

L'UTILISATION DES MICRO-DRONES POUR LA PROSPECTION ARCHÉOLOGIQUE À BASSE ALTITUDE

The use of micro-UAVs for low altitude archaeological survey

N. Poirier, F. Hautefeuille, C. Calastrenc

UMR 5608 TRACES, CNRS – Université Toulouse 2 – Jean-Jaurès

http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/



Introduction

• Miniaturisation des vecteurs et des capteurs = une rupture méthodologique pour la prospection archéologique ?

Miniaturizing vectors and sensors: a methodological break for archaeological survey?

• Quels changements de pratiques pour les archéologues ?

What changes in practice for archaeologists?

• Une meilleure place accordée aux méthodes noninvasives en archéologie?

A better place given to non-invasive methods in archeology?

LA TÉLÉDÉTECTION EN ARCHÉOLOGIE REMOTE SENSING IN ARCHAEOLOGY

- Méthode non-invasive de recherche archéologique
 Non-invasive methods in archaeology
- ⇒ Repérage de sites au moyen de capteurs positionnés à distance de l'objet

Detection of sites with remote sensors

 \neq fouille / \neq excavation

• Utilisée en amont d'une fouille, en association avec d'autres méthodes de prospection Methods used before an excavation, associated with other survey methods

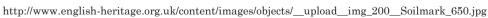
INDICATEURS ARCHÉOLOGIQUES EN TÉLÉDÉTECTION ARCHAEOLOGICAL INDICATORS IN REMOTE SENSING

• Principe général : la présence de vestiges enfouis dans le sol modifie ou perturbe la structure du sol

General principle: the presence of remains buried in the ground modifies or disrupts soil structure

• « Soil marks » = anomalies de couleur du sol



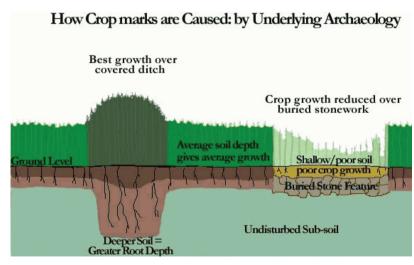




http://www.culture.gouv.fr/culture/arcnat/aerien/imgs/1072.jpg

INDICATEURS ARCHÉOLOGIQUES EN TÉLÉDÉTECTION ARCHAEOLOGICAL INDICATORS IN REMOTE SENSING

- Principe général : la présence de vestiges enfouis dans le sol modifie ou perturbe la structure du sol General principle: the presence of remains buried in the ground modifies or disrupts soil structure
- « Soil marks »
- « Crop marks »



 $http://lochbrowlandscapeproject.files.wordpress.com/2012/07/cropmarks_big.gif$





http://www.lastwordonnothing.com/wp-content/uploads/2010/08/800px-Grezac-300x197.jpg

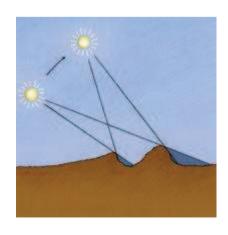
INDICATEURS ARCHÉOLOGIQUES EN TÉLÉDÉTECTION

ARCHAEOLOGICAL INDICATORS IN REMOTE SENSING

• Principe général : la présence de vestiges enfouis dans le sol modifie ou perturbe la structure du sol

General principle: the presence of remains buried in the ground modifies or disrupts soil structure

- o « Soil marks »
- o « Crop marks »
- Micro-reliefs





https://c1.staticflickr.com/9/8513/8437572909_8524cd679e _z.jpg



http://farm7.staticflickr.com/6001/5943877511_549534dc

MÉTHODES TRADITIONNELLES... TRADITIONAL METHODS

- Photographie aérienne verticale ou oblique (domaine visible) aerial photographs
 - Utilisée depuis début XXe s.
 - Essor dans les années 1960-1970
 - A révélé le potentiel archéologique des campagnes



- Traitements multispectraux
- Utilisation de *vegetation index* pour l'archéologie



LiDaR

- Détection des micro-reliefs indépendamment des conditions de lumière
- Documentation des espaces forestiers



