

# Prise de vues aériennes à l'aide de vecteurs légers : contexte, préparation et planification d'un plan de vol

**Kristell MICHEL**

**ENS de Lyon / UMR 5600**

**[kristell.michel@ens-lyon.fr](mailto:kristell.michel@ens-lyon.fr)**

**Damien FAYEAUX**

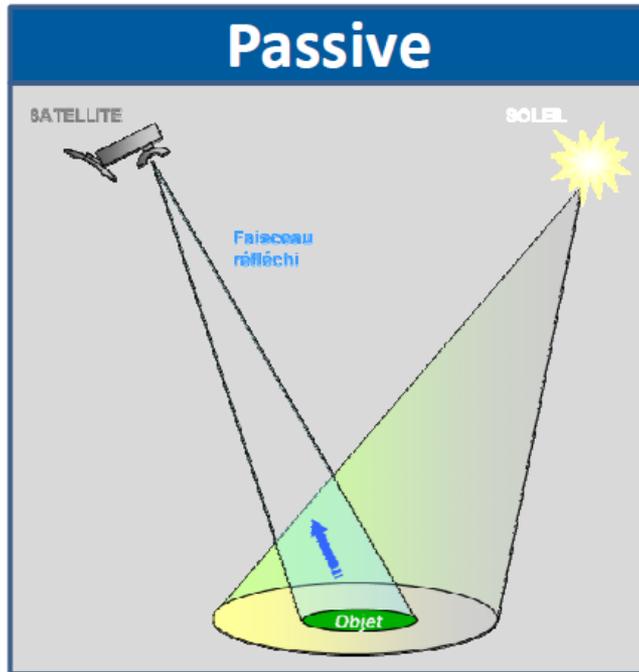
**Université Jean Monnet**

**[damien.fayeaux@univ-st-etienne.fr](mailto:damien.fayeaux@univ-st-etienne.fr)**

# Les objectifs du cours

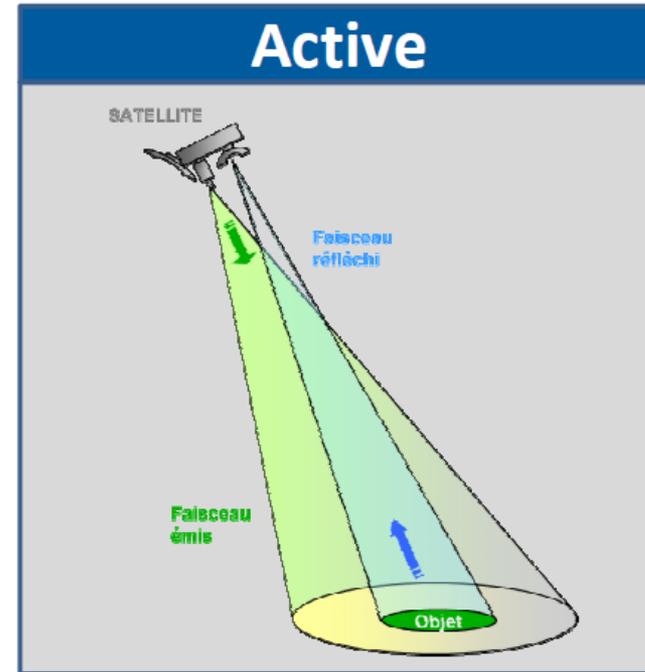
- **Avoir une bonne vision globale des bénéfices que l'on peut tirer des données (U)THR.**
- **Comprendre quelques exemples de recherche récents dans le domaine** et notamment ce qui a trait à l'acquisition des données et à leur traitement.
- **Mieux évaluer les limites et les contraintes de ce type de données** - qui pourront être discutées durant ou après la présentation.
- **Préparer une campagne d'acquisition** en prenant en compte les contraintes techniques et législatives.

# Quelques pré-requis



Enregistrement du **rayonnement solaire réfléchi** par la cible (visible, IR)

= **Téledétection optique**



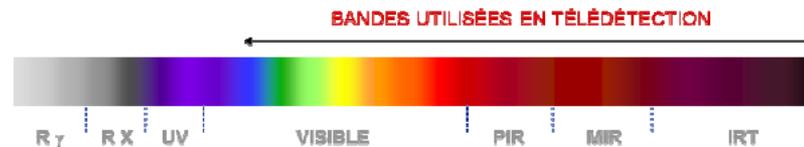
Enregistrement du **signal radar** rétrodiffusé par la cible (micro-ondes)

= **Téledétection radar/lidar**

(Source : D. Sheeren, 2014)

# Quelques pré-requis

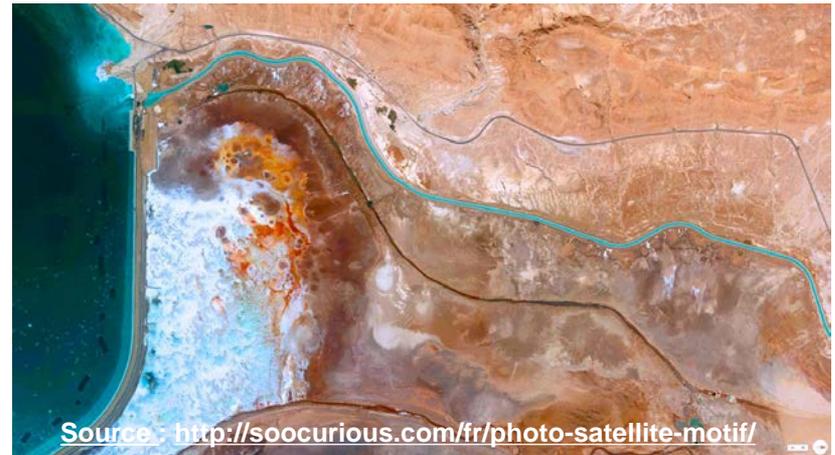
- **Longueurs d'ondes** (télédétection passive) :
  - **Visible** ( $0,4\mu\text{m} - 0,7\mu\text{m}$ ) : *rayonnement solaire réfléchi*
    - Utilisation : couleur, différenciation des objets
  - **Proche infra-rouge** ( $0,7\mu\text{m} - 1,6\mu\text{m}$ ) : *solaire réfléchi*
    - Utilisation : différenciation de la végétation
  - **Infra-rouge moyen** ( $1,6\mu\text{m} - 4\mu\text{m}$ ) : *solaire réfléchi*
    - Utilisation : teneur en eau des surfaces
  - **Infra-rouge thermique** ( $4\mu\text{m} - 15\mu\text{m}$ ) : *émis*
    - Utilisation : température apparente des objets



(Source : D. Sheeren, 2014)

# Pourquoi observer la Terre ?

# Pourquoi observer la Terre ?



# Pourquoi observer la Terre ?

*Identifier, délimiter, caractériser, suivre...*

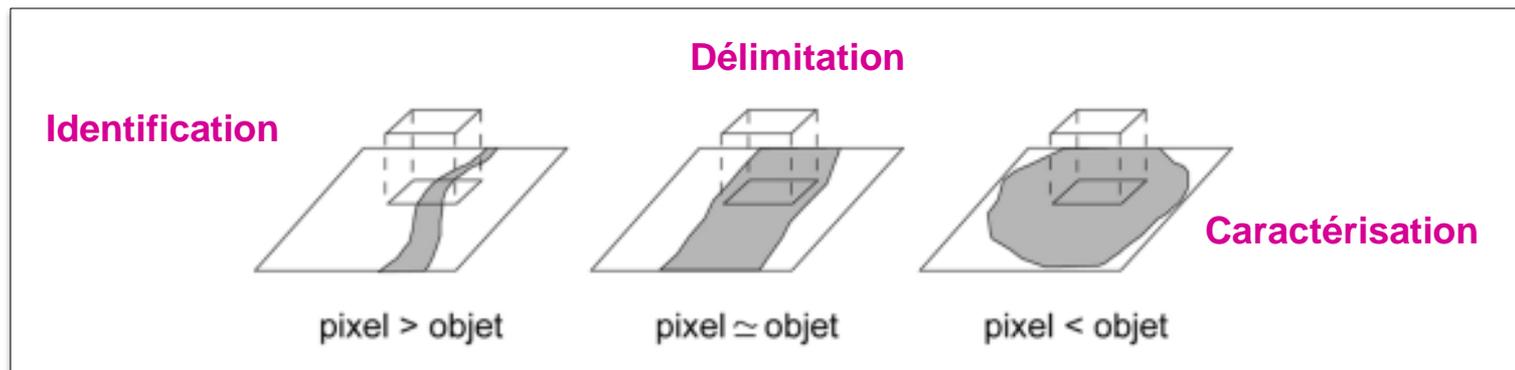
les écosystèmes naturels et anthropiques

## Etat et structure des milieux

*Forêt, mangrove  
Agriculture,  
Littoral,  
Sols,  
Eaux douces et marines,  
Zones urbaines, villes  
Réseaux,  
...*

## Fonctionnement des milieux

*Production de biomasse  
Photosynthèse  
Sécheresse, inondation  
Incendies  
Maladies, parasites  
Expansion urbaine  
Coupes,  
...*

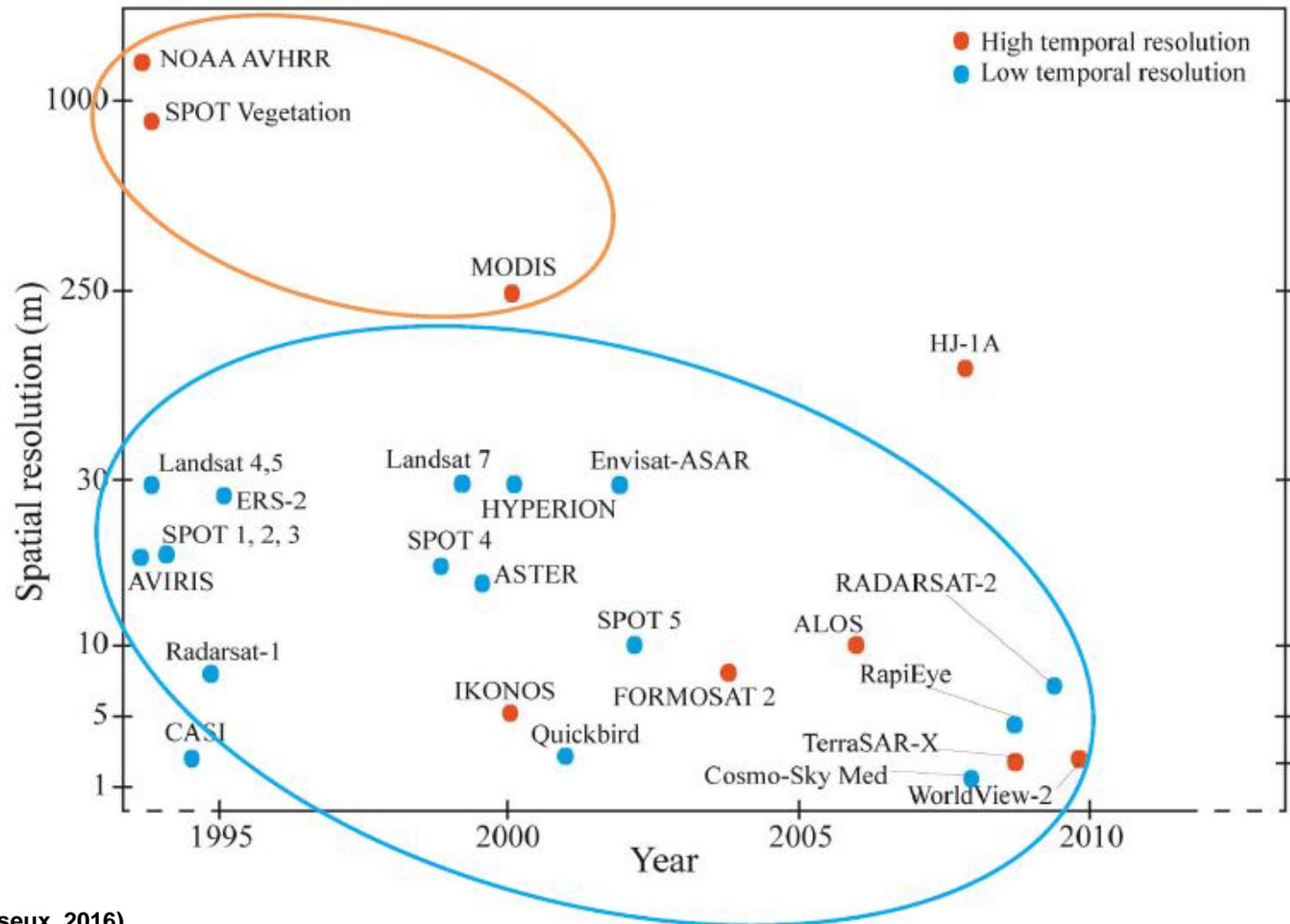


# Apparition des images THR dans les années 2000

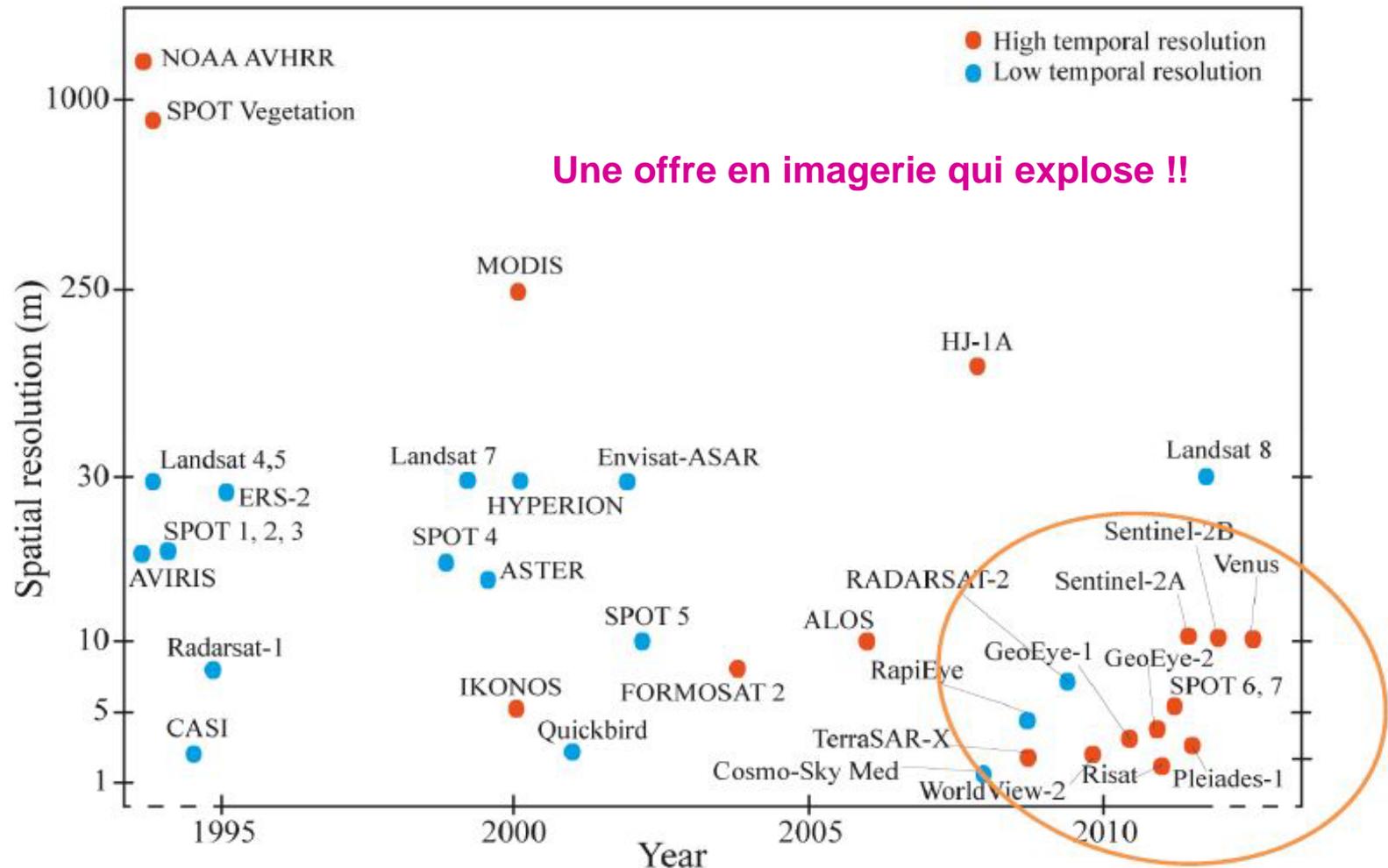
Dans les années 2000, on observe **une offre en imagerie (aéroportée et satellitale) sans précédent** avec des **résolutions de plus en plus intéressantes** pour le suivi d'objets naturels ou anthropiques.

Ces systèmes offrent de **nouvelles représentations** numériques de la surface topographique, une donnée essentielle dans des domaines variés tels que l'archéologie, l'architecture, la **gestion de l'environnement** et des risques naturels.

