



Retour d'expérience

Apports, contraintes et limites de l'usage des drones aériens

J. Ammann (CNRS / IUEM)

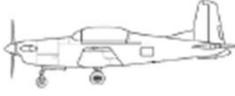
UMR 6538 CNRS - Laboratoire Géosciences Océan - IUEM
Place Copernic 29280 Plouzané jerome.ammann@univ-brest.fr



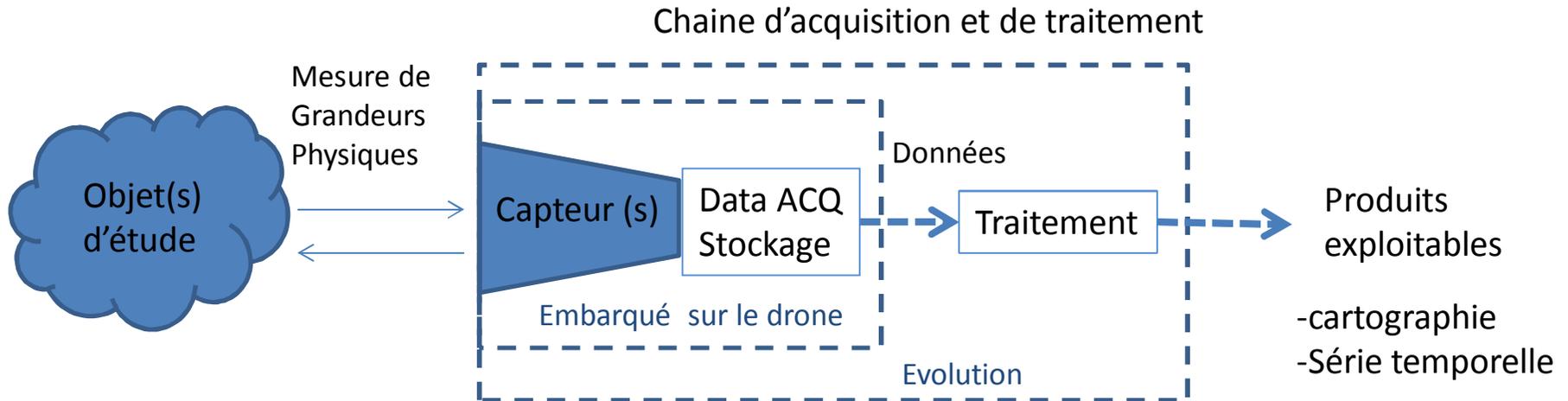
Laboratoire de Géologie de Lyon
Terre Planètes Environnement

OREME 28-11-2017

Les drones quel intérêt ?

					
Vecteurs					
Résolution (Taille du plus petit objet visible)	 cm	dcm	dcm	½ m	m
Temps de vol	 < 40 min	> Heure	2/3 Heures	> 5 heures	Sans objet
Charge utile	 < 10kg	< 100kg	>> 100 kg	>> 100 kg	Sans objet
Souplesse d'emploi	 Excellente	Moyenne	Bonne	Moyenne	Faible
Limite d'emploi	 				
Coût / pixels	€ 	€€	€€€€	€€€	€ ₇

Objectif mesure



Besoin scientifique

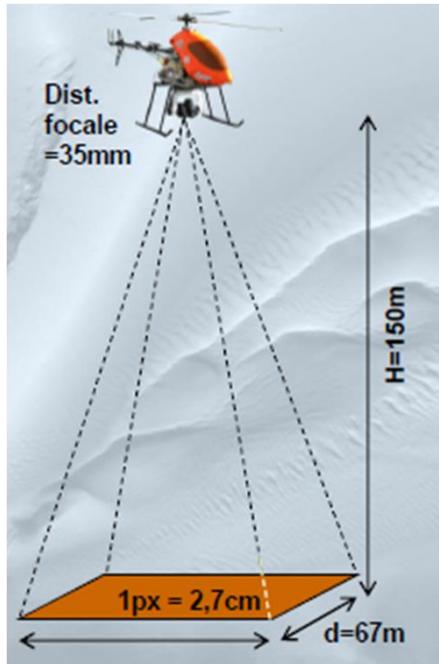
Privilégier la performance capteur(s)

« **Dronisation** » aérienne du capteur ou du système instrumental

Contraintes majeurs : encombrement et le poids

Contraintes induites : autonomie opérationnelle
autonomie fonctionnelle

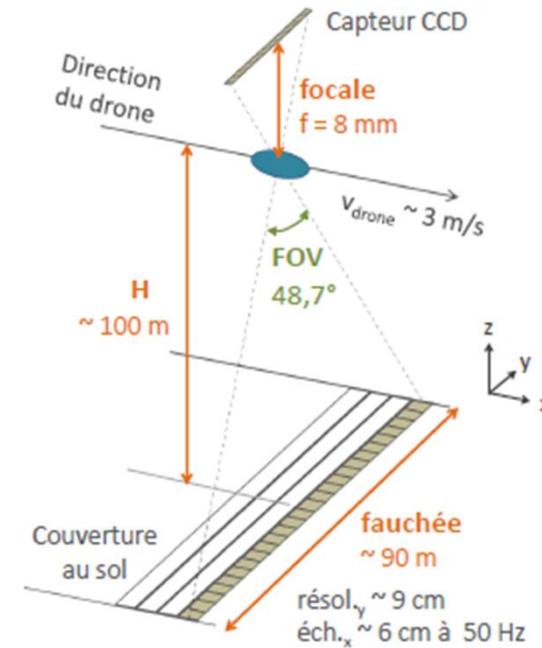
Les types de capteurs



Capteur type « matrice »

- Appareil photo numérique
- Camera thermique
- Camera multi spectrale

Maitriser au moins les 3 degrés de liberté correspondant au positionnement (Latitude, longitude, Altitude)



Capteur type « pushbroom »

- Camera hyperspectrale
- Lidar Scan 3D

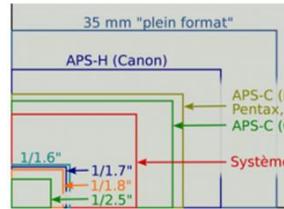
Maitriser les 6 degrés de liberté :
 3 positions : Lat, long, Alt
 3 attitudes : Pitch, Roll, Yaw

=> Augmentation de la complexité de la charge utile

Exemple de capteurs «dronisables» et «dronisés»



Appareil photo numérique
capteur full frame (24 x 36mm) – 30 Mp
objectif focale fixe : 35 mm (faible distorsion)
poids : 2kg
=> précision sur une ortho photo :
2cm/pixel après traitement



Appareil photo numérique pour drone
capteur 1 / 2.3 " – 12 Mp
objectif focale mobile : 4 – 20 mm
poids : **58 gr**
=> précision sur une ortho photo :
10cm/pixel après traitement



Camera thermique 7,5 – 13 μ m
Résolution capteur : 640 x 480
poids : **1,3kg** - dimensions : 143 x 195 x 95 mm
=> précision sur température : +/- 1°C



Camera thermique pour drone 7,5 – 13 μ m
Résolution capteur : 336 x 256
poids : **120 gr** - dimensions : 40 x 40 x 60 mm
=> précision sur température : +/- 5°C



Camera multi spectrale pour drone
5 bandes: (Blue, green, red, red edge, near IR)
poids : **180 gr** - dimensions : 121 x 66 x 46 mm
Résolution spatiale : 8cm

Autopilotes

Boite noire (DJI, UAV Navigation, Rotomotion...)



Open Source (Paparazzi, Ardupilot, Pixhawk, Krooz, NavStik, Lisa ...)



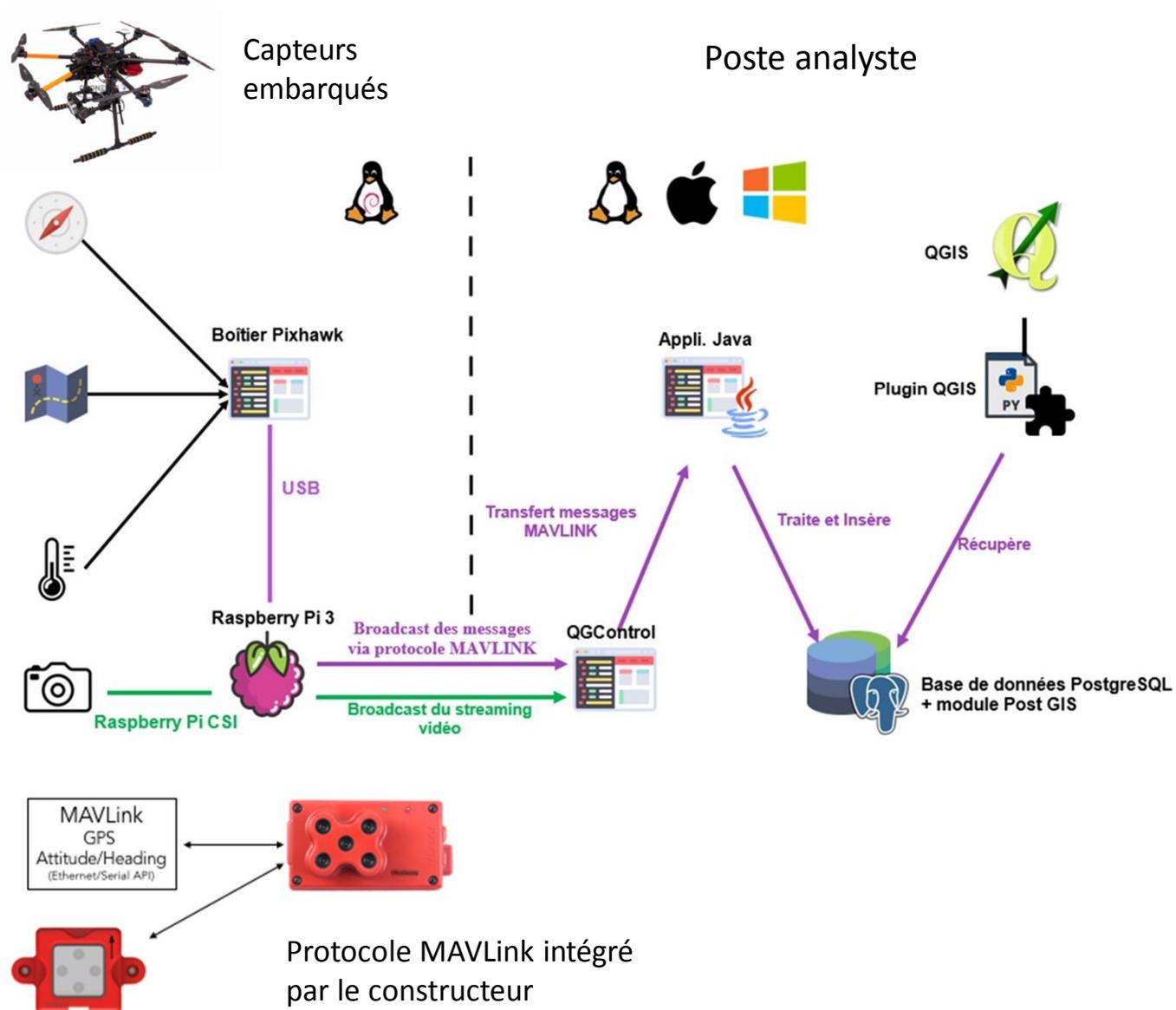
Interfaçage avec les capteurs



Attention aux mises à jour du firmware !