... ET LIMITES

... AND THEIR LIMITS

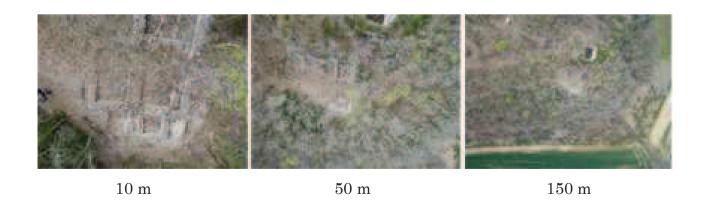
- o Coût élevé / High cost
 - 1H de vol = 150 €
 - 100 km² d'image satellite Ikonos ou Quickbird = 1000 − 3000 €
 - 50 km² d'acquisition LiDaR = 10000 €
- Faible flexibilité d'utilisation / Low flexibility
 - Impossibilité (financière) de répéter des acquisitions fréquentes de données
 - Planification très amont des missions
 - => Faible maîtrise des paramètres d'acquisition
- Faible résolution spatiale des données acquises (sauf LiDaR) / Low resolution (except LiDaR)
 - Altitude et vitesse de vol des avions de tourisme
 - Résolution des images satellites multispectrales

AVANTAGES DES MICRO-DRONES EN ARCHÉOLOGIE 1 ADVANTAGES OF MICRO-DRONES IN ARCHAEOLOGY 1

- o Coût modéré / Moderate cost of using
 - Investissement de départ important (>10K€)
 - Faible coût d'exploitation (<1K€/an)

AVANTAGES DES MICRO-DRONES EN ARCHÉOLOGIE 2 ADVANTAGES OF MICRO-DRONES IN ARCHAEOLOGY 2

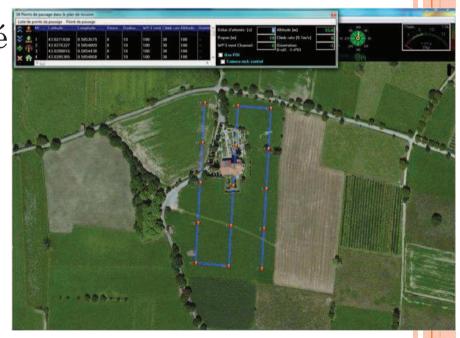
- o Coût modéré / Moderate cost of using
- Abaissement des altitudes de vol / Lower flight altitudes
 - Gain de résolution spatiale / increased spatial resolution
 - Echelle intermédiaire entre site et micro-région = terroir



AVANTAGES DES MICRO-DRONES EN ARCHÉOLOGIE 3 ADVANTAGES OF MICRO-DRONES IN ARCHAEOLOGY 3

- o Coût modéré / Moderate cost of using
- Abaissement des altitudes de vol / Lower flight altitudes
- Environnement de vol sécurisé

 Secure flight environment
 - Stabilisation inertielle
 - GPS
 - Programmation de vol semi-automatisés



AVANTAGES DES MICRO-DRONES EN ARCHÉOLOGIE 4 ADVANTAGES OF MICRO-DRONES IN ARCHAEOLOGY 3

- o Coût modéré / Moderate cost of using
- Abaissement des altitudes de vol / Lower flight altitudes
- Environnement de vol sécurisé / Secure flight environment
- Flexibilité d'utilisation / Flexibility of using
 - Faible encombrement
 - Choix des paramètres optimaux d'intervention
 - Répétition des survols de la même zone

LE PROGRAMME ARCHÉODRONE



- Mikrokopter Okto XL
 - Système de stabilisation inertielle 3D
 - GPS
 - Station sol pour gestion des plans de vol
 - Retour vidéo temps réel



- Caméra thermique FLIR T620
 - 640x480 pixels
 - infra-rouge thermique : 7.5 à 14 μm
 - Haute sensibilité : 0.04°C



- -Appareil photographique numérique Nikon G1X
 - Capteur CMOS 14,3Mp
 - Objectif 28/112mm f/2,8 f/5,8
 - Fichiers JPEG et RAW

Nouveaux usages d'anciens capteurs Renewing the usage of former sensors

• Thermographie aéroportée à basse altitude

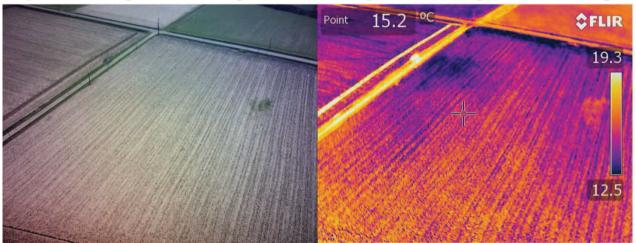
Low altitude thermal survey

• *sur sol nu* : repérer des anomalies de température du sous-sol produites par l'inertie thermique de vestiges enfouis et transmises en surface par rémanence.

On bare soil: locate subsurface temperature anomalies produced by the thermal inertia of buried remains and transmitted to the surface through persistence.