# Nouvelles opportunités d'identification, de délimitation, caractérisation et de suivi...



# Nouvelles opportunités d'identification, de délimitation, de caractérisation et de suivi...



# Nouvelles opportunités d'identification, de délimitation, de caractérisation et de suivi...

- Un niveau de détail très élevé
- Un pixel qui n'est généralement plus un « mixel »

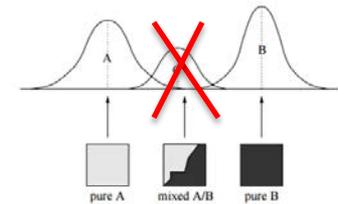
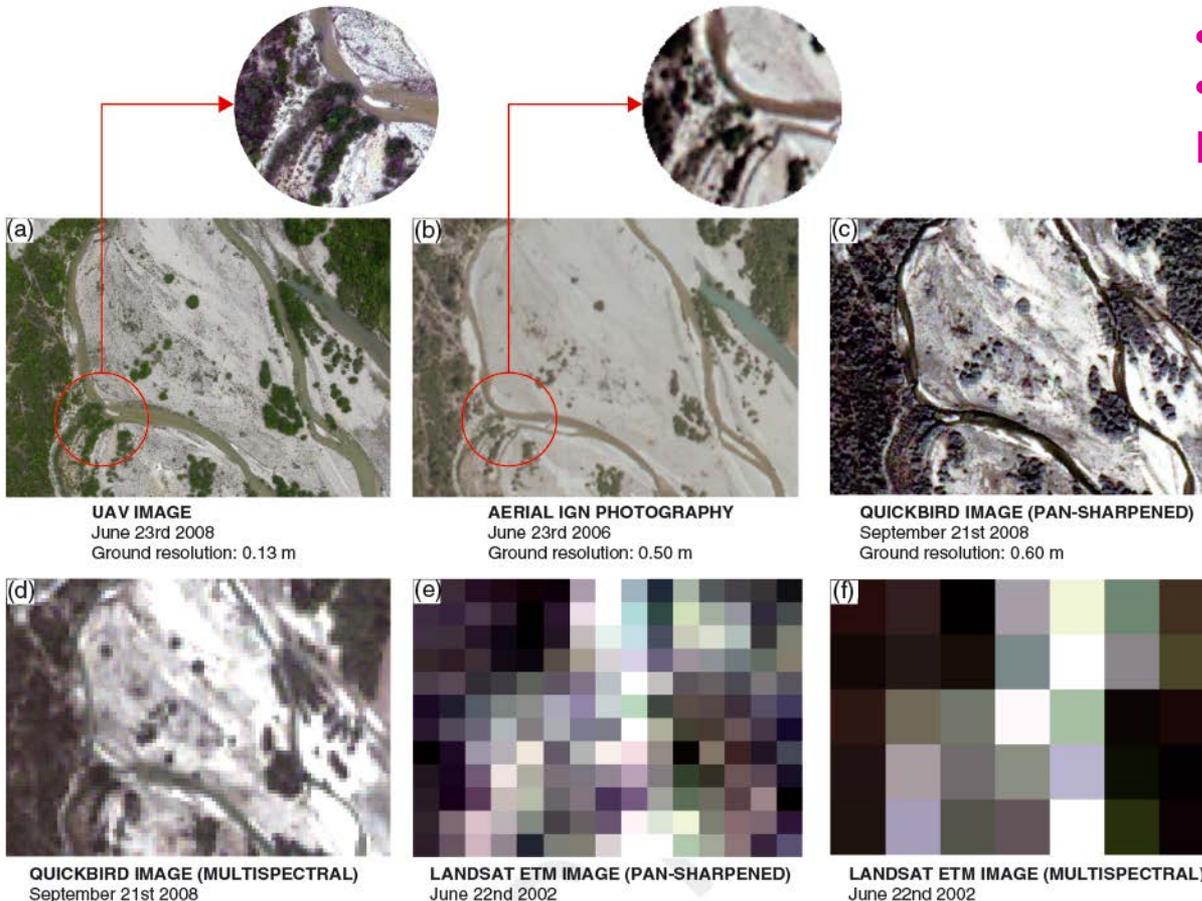


Figure 1.3: Spectral confusion caused by mixing of ground cover types. The two pure pixels of category A and B are classified correctly as they are best represented by their class distribution. The mixed pixel is misclassified because its reflectance better resembles the spectral signature of the third category C than that of A or B (after Campbell [19]).

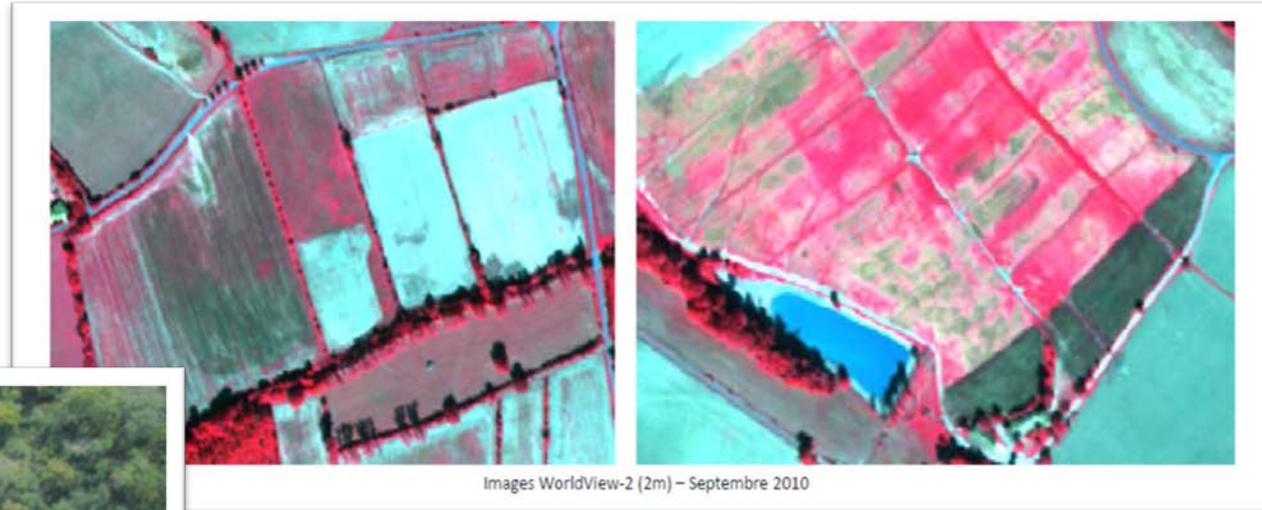
(Source : Gebbinck 1998)

(Source : Carbonneau et al., 2012)

# Nouvelles difficultés...

- Une hétérogénéité locale bien plus élevée

(Source : D. Sheeren, 2014)



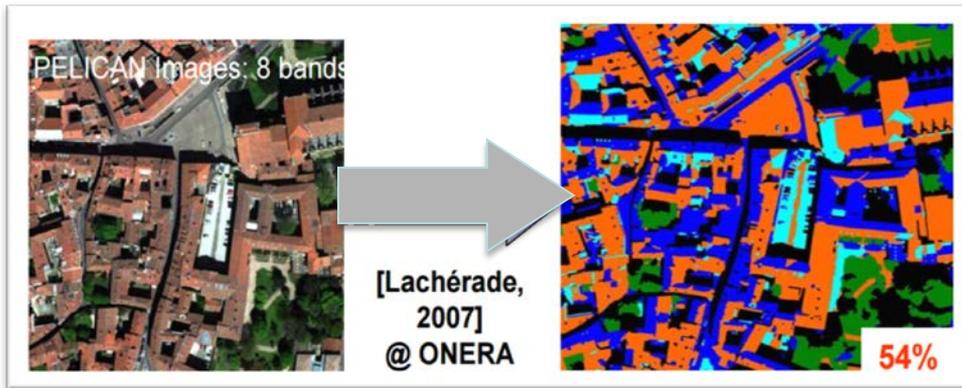
(Source : Carbonneau et al., 2012)



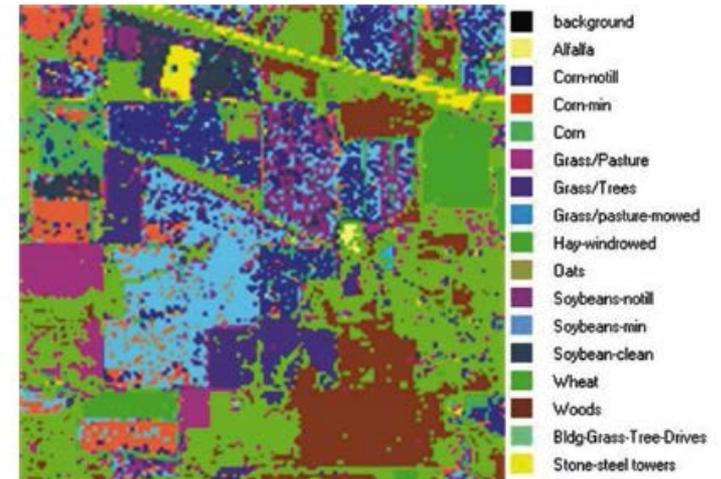
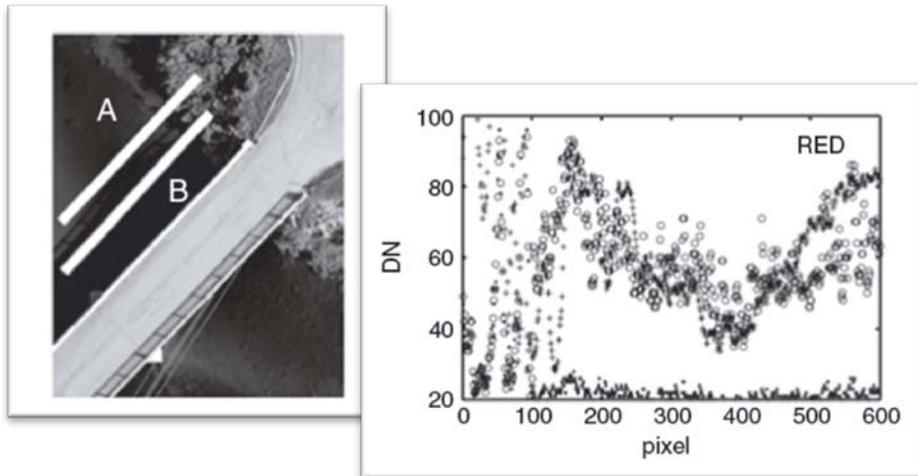
- de la variabilité locale
- de la variabilité intra-classe
- de la variabilité inter-classe

# Nouvelles difficultés...

- Une hétérogénéité locale bien plus élevée



↳ de la séparabilité inter-classe



(Source : Puissant 2013)

# Nouvelles difficultés...

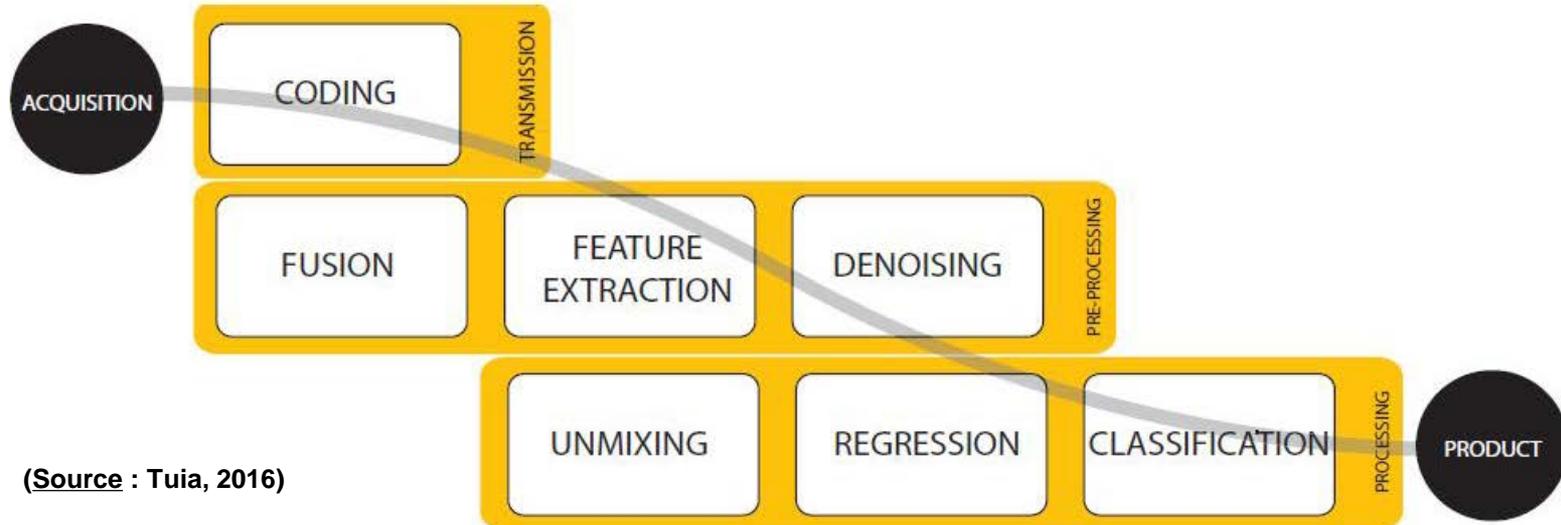


- ✓ **Vecteurs / Capteurs / Images:**
  - Quoi ? Pourquoi ? Quand ? Qui ? Comment ?  
A quel prix ? Etc.
  
- ✓ **Quel est notre besoin ?**
  - de pixels ? (U/VHRS) ⇒ « *The Pixels Race* »
  - de gammes de longueurs d'onde ?
  - de la répétitivité ? } ⇒ **Big Data**
  
- ✓ **Quelle méthode employée ?**
  - **diversité des méthodes** (en lien avec les résolutions spatiales/temporelles): pré-traitements, **AOO/AOP**, Morpho math, SVM/RF, Fusion...
  - évaluer la **précision et les mesures d'incertitudes à chaque étape** : un principe clé !
  - Le Mythe et les perspectives de la vie moderne :  
« *Le terrain depuis son PC. Plus besoin d'aller sur le terrain !* »

# L'approche OBIA (Object Based Image Analysis)

# L'approche OBIA

- Une chaîne de traitement d'image « standard »



- Beaucoup d'étapes et de produits dérivés entre le temps de l'acquisition du signal/de l'image et le produit final
- Transmission de la donnée → Pré-traitement(s) → Traitements
- Une grande diversité de problèmes et d'outils dédiés

# L'approche OBIA

Feature selection, extraction and fusion



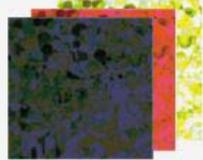
Segmentation



Estimation



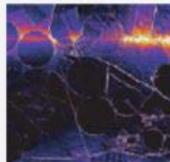
Spectral unmixing



Coding



Restoration



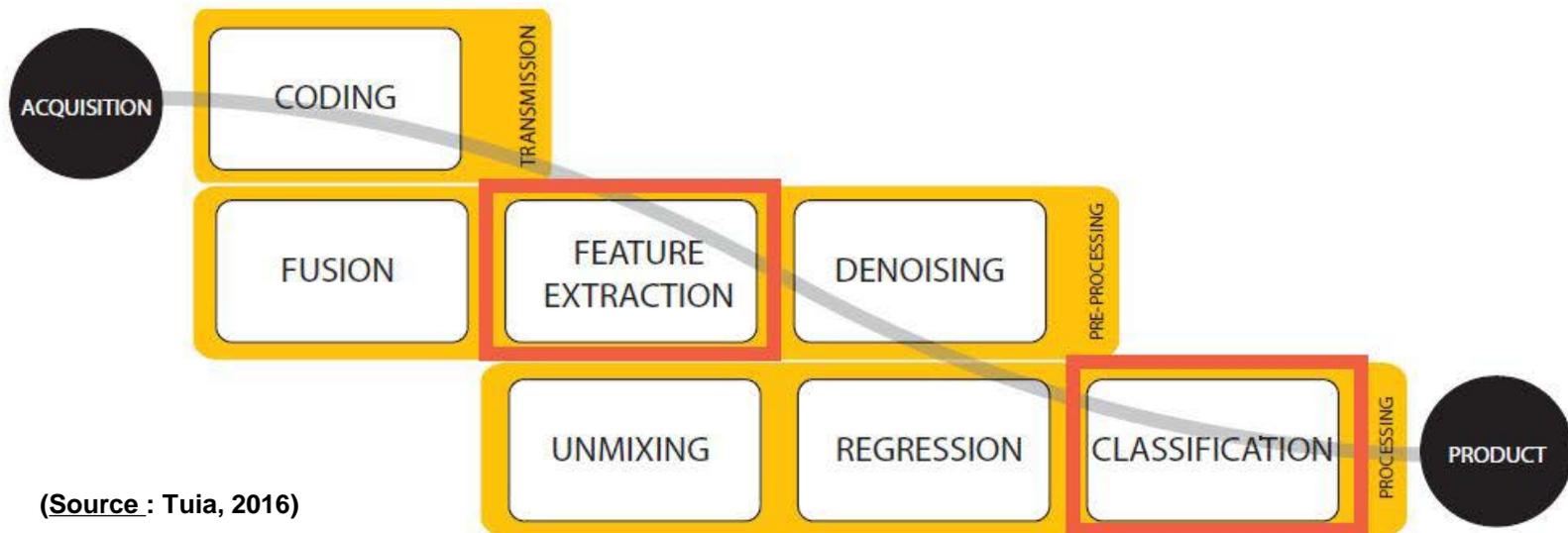
Parsing/retrieval



(Source : Tuia, 2016)

- ❶ Sélectionner les données (canaux, dates) les plus adaptées pour décrire le problème
- ❷ Extraire les combinaisons de bandes spectrales qui décrivent le mieux le problème
- ❸ Combiner les bandes panchromatiques et optiques pour améliorer les produits
- ❹ Trouver automatiquement des groupes de pixels dans l'image (par filtrage ou segmentation)
- ❺ Estimer des paramètres géo-bio-physiques et des variables (température, LAI, etc.)
- ❻ Estimer les composantes spectrales (pixels purs, mélanges spectraux) dans un « mixel »
- ❼ Compresser les images pour le stockage/l'archivage et la transmission tout en conservant un maximum d'information
- ❽ Eliminer le bruit et la distorsion du fait de l'acquisition (effets du soleil) ou de la transmission (bandes verticales)
- ❾ Assigner les objets (pixels, régions) dans la scène à des classes sémantiques

# L'approche OBIA



- Beaucoup d'étapes et de produits dérivés entre le temps de l'acquisition du signal/de l'image et le produit final
- Transmission de la donnée → Pré-traitement(s) → Traitements
- Une grande diversité de problèmes et d'outils dédiés

# L'approche OBIA

Comment gérer l'hétérogénéité spectrale ?

