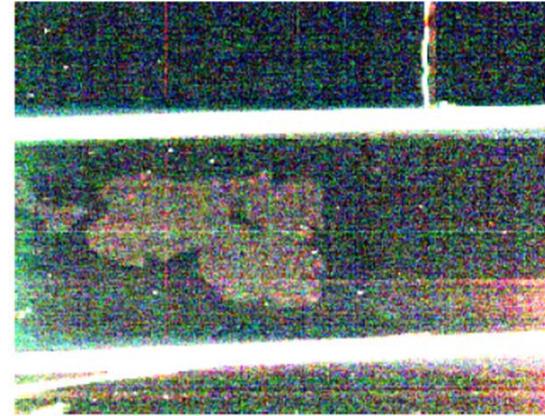


# Exemples d'images hyperspectrales

Toluène



*Composition colorée avec 3 bandes du domaine VNIR*

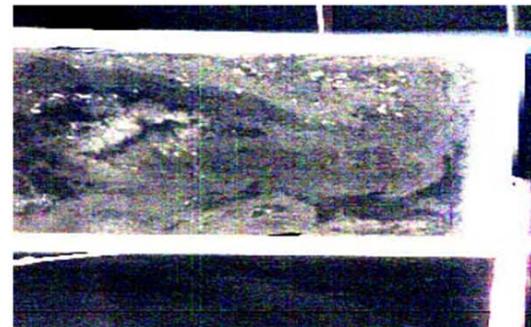


*Composition colorée avec 3 bandes du domaine SWIR*

Propanol



*Composition colorée avec 3 bandes du domaine VNIR*



*Composition colorée avec 3 bandes du domaine SWIR*

## Campagne de mesure en bassin du CEDRE : conclusion

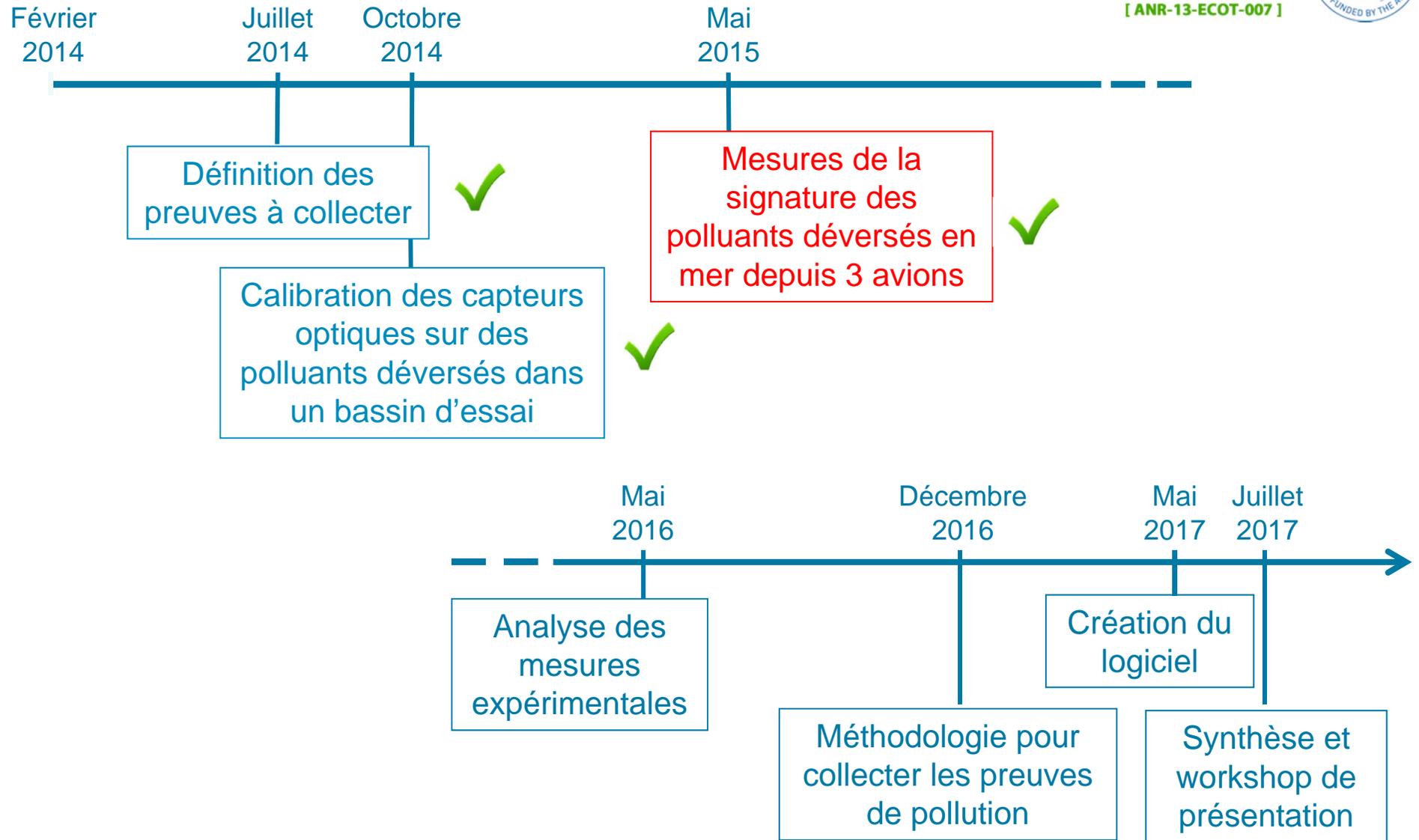


Excepté le méthane, tous les polluants forment une nappe observable (niveau de réflectance moyen supérieur à celui de l'eau) dans le domaine VNIR/SWIR et proposent une ou des caractéristiques spectrales liées à la présence de liaisons C-H. Une analyse de ces caractéristiques permet de discriminer ces différents polluants par type ou par famille.