Croisement de méthodes non-invasives à Saint-Porquier (82) Crossing non-invasive methods

Imagerie classique / Visible spectrum Imagerie thermique / Thermal spectrum



Ramassage de surface / Surface collection



Cadastre Napoléonien / Ancient cadastre



Nouveaux usages d'anciens capteurs Renewing the usage of former sensors

o Thermographie aéroportée à basse altitude

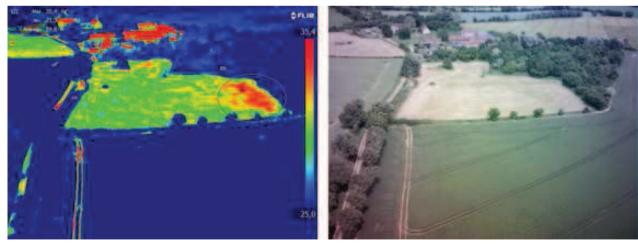
Low altitude thermal survey

• *sur sol nu* : repérer des anomalies de température du sous-sol produites par l'inertie thermique de vestiges enfouis et transmises en surface par rémanence.

On bare soil: locate subsurface temperature anomalies produced by the thermal inertia of buried remains and transmitted to the surface through persistence.

• sur sol cultivé : repérer des anomalies de température des plantes liées à leur stress hydrique.

on cultivated land: identify plants temperature anomalies related to their water stress.



Anomalie thermique liée à un possible site gallo-romain (Sancergues 18)

Nouveaux usages d'anciens capteurs Renewing the usage of former sensors

• Thermographie aéroportée à basse altitude

Low altitude thermal survey

• *sur sol nu* : repérer des anomalies de température du sous-sol produites par l'inertie thermique de vestiges enfouis et transmises en surface par rémanence.

On bare soil: locate subsurface temperature anomalies produced by the thermal inertia of buried remains and transmitted to the surface through persistence.

• sur sol cultivé : repérer des anomalies de température des plantes liées à leur stress hydrique.

on cultivated land: identify plants temperature anomalies related to their water stress.

- ⇒repérage de petites anomalies = échelle du bâtiment detecting small anomalies = scale of a building
- ⇒survols répétés = détection et suivi d'anomalies sur toute la saison culturale repeated flights = monitoring anomalies on the whole year
- ⇒Définition des paramètres optimaux de détection archéologique selon le type de vestiges recherchés

Optimizing the parameters of archaeological detection

Mission du 08 Juin 2013 vers 15h

Fempérature de Vol : Température du Sol : 16°C. 23.9°C Finsoleillement journalier : Fression : 1012 hPa 5.7 h Pluviométrie durant les dernières 24h : 6 mm Type de sol : Couverture éclienne argilo-limoneuse et sale Couverture du sol : prairie de fauche Grashique mensuel Fanabique mensuel Fanabique et sale san sons sons sons sons sons sons sons	Température Max du jour : 24,9°C	Température Min du jour : 11.5°C	Amplitude: 13.4°C
Finsoleillement journalier: 5.7 h Pluviomètrie durant les dernières 24h : 6 mm Type de sol : Couverture éolienne argilo-limoneuse et sabl Couverture du sol : prairie de fauche Graphique mensuel Fumpératures de Mai 2013 à Nevers Source des graphiques ci-dessus : http://www.meteoc	Temperature de Vol : 23.9°C	Temperature du Sol : 16°C	Difference temperature Sol/Air: 7.9°C
dernières 24h : 6 mm Type de sol : Couverture éclienne argilo-limoneuse et sableu Couverture du sol : prairie de fauche Graphique mensuel Températures de Mai 2013 à Nevers Bource des graphiques ci-déssus : http://www.meteociel	Ensoleillement journalier : 5.7 h	Pression: 1012 hPa	Nébulosité réelle : 5/8
Couverture du sol : Couverture du sol : prairie de fauche Graphique mensuel Températures de Mai 2013 a Nevers Bource des graphiques ci-dessus : http://www.me	Pluviomètrie durant les dernières 24h : 6 mm	Vent:22 Km/h	Rafale : 41 Km/h
Graphique mensuel Températures de Mai 2013 à Nevers Source des graphiques ci-dessus : http://www.me Photo thermique	Type de sol : Cou	verture éolienne argilo-limoneu	ise et sableuse (LP)
Source des graphiques ci-dessus : http://www.me	0	ouverture du sol : prairie de fauc	che
Source des graphiques ci-dessus : http://www.meteociel.fr/ Photo thermique	Graphiqueme	usnel	Graphique journalier
Source des graphiques ci-dessus : http://www.meteociel.fr/ Photo thermique Photo chemique Photo classification in the contraction in the contrac		blem	{
Source des graphiques ci-dessus : http://www.meteociel.fr/ Photo thermique	S) email		
Source des graphiques ci-dessus : http://www.ms	Stus	They would be a second	Monte
aphiques ci-dessus : http://www.me	111111111111111111111111111111111111111	111111	
	Source des g	raphigues ci-dessus : http://www	w.meteociel.fr/
	1		
		7720	