## L'approche OBIA ou l'AOO !

Elle repose sur l'hypothèse que les objets à extraire sont représentés dans l'image par des ensembles de pixels ayant des caractéristiques similaires.

⇒ Segmentation pour regrouper au mieux les pixels qui représentent chaque objet d'intérêt

⇒ Extraction d'attributs afin de mieux les décrire (descripteurs géométriques ou texturaux / plus seulement spectraux)



# L'approche OBIA

## Approche « Objet » vs. Approche « Pixel »

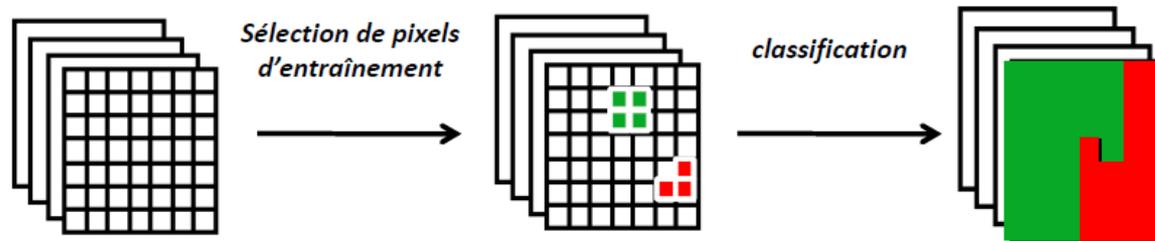
- **Classification « pixel »**
  - Primitive élémentaire : le **pixel**
  - Chaque pixel est indépendant et classé séparément
  - Classification fondée principalement sur l'**information spectrale**
- **Classification « objet »**
  - Primitive élémentaire : le **segment** (agrégat de pixels contigus et similaires) issu d'une segmentation de l'image
  - Classification fondée sur l'**information spectrale, spatiale** (forme, taille...), **texturale** et **contextuelle** (relations spatiales ou sémantiques entre les objets)

# L'approche OBIA

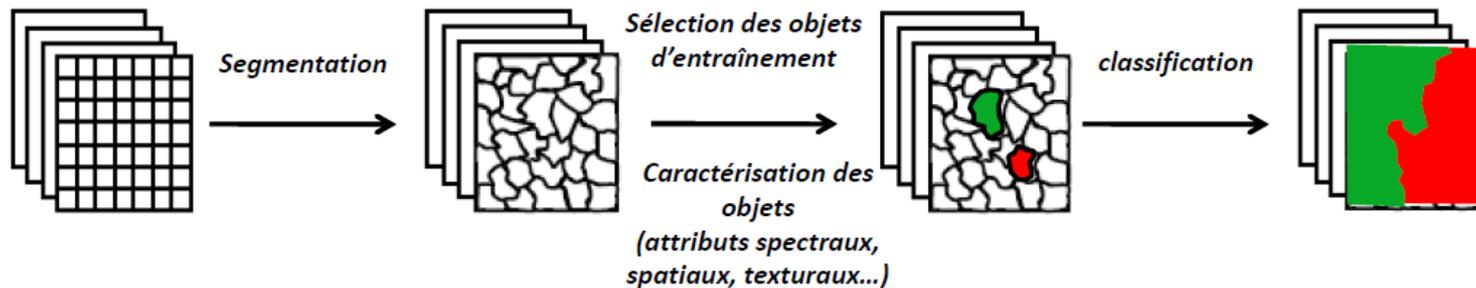
## Approche « Objet » vs. Approche « Pixel »

(Source : D. Sheeren, 2014)

### Approche 'Pixel'



### Approche 'Objet'



# L'approche OBIA

## La Démarche « OBJET »...

- Jugée plus **proche** du processus d'**interprétation humaine**
  - Combinaison des facteurs (taille, forme, tons, voisinage...)
- Permet d'atteindre un **haut niveau sémantique**
  - Classes combinant des objets de nature différente (ex : verger)
  - Classes relatives à des usages ou fonctions (ex : bâti industriel)
  - Classes spectralement similaires mais se différenciant par leur contexte ou leur forme (ex : rivière / lac ; route / parking)
- Permet d'obtenir **différents niveaux d'abstraction**
  - Segmentation et classification multi-résolutions

# L'approche OBIA

## Des voies d'amélioration...

Les approches d'analyse d'images orientée objets sont couramment utilisées, mais leurs résultats dépendent fortement de la segmentation d'images. **Or, il n'existe pas de méthode de segmentation universelle permettant d'isoler correctement les différents objets à extraire.**



**Aucune méthode de validation spécifique à la classification « Objet » actuellement**

# Partie 2

## Les vecteurs ultra-légers

# Vecteurs Ultra Légers

## TERMINOLOGIE

*“What do we call that unmanned flyin' thing?”*

**Drone** (cela dépend) : un type d'avion sans pilote sophistiqué capable de trouver et d'attaquer des cibles “indétectables” sur un terrain difficile **ou** quelque chose de simple, voire simpliste.

**UAV**: Unmanned Aerial Vehicule (juste la plateforme)

**UAS**: Unmanned Aerial System (la plateforme + le système de contrôle)

**RPAS**: Remotely Piloted Aircraft System (un nouveau mot apparu aux Etats-Unis pour exprimer le fait que les drones ne volent pas sans un pilote et que ce dernier peut prendre le contrôle de l'appareil à tout moment...

# Les vecteurs ultra-légers

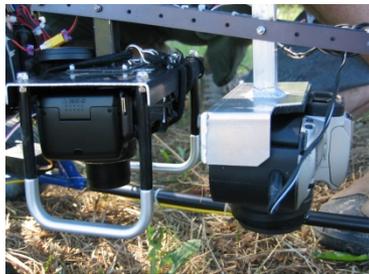
Paramètres de vol (altitude, vitesse, orientation)

Drone Pixy



80 cm

- Charge utile max : 5 Kg
- Autonomie max : 30 min
- Surface de voile : 3,8 m<sup>2</sup>
- Vitesse : 15-35 km/h



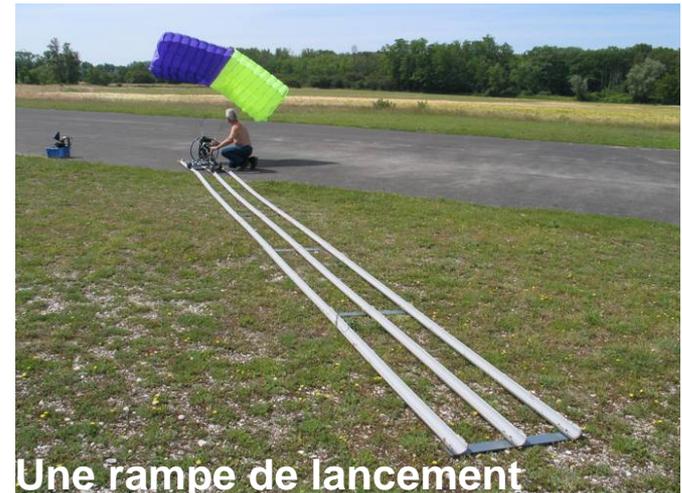
Support capteur pendulaire



Ecran de controle



scène survolée



Une rampe de lancement

# Les vecteurs ultra-légers

**Drelion helicopter**



- Charge utile max : 5Kg
- Autonomie max : 1 hour
- Système d'auto-pilote
- Pilotage manuel pas facile
- Contrainte réglementaire

- Charge utile max : 1Kg
- Aerologie max : 24 km/h

**Phantom 2**



**Helikite**



**Perche télécopique**

# Les vecteurs ultra-légers

DS8 – Ciné-Power



- Charge utile max : 3Kg
- Autonomie max : 15 minutes
- Système d'auto-pilote
- Contrainte d'aérogologie limitée
- Contrainte réglementaire

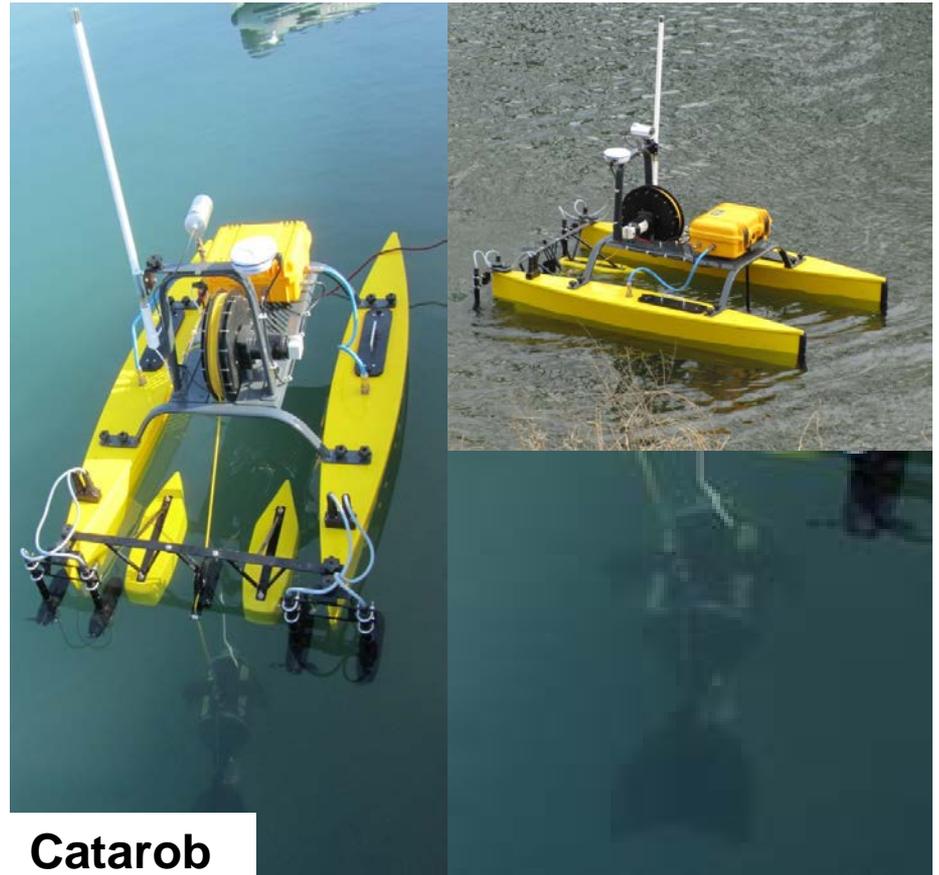
Poste  
cadreur



Nacelle : Stabilisation  
indépendante 2 axes

# Les vecteurs ultra-légers

➤ *Vecteur léger aquatique :*



Catarob

# Les vecteurs ultra-légers

Contraintes	Avantages
Le Vent / la luminosité / l'ombre portée	Vue aérienne, vue oblique
Les obstacles : <ul style="list-style-type: none"><li>- « Naturels » =&gt; forêt, eau...</li><li>- « Artificiels » =&gt; zones bâties, poteaux...</li></ul>	Variété des échelles
La réglementation / l'entraînement & la certification / l'assurance ⇒ Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC)	Coût des acquisitions

- Simplicité ou complexité?
  - équipement
  - mise en œuvre
  - transport

# Partie 3

## Les capteurs embarqués

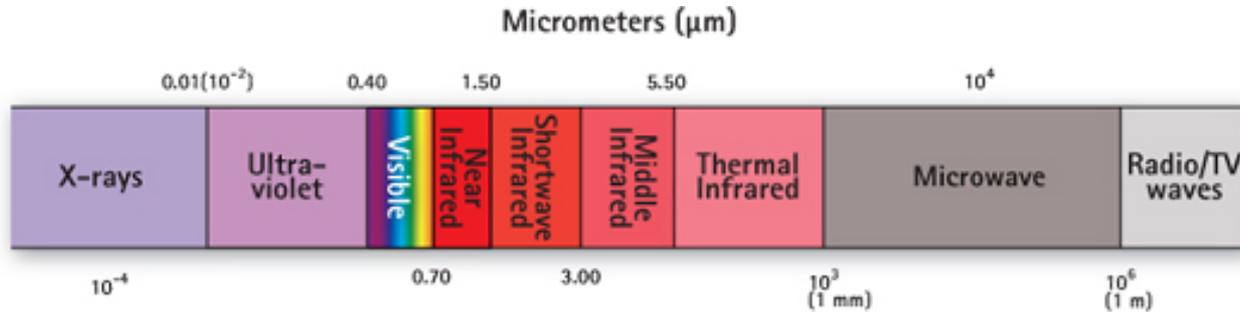
# Capteurs

## ➤ Capteurs optique dans le domaine du visible (5 à 16 Mp)

- Longueur d'onde : 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$



- *Canon EOS 5D*
- *Canon G5-G9-G10*
- *Sony  $\alpha$ 350*
- *Nikon D700*



## ➤ Capteur optique dans l'infrarouge thermique (640 \* 480 pixels)

- Resolution thermique :  $0.03^\circ \text{C}$  (précision relative)
- Precision absolue :  $1.5^\circ \text{C}$
- Longueur d'onde : 7.5 à 14  $\mu\text{m}$

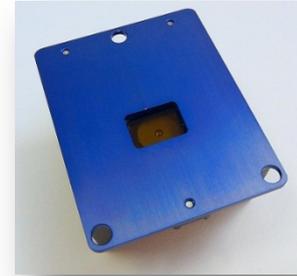


**VarioCAM®**  
**Infratec**

# Capteurs ultra-légers

## ➤ Nouveaux capteurs miniaturisés

✓ **Capteur optique / PIR**  
*520 à 920 nm, 3.2 Mp*



**Tetracam ADC  
Multispectral  
camera system**

✓ **Capteur LiDAR / PIR**  
*32 lasers 360° x 41,3° - Usable  
returns up to 70 m - 700 000 points/s - 2Kg  
- 950 nm)*



**Velodyne HDL-32E**

✓ **Capteur hyper-spectral**  
*(400 à 1000 nm – réso. 8nm – 270  
bandes spectrales, focal fixe : 17 mm)*



**Headwall  
Nano-Hyperpec**

✓ **Antenne RFID ???**

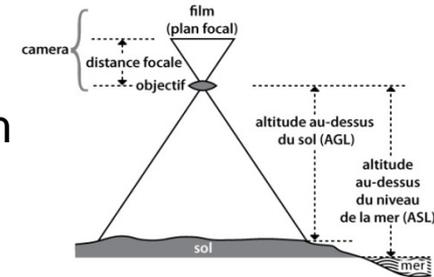


# Capteurs ultra-légers

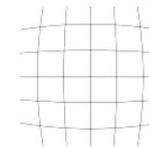
## Comment acquérir une donnée avec une bonne résolution ?

$$\frac{\text{Distance focale}}{\text{Hauteur (AGL)}} = \frac{152 \text{ mm}}{7\,600 \text{ m}} = \frac{152 \text{ mm}}{7\,600\,000 \text{ mm}} = \frac{1}{50\,000} \quad \text{ÉCHELLE: 1/50\,000}$$

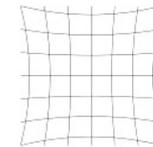
- Choose the camera's lens, the focal length and the sensor according to the object of interest, the flying height and the intended spatial/radiometric resolution.



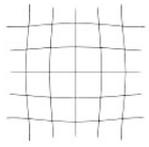
- Calibrate the sensor in order to know the distortion parameters.



Distorsions en barillet



Distorsions en coussinet



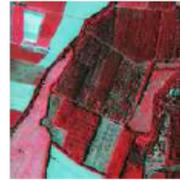
Distorsions en moustache

- Have a good knowledge of our equipment in order to adapt the sensor parameters related to the shooting condition.