(version non testée ou partiellement testée => crash assuré)

Exemple d'interfaçage avec les capteurs



Les drones dans la recherche



Acquisition, synchro



attitude



Photo / vidéo



Infrared cam 7-14µm



Multispectral (tetracam)



High definition
 Lidar sensor



Hyperspectral, VNIR
 (400-1000nm)



Avec l'arrivée des multi-rotors



Cout du drone en baisse

Augmentation de la stabilité et de la fiabilité

- > Augmentation de l'usage du drone

- > Augmentation de la complexité des charges utiles



Choix : Développer un drone spécifique à la charges utile

2 grandes familles actuelles de drones aériens

Multi-rotors



vitesse : 1 à 10m/s (~40 km/h)
Autonomie : 10 à 20 min
Couverture: (petite zone)
Lancement type VTOL
Propulsion : électrique
CU: 1 capteur principal monté sur platine
gyrostabilisée
Souplesse d'utilisation
Levé sur des sites de poche

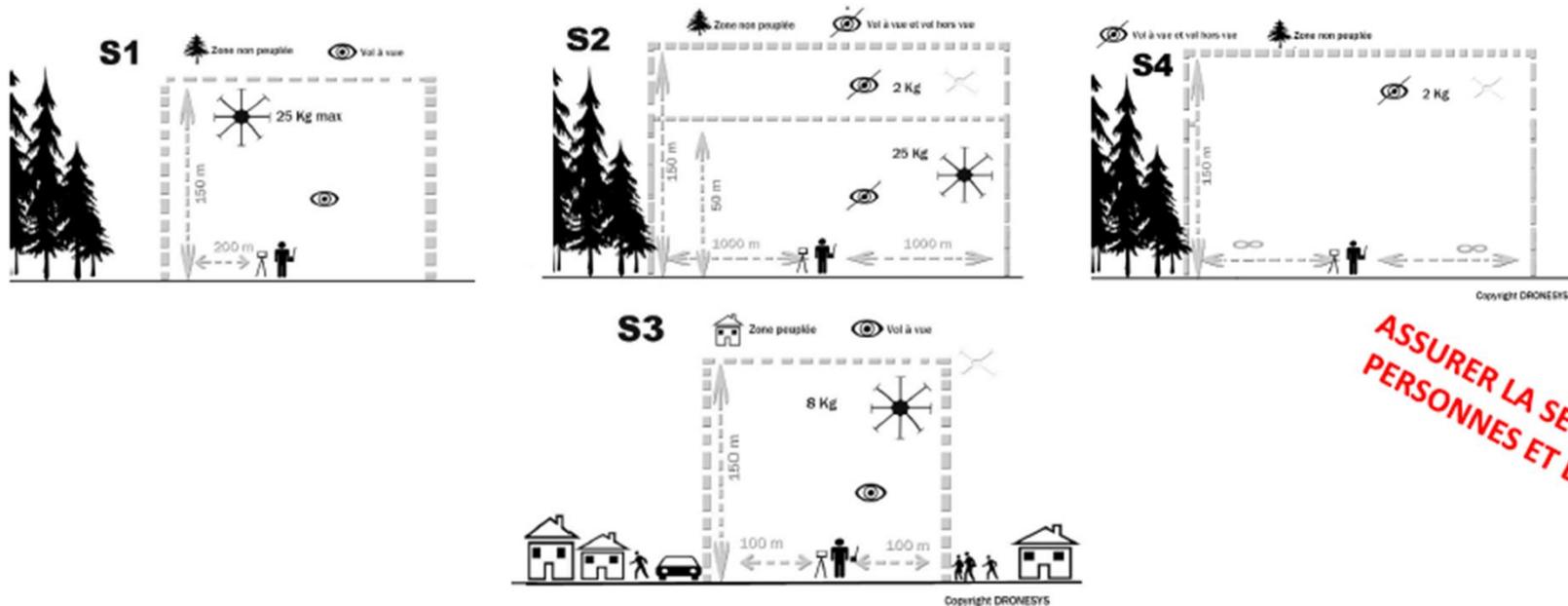
Wing fixed / long range



Grande vitesse : > 70km/h
Autonomie : 50 min à plusieurs heures
Couverture : > 60 km
lancement par catapulte
Atterrissage sur le ventre ou dans un filet
Propulsion électrique ou thermique
CU: 1 à 2 Capteurs intégrés dans le fuselage

Cadre et contraintes de mise en œuvre Le cadre réglementaire :

4 scénarios...



**ASSURER LA SECURITE DES
PERSONNES ET DES BIENS**

Exigence commune à tous les scénarios :

Licence pilote, DNC (déclaration de niveau de compétence), déclaration et bilan d'activité, MAP (Manuel d'activités Particulières)

Consulter le conseiller aéronautique du CNRS : dirsu.drones@cnrs.fr

**ASSURER LA SECURITE
DES PERSONNES ET DES
BIENS**

Les contraintes de mise en œuvre

Les contraintes techniques et environnementales

1 - Techniques

**100%
FIABILITÉ**

Elles sont liés principalement à la sécurité/fiabilité
la réglementation et l'intégration des capteurs.

**100%
GARANTIE**

2 - Environnementales:

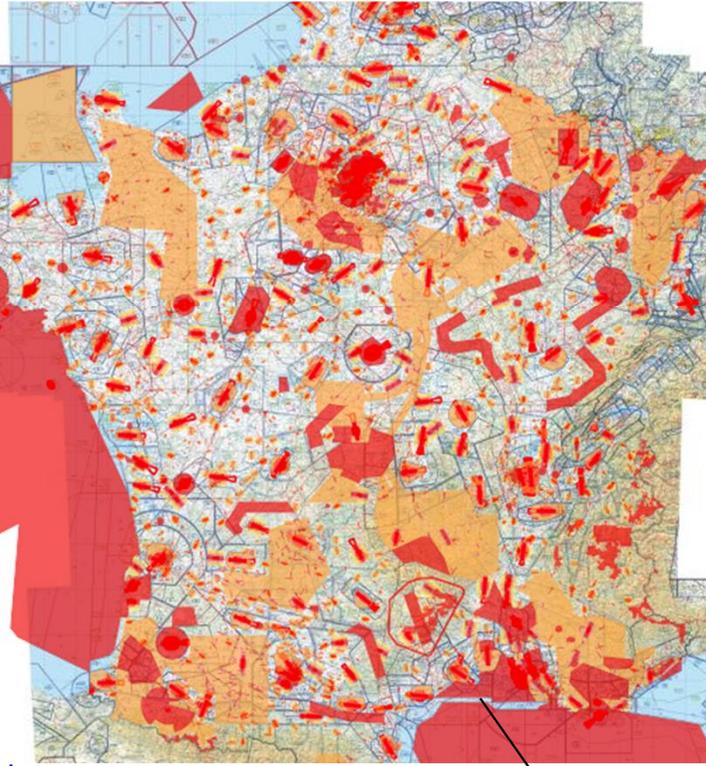
Milieu maritime (vent, sable, corrosion de l'air salin)
Montagne, altitude (portance, risque de perte de vue , de signal radio)
Milieu polaire (froid), milieu désertique (sable, chaleur)
Milieu urbain (obstacles, populations, manœuvres restreintes)
Milieu aérien (ZRT, proximité des aéroports civil et militaires, RTBA)



Système indépendant de sécurité
coupure moteur
et déclenchement parachute (DRONESYS)

Sites web pour préparer les vols

GEOPORTAIL Drone



MACH 7



<p>Direction des Opérations Service de l'Information Aérienne S.I.A.A. http://www.sia.aviation-civile.gouv.fr</p>	<p>BUREAU NOTAM INTERNATIONAL 33 (0)5 57 92 57 92 Fax : 33 (0)5 57 92 57 99 notam@aviation-civile.gouv.fr APN : LFFAYNXX</p>	<p>Activités Réseau Très Basse Altitude Défense Very Low Altitude Airforce Network Activity Version: 20171124_1800</p>
<p>Type de restriction : Contournement obligatoire. Entraînement militaire très grande vitesse très basse altitude. Le pilote militaire n'assure pas la prévention des collisions.</p> <p>Type of restriction : Compulsory avoidance. Very high speed military training flights at very low altitude. Military pilots cannot comply with airborne collision avoidance rules.</p>		
<p>Lever du Soleil à AVORD (BR): 07h09 UTC Sunset AVORD (BR): 07h09 UTC</p>		<p>Coucher du Soleil à AVORD (BR): 19h04 UTC Sunset AVORD (BR): 19h04 UTC</p>
<p>Créneau horaire: 27/11/2017 de 05h33 à 11h00 Heures UTC Time slot: 2017/11/27 from 05h33 to 11h00 UTC</p>		
<h3>SIA Aviation</h3> <p>Légende / Legend</p> <ul style="list-style-type: none"> R130 Zone active dans le créneau horaire. Area activated in the time slot. R145 Zone active dans le créneau horaire payée au vol. Area activated in the time slot, for a fee. <p>Prendre connaissance des autres activités publiées dans l'AIP, par NOTAM and par SUP-AIP Note: other activities published in AIP, by NOTAM and AIP SUP</p>		

Serveur Drones du CNRS

- <https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/schedules>
- <https://www.geoportail.gouv.fr/>
- <http://www.mach7drone.com/>

Conseiller Aéronautique du CNRS (dirsu.drones@cnsr.fr)
<https://extra.core-cloud.net/collaborations/conseiller-aeronautique/SitePages/Drones.aspx>

Demande de dérogation auprès du Centre de contrôle et de coordination Marine Atlantique (CCMAR)
 Vol en zone urbaine (S3) demande auprès le préfecture

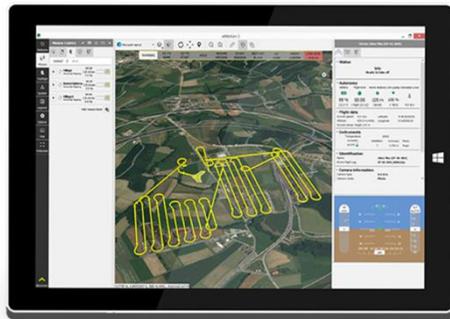


La robotique peut-elle palier au facteur humain ?