Ce jour-là, la prospection aéroportée s'est déroulée sur la même parcelle que durant la mission du 06 juin mais une anomalie a pu être repérée sur la parcelle voisine qui venait d'être fauchée. Cette anomalie, flagrante sur l'image thermique, avait une température variant de 32 à 35°C alors que le reste de la prairie tournait autour de 27 voire 32.9°C.

PERSPECTIVES DE NOUVEAUX CAPTEURS TOWARD NEW SENSORS ONBOARD UAVS

o Un mini LiDaR embarqué par drone / LiDaR

- Accroître la densité des points au sol / Increase ground points density
- Réduire les coût pour les zones de faible étendue / Reduce costs for small areas
- o Capteurs (électro-)magnétiques, radar? Magnetic sensors?
 - Accroître la productivité de la méthode (aujourd'hui pédestre)

 *Increase the productivity of the method (currently pedestrian)
 - Verrous techniques (perturbations liées au vecteur lui-même, vol à très basse altitude et vitesse constante)

Technical problems to overcome: magnetic noise, low altitude and regular speed

- Exploration de grottes / Caves exploration
 - Verrous techniques liés au rapport taille/emport, géolocalisation hors signal GPS, cartographie 3D en temps réel des zones explorées, autonomie

Technical problems related to ratio size/payload, geolocation out GPS signal, Real time 3D mapping

QUELLE PLACE POUR LES MÉTHODES NON-INVASIVES EN ARCHÉOLOGIE (PRÉVENTIVE) ? WHAT PLACE FOR NON-INVASIVE METHODS IN (RESCUE) ARCHEOLOGY?

• Stratégie actuelle exclusivement fondée sur les sondages mécaniques (pelleteuse)

Current strategy exclusively based on mechanical surveys (excavator)

• Méthodes non-invasives peu utilisées en contexte préventif : question de budget (?) ou de confiance dans l'efficacité de ces méthodes

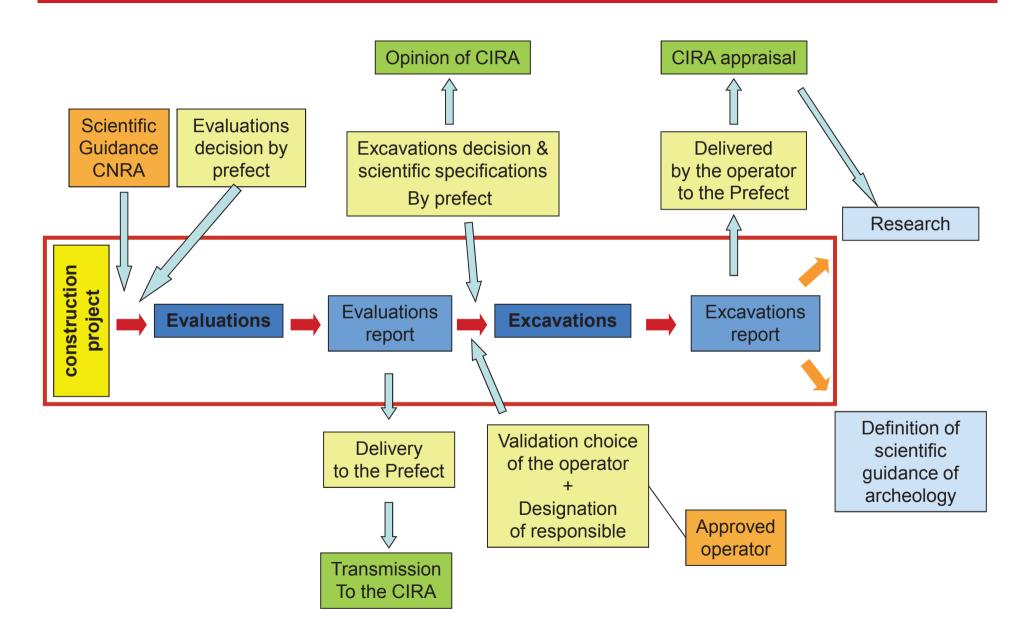
Problem of money (?) or confidence in the effectiveness of these methods

• Des paramètres d'intervention maîtrisés permettraient d'accorder une place plus importante à ces méthodes => influer sur le calendrier d'intervention des sondages mécaniques.