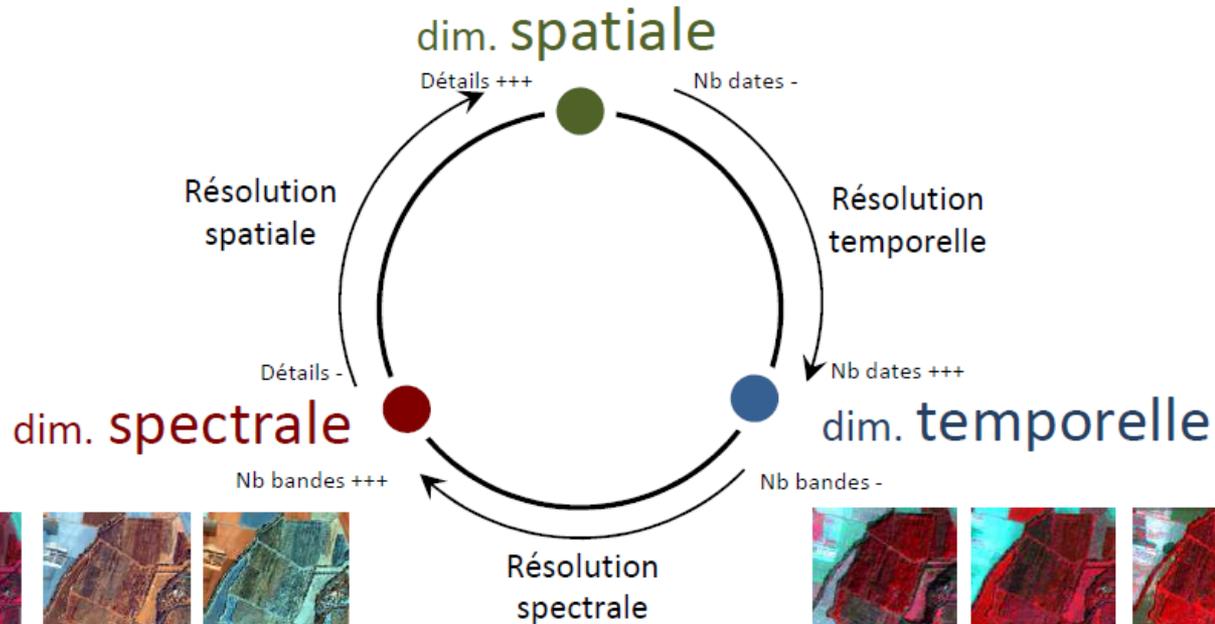


# Capteurs ultra-légers

(Source : D. Sheeren, 2014)



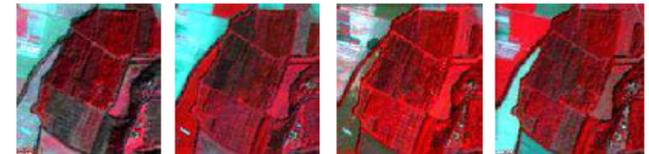
BDOrtho (0,5m)



VIS

PIR  
Hypex

SWIR



Février

Mai  
Formosat-2 (8m)

Juillet

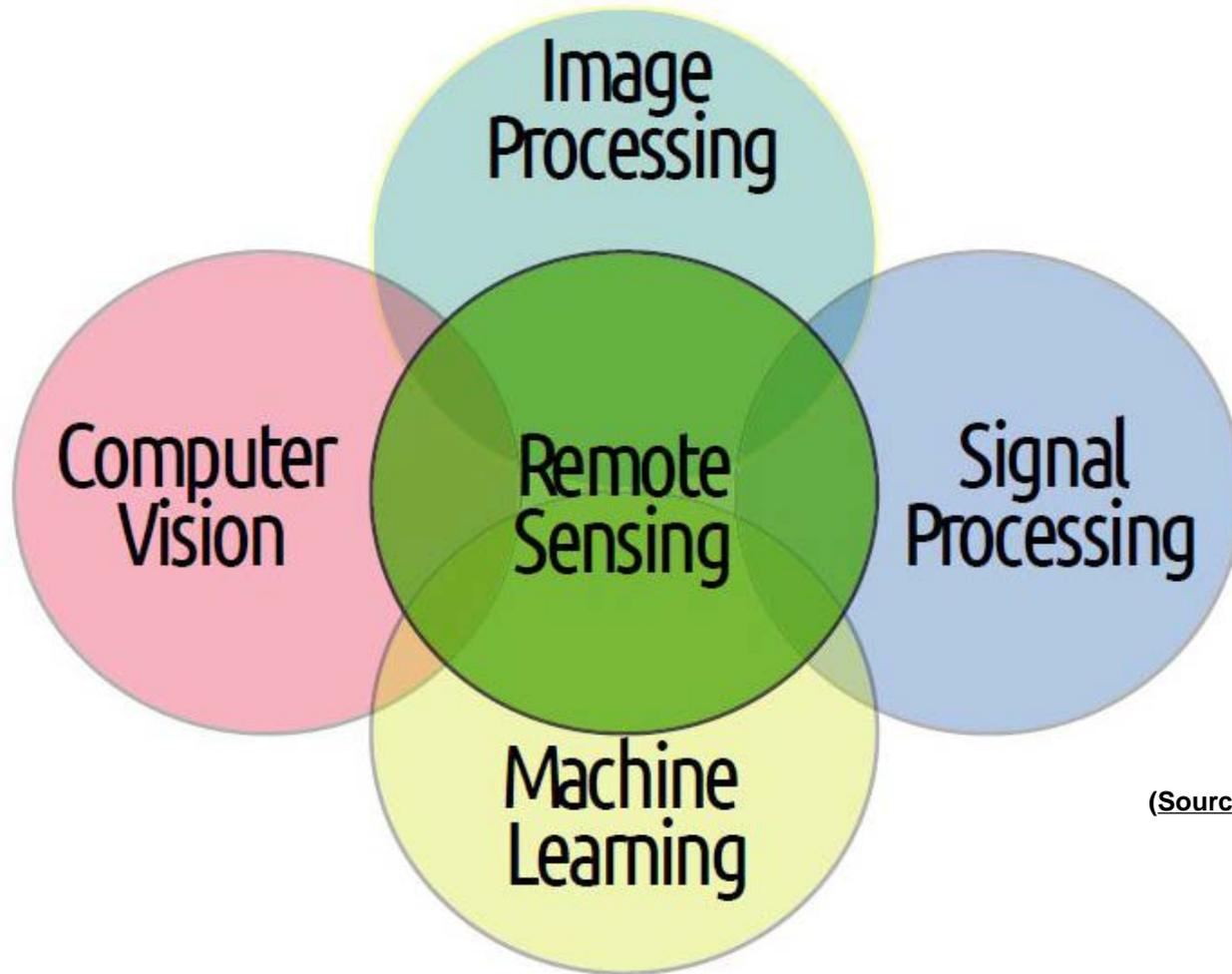
Août

# Partie 3

## Quelques exemples

Sources : J. Lejot, V. Wawrzyniak, H. Piégay, A. Michez, H. Ghaffarian,  
D. Fayeaux, K. Michel

# Préambule



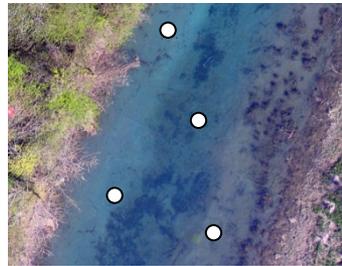
(Source : Tuia, 2016)

# Restitution bathymétrique

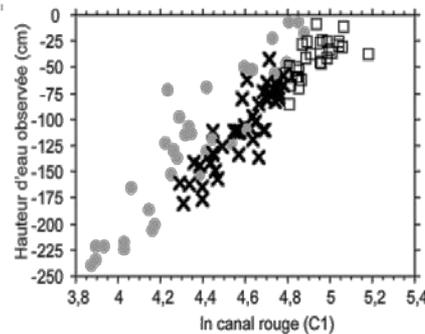
Lône de la Malourdie (Haut-Rhône)

- **Objectif** : Restituer la topographie des lits mouillés
- **Résultats attendus** : Quantifier les variations topographiques des chenaux

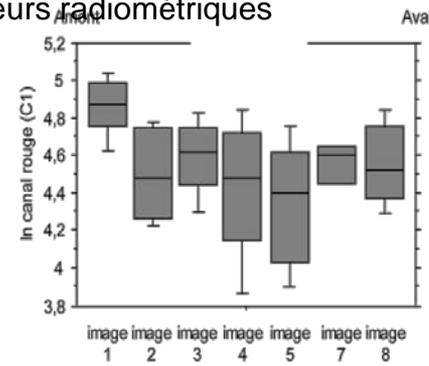
- ✓ **Vecteur/ Domaine** : Drone Pixy / Visible
- ✓ **Mesures *in situ*** : DGPS - Capteur pression
- ✓ **Méthode** : Régression multiple (radiométrie / Hauteur d'eau)



❖ mesures in situ et de valeurs radiométriques



□ sédiment    ✕ limon    ● végétation grossier

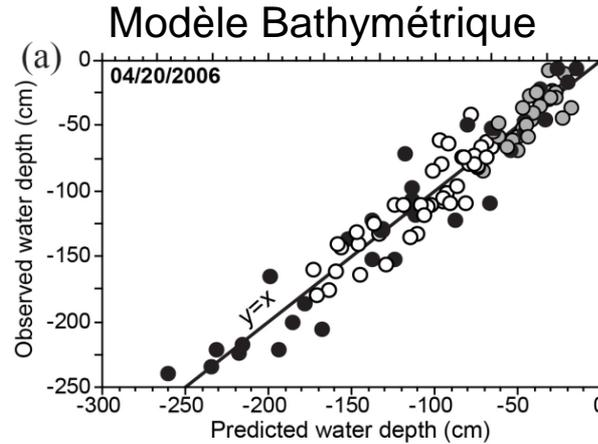
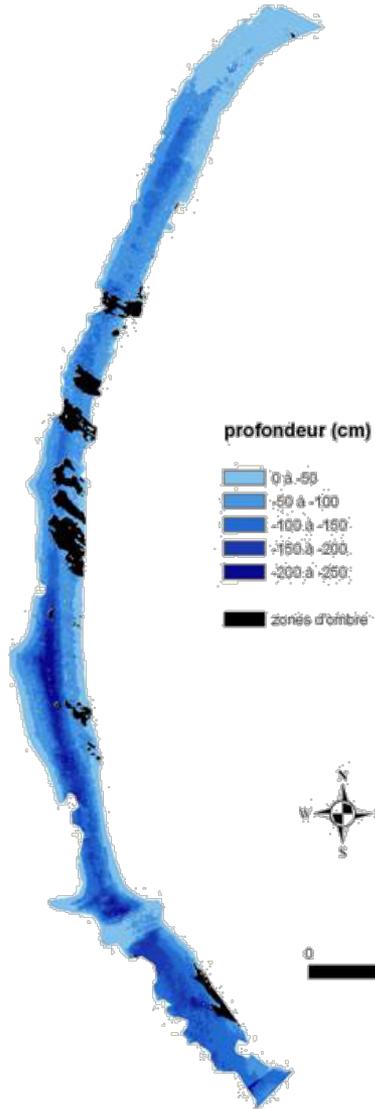


\* Aucun point de mesure n'est associé aux images 6 et 9



$$\text{Profondeur} = a \cdot \ln C1 + b \cdot \ln C2 + c \cdot \ln C3 + d$$

# Restitution bathymétrique



- Coarse sediment  
Depth =  $165.75 \ln(C1) - 81.92 \ln(C3) - 444.93$   
 $R^2 = 0.63; N = 33; P < 10^{-4}$
- Fine sediment  
Depth =  $217.48 \ln(C1) - 117.49 \ln(C2) + 111.45 \ln(C3) - 1\ 076.70$   
 $R^2 = 0.82; N = 44; P < 10^{-4}$
- Aquatic vegetation or debris  
Depth =  $294.14 \ln(C1) - 329.65 \ln(C2) - 167.82$   
 $R^2 = 0.92; N = 36; P < 10^{-4}$



Rendu 3D

## ➤ Résultats :

- MNT du chenal (précision décimétrique)
- Spatialisation des dépôts sédimentaires
- Bilan sédimentaire

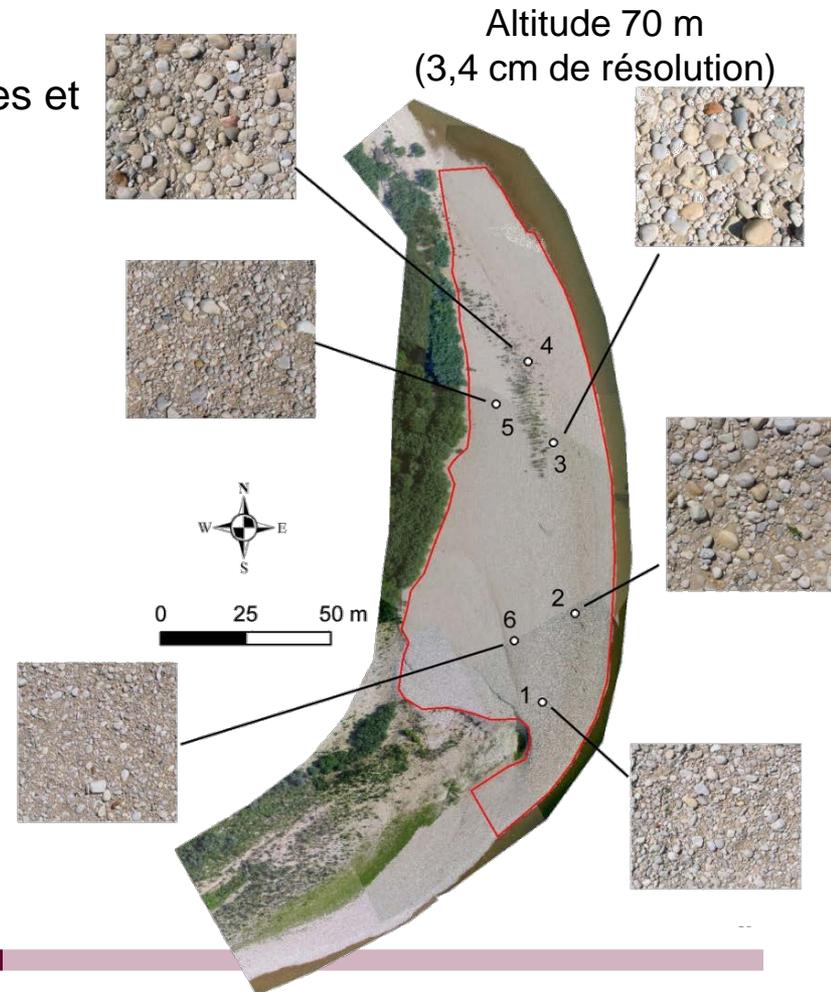
# Restitution granulométrique

- **Objectif** : Analyser l'état textural des surfaces pour mieux comprendre les dynamiques morphologiques des cours d'eau
- **Résultats attendus** : Identifier la taille des particules et leur distribution à l'échelle des bancs de galets

- ✓ **Vecteur/domaine** : Pixy drone / Visible
- ✓ **Mesures *in-situ*** : DGPS + Echantillonnage granulométrique
- ✓ **Méthode** : Auto-corrélation spatiale

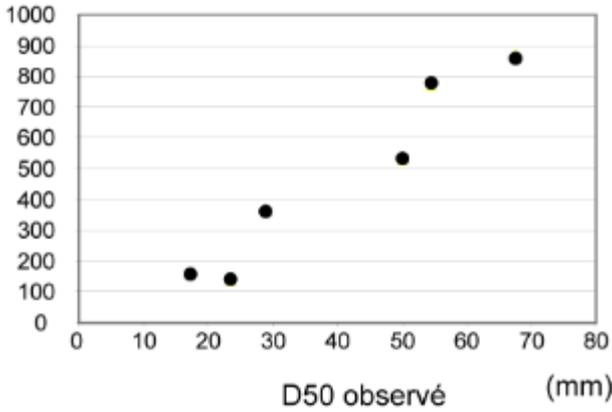
Semi-variance 2D (fréquence d'apparition des pixels pour extraire la taille médiane des particules (D50))

$$\gamma(p, q) = \frac{1}{2(N - |p|)(M - |q|)} \sum_{i=1+\frac{|p|-p}{2}}^{N-\frac{|p|+p}{2}} \sum_{j=1+\frac{|q|-q}{2}}^{M-\frac{|q|+q}{2}} [Z(i+p, j+q) - Z(i, j)]^2$$



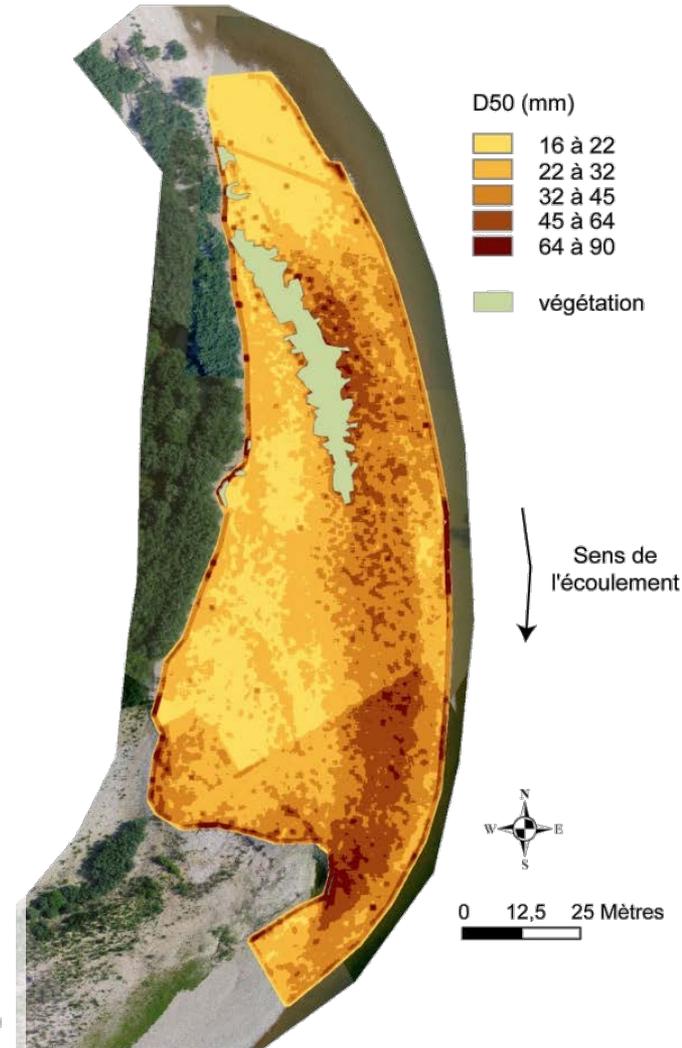
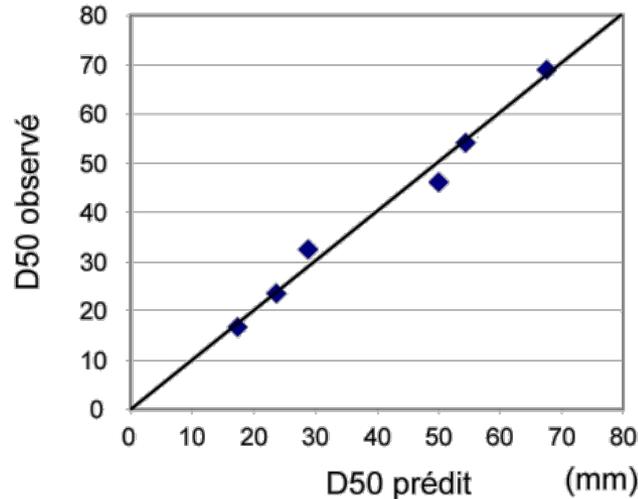
# Restitution granulométrique