De plus, le méthanol, le toluène, le DEE et l'heptane font l'objet d'évaporation détectable dans l'infrarouge thermique.

Enfin la présence de méthanol et de propanol est détectable par une augmentation notable de la température de surface. Le DEE et le toluène ayant l'effet inverse en produisant une baisse de la température de surface.

# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# Campagne de mesures expérimentales en mer



## Objectifs :

- Détectabilité de pollution par substances chimiques nocives (annexe II de la convention MARPOL) via les capteurs opérationnels de la DGDDI.
- Apport potentiel de capteurs innovants.

## Moyens :

- Déversements contrôlés de substances chimiques en mer (accord de la préfecture maritime) : **1m<sup>3</sup> de chaque substance chimique**
- Survol par les moyens **opérationnels** de surveillance maritime de la DGDDI
- Survol par les moyens **expérimentaux** testés dans le cadre de POLLUPROOF

# Campagne de mesures expérimentales en mer



Un système de déversement innovant, développé par le CEDRE spécifiquement pour POLLUPROOF

Produits corrosifs et présentant des risques en termes de réactivité : toluène, heptane et xylène



Produits non agressifs (non réactif et non corrosif) et stable : huile de colza, Fame et méthanol

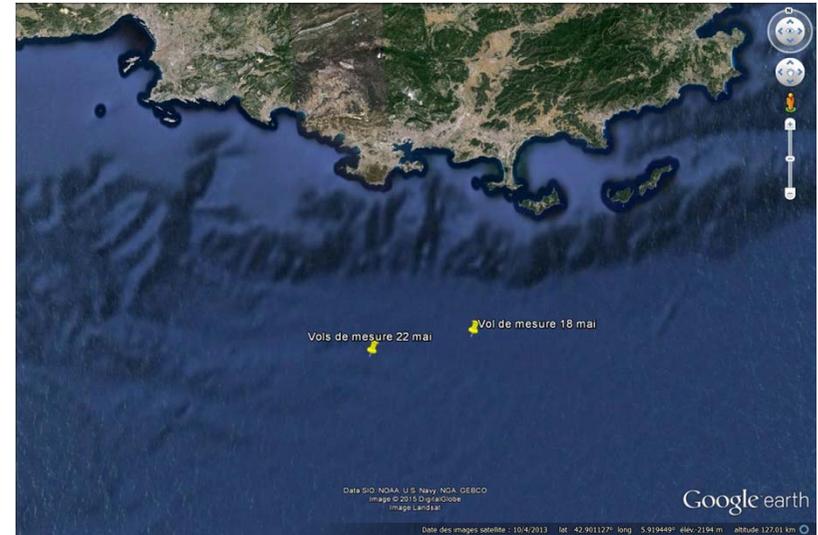


# Campagne de mesures expérimentales en mer



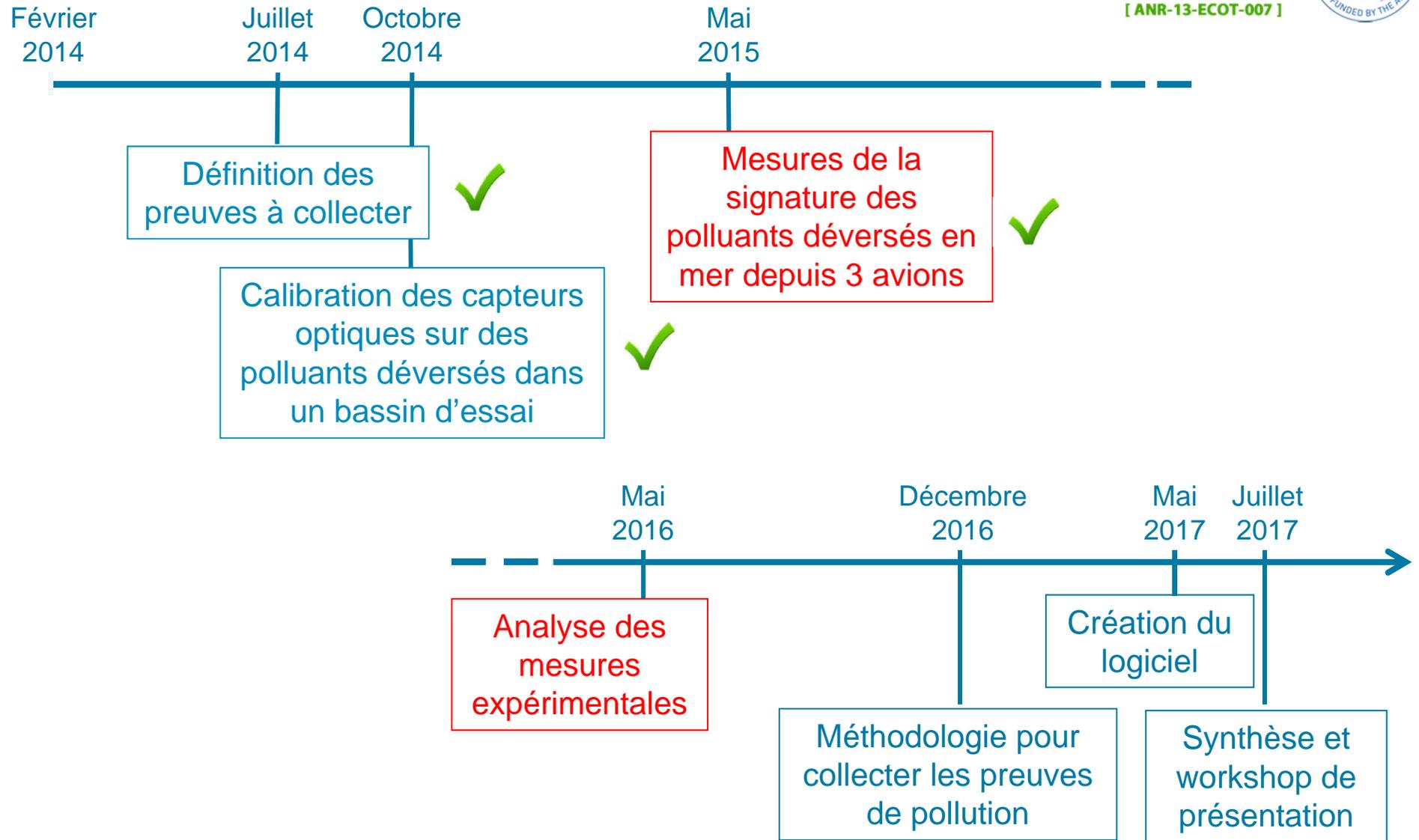
Méditerranée au large de Toulon :

