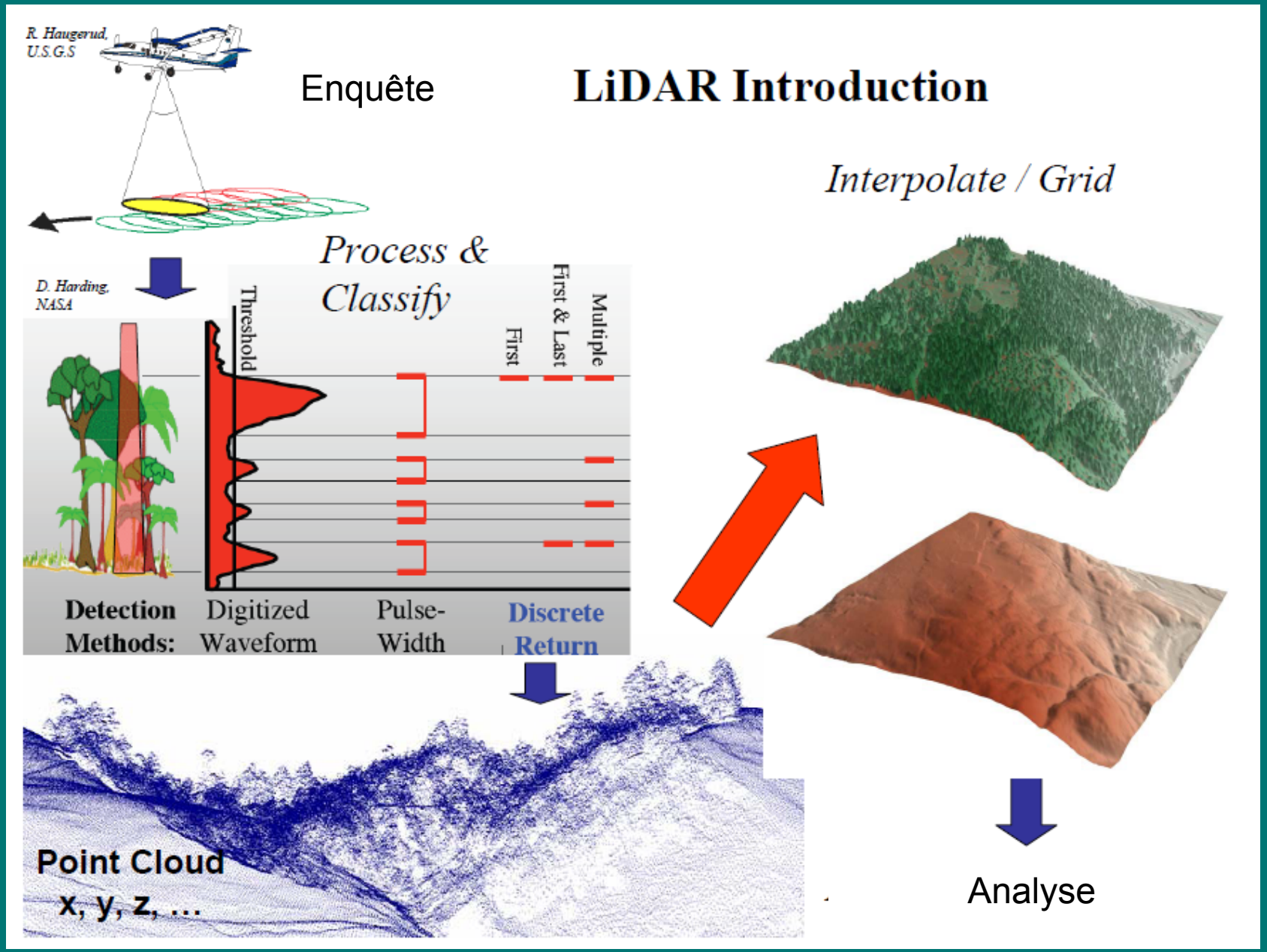
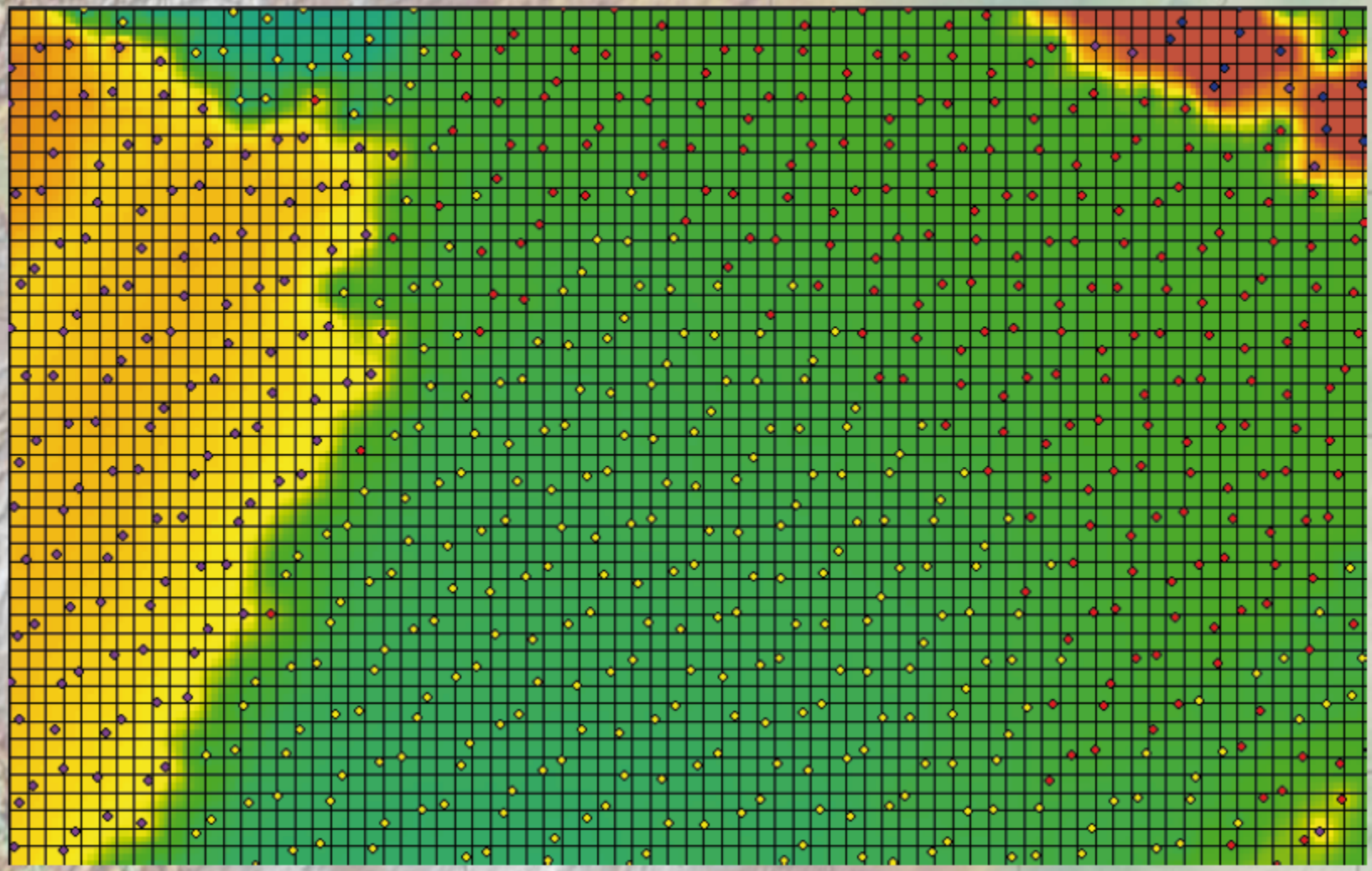