Les facteurs humains (extraits du manuel du pilote ULM et des recommandations FFAM)

- sommeil, fatigue (long voyage juste avant vol, effet du jet-lag , rythme circadien)
- santé , hygiène
- Stress (concentration, confiance, contrôle, engagement)
- Prise de décisions, attitudes et jugements : anticiper les aléas et préparer

Plug and play, Full Automatisation des drones

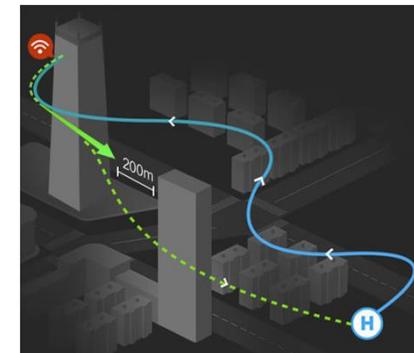


SenseFly



Dji Inspire

mais jusqu'où ?



DJI Smart return to Home

Restez vigilant !!!

- Bonne préparation du matériel et des vols, check-list à voix haute, entraînements réguliers, simulation des vols, Partage d'expériences, connaître ses limites, connaître son robot ...

« Le vol qui compte le plus n'est pas celui d'aujourd'hui, mais celui de demain »

Point critique (motorisation électrique) : surveiller les batteries

Batterie Lithium Polymère (LiPo)

- Très bon rapport énergie disponible / poids => succès de son utilisation
- Possibilité de charge rapide avec courant de charge = capacité (1C)
- Peut fournir des courants forts : 25C = 25 x capacité

Pour capacité 6.7Ah, Courant de décharge continu : 25C (167A)

Courant de décharge en pointe : 50C (335A)

Attention au vieillissement de la batterie

(gonflement , Age > 2 ans , fréquence d'utilisation (> 200 charges), choc....)

Le % de capacité restante mesuré n'est plus significatif

Recommandations :

- Tenir un journal d'usage des batteries (capacité charge, estimation durée, durée utilisation...)
- Stocker à 3,8V et environ 50% de la capacité (utilisation du mode stockage du chargeur)
- Ne jamais être chargée à plus de 4.20V par élément
- Ne jamais décharger au-delà de 15% de capacité restante
- **En cas de doute, ne pas utiliser en vol.**



Les enjeux dans le domaine côtier

Diversité des relief et
de la geologie

30-40%
du tourisme

Activités Economiques
(pêche, transport, industrie
energie...)

grande varieté de la
faune, flore, habitats
naturels...

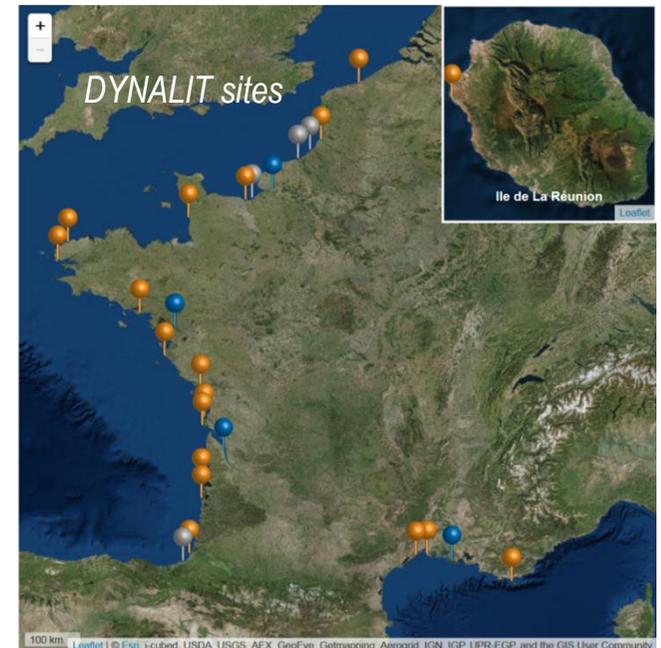
France Metropolitaine
= 5500 km of coastline

6,1 millions d'habitants vivent
le long de la mer

→ DYNALIT (Dynamique du LItoral and du trait de côte)

” 29 study sites → representative of various coastal contexts

www.dynalit.fr



Les missions actuelles pour les drones



Les principales applications :

- **Drone – Optique :**
- Photogrammétrie.
- Production de Modèle Numérique de Terrain à haute résolution et des images ortho - rectifiées associés

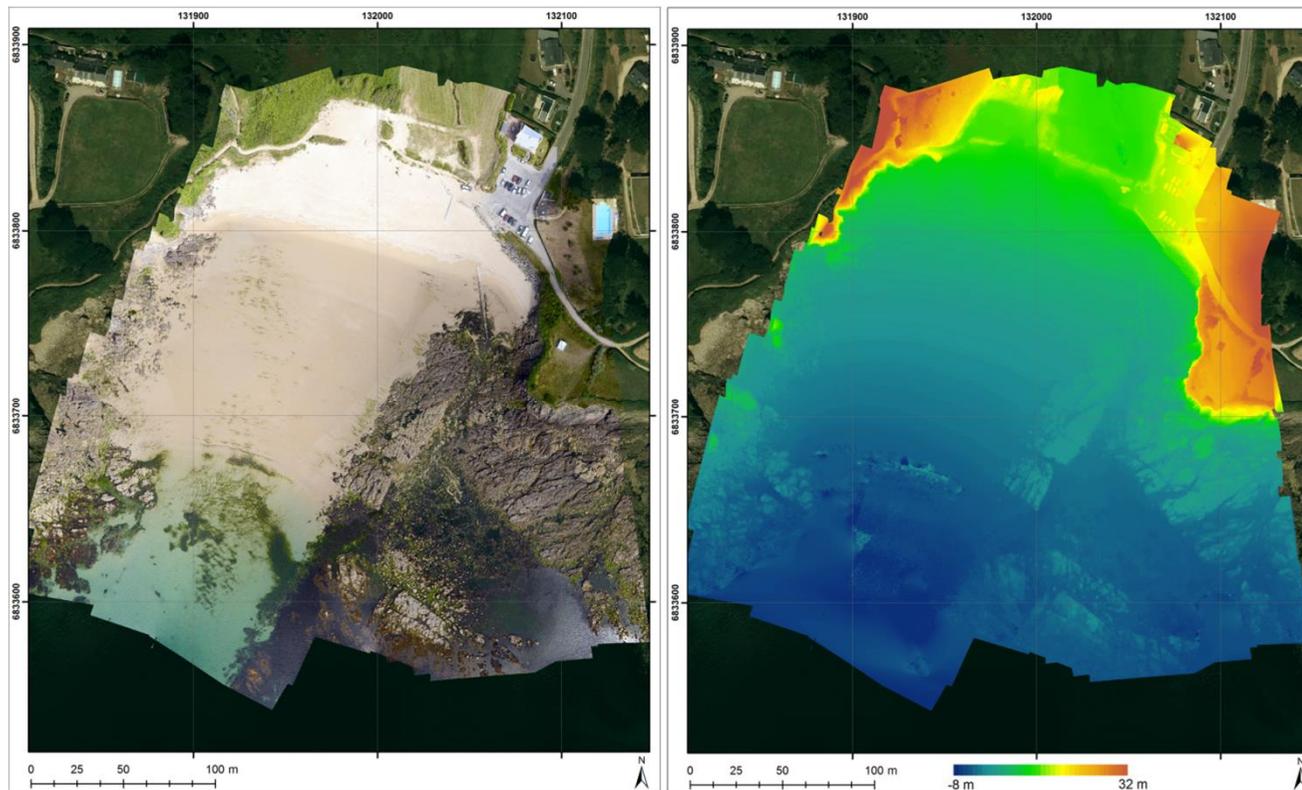


DEM and ortho-photo on Pesnestin Cliff, 2 km-long, resolution 2 cm (2012)



Tache d'observatoire récurrente

Suivi multi-paramétriques de l'érosion et du trait de côte à échelle d'une petite plage (site de poche)



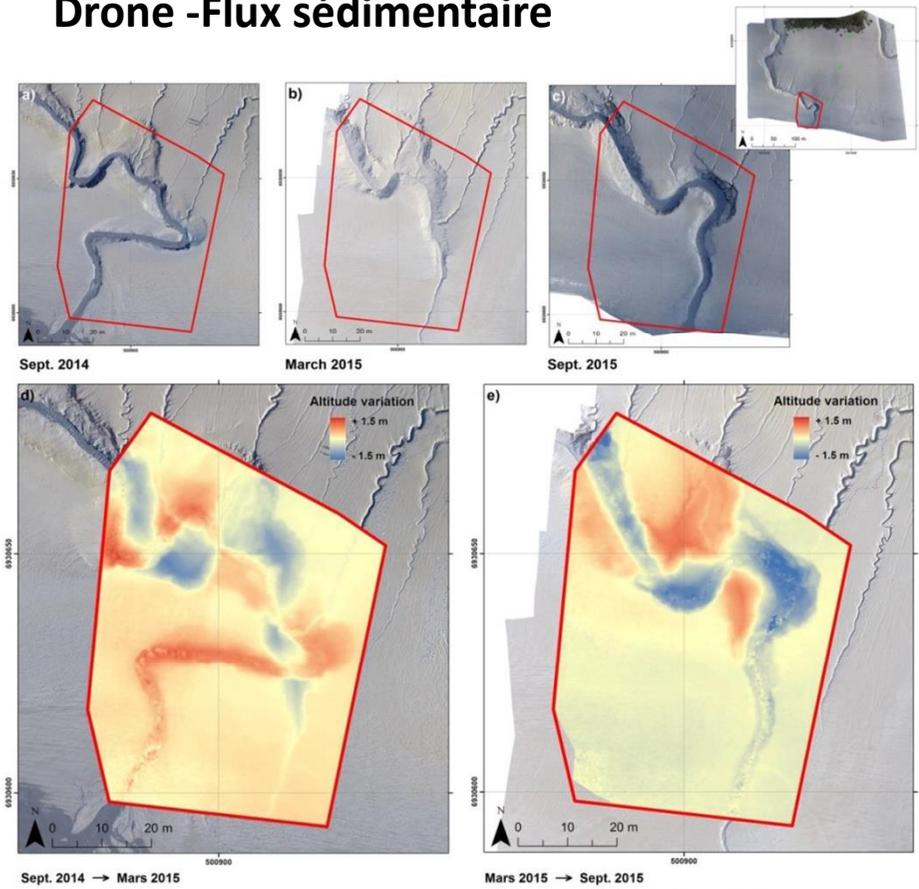
- DEM resolution : 3 cm
- Ortho resolution : 1.5 cm

- Accuracy : \approx 3 cm



Orthophotograph and DEM – Porsmilin – June 2015 (computed from 72 photographs)

Drone -Flux sédimentaire



Comprendre l'environnement sédimentaire
Hydro-dynamique



Figure 7: a) -c) Localisation of the studied portion of the tidal-creek common to the successive orthophotographs. Extract of the DEM of Difference (DiffDEM) (d) between Sept. 2014 and March 2015 and (e) between March 2015 and Sept. 2015.