- Accord préfecture maritime
- Point A - 18 mai 2015 : 42°46.8'N / 6°2.0'E
- Point B - 22 mai 2015 : 42°45.5'N / 5°48.5'E



- **Lundi 18 mai 2015 : mesures ONERA/AVDEF et DGDDI sur Toluène et Heptane**
- **Vendredi 22 mai 2015 : mesures ONERA/AVDEF, DGDDI et RDDC sur Méthanol et Xylène**
- **Vendredi 22 mai 2015 : mesures ONERA/AVDEF, DGDDI et RDDC sur Huile de Colza et FAME**

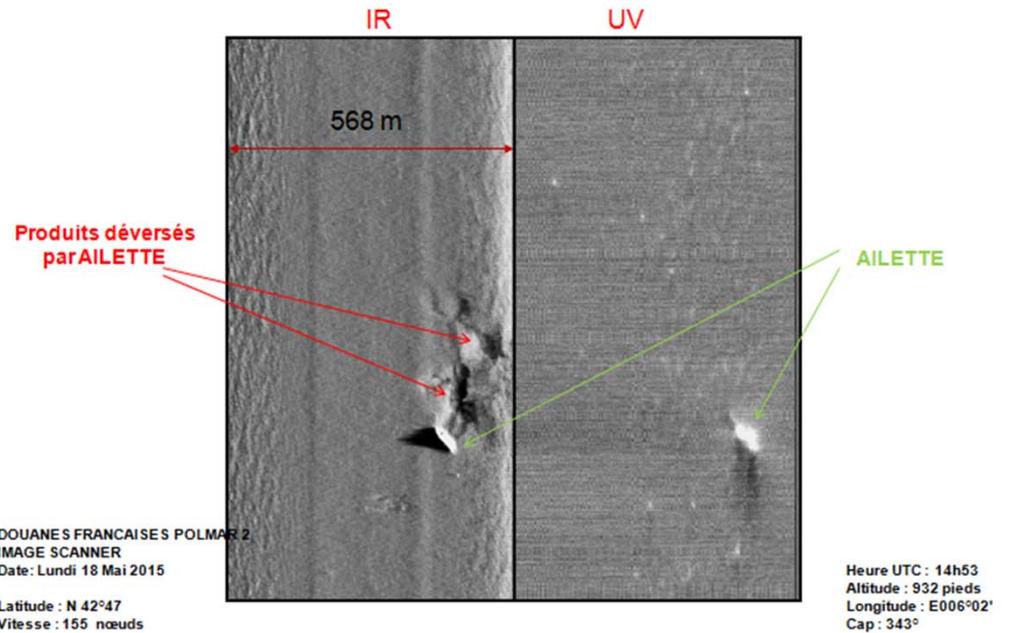
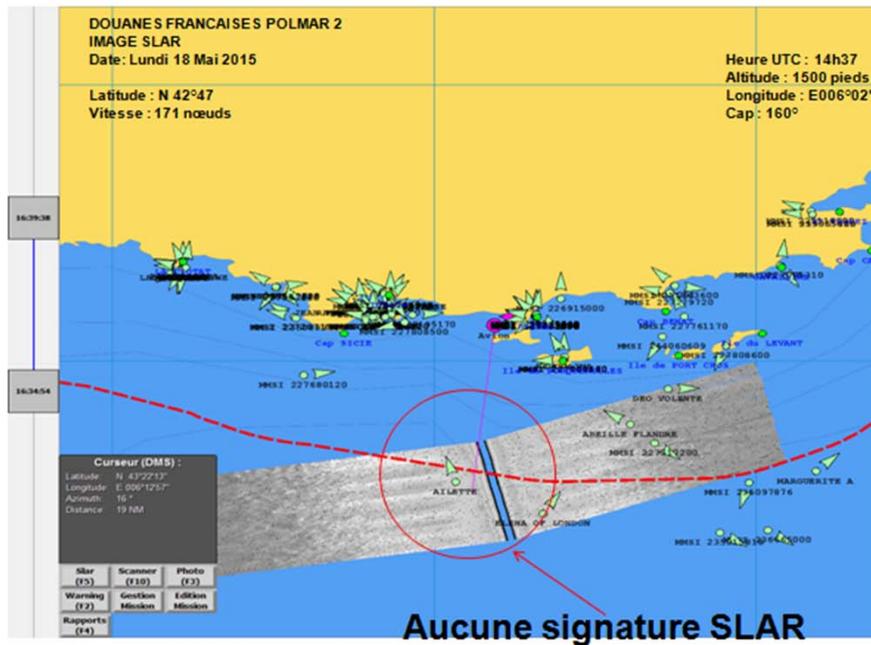
# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# POLLUPROOF : exercice n°1 – Toluène & Heptane