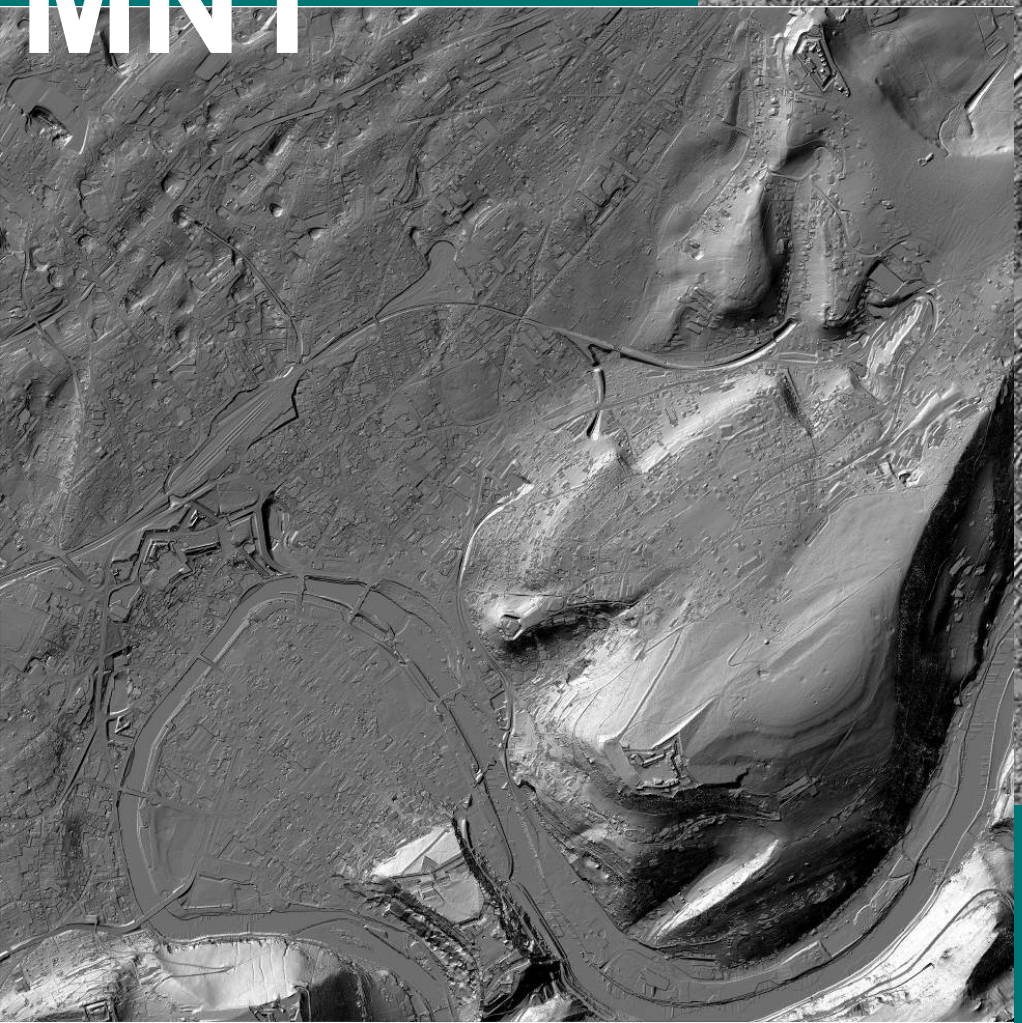
Nuage de Point