Assemblage de 2 MNT pour reconstituer une falaise (Photoscan)

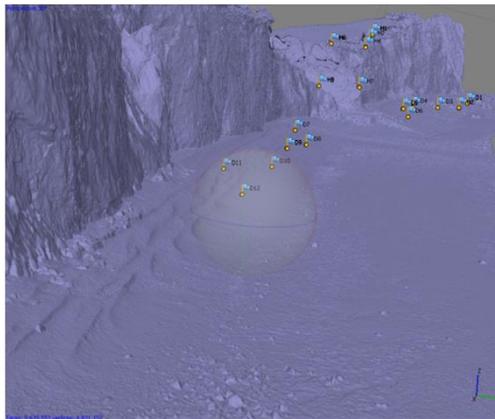


vue coté gauche (avec texture)

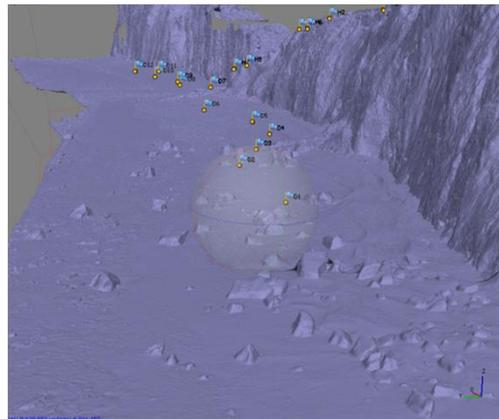


Vue d'ensemble longitudinale

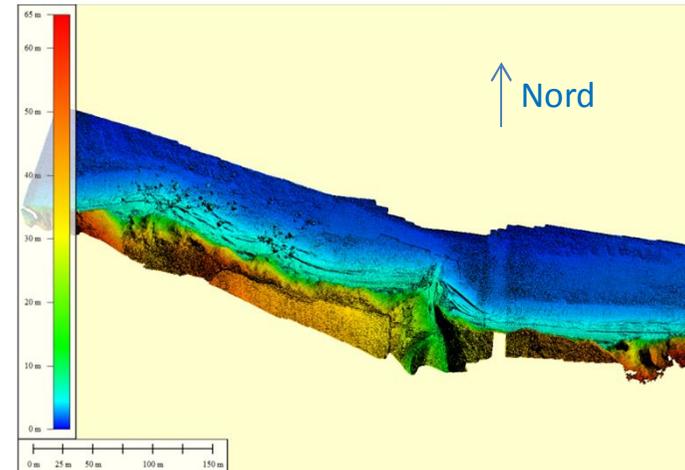
Vue d'ensemble latérale



vue coté gauche (sans texture)

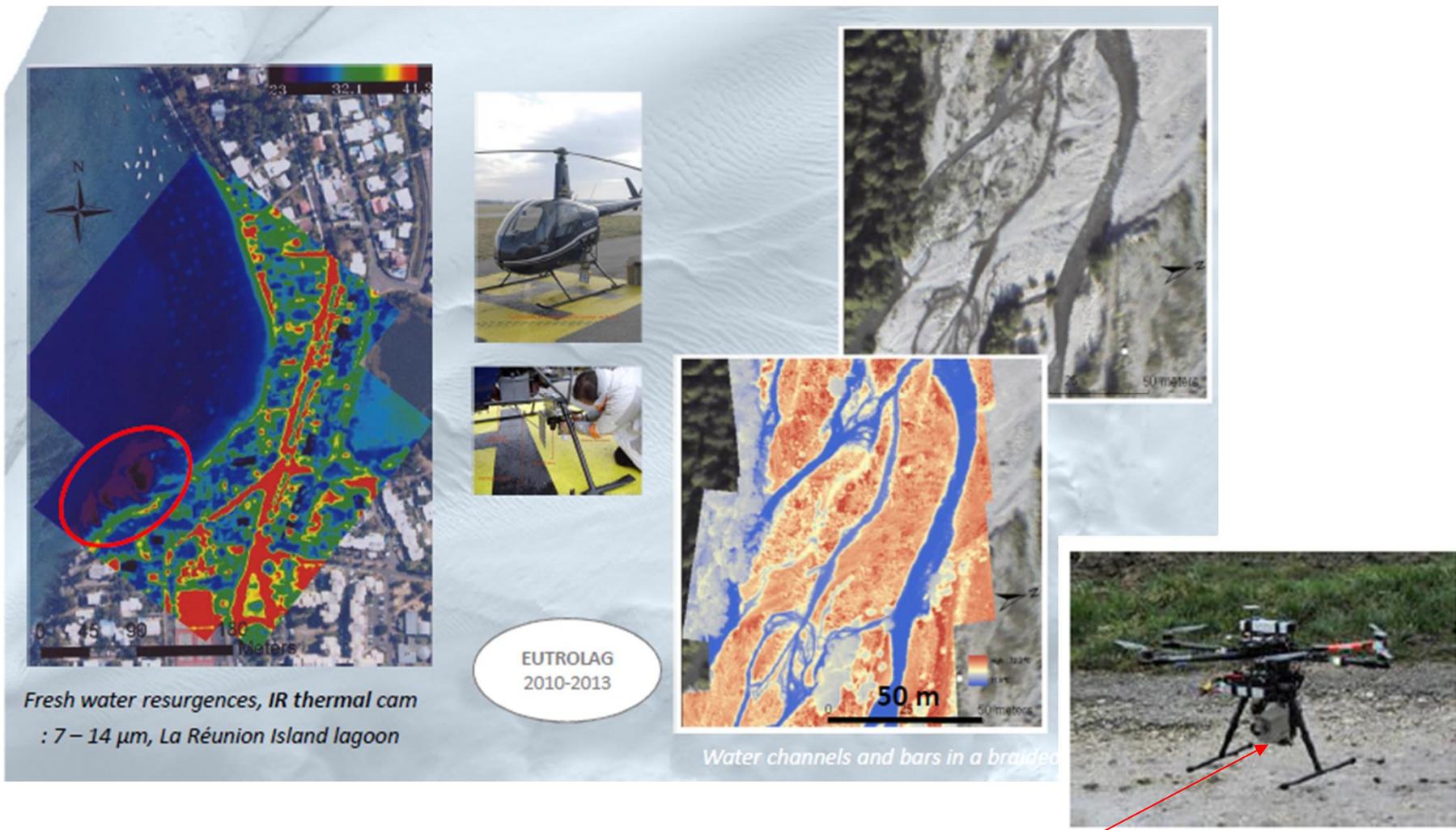


vue coté droit (sans texture)



MNT vu par Global Mapper

Portabilité des instruments sur drone et sur ULM



*Fresh water resurgences, IR thermal cam
: 7 – 14 μm , La Réunion Island lagoon*

**EUTROLAG
2010-2013**

Water channels and bars in a braided

Camera thermique

Traitement des données

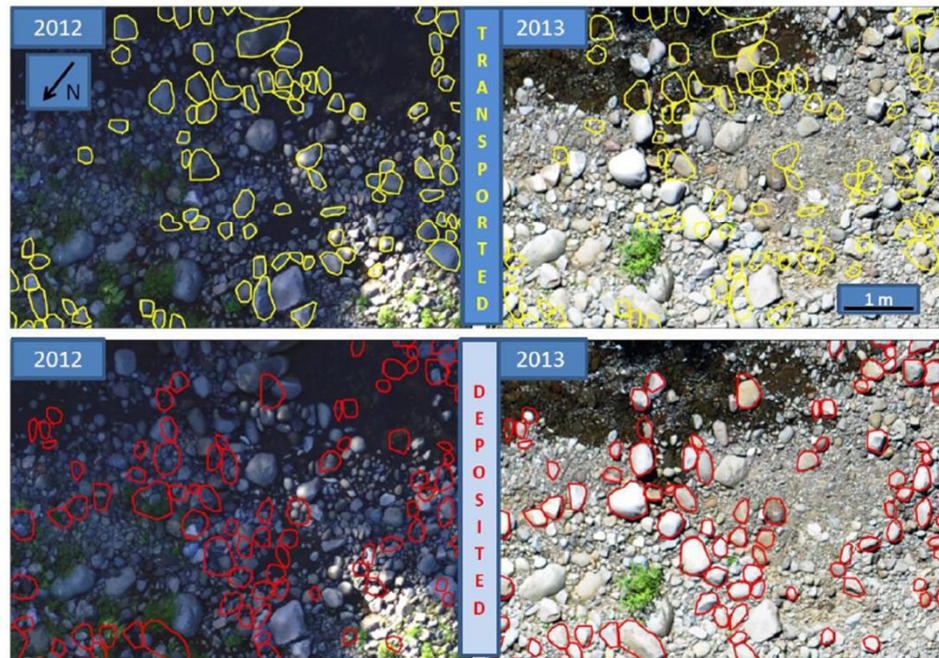
Transport sédimentaire et de blocs en rivière

On obtient 200 à 300 images par vol – vols à 80m de haut –
résolution des images de 2 à 3 cm