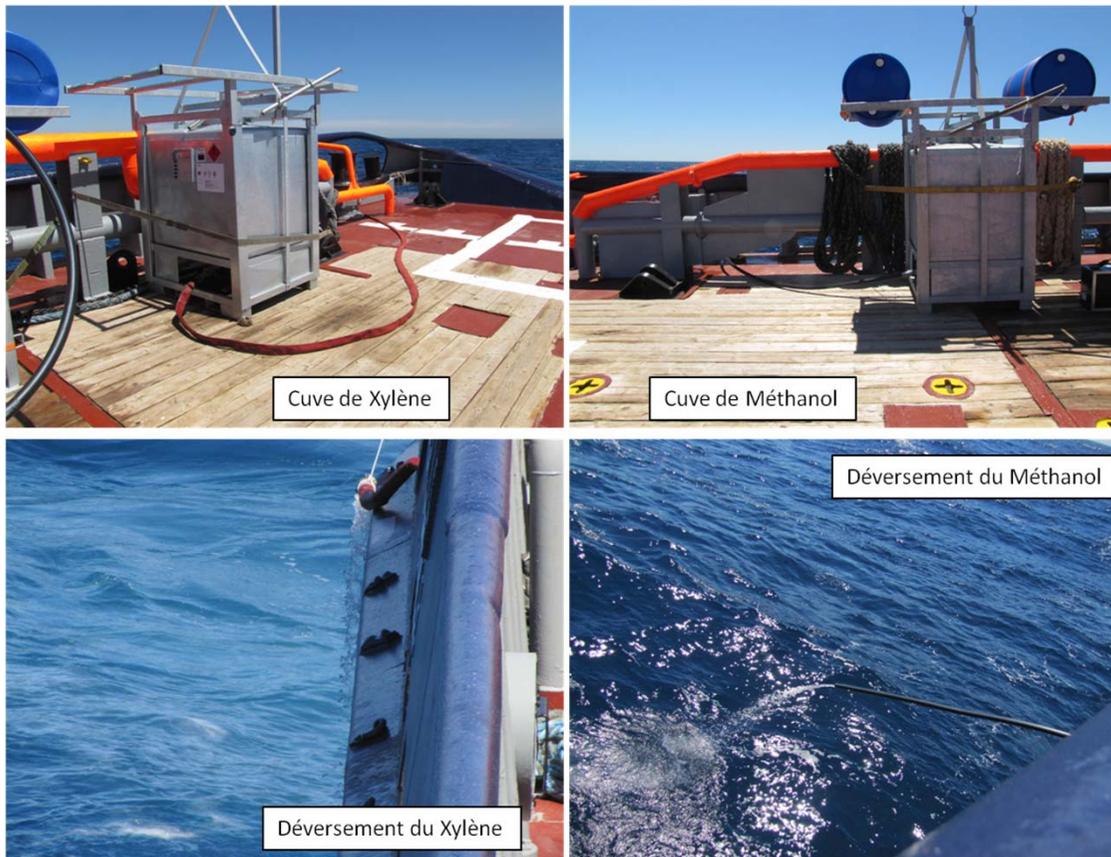
# Rapport d'exercice DGDDI – Toluène & Heptane



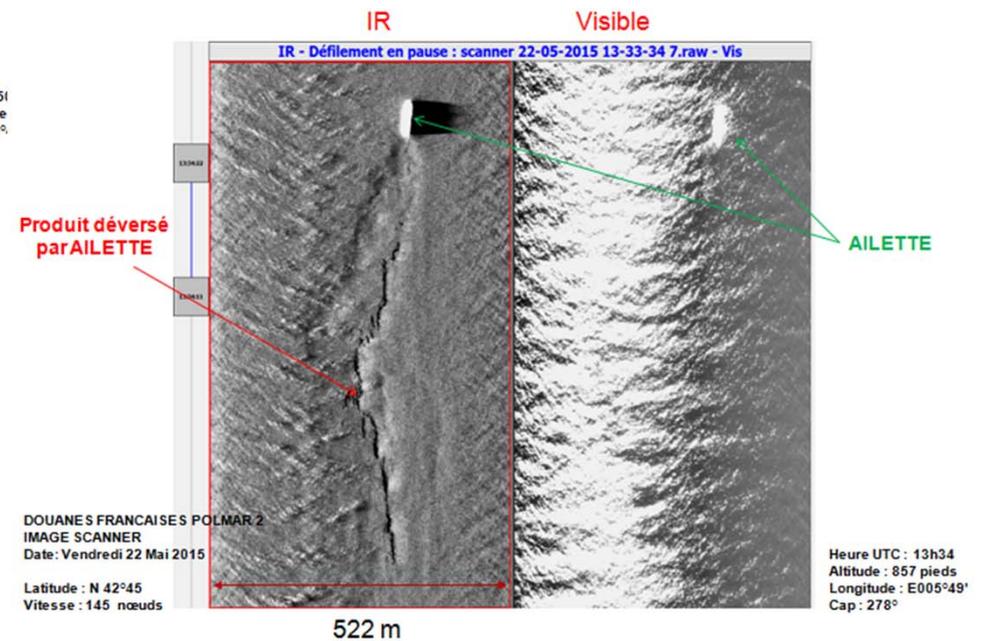
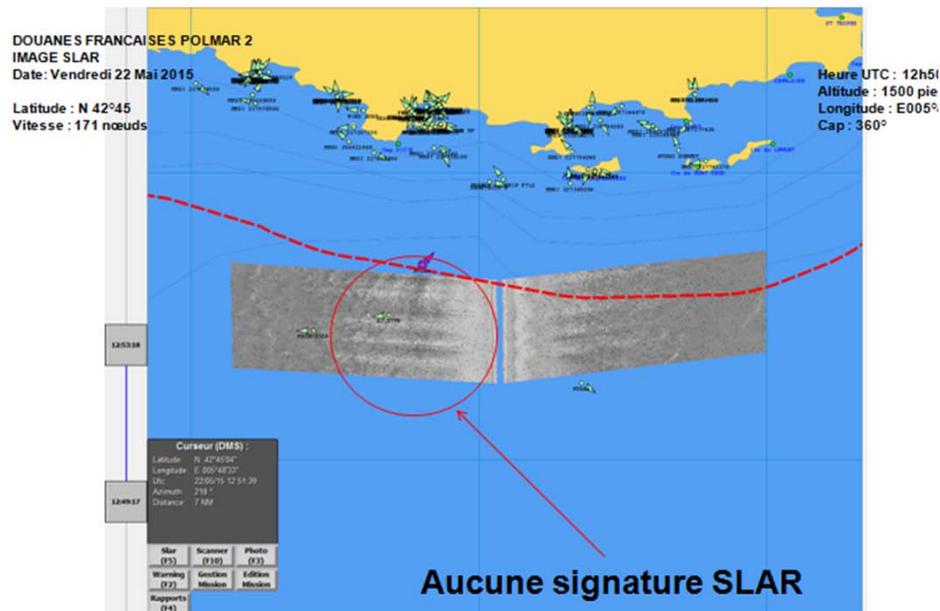
# POLLUPROOF : exercice n°2 – Méthanol & Xylène