Relation entre semi-variance (mm) et D50 observé



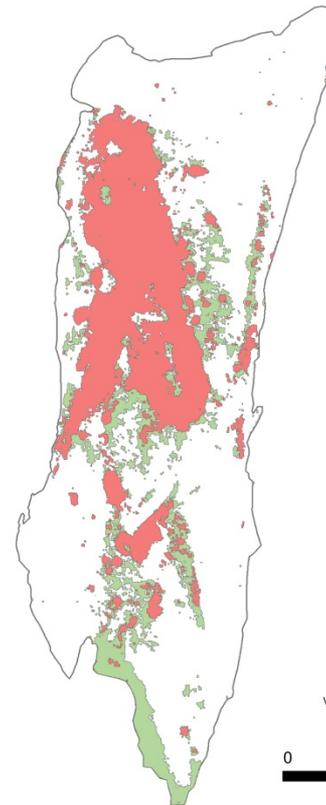
- **Résultats :**
- Restitution de la granulométrie à l'échelle d'un banc
  - Distribution des D50

(mm) Modèle granulométrique

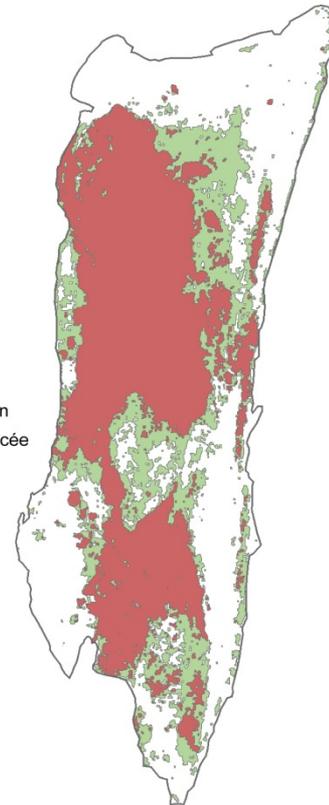


# Suivi programme d'entretien : Opération d'essartage

- **Objectif** : Evaluer l'impact des opérations d'essartage sur la Renouée du Japon (Haut-Rhône)
- **Résultats attendus** : Identifier & spatialiser les patchs de végétation Renouée, vitesse de colonisation



renouée du Japon  
couverture herbacée



- **Résultats** :
  - Sources de colonisation invariant
  - Doublement des surfaces colonisées en 1 an
  - Opération d'entretien très négative

2005

2006

# Variabilité thermique des chenaux

➤ **Objectif** : influence de la variabilité thermique sur les milieux

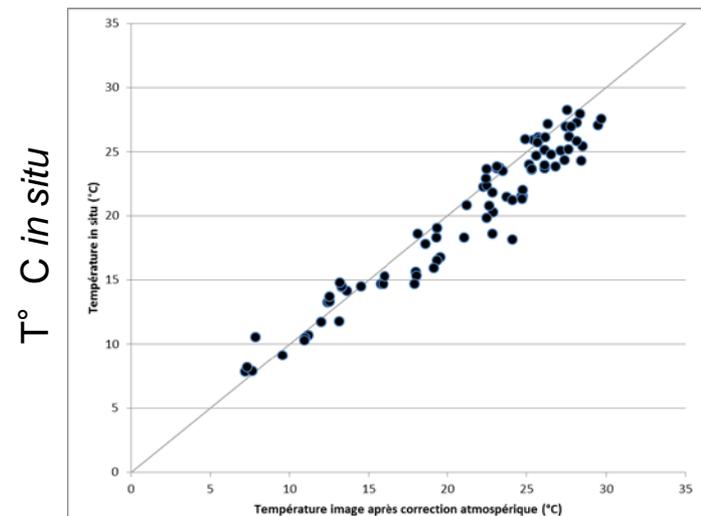
➤ **Résultats attendus** :

- i) Identifier les variabilités spatiales et temporelles (rivières en tresse)
- ii) Liens avec morphologie des cours d'eau ( $\neq$  apports sédimentaires,  $\neq$  connexions entre terrestres et aquatiques,  $\neq$  régimes hydrologiques)
- iii) Lien avec les habitats

- ✓ **Vecteur / Domaine** : Drélio / Infrarouge Thermique
- ✓ **Mesures *in situ*** : Calibration thermique + atmosphérique\*
- ✓ **Méthode** : Corrélation radiométrique /  $T^{\circ} C$  *in situ*

Quelques étapes....

1. Correction atmosphérique et calibration avec les thermomètres *in situ*
2. Digitalisation des surfaces en eau + buffer
3. Extraction des pixels « eau pure » & corrélation avec  $T^{\circ} C$  *in situ*

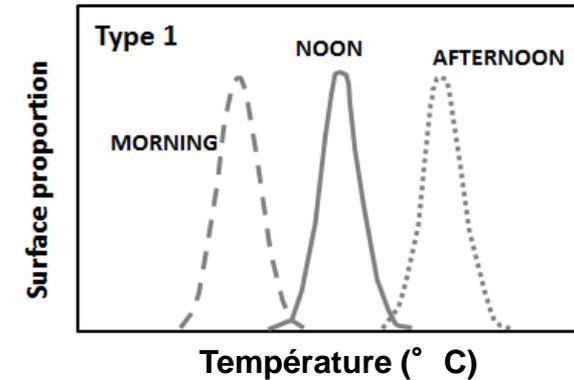
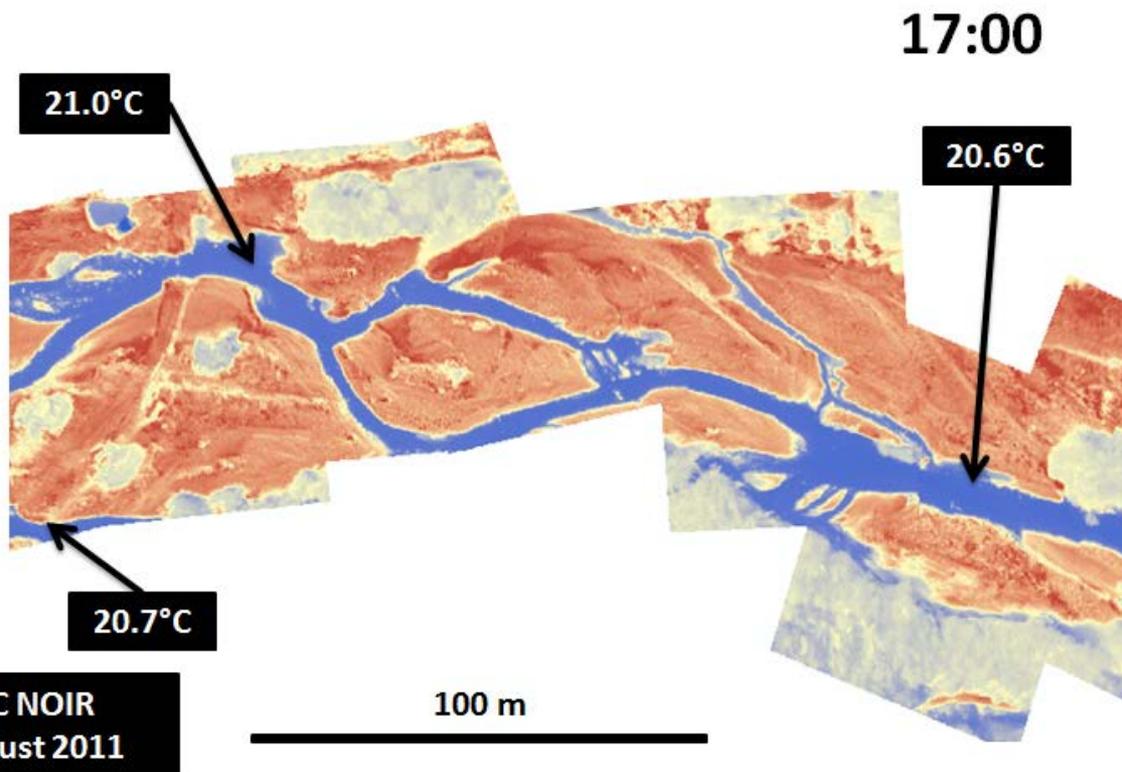


$T^{\circ} C$  image après correction atmosphérique

\*MODTRAN radiative transfer model

# Variabilité thermique des chenaux

2 types of thermal patterns



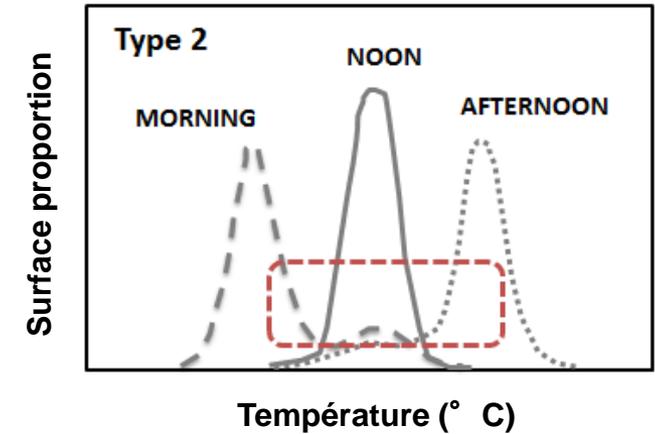
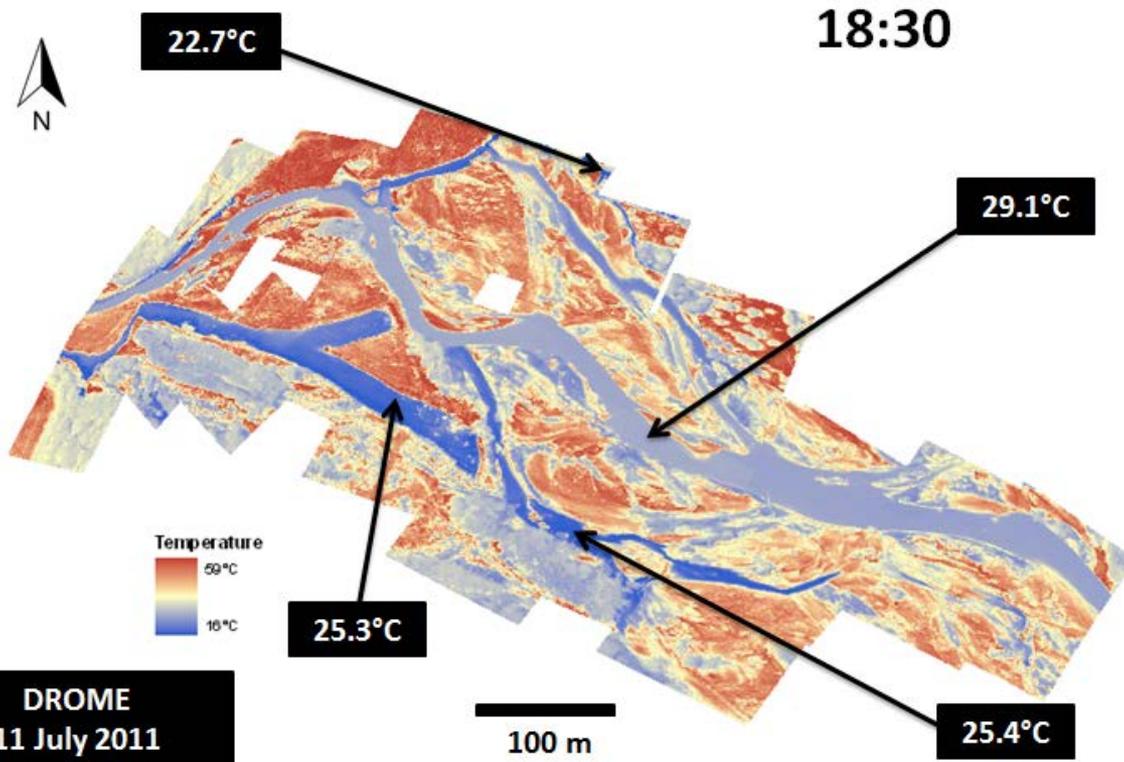
➤ Résultats :

**Faible variabilité des T° intra jours :**

- T° C homogène
- Pas ou peu de contribution latérale (phréatique, hyporhéique)

# Variabilité thermique des chenaux

## 2 types of thermal patterns



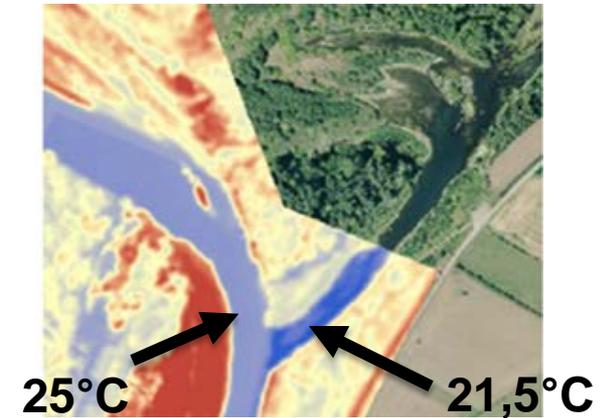
### ➤ Résultats :

#### Forte variabilité des $T^\circ$ intra jour :

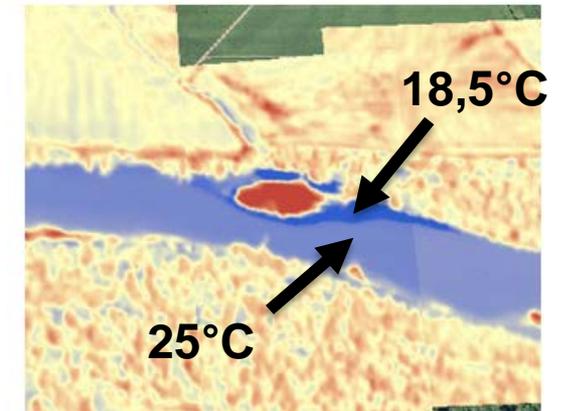
- $T^\circ$  changent en fonction de la température de l'air
- Contribution + forte d'apports latéraux

# Variabilité thermique des chenaux

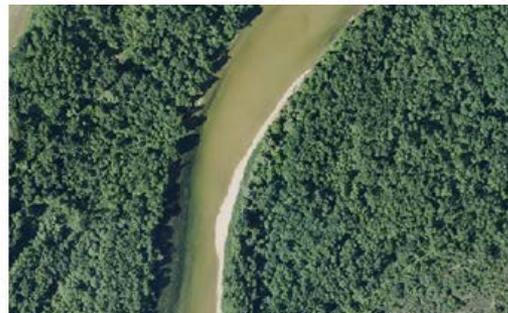
**Bras morts**



**Résurgences**



**Hyporhéiques**



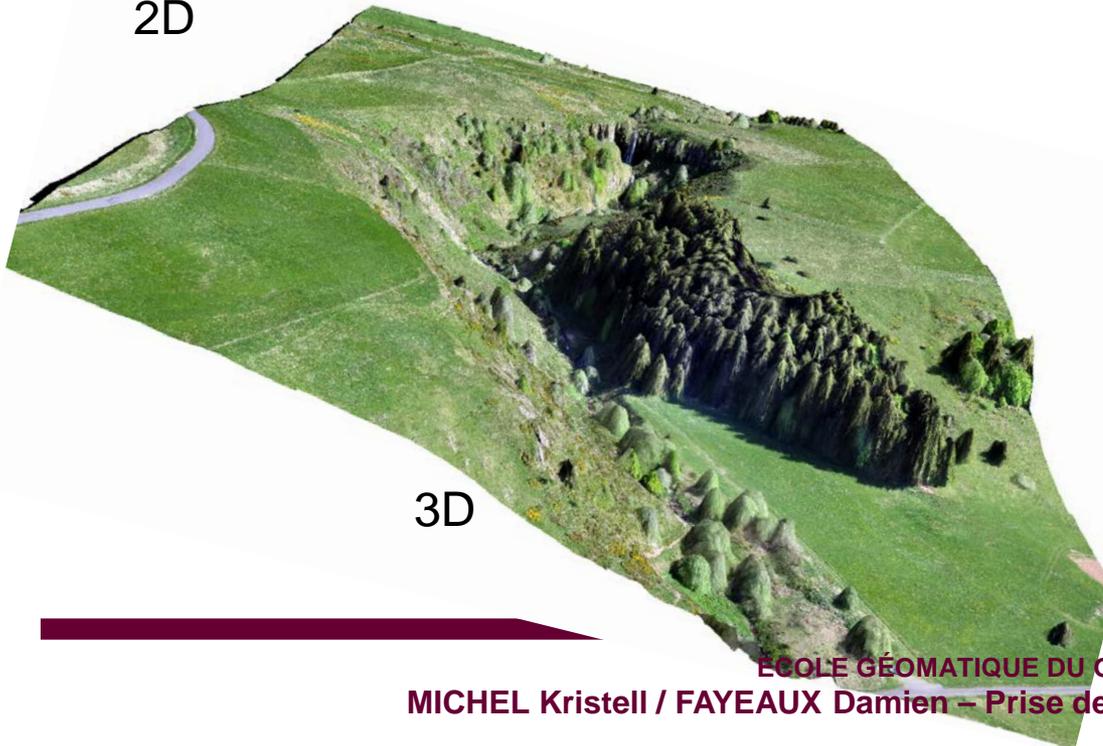
➤ **Résultats :** 3 types de refuges thermiques