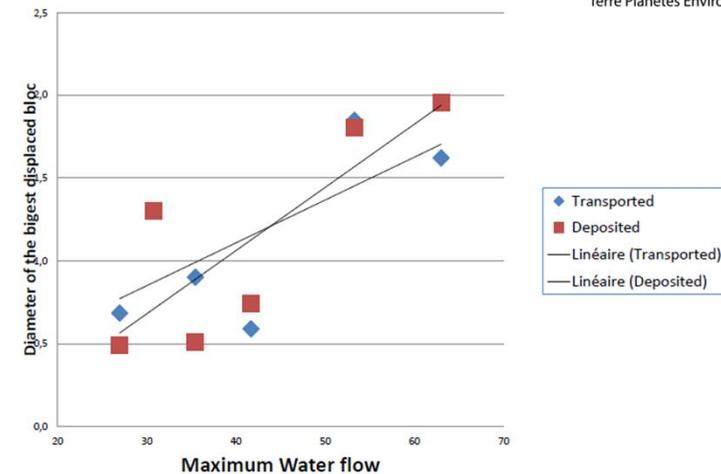
Photogrammétrie (MicMac) : calcul d'un modèle numérique de Terrain
puis calcul d'ortho-image à la meilleure résolution possible (2 à 5 cm)