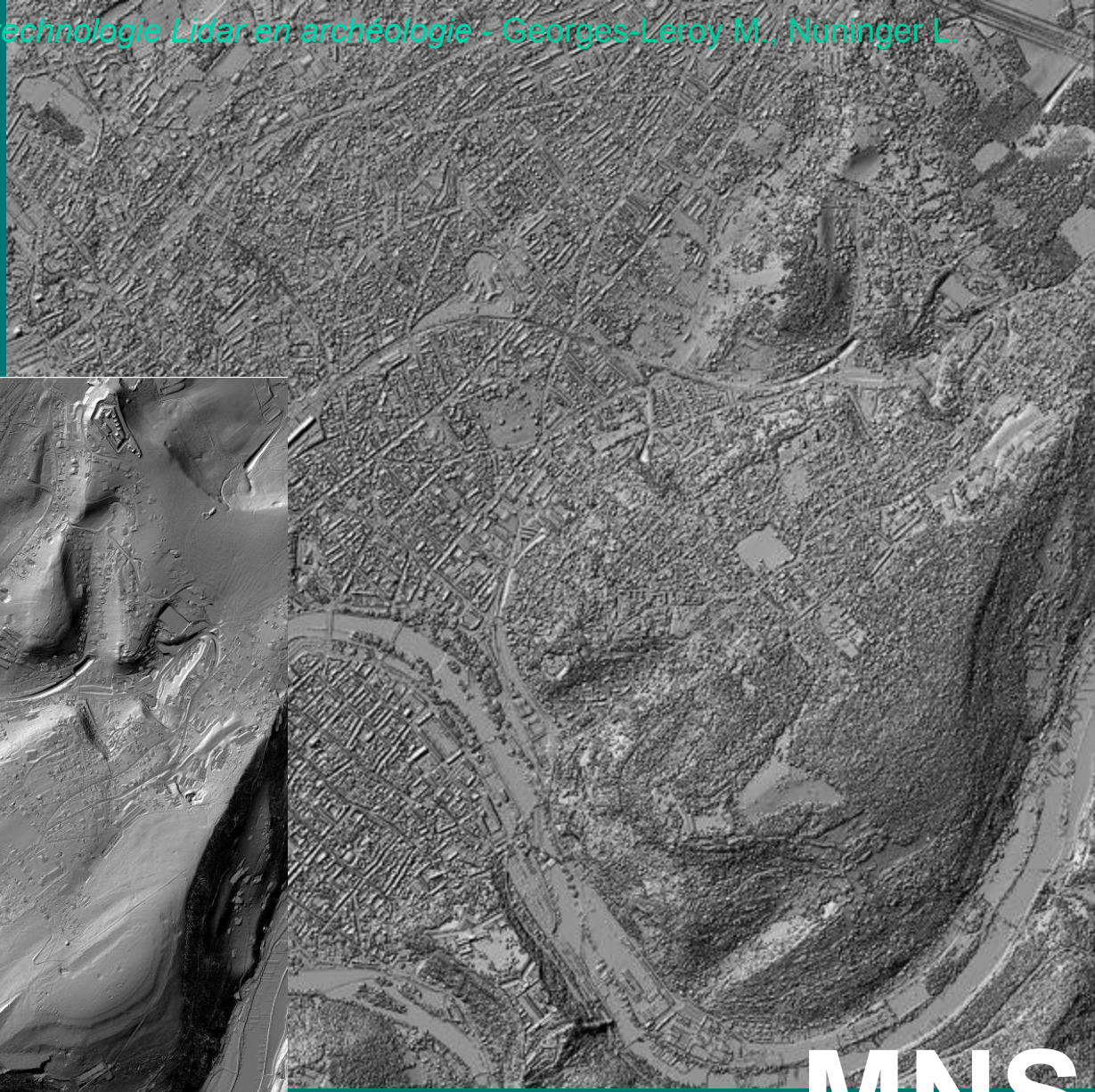
Interpolating a Raster- IDW