Ré-orientation nécessaire :

- Pas d'échantillonnage des produits déversés en mer
- Déversement d'un filet de produit chimique à l'arrière du navire en mouvement (dégazage !)



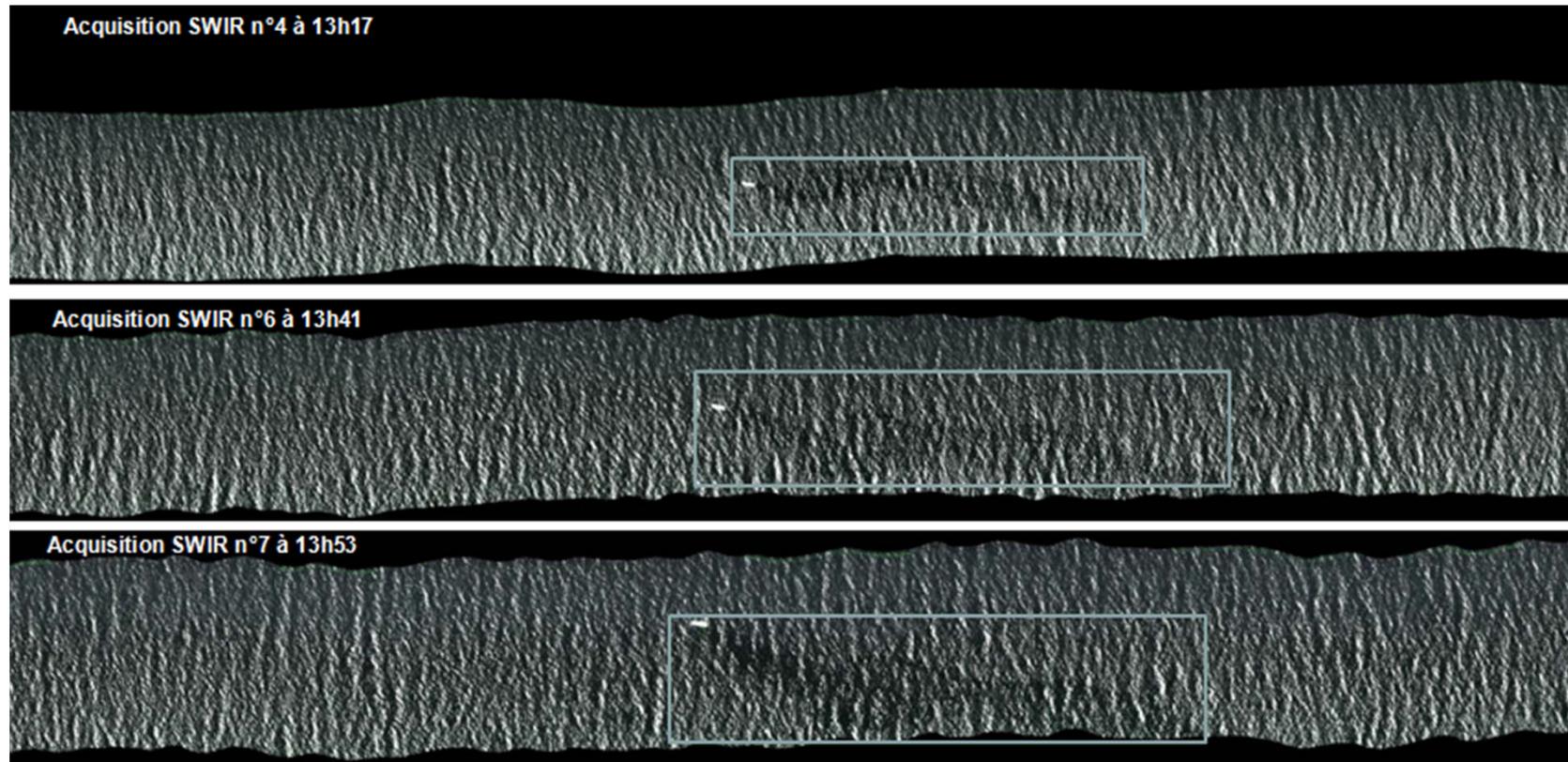
# Rapport d'exercice DGDDI – Méthanol & Xylène