Données géoréférencées – stockées et visualisées avec ArcGis

1 manip par an entre 2006 et 2013



Water Flow vs size of the largest displaced bloc



Ortho rectified image
resolution 1.6 cm /pixel
180m x 50m



Day nov 27

Ortho rectified image
resolution 1.6 cm /pixel
230m x 50m

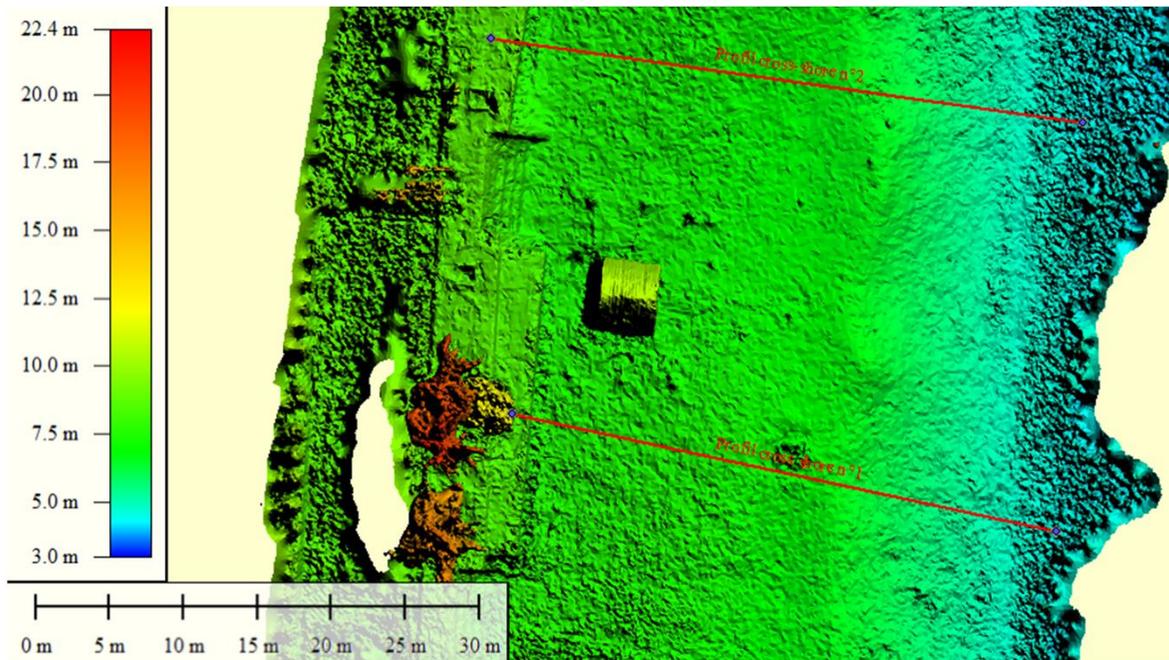


Day nov 30



ANR COSTVAR
Vietnam 2015

Suivi haute fréquence de l'évolution d'une plage

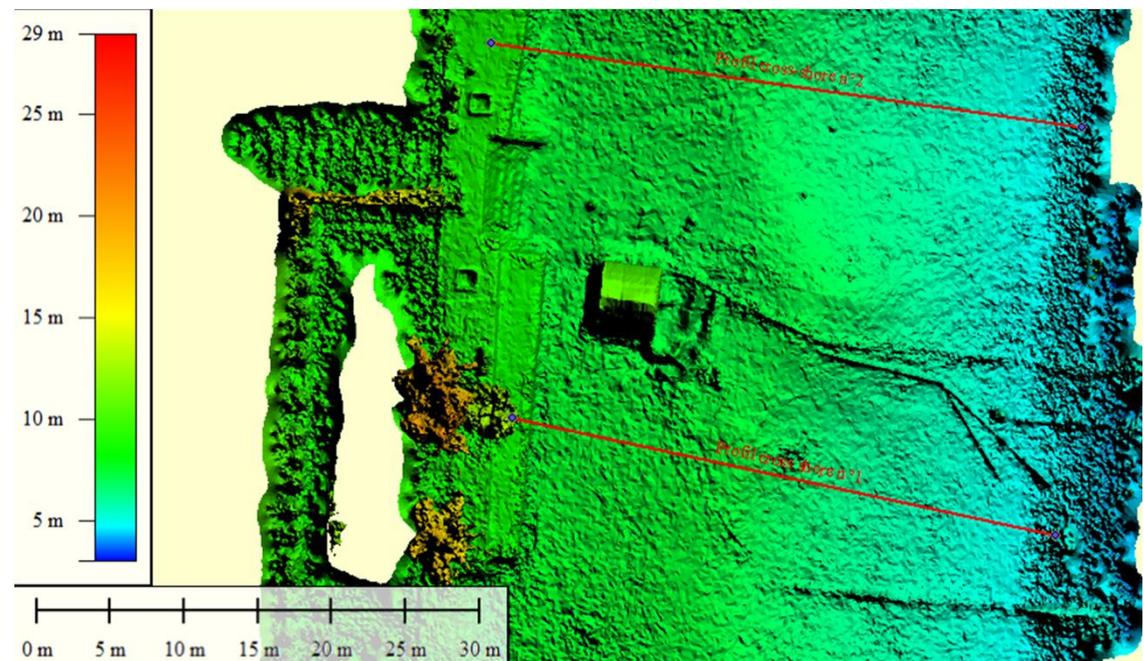


Day _27 : Digital Elevation Model

Digital Elevation Model
accuracy 5 cm /pixel
resolution 3 cm /pixel
180m x 50m

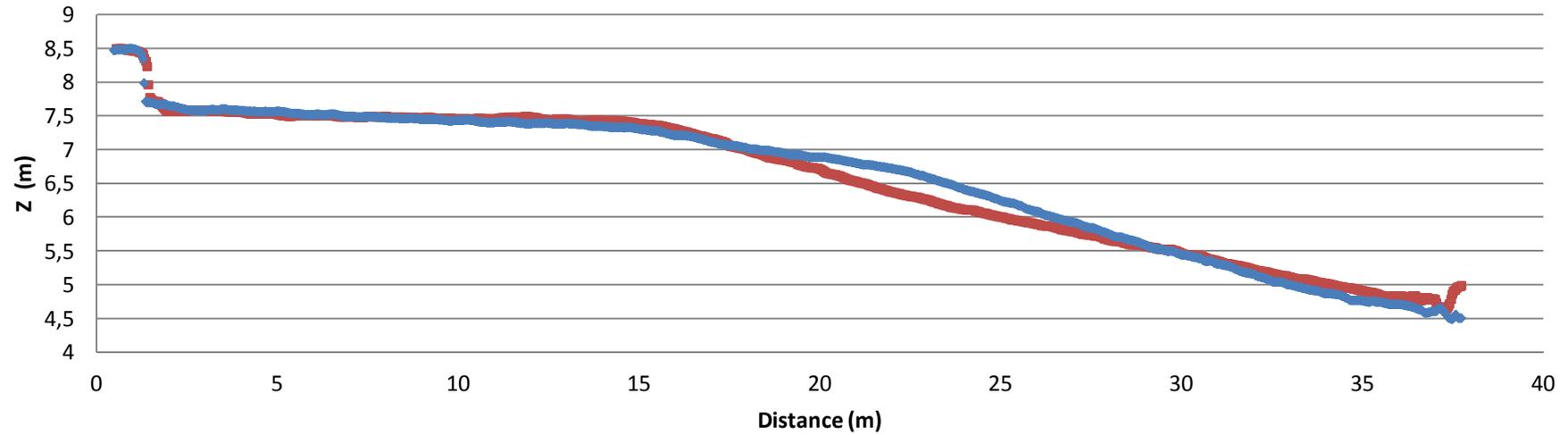
Day _30 : Digital Elevation Model

Digital Elevation Model
accuracy 5 cm /pixel
resolution 3 cm /pixel
230m x 50m

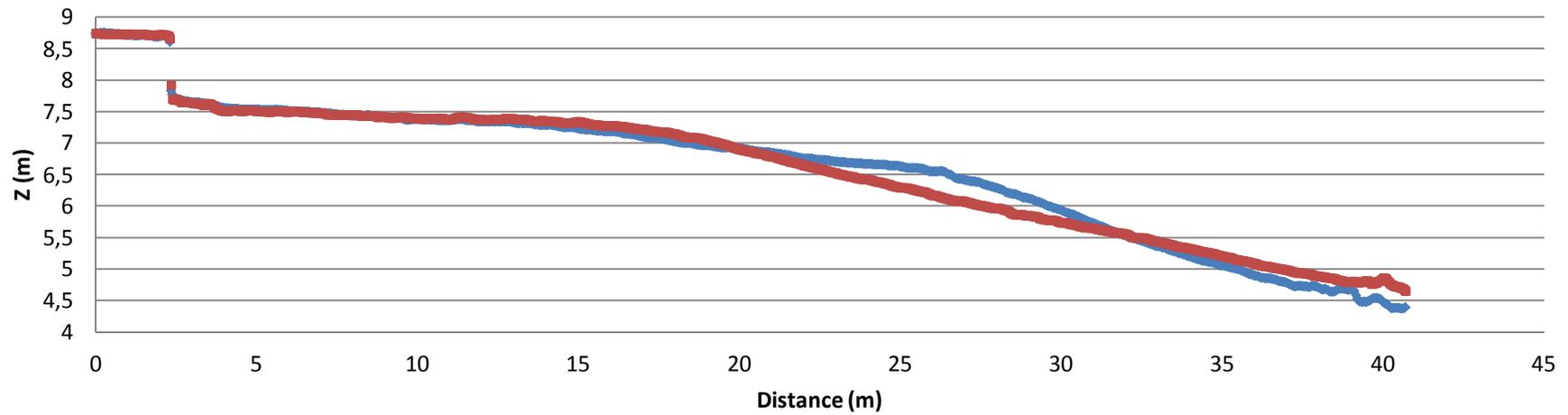


Compare Profiles of Day_27 and Day _30

Profil 1 cross shore

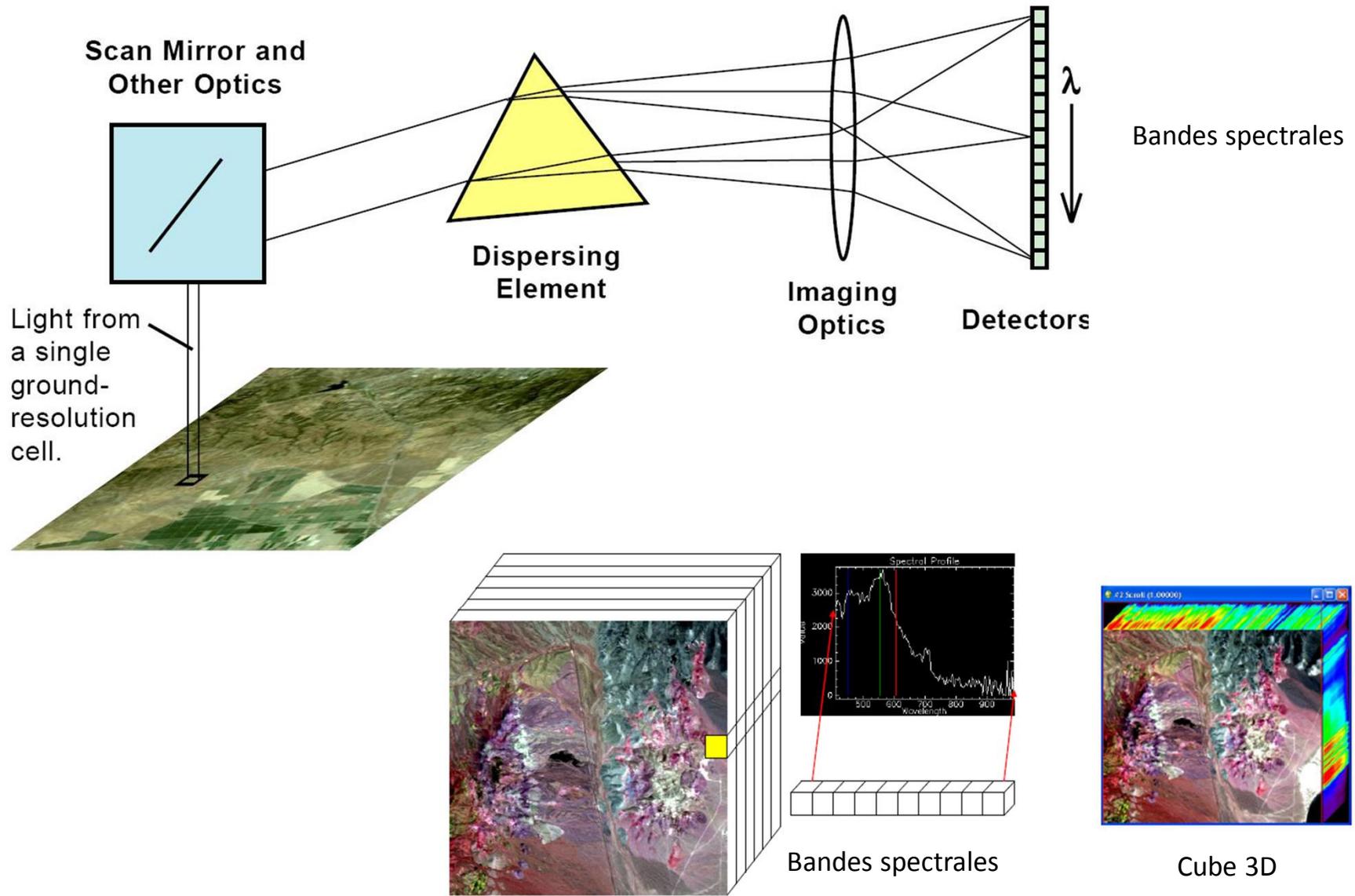


Profil 2 cross shore



■ Day_27 ■ Day_30

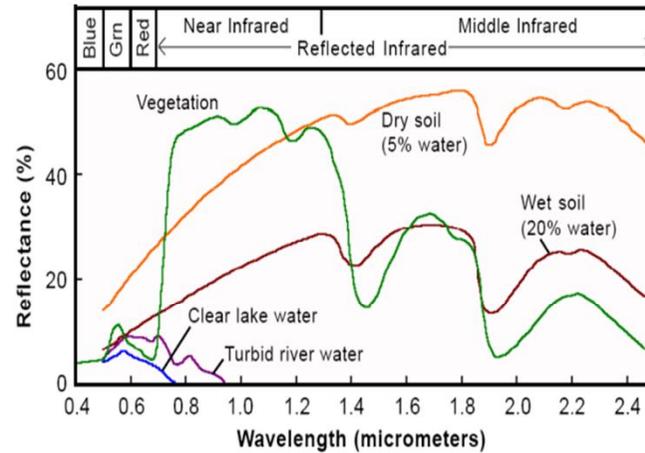
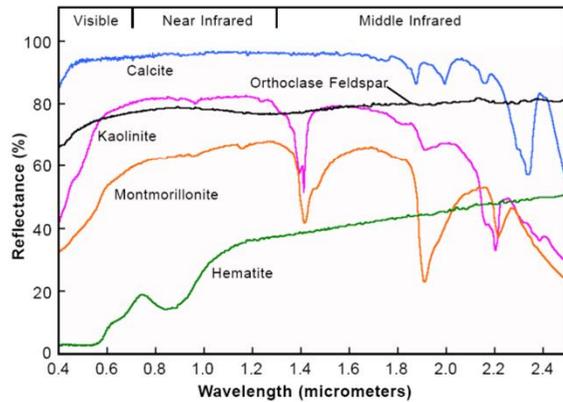
Principe du capteur hyperspectral



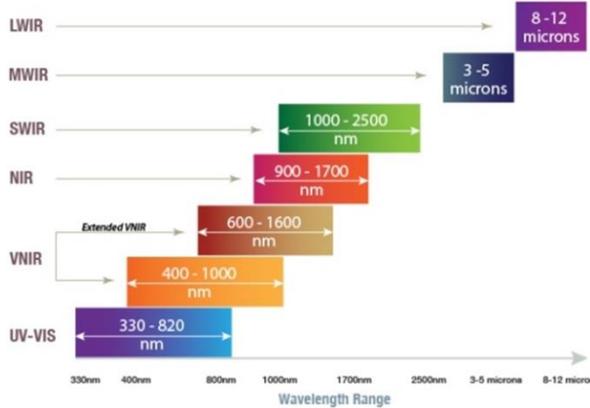
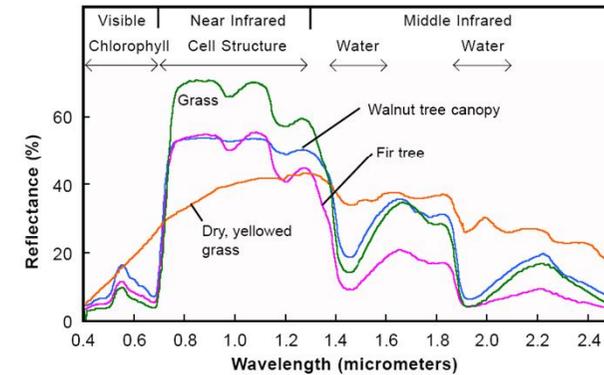
Techniques de suivis morphologiques en zone littorale

Bathymétrie – changement de végétation

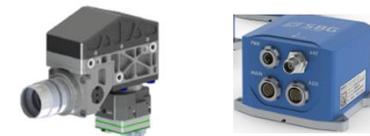
Minéral



Végétal



CRITEX : Système hyperspectral VNIR sur DRELIO

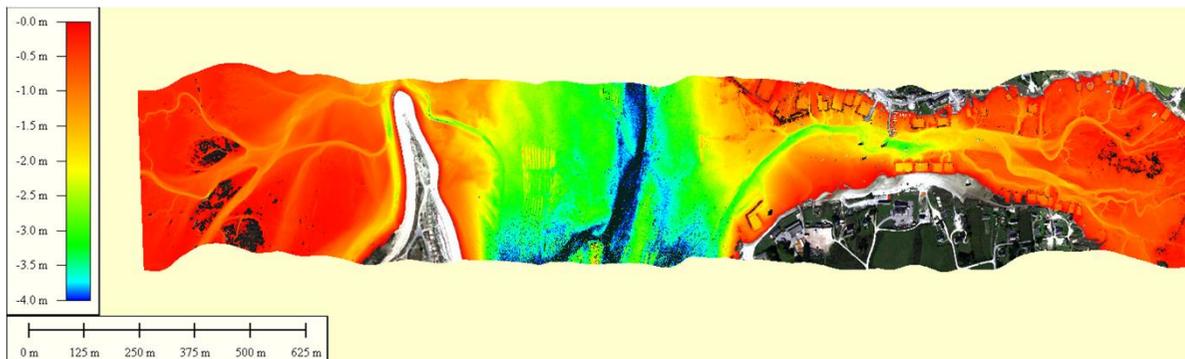
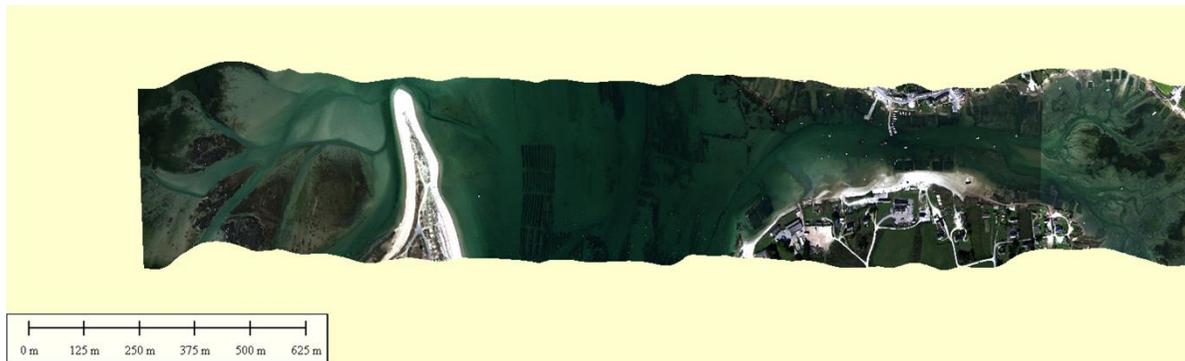