# Erosion bordure de Maar

Cartographie de la bordure érodée de la narce de Chaudeyrolles (43)



2D



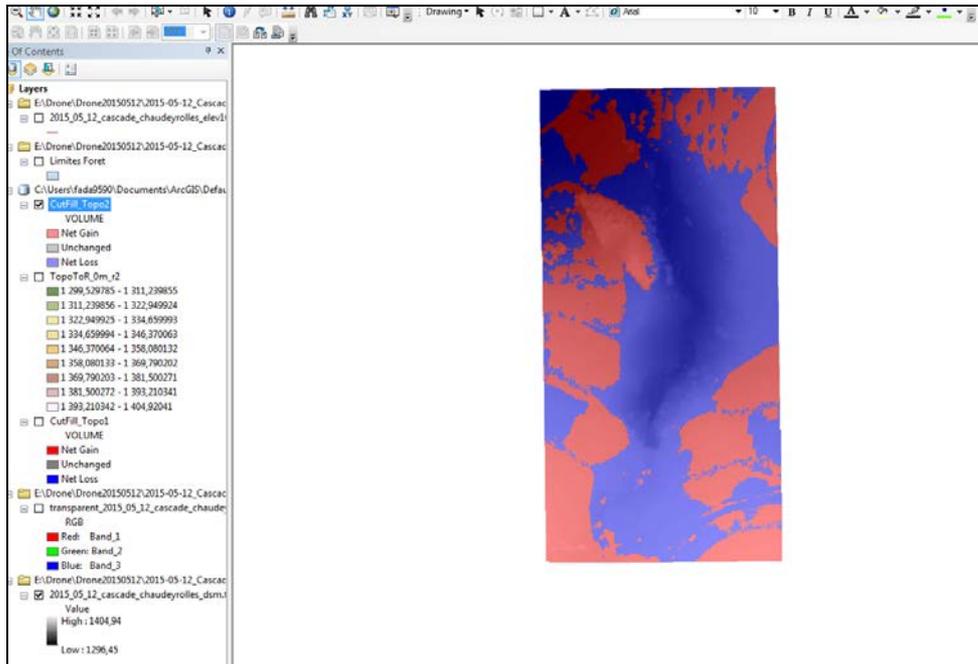
3D

- ✓ **Vecteur / Domaine :**  
eBee / Visible
- ✓ **Mesures *in situ* :** aucune
- ✓ **Méthode :** Calcul sur Raster

(Source : D. Fayeaux, 2016)

# Erosion bordure de Maar

Détermination du volume érodé par la rivière



(Source : D. Fayeaux, 2016)

## ➤ Résultats :

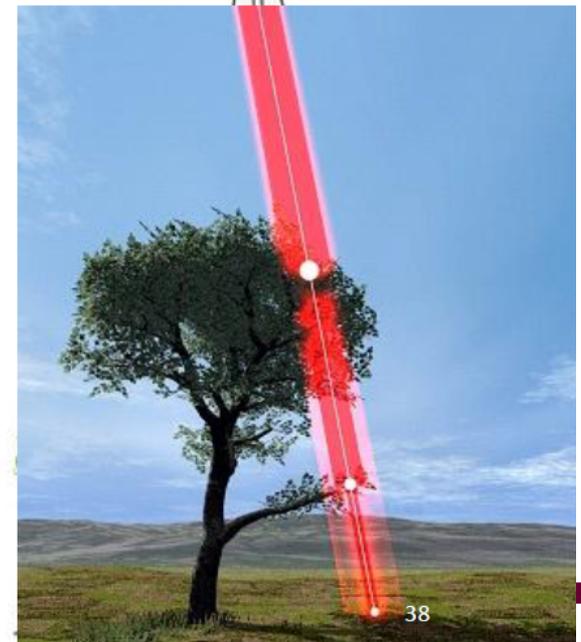
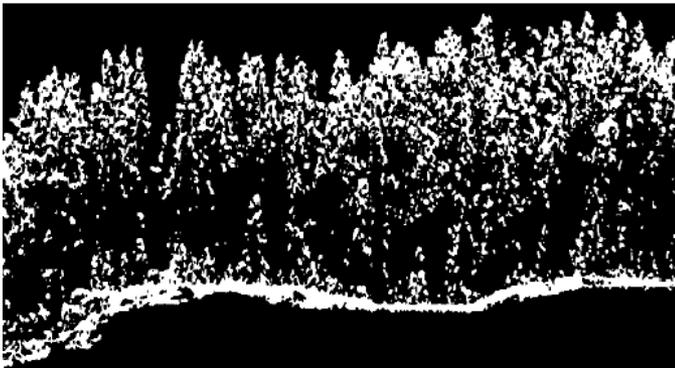
- MNT du chenal (précision décimétrique)
- Calcul volumétrique

# Technologie LiDAR ...

## ...un peu d'info

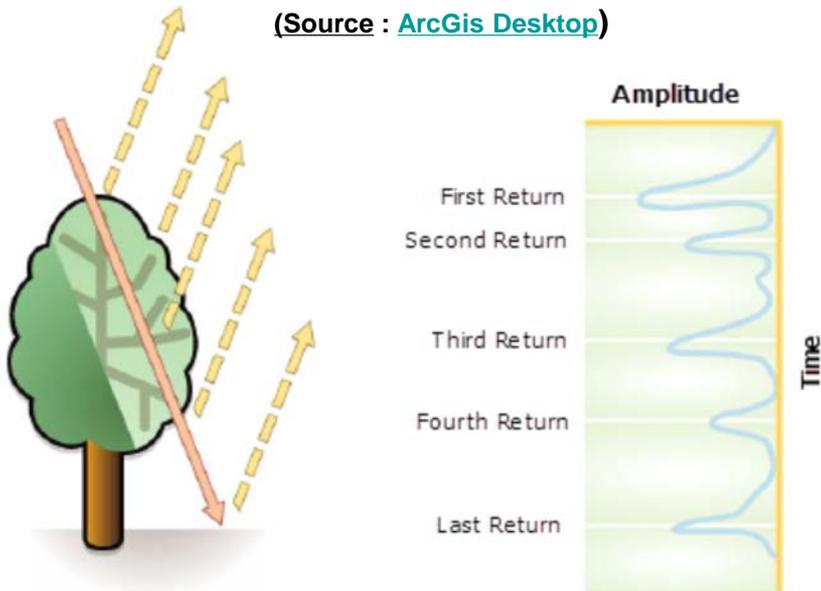
### Génération d'un nuage de points 3D :

- XYZ
- Intensité (liée à la surface impulsée)

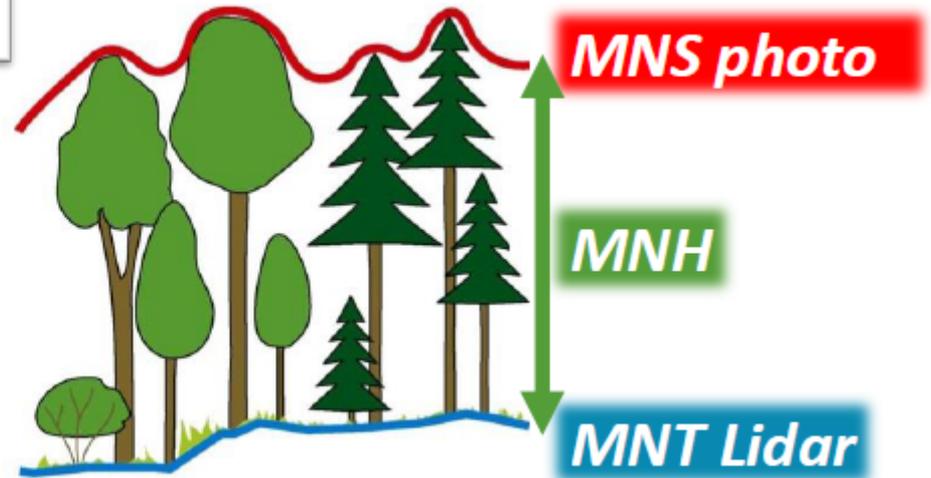


(Source : A. Michez, 2015)

(Source : [ArcGis Desktop](#))



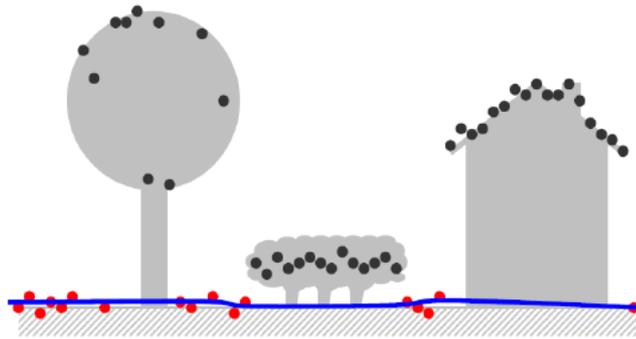
$$\text{DSM} - \text{DTM} = \text{MNH}$$



(Source : A. Michez, 2015)

## Avantages de la technologie LIDAR

- Indépendant des conditions météo, de l'heure, de l'ensoleillement
- Plusieurs échos possibles
  - Une même impulsion peut générer plusieurs « retours » selon les objets interceptant sa trajectoire
- **Information sur la structure verticale de la surface couverte**



(Source : A. Michez, 2015)

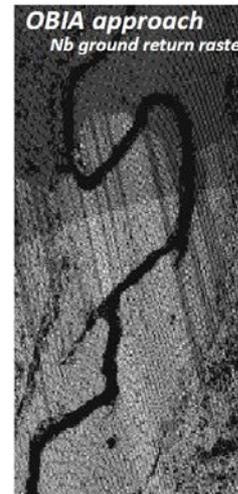
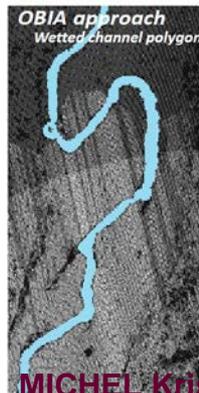
# méthodologie

## Paramètres morphologiques (LiDAR)

- Carto.lit mineur (largeur/sinuosité)
  - A partir de metric du LiDAR (densité)
  - Approche OBIA pour les BV > 10 km<sup>2</sup>

## Paramètres morphologiques (LiDAR)

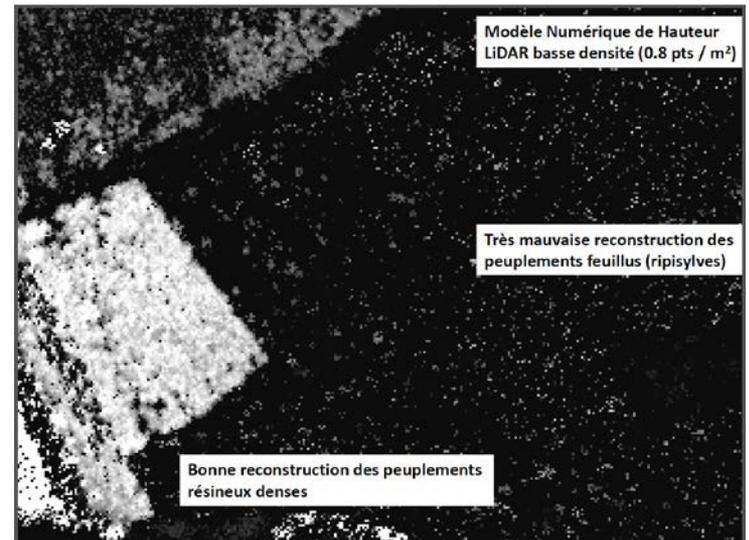
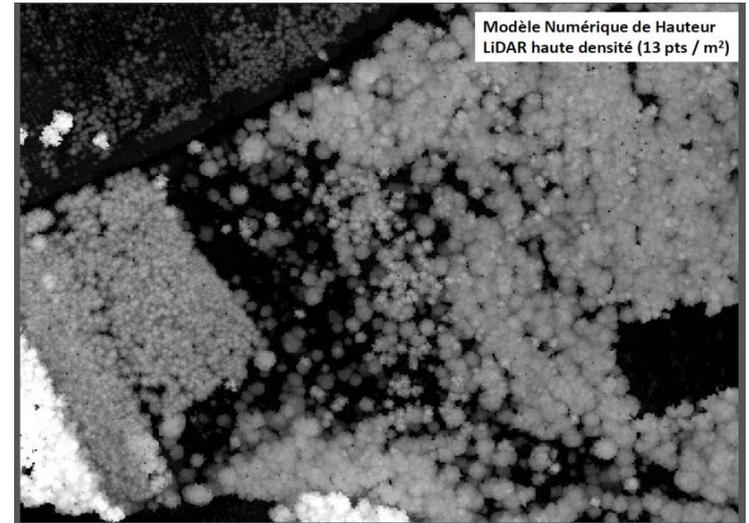
- Carto.lit mineur (largeur/sinuosité)
  - A partir de metric du LiDAR (densité)
  - Approche OBIA pour les BV > 10 km<sup>2</sup>

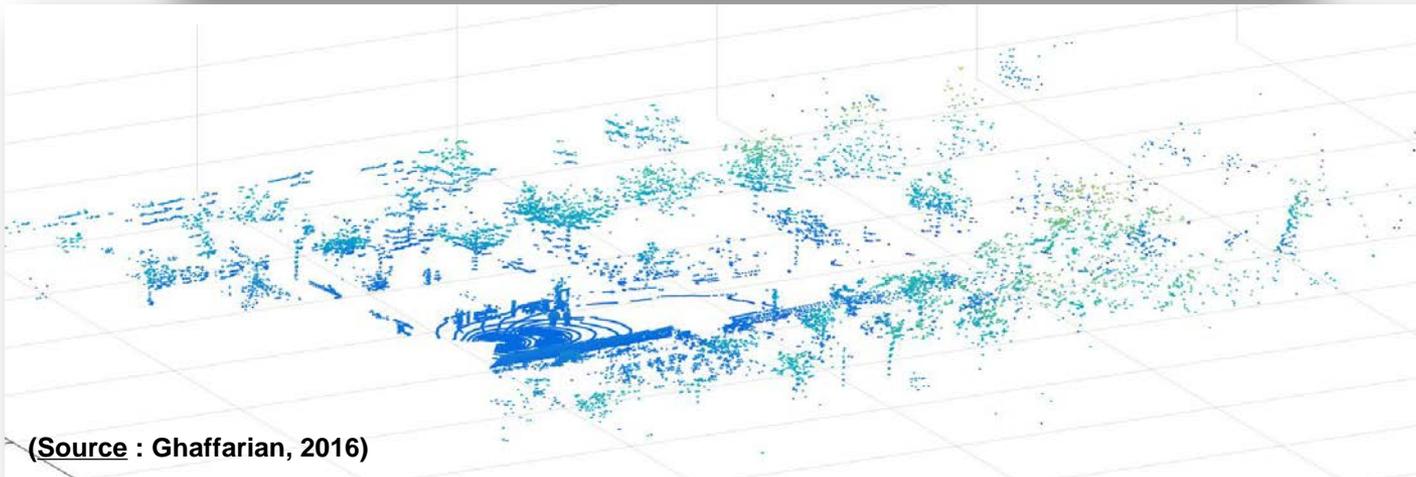
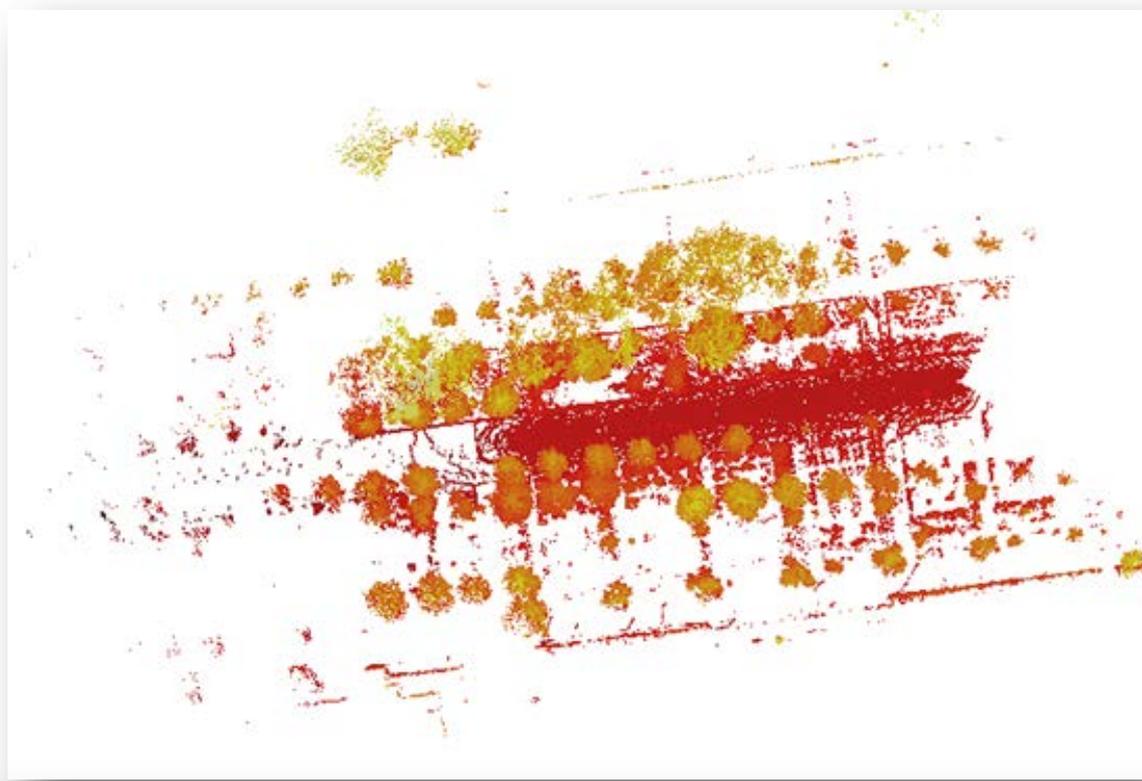


(Source : A. Michez, 2015)



(Source : A. Michez, 2015)





(Source : Ghaffarian, 2016)

# Partie 4

# Le drone et la loi

En France : une réglementation déjà aboutie

2 textes réglementaires principaux :



Arrêté du 17 décembre 2015 Relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent

Arrêté du 17 décembre 2015 Relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord

# Le drone et la loi

En France : une réglementation déjà aboutie

Une professionnalisation des acteurs du drone en France

Dépôt d'un Manuel d'Activités Particulières (**MAP**)  
par l'exploitant

Déclaration d'un Niveau de Compétence (**DNC**)  
par télépilote

Possession d'un certificat théorique de **brevet de pilote** obtenu auprès de la **DGAC** pour chaque télépilote.