# Acquisitions aéroportées ONERA – Méthanol & Xylène

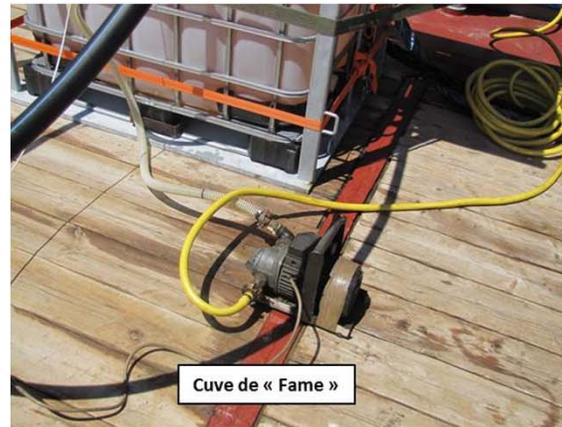


## Imagerie OPTIQUE



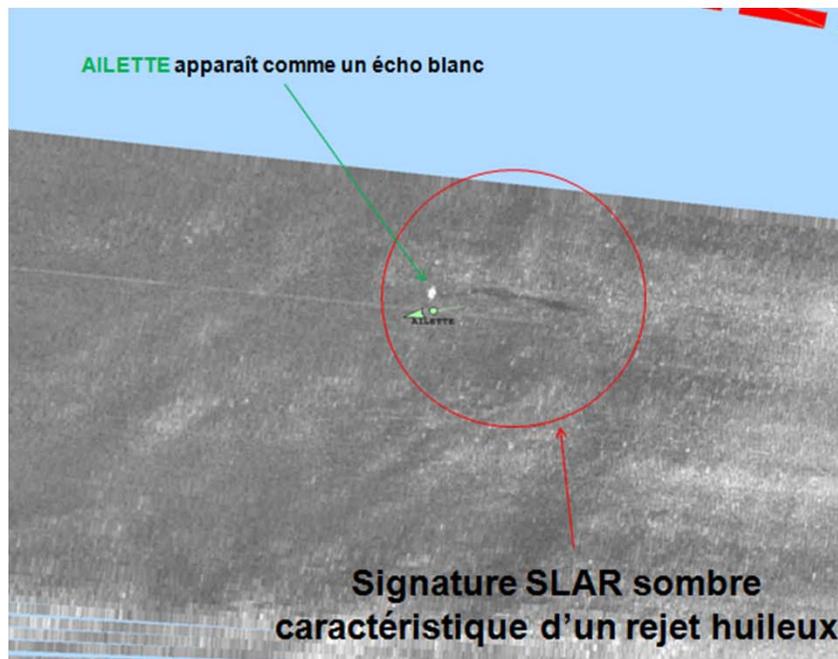
**Détection** du Xylène et/ou Méthanol ? Analyse en cours

# POLLUPROOF : exercice n°3 – Huile de Colza & FAME



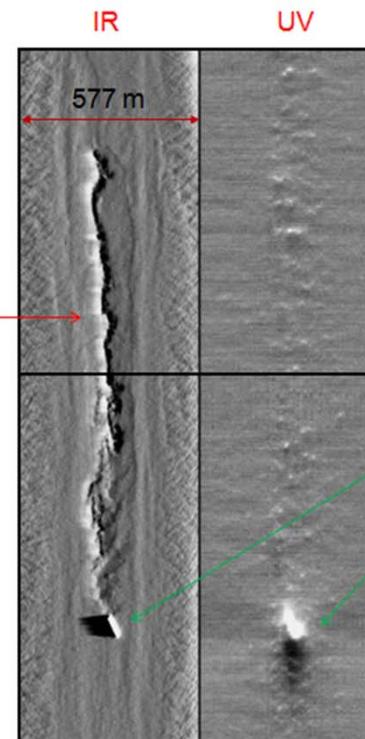
L'huile de Colza présente une coloration jaune à la surface de l'eau, le FAME est transparent.  
Les deux huiles sont visibles à la surface mais ne paraissent pas, visuellement, changer l'état de la surface.

# Rapport d'exercice DGDDI – Huile de Colza & FAME



Produit déversé par AILETTE

DOUANES FRANCAISES POLMAR 2  
 IMAGE SCANNER  
 Date: Vendredi 22 Mai 2015  
 Latitude : N 42°44  
 Vitesse : 145 nœuds



Heure UTC : 15h48  
 Altitude : 947 pieds  
 Longitude : E005°45'  
 Cap : 273°

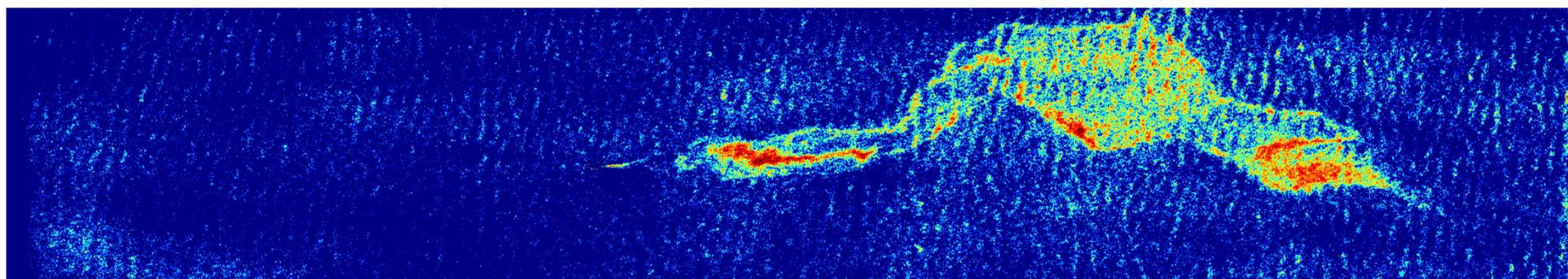
# Acquisitions aéroportées ONERA – Huile de Colza & FAME



SETHI L-band POLSAR data (HH, HV, VV) : 22 mai 2015 (16h07 TU)