Application de l'hyperspectrale au suivi morphologique en zone littorale

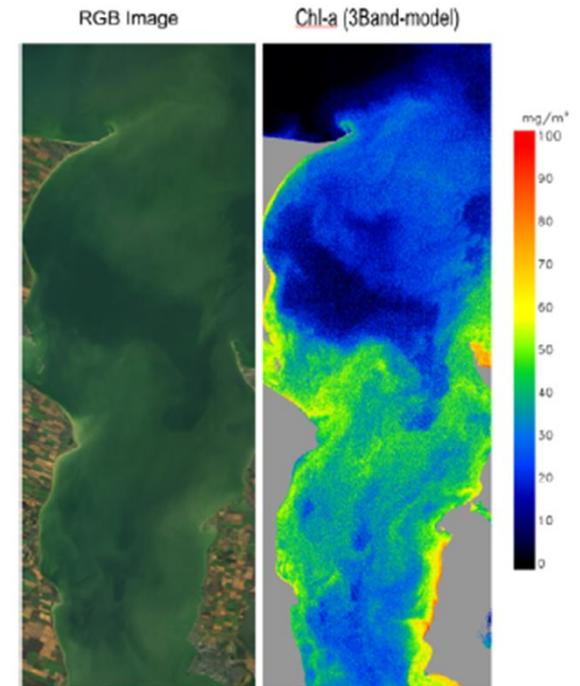
~ **sol & vegetation** (contenu de l'eau, chlorophyll, carotene...)

~ **Imagerie de l'eau:**

- Bathymetrie petit fond
- Propriétés optique de l'eau (attenuation, diffusion): turbidité
- Nature des particules dans la colonne d'eau :
(matière organique, sediments, pollution...)
- Reflectivité du fond



Shallow bathymetry derived from hyperspectral (Actimar)



Chlorophyll-A (A. Gittelsohn et al.)

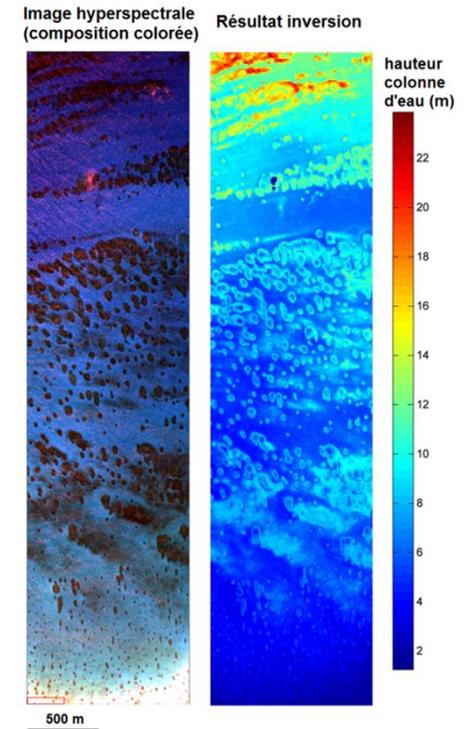


Oil-spill

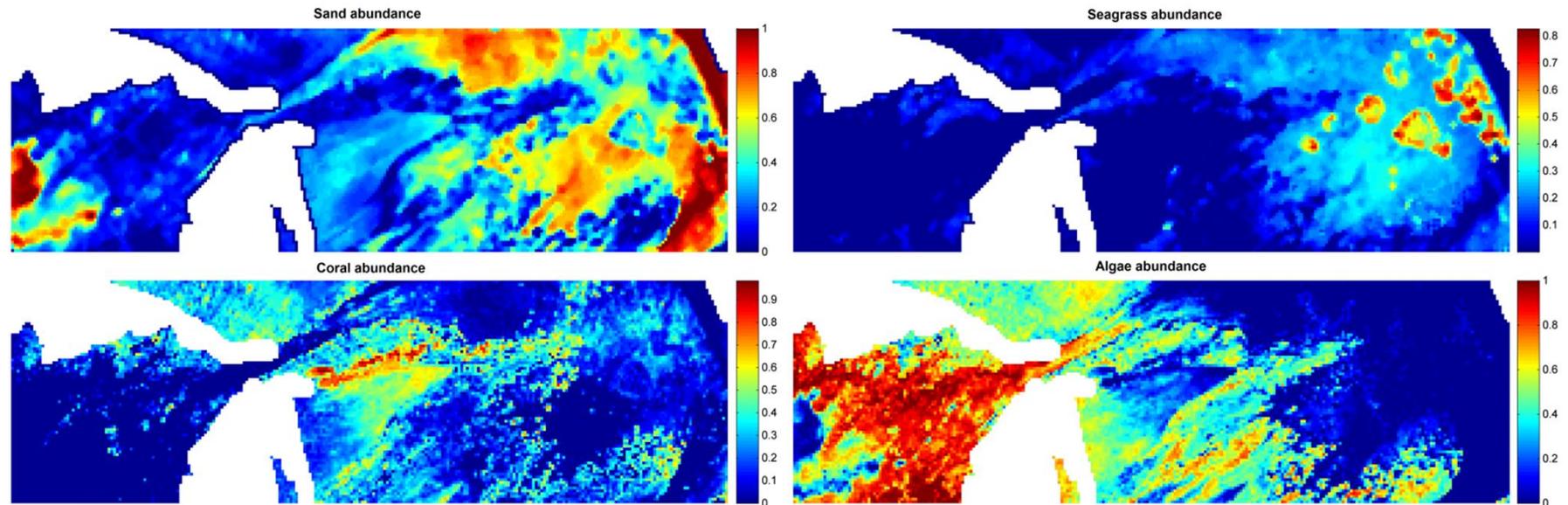
➤ Drone – Hyperspectral , Imagerie de l'eau:

- Bathymetrie petit fond
- Reflectivité du fond

Bathymetry inversion from hyperspectral data (Juan de Nova Island)

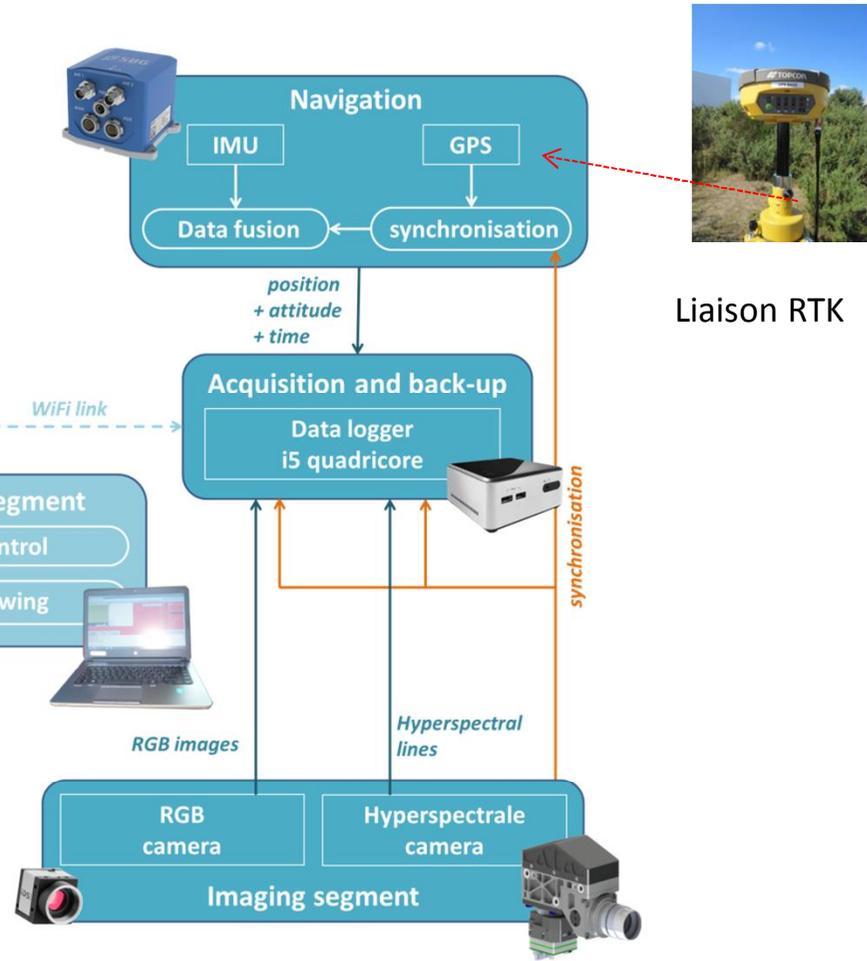
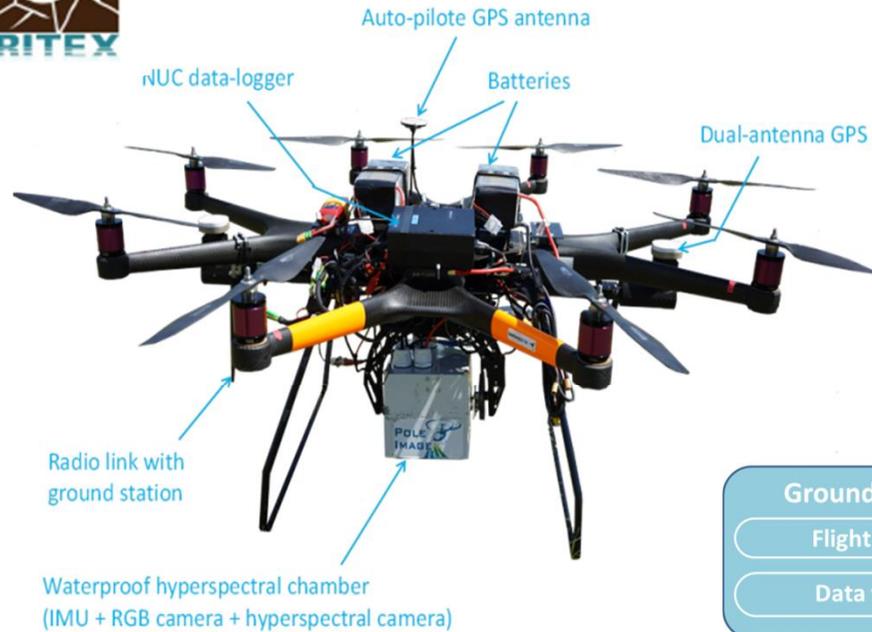