# Le drone et la loi

Une règle « simple » : se conformer aux règles de l'air



**IFR** Instrumental Flight Rules



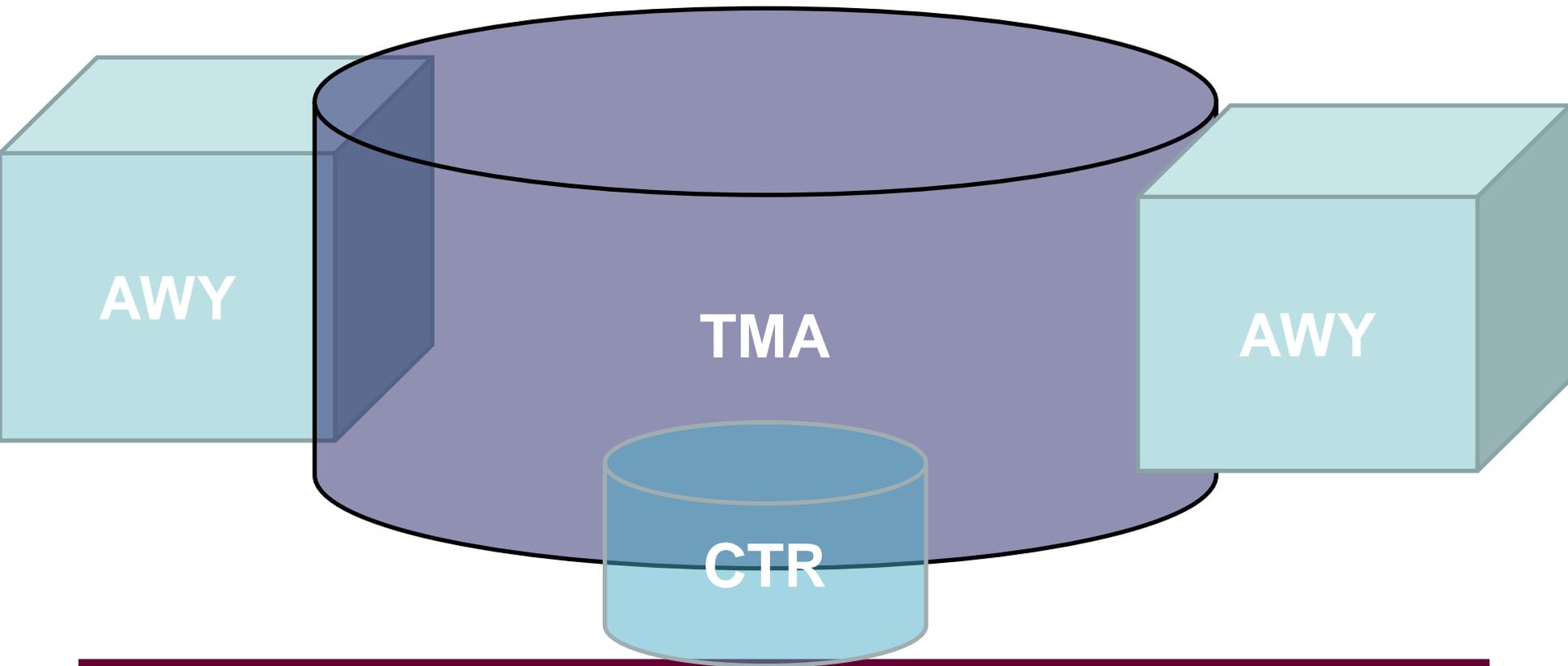
**VFR** Visual Flight Rules

Le drone suit les règles des **VFR**

# Le drone et la loi

Une part de l'espace aérien est **contrôlé** : **AWY, TMA & CTR**

**On ne peut pas rentrer dans ces zones sans autorisations radio**





# Le drone et la loi



TMA LYON 14  
Classe E



FL 115

FL 085

TMA CLERMONT 7  
Classe E



1000ft ASFC (300m)

2500ft AMSL (762m)

SOL

# Le drone et la loi



Zones particulières hors Espaces aériens

**Zones P** (Prohibited) : zone militaire sensible, centrale nucléaire.

Comme indiqué, il est strictement interdit de voler en drone dans ces zones

**Zones R** (Restricted) : zone d'entraînement militaire, vol à voile, parachutage.

Ces zones sont principalement concernées par le réseau RTBA

**Zones D** (Dangerous) : zone où l'accès n'est pas interdit mais qui peuvent représenter un danger.



Interdite  
prohibited



ZIT  
Zone d'interdiction  
temporaire  
Temporary prohibited  
area



(1) Réglementée ou dangereuse (voir "Comp  
Restricted or dangerous area (refer to "Com,  
(2) Zone réglementée temporaire  
Restricted temporary area

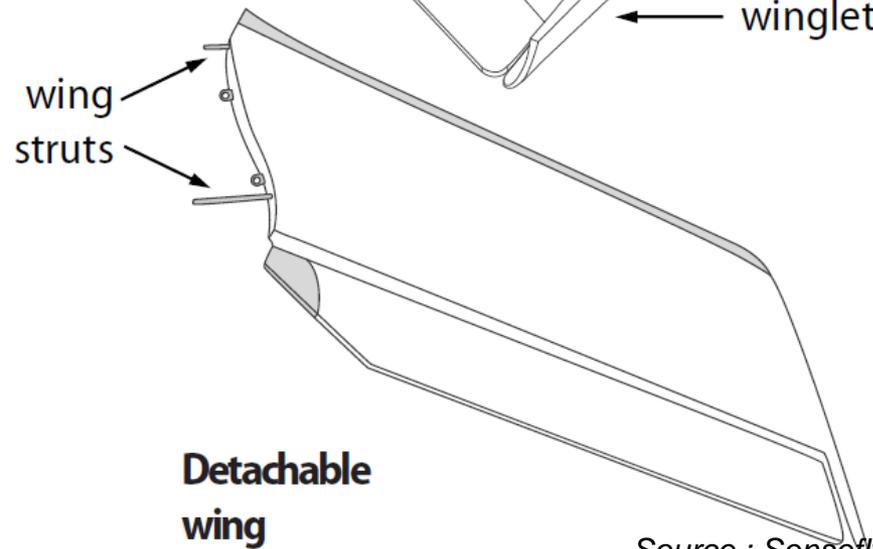
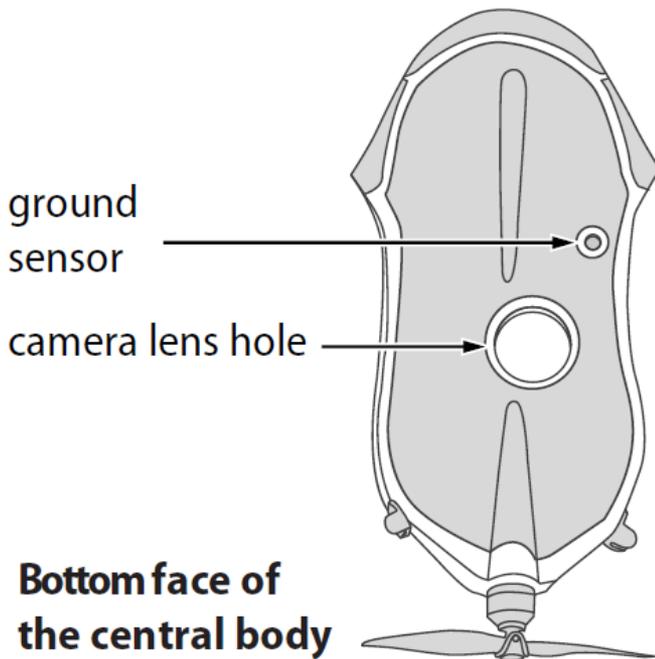
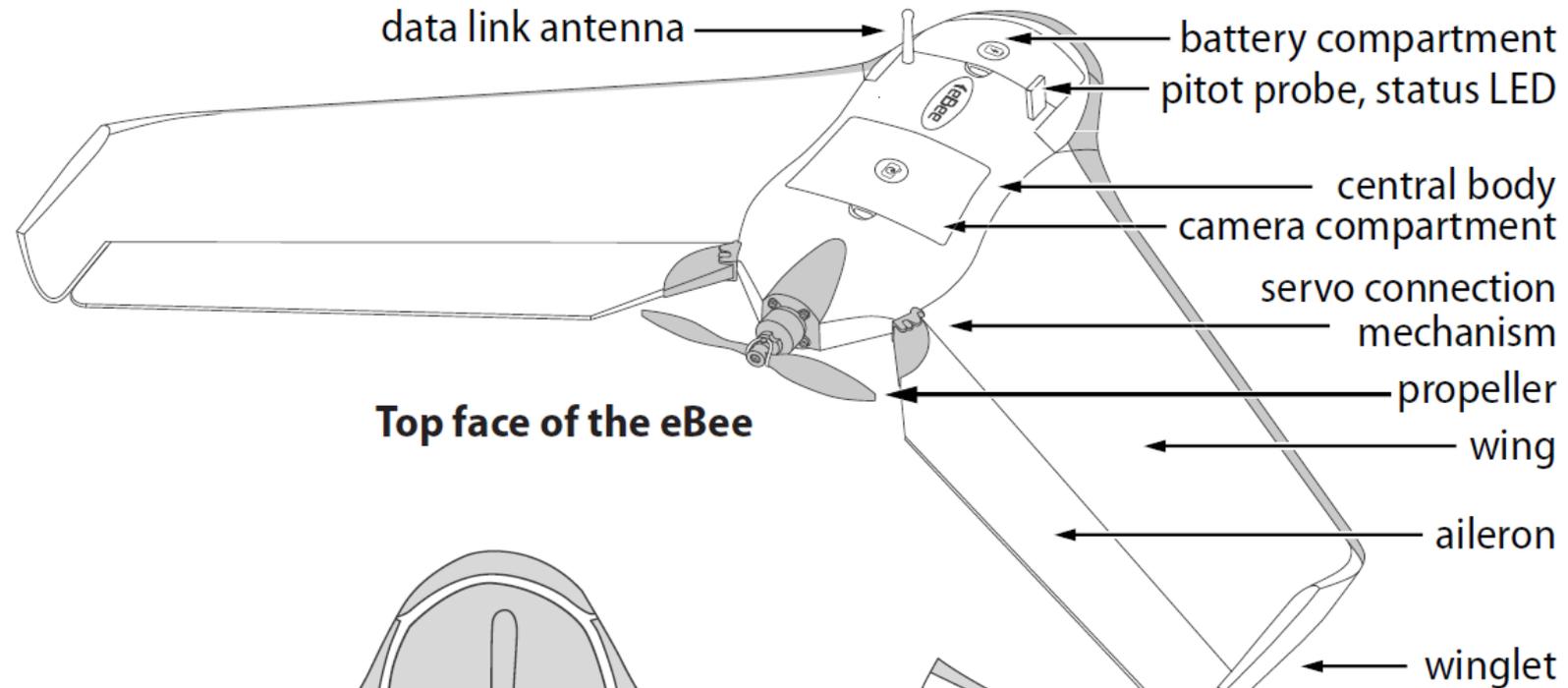
# Le drone et la loi

Différentes **classes** de drones : Ebee = classe D (< 2 kg) de type « Avion »

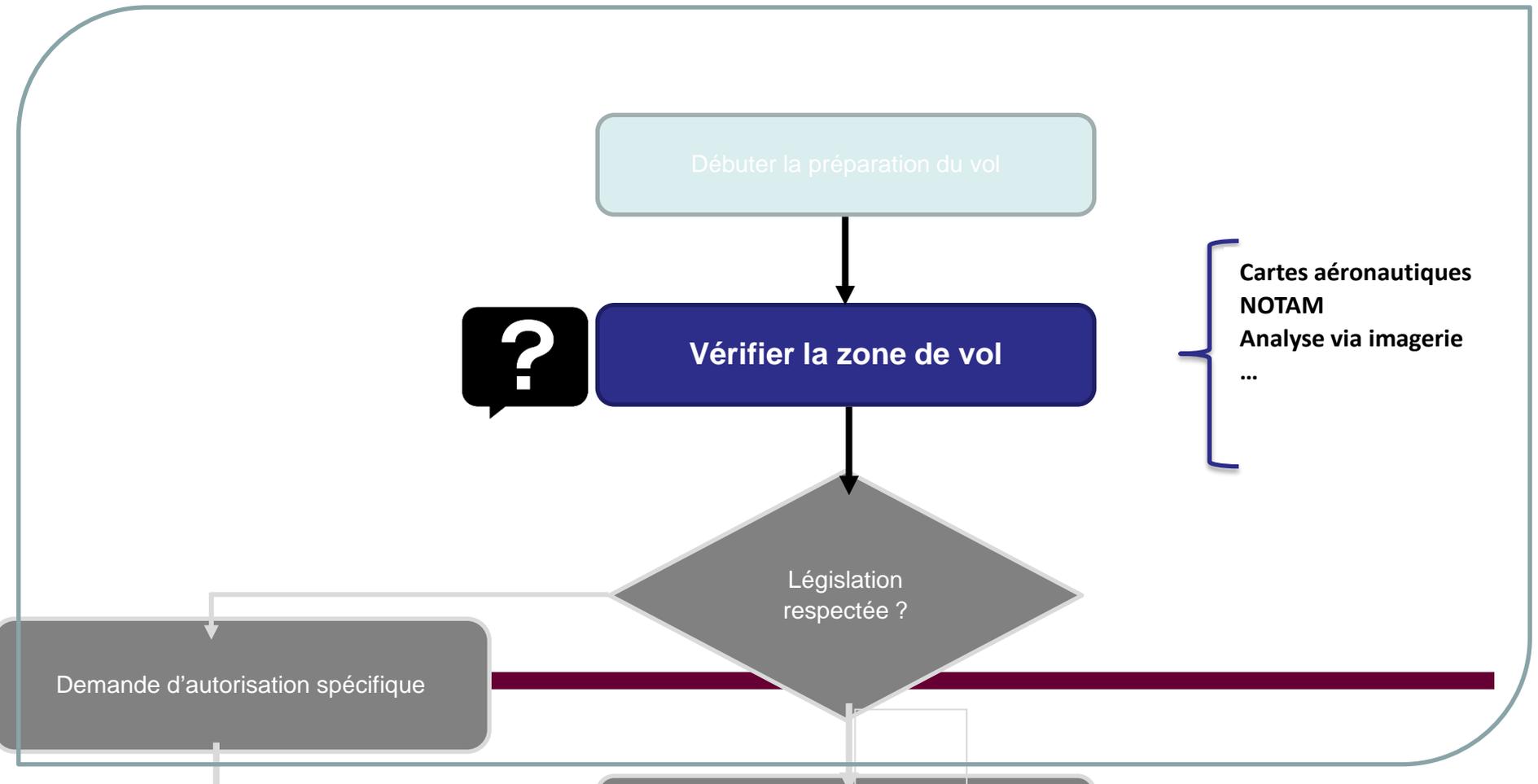
Différents **scénarii** de vol :

Scénario	Distance Horizontale max.	Hauteur max.	Spécificités
S1	100m	150m (500ft)	A vue
S2	1000m	150m (500ft)	Hors vue
S3	100m	150 m (500ft)	Agglo / Rassemblement de personnes à vue
S4	Spec	Spec	Spec

# Mise en œuvre pratique



# Mise en œuvre pratique



# Mise en œuvre pratique

Vérifier la zone de vol : étape 1/3

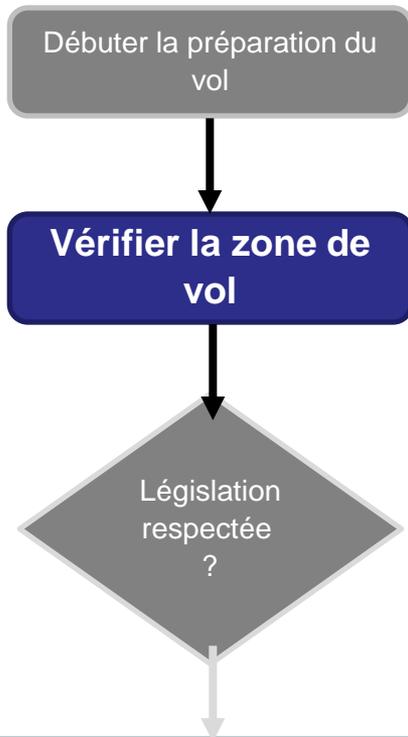
## Etude des cartes aéronautiques OACI

(disponibles sur [www.géoportail.fr](http://www.géoportail.fr), rubrique « transports »)