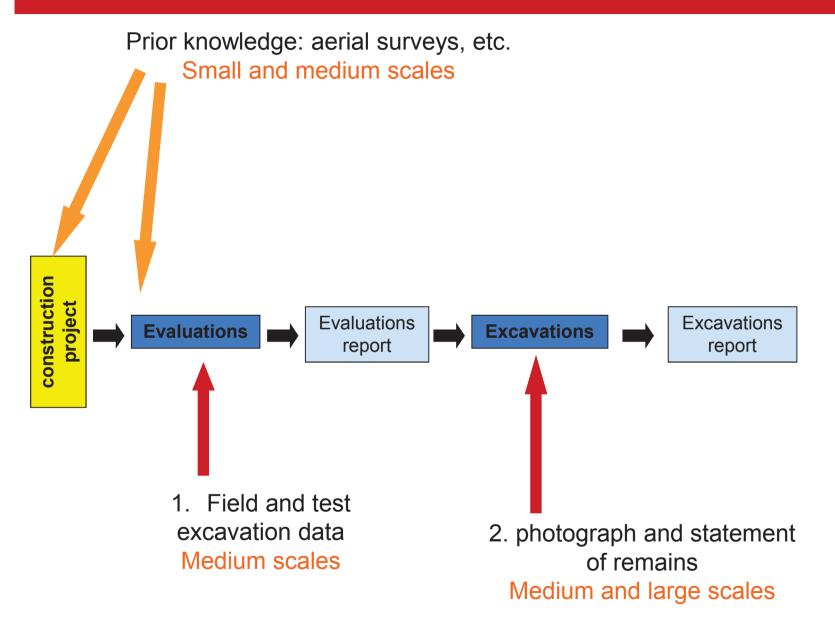
Controlled intervention parameters => a better place for these methods => affect the timing of mechanical surveys