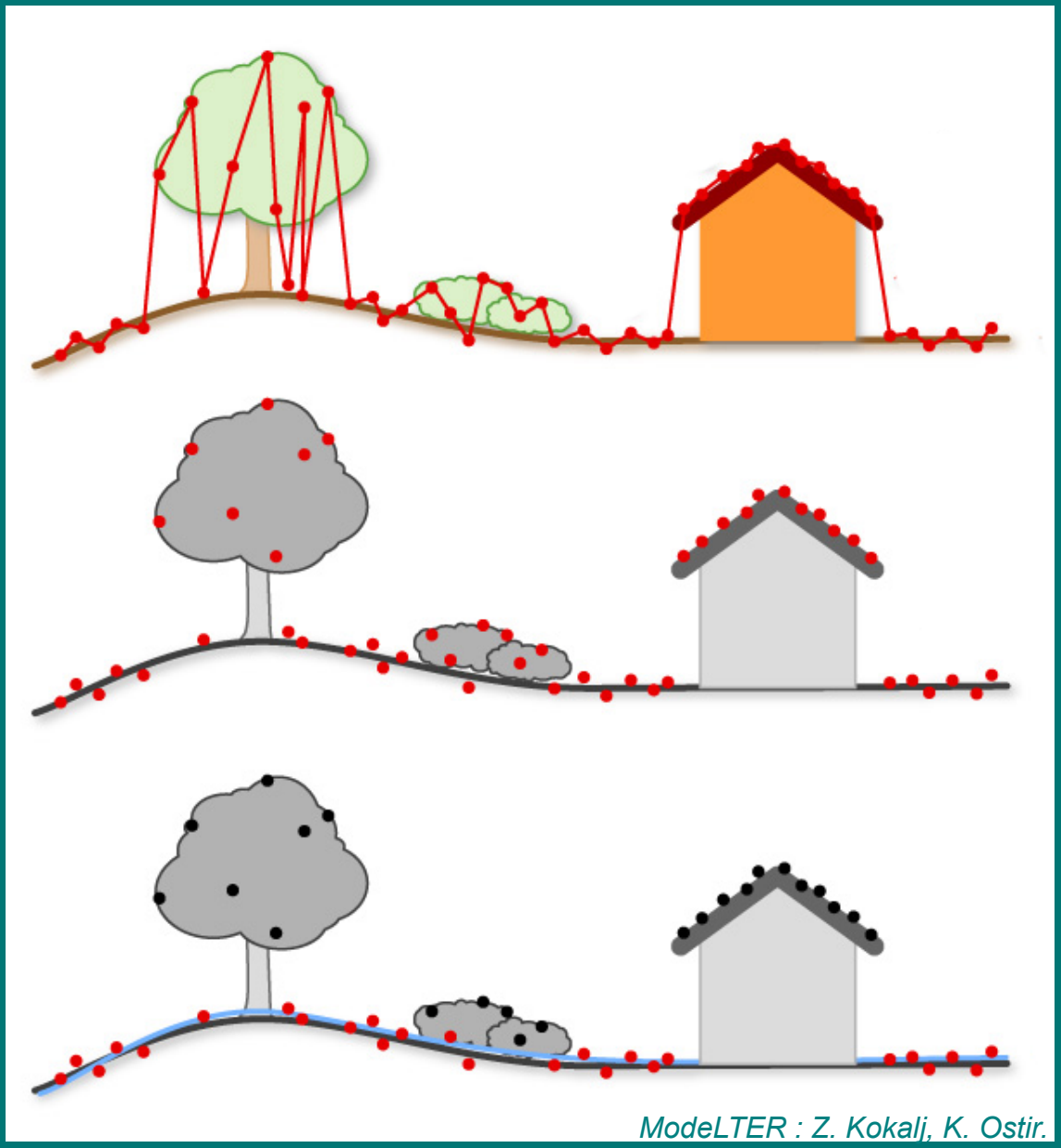
III.3.1 - Le filtrage ou Classification des points

MNT





MNS



ModeLTER : Z. Kokalj, K. Ostir.