Quantification map



Level 0: clean sea

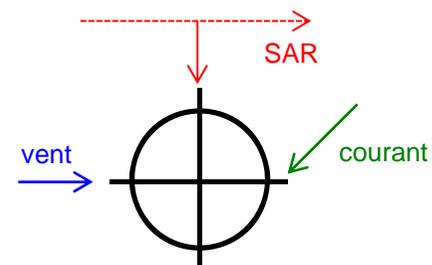
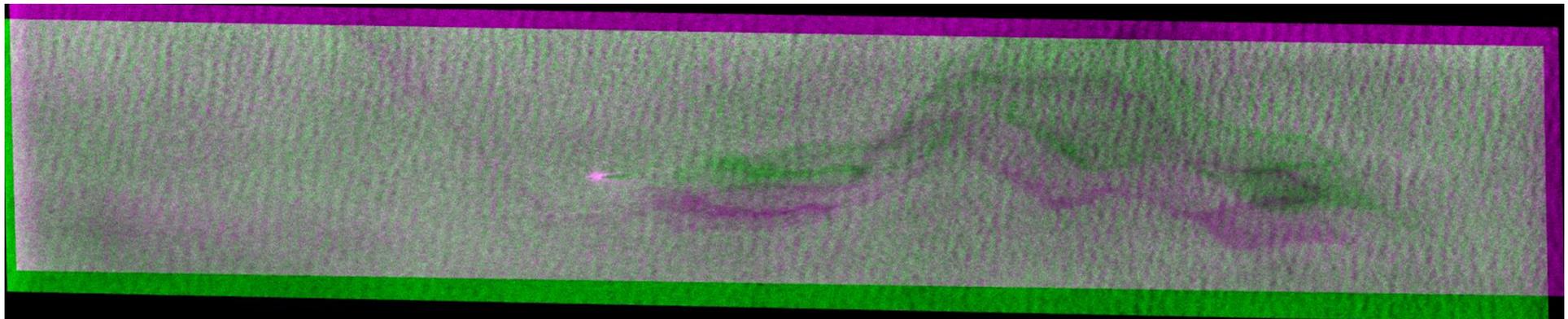
Level 1: high concentration of HNS

# Acquisitions aéroportées ONERA : dérive des nappes

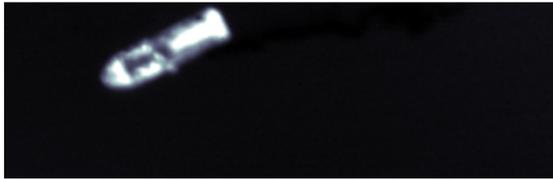
## Suivi temporel de la dérive des nappes

POLLUPROOF vol 3

SAR-L polarisation Vv (16h07 TU, 16h20 TU)



# Acquisitions aéroportées RDDC – Huile de Colza & FAME



7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_171535111



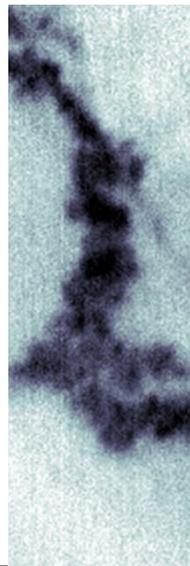
7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_172031993

## Calibrated LWIR Hypercam Images – Colza

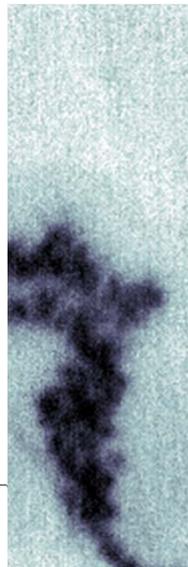


boat

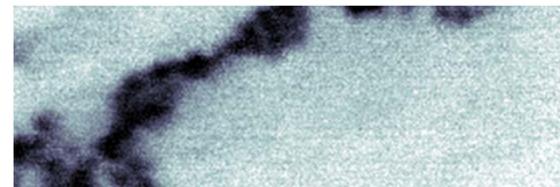
7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_171536298



7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_172844799



7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_173341691



7500ft\_6cm\_afternoon\_2\_7500\_20150522\_175027539

## Rapport d'exercice opérationnel DGDDI



### CONCLUSION :

- L'organisation de l'exercice tant sur les plans matériel qu'aéronautique a été excellente malgré une météo défavorable.
- Exercice très profitable qui nous permet d'améliorer notre bibliothèque de signatures des différents produits répertoriés dans l'annexe 2 de la convention MARPOL.
- La nécessité de participer à ce type d'exercice est évidente pour maintenir l'efficacité opérationnelle de nos équipages.
- Il est maintenant important de pouvoir comparer les résultats obtenus par les différents systèmes de détection.

## Conclusions intermédiaires capteurs innovants



Imagerie radar haute résolution :