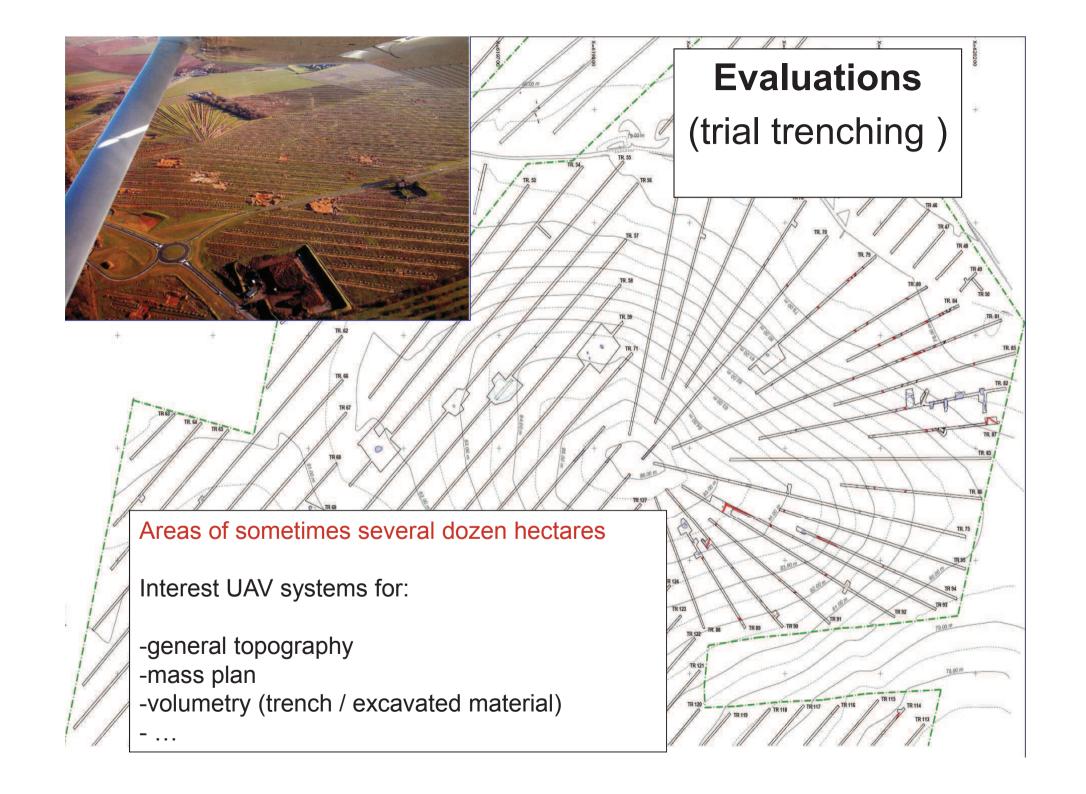


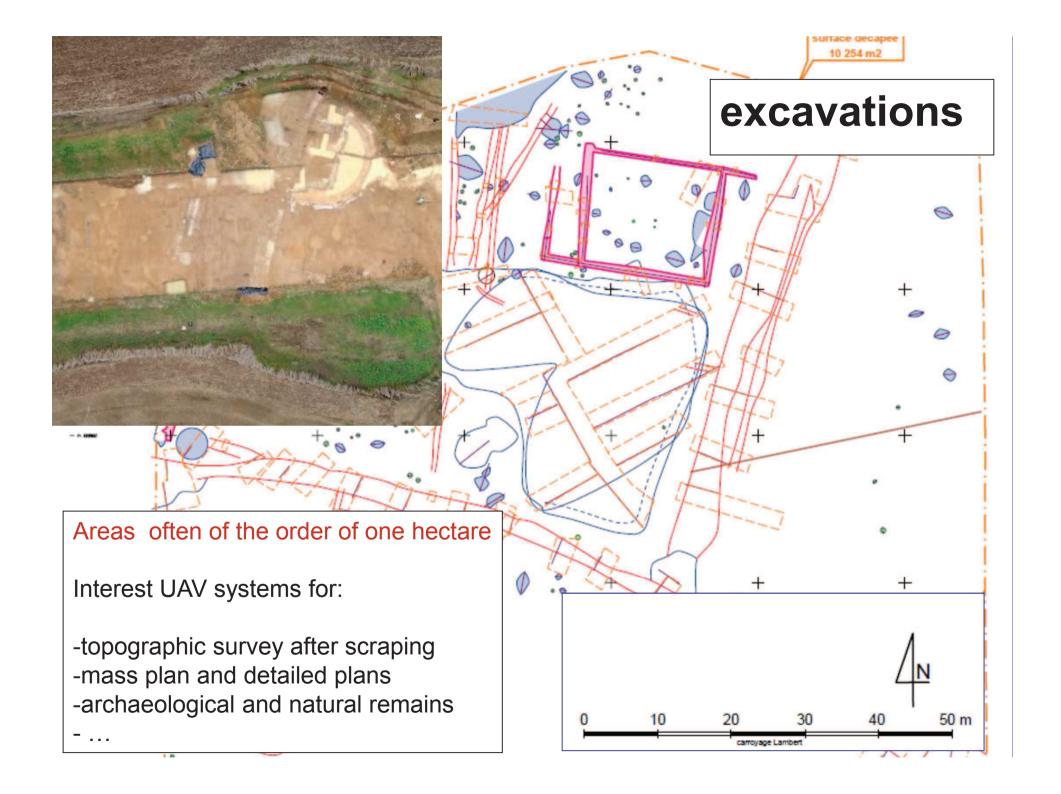
Preventive archaeology since 2001: a complex process that will not be detailed here