Opérations de Filtrage des données LiDAR

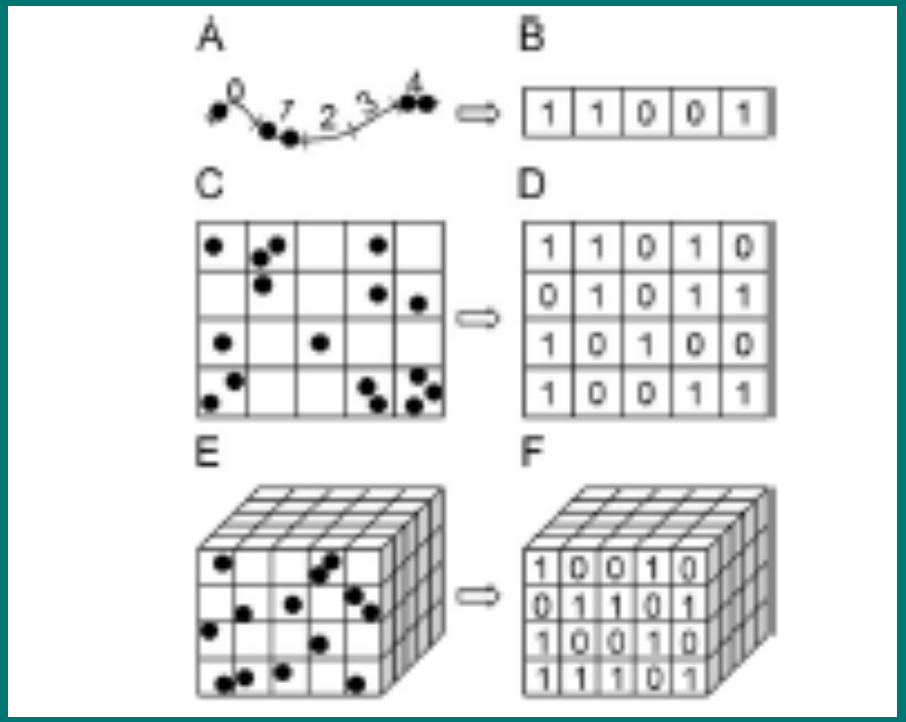
Sans filtrage

En rouge filtrage pour MNS :