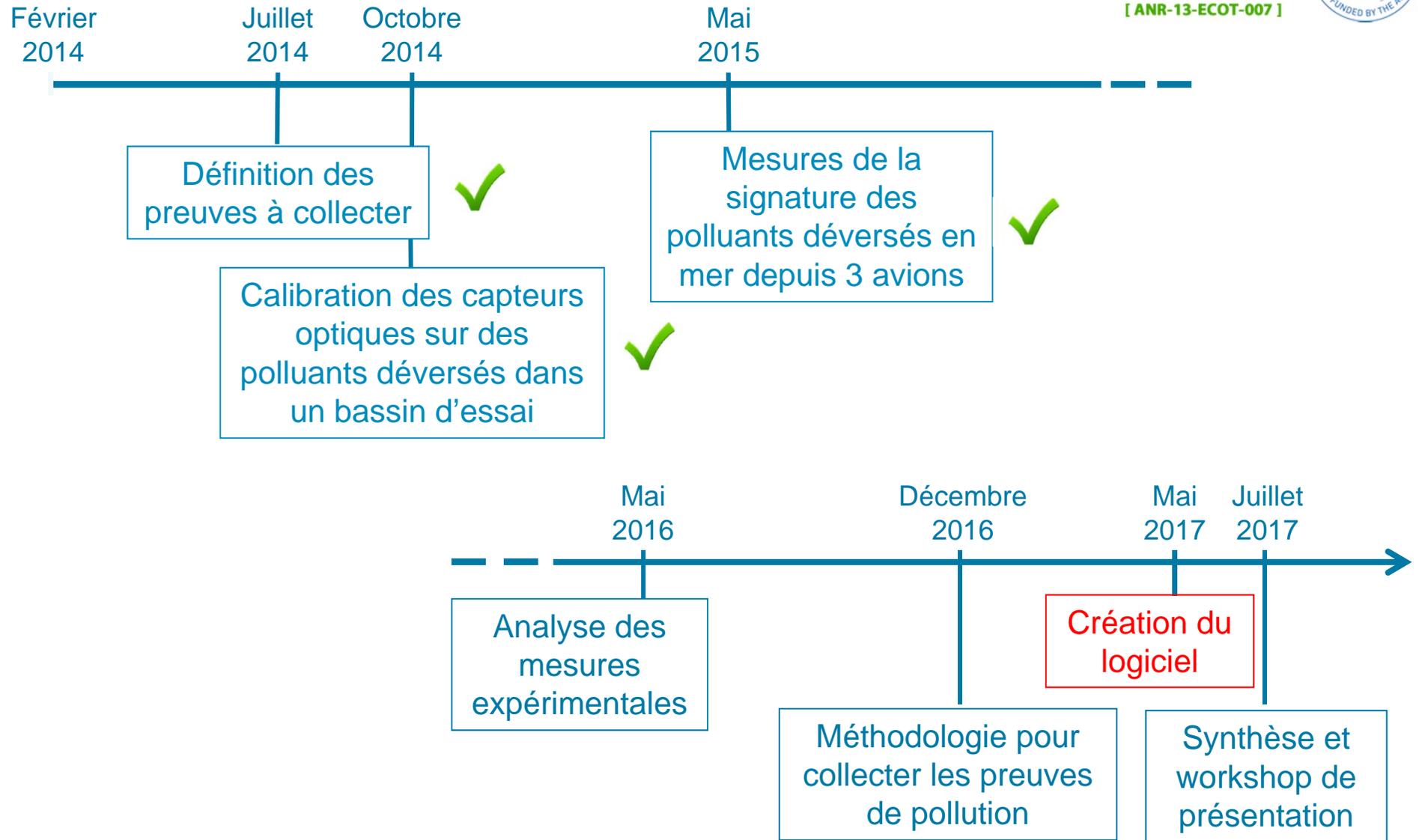
- Détection durant les exercices 2 & 3, produits détectés à confirmer
- Méthode de quantification en cours de développement

Imagerie optique hyperspectrale :

- Détection durant les exercices 2 & 3, produits détectés à confirmer
- Plus-value des acquisitions hyperspectrales pour la caractérisation et/ou la quantification à analyser

Fusion de données radar / optiques

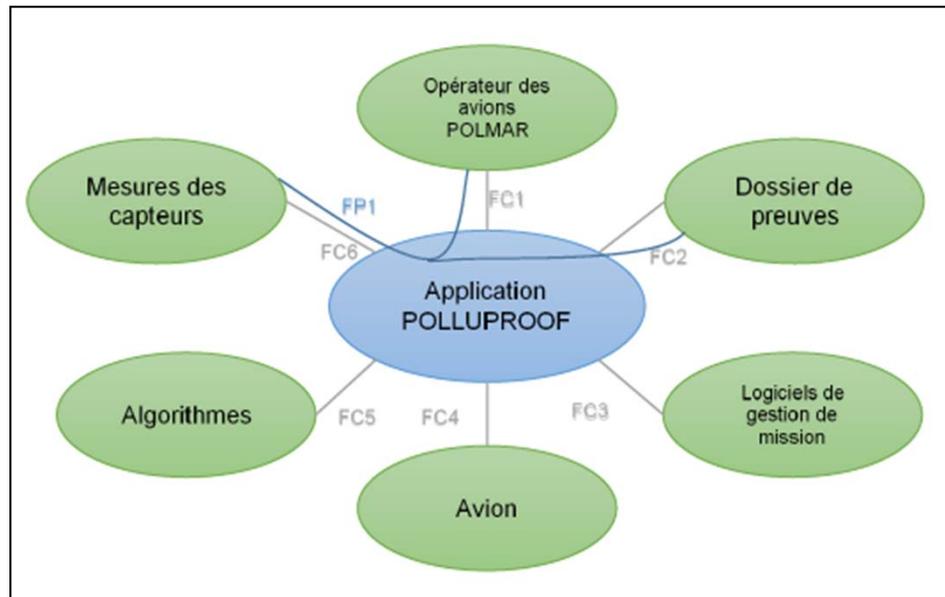
# POLLUPROOF : vision synthétique du projet



# Maquette logicielle : la vitrine de POLLUPROOF



**Agenium Informatique et Systèmes** apporte ses compétences de conception logicielle pour l'élaboration de l'IHM Polluproof, dont le but est de démontrer la pertinence des résultats obtenus en terme de détection des produits chimiques



## Maquette logicielle : la vitrine de POLLUPROOF



L'objectif est ici de réaliser un outil logiciel de **démonstration** (il n'est pas envisagé à ce stade de l'intégrer au logiciel opérationnel existant dans les avions des Douanes) pour démontrer :

- La plus value (si elle existe) apportée par les capteurs proposés
- La plus value (si elle existe) apportée par les algorithmes proposés
- En utilisant les données acquises pendant les campagnes POLLUPROOF par les différents partenaires

Travaux réalisés : Cahier Des Charges Fonctionnels, Spécification Technique du Besoin, ...

Difficulté principale : intégration de données images provenant de différents capteurs, algorithmes d'exploitation, ...