Vérifier statut de la zone de vol :

**CTR/TMA**/ou **pas**

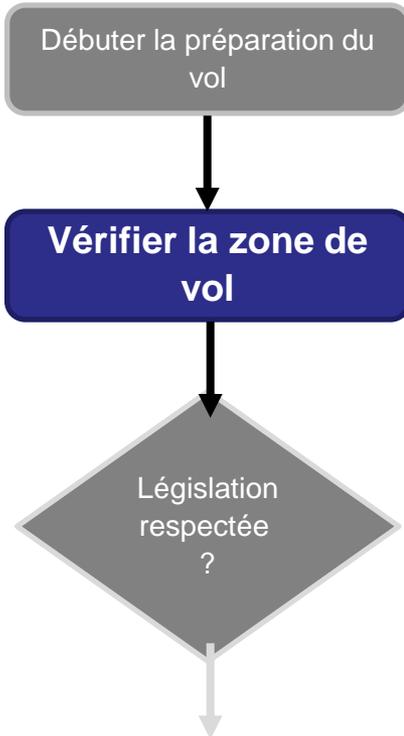
**P/R/D** ou **pas**



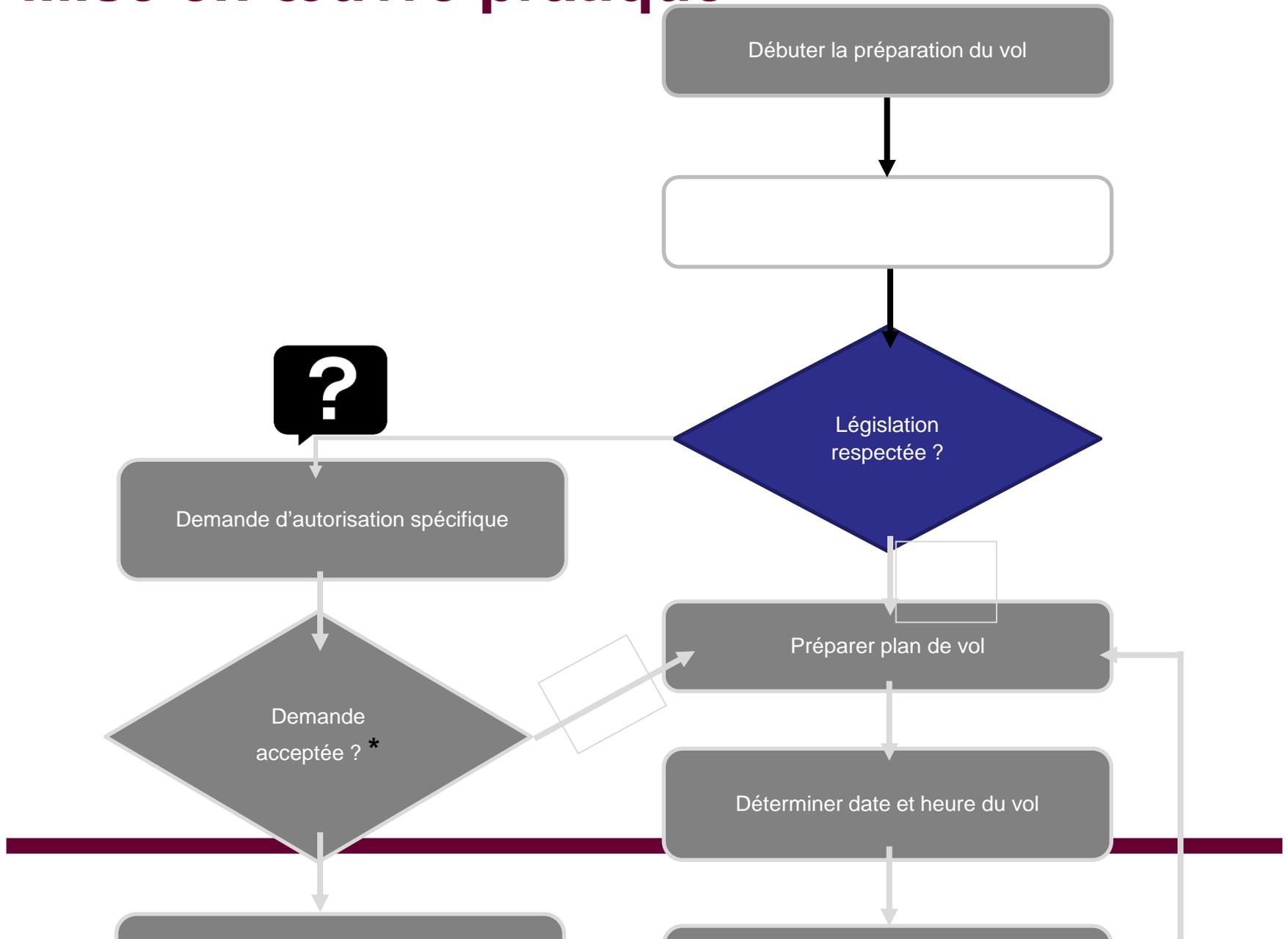
# Mise en œuvre pratique

Vérifier la zone de vol : étape 2/3

**Etude des informations aéronautiques  
NOTAM, AZBA, SupAIP, réseau SETBA.**



# Mise en œuvre pratique



# Mise en œuvre pratique

**Objectif :**  
 Vérifier la faisabilité du vol avant déplacement sur site

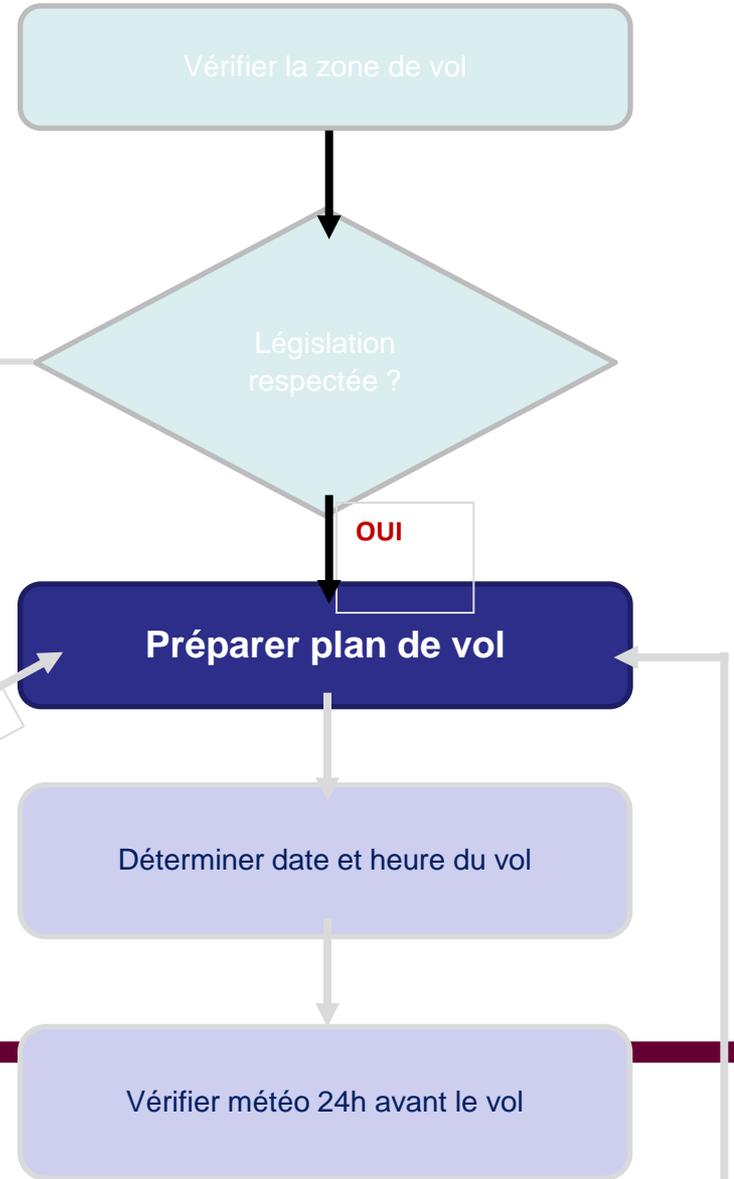
Demande d'autorisation spécifique

Estimer le nombre de vols à prévoir

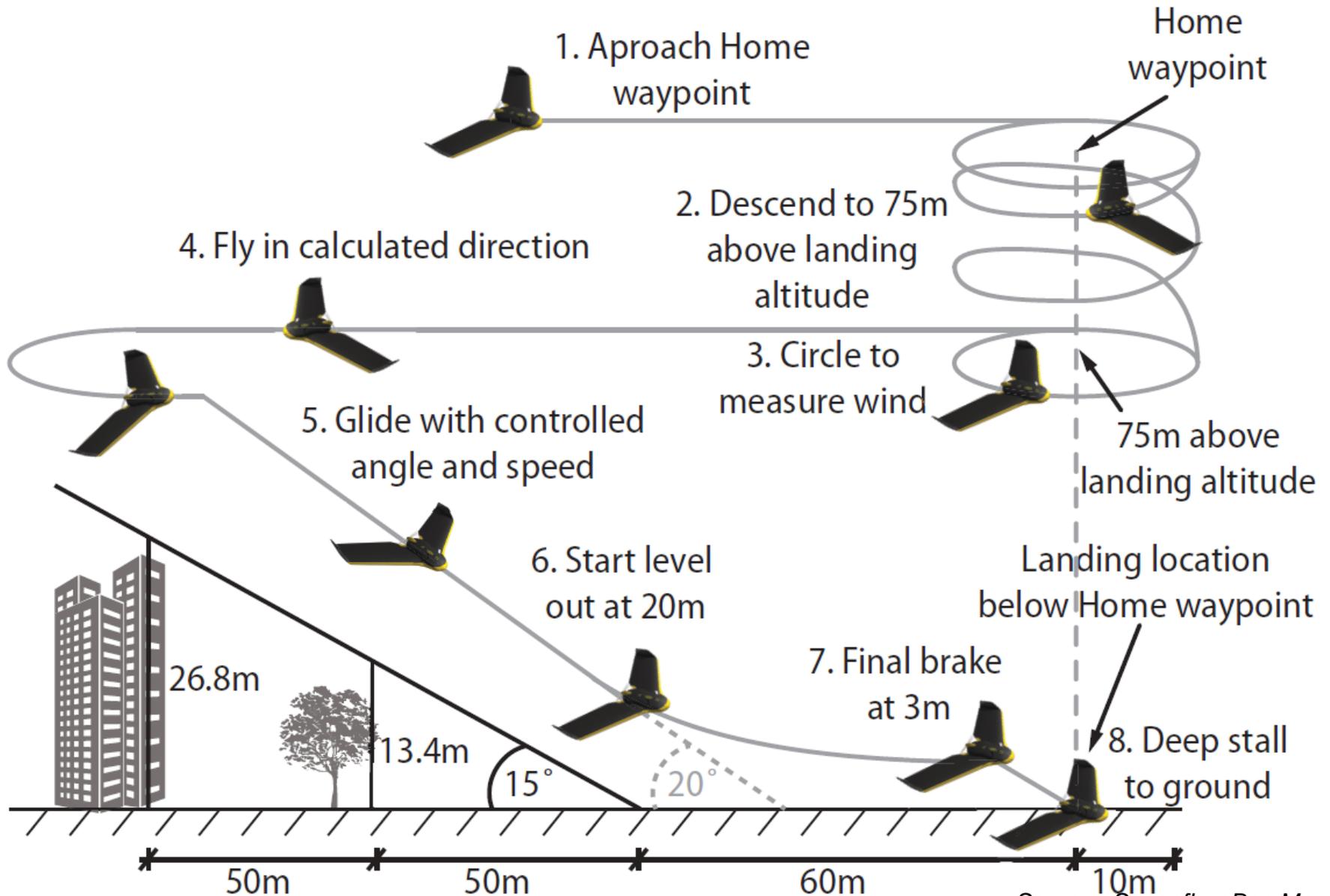
Estimer la durée de chaque vol

Evaluer les contraintes de terrains

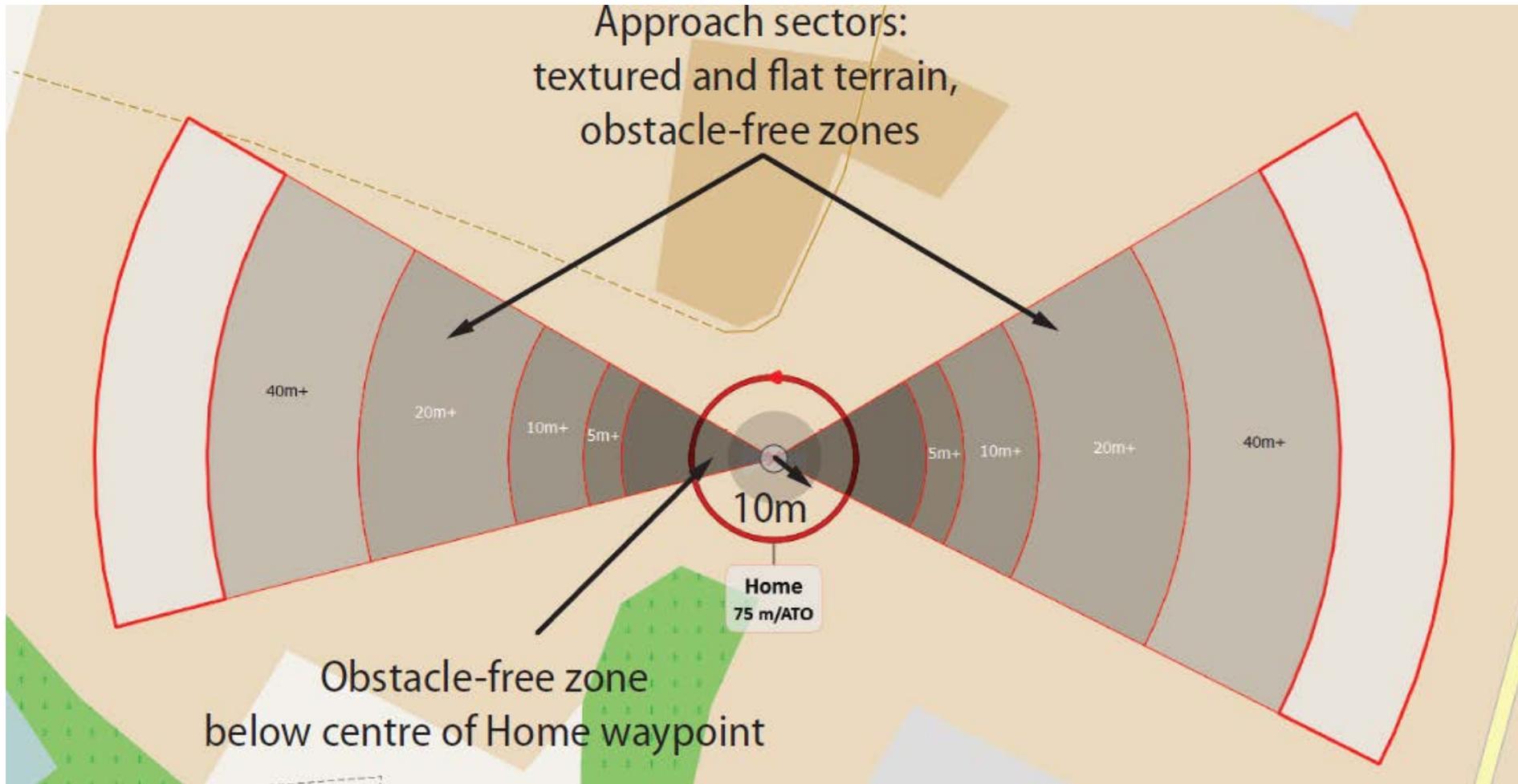
Simuler le vol



# Mise en œuvre pratique



# Mise en œuvre pratique

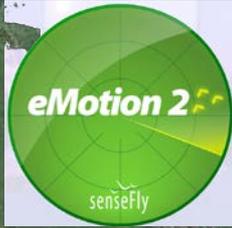


- WARNING
- START MISSION
- RESUME MISSION
- GO TO START WPT
- GO TO HOME WPT
- GO LAND
- HOLD POSITION
- LAND NOW  
Click 3x
- ABORT LANDING
- ROLL
- FAST CLIMB
- FAST DESCENT

EB-01-008



0 m/ATO  
1351 m/AMSL  
||||| 0:00  
Idle  
Ready to take off



# Conclusion

# Conclusion

**La télédétection ne peut pas tout, mais elle peut beaucoup !**

## **Mais...**

- Un réel niveau de maturité a été atteint
- Des outils et des méthodes opérationnelles et performantes
- Un accès toujours plus aisé à de la donnée image de haute qualité
- Une discipline en plein boum, suscitant beaucoup d'intérêts et qui repose sur toujours plus d'interdisciplinarité

## **Toutefois...**

- Des développements à poursuivre (ex : AOO) pour plus d'efficacité et une plus grande adaptabilité notamment aux produits qui apparaissent
- Une vraie difficulté à spécifier ce qui est faisable (ou pas) et à quantifier le temps pour traiter la donnée