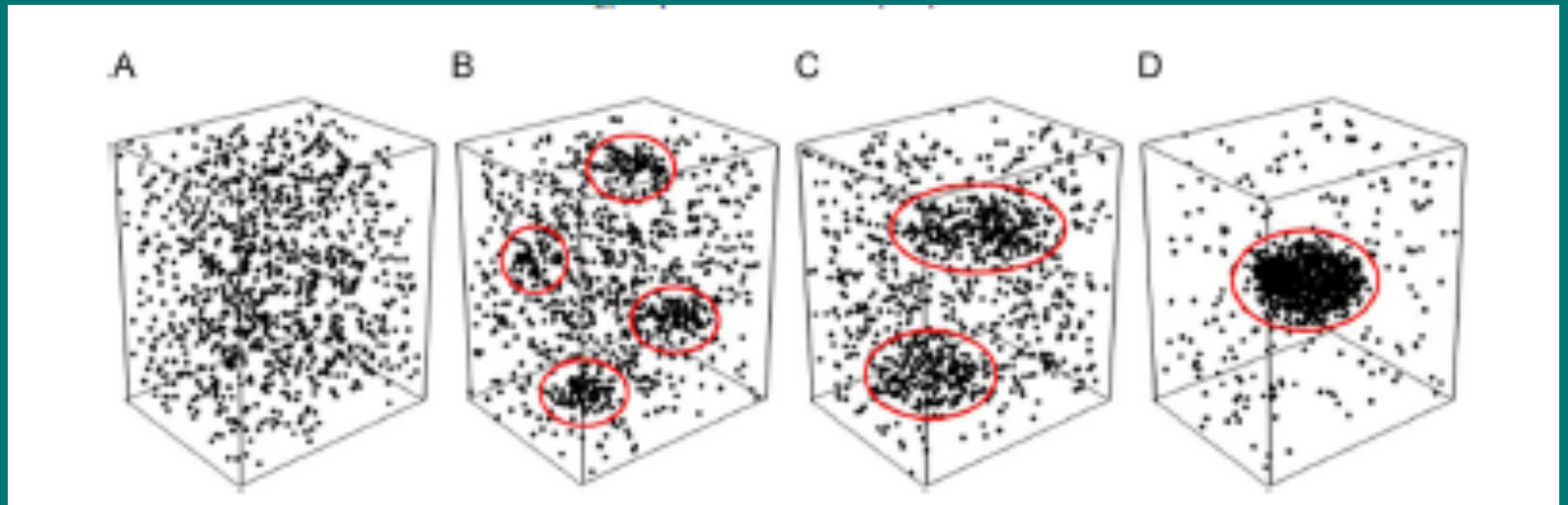
Modèle Numérique de Surface

En rouge filtrage pour MNT :

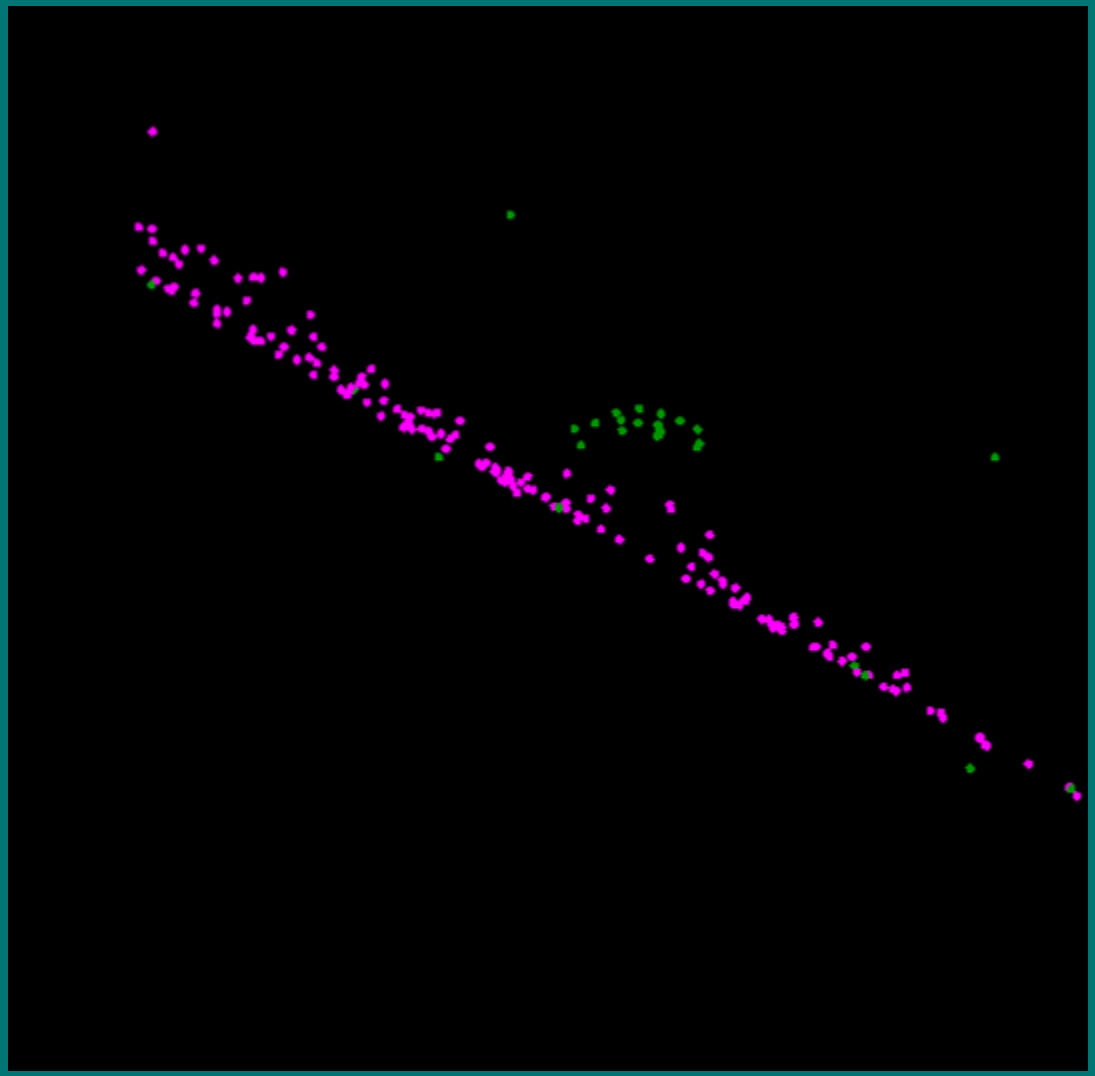