Projet Hypercoral (IFREMER / LGO)





Drone à charge utile Hyperspectrale



Liaison RTK

Interface Sol

Image Hyper

Spectre

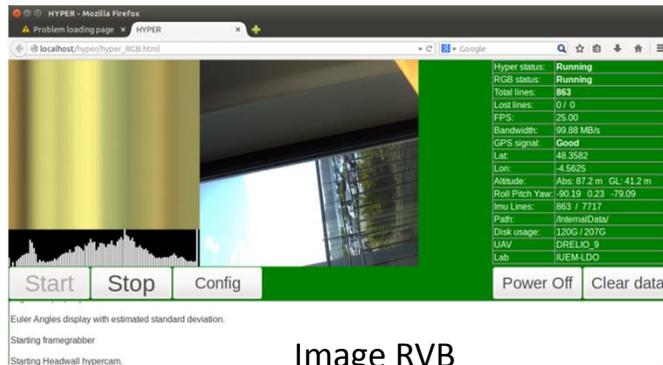


Image RVB

IMU : Ekinox_D
fab : SBG System ;
angles accuracy : 0.05°
GPS 2 frequencies

Sensor hyper spectral : VNIR
fab : Headwall
Spectral scale: 400 – 1000 nm ;
Bands Number: 250

Mesures *in situ*

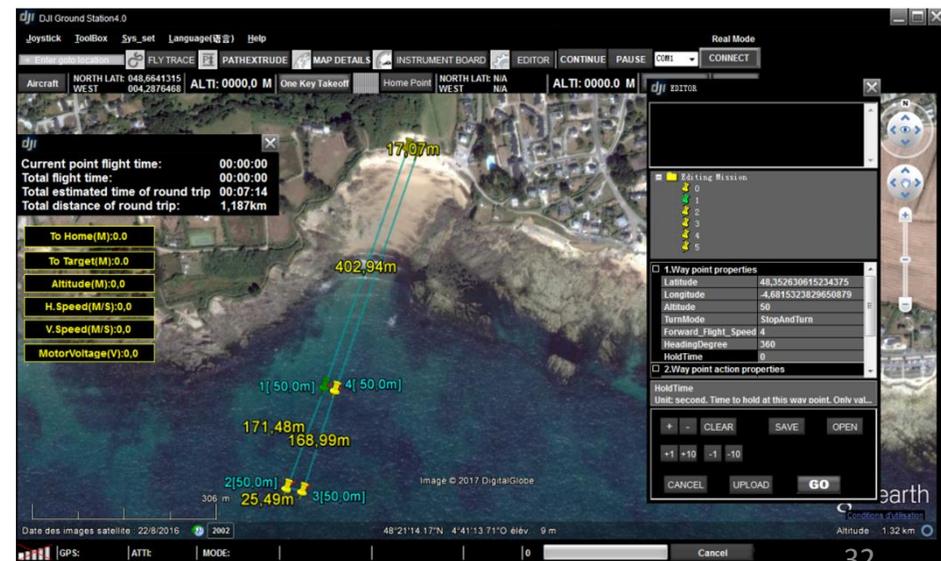
” Depuis les plages

→ 1 vol « photos RGB » + 1 vol hyperspectral

→ Installation de cibles

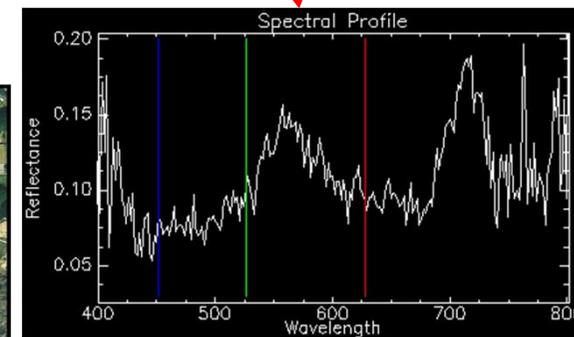
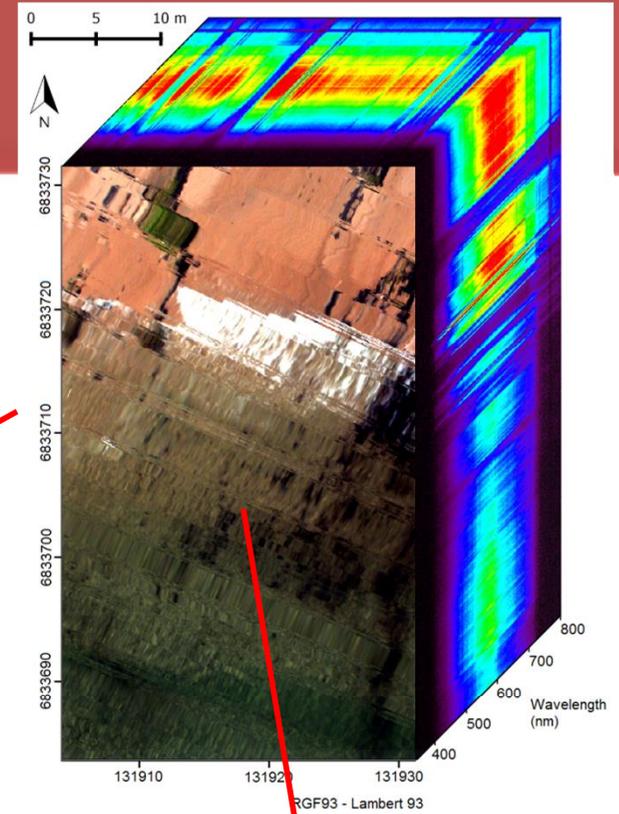
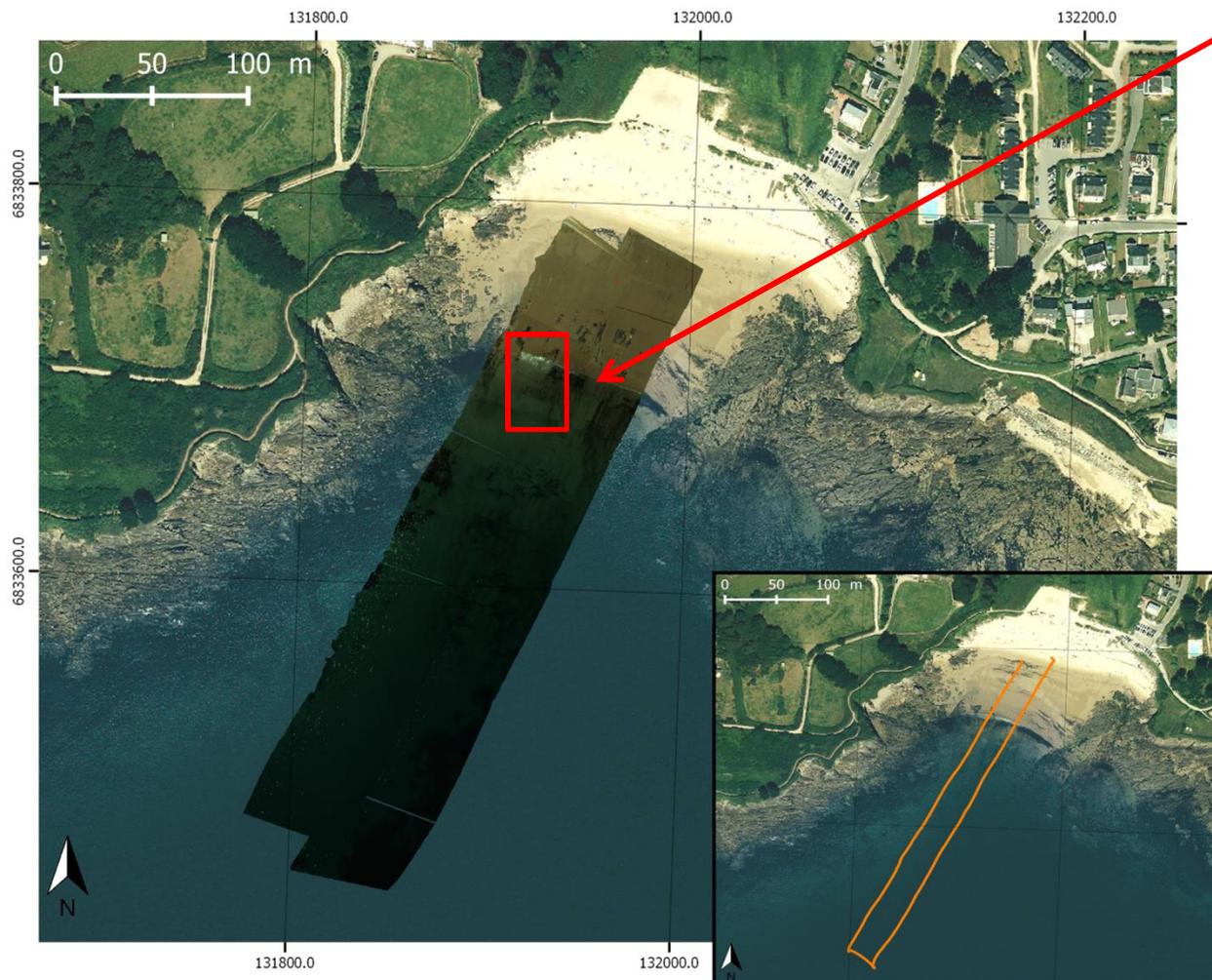
→ Mesures au Spectroradiomètre GER 1500

→ Prélèvement annexe de matière en suspension (équipe en mer)



Mesures *in situ*

- Levé hyperspectral à Porsmilin



Spectre extrait du cube

Les missions de demain

Pour le littoral : Mettre en opération différents robots spécifiques

(Ex UAV Hyper spectral ou UAV Lidar avec des UVS ou AUV de mesure in-situ (préleveur d'échantillons, Matière en suspension, Estimation de la profondeur de pénétration de la lumière en mer)



Simultanéité des mesures



Capteur radiométrique marinisé
Radiometrie in-situ

Perspectives

Améliorer les points faibles !

Temps de vol ,

Charge utile,

Communication en temps réel

Stockage des données

Miniaturisation des capteurs

Amélioration permanente de la fiabilité et de la sécurité
des drones ...

Conclusion

- . Drones → utilisation dans divers contextes (littoral, montagne, volcans, ...)
- . Souplesse d'utilisation → capable de répondre à divers challenges en matière de monitoring
- . Miniaturisation des capteurs + développement de nouvelles plateformes
→ opportunités de nouveaux types de mesures

Merci pour votre attention