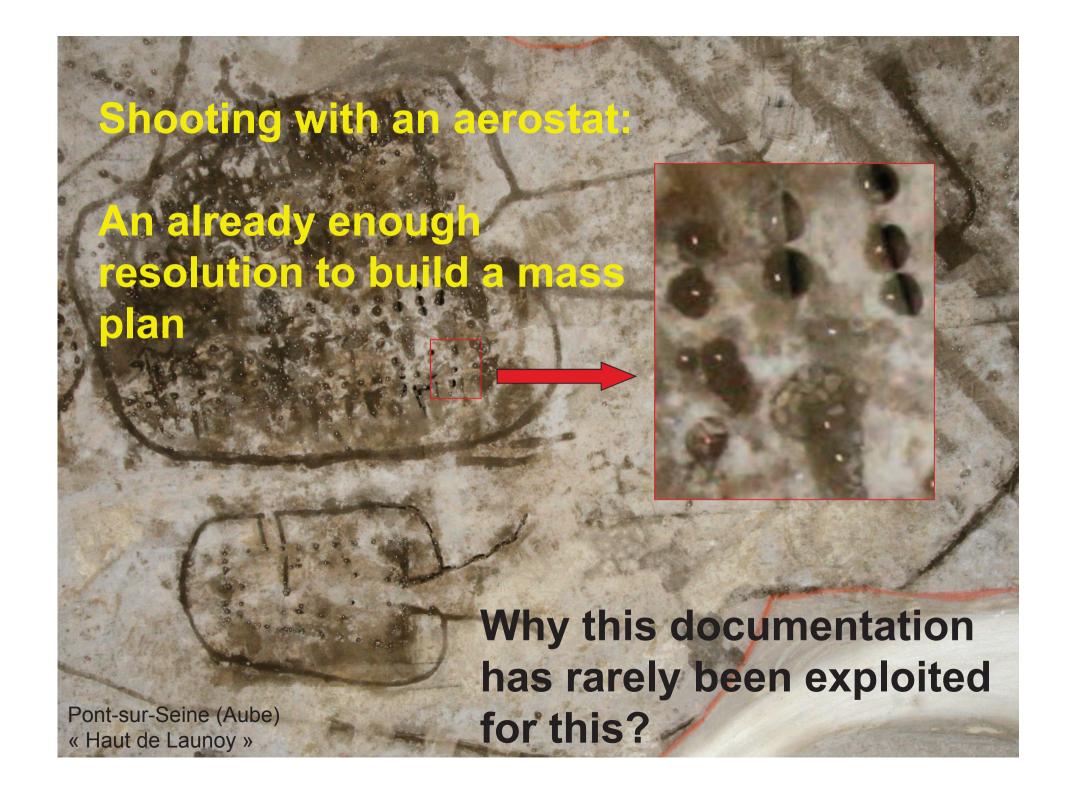


Preventive archaeology: In reality, two UAVs usage contexts







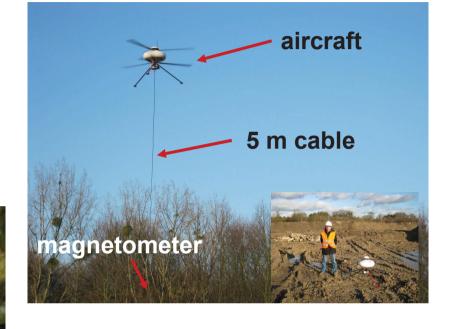


Applications for Preventive archaeology: especially photography and photogrammetry

Photography and Photogrammetry by dense correlation are particular activities the most obvious. But other applications should not be neglected.

- -multispectral photography
- -thermal camera
- -LIDAR
- -magnetic survey

-etc.



The intervention contexts are essentially open areas,

But other situations may arise.

- -dangerous ruins
- -various cavities, galleries, underground quarries,
- -underwater approaches
- -etc.



2011: Testing with the company Aero Kyu

Helicopter UAV "RWOP" manual control with a Samsung WB560 camera



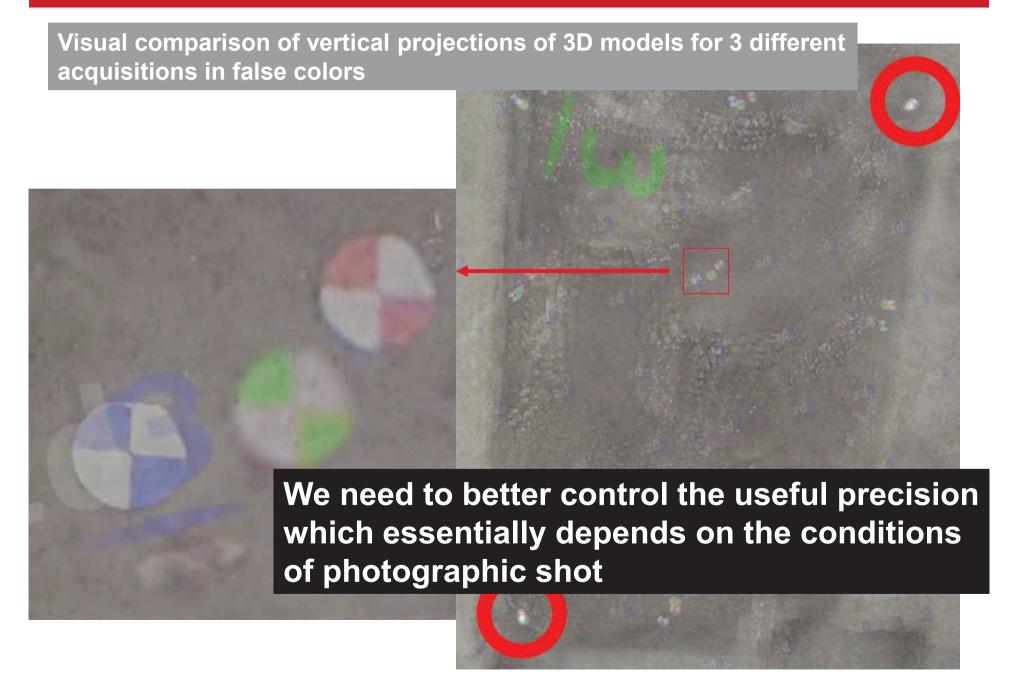




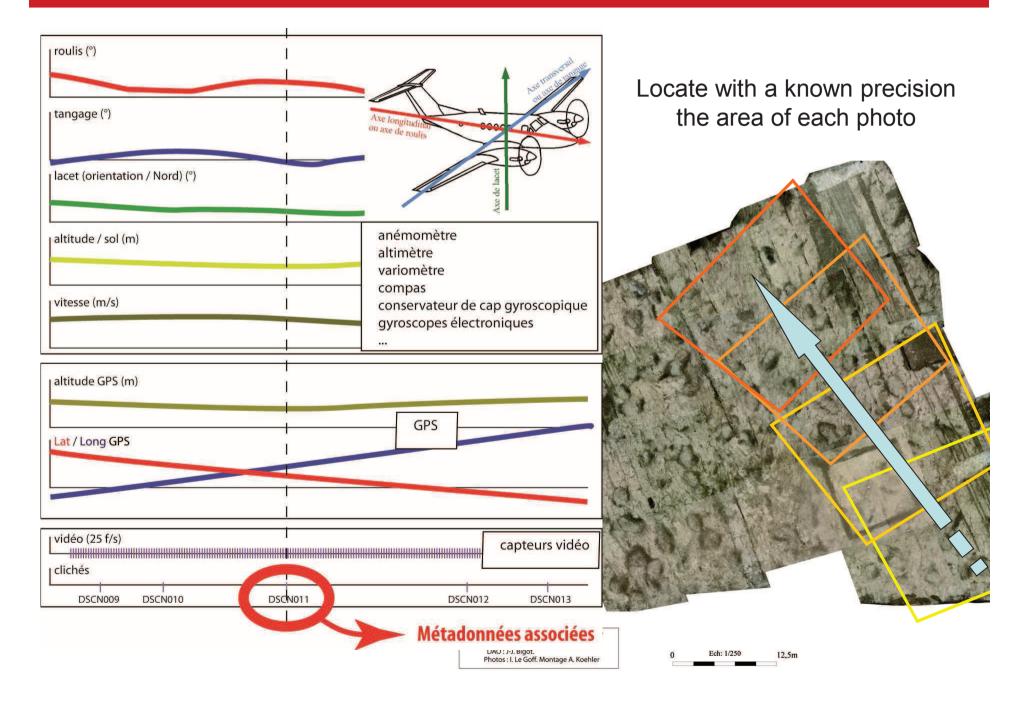




Accuracy and resolution: which needs? what guarantees?



Recording of data



Internal first experimental phase: equipment





Quadricoptère total weight< 2kg

Cat D
current statement
"Go anywhere"
Long flights (10-25 min)





APN



Hexacoptère total weight< 4kg

Cat E
Quality Statement (architecture, etc.)
specific constraints
Short Flights (9-15 min)



preventive archaeology and Inrap

Inrap is a national structure but organized according to the french administrative regions

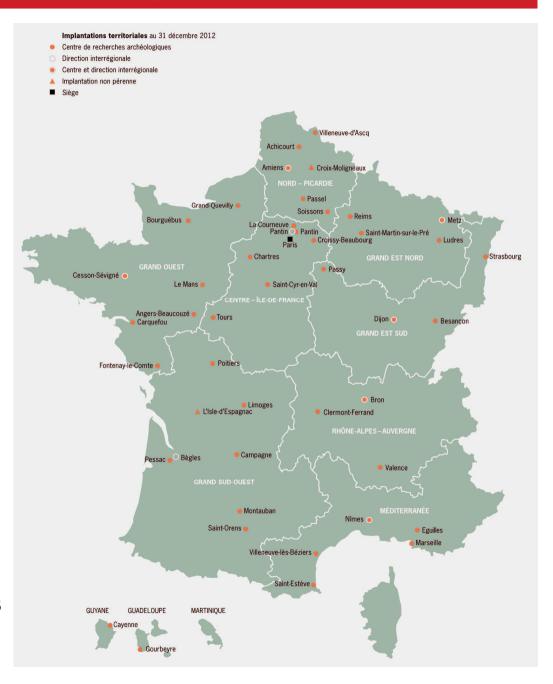
evaluations
1 784 done
2013:

excavations
261 done

> potential of several thousands of drone missions per year

2 main difficulties:

- -Dispersal of the actors
 - 9 directions in region
 - **41** archaeological research centers
- -Different regional practices



What organization? What procedures?

For us, the questions are more complex than for a small private company

organization:

-national?

-régional?

Decisions and responsibilities?

Overall monitoring?

Selection and training of pilots (voluntary archaeologists)

What quality control?