Modèle Numérique de Terrain



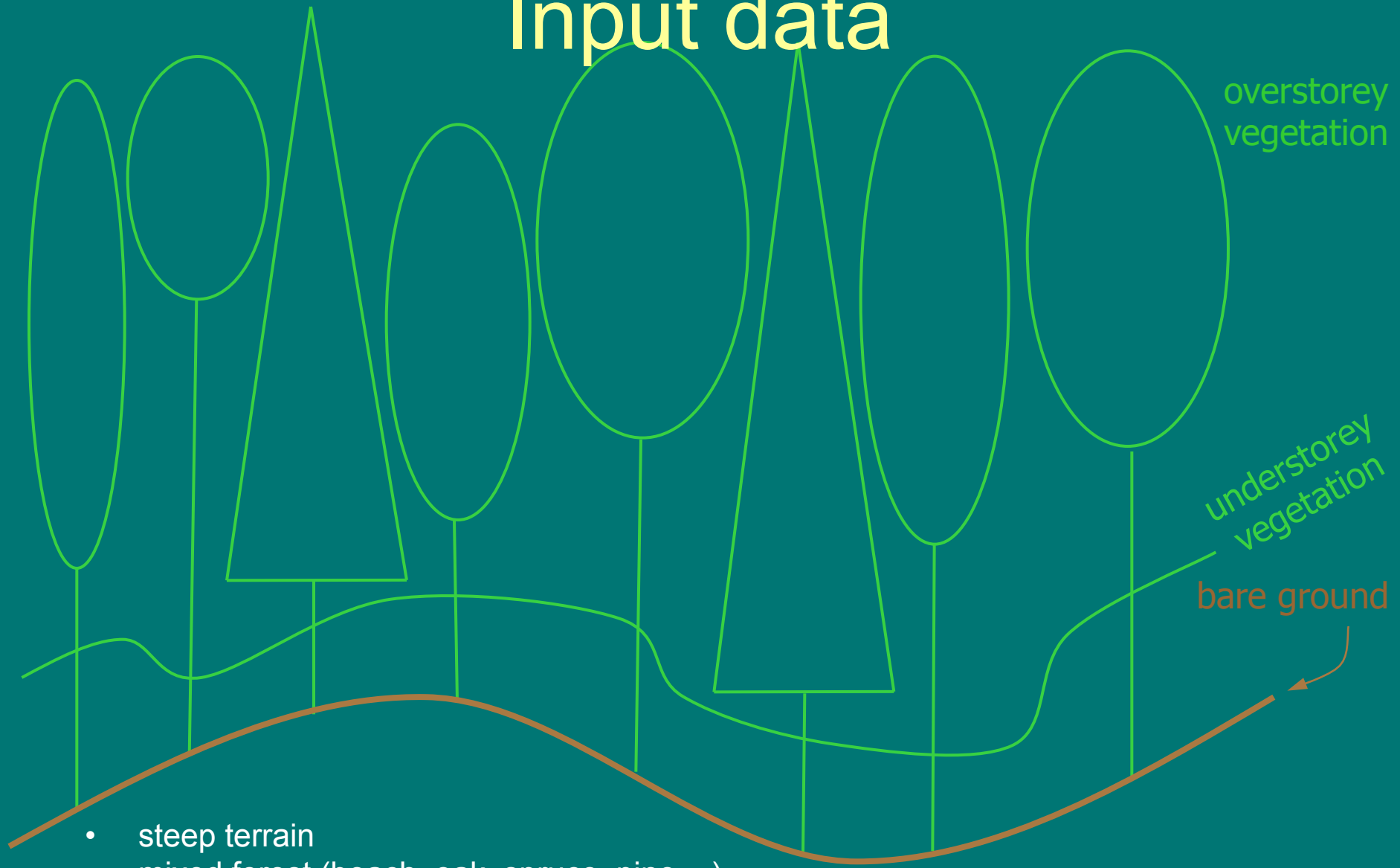
Lacunarity Analysis



Classification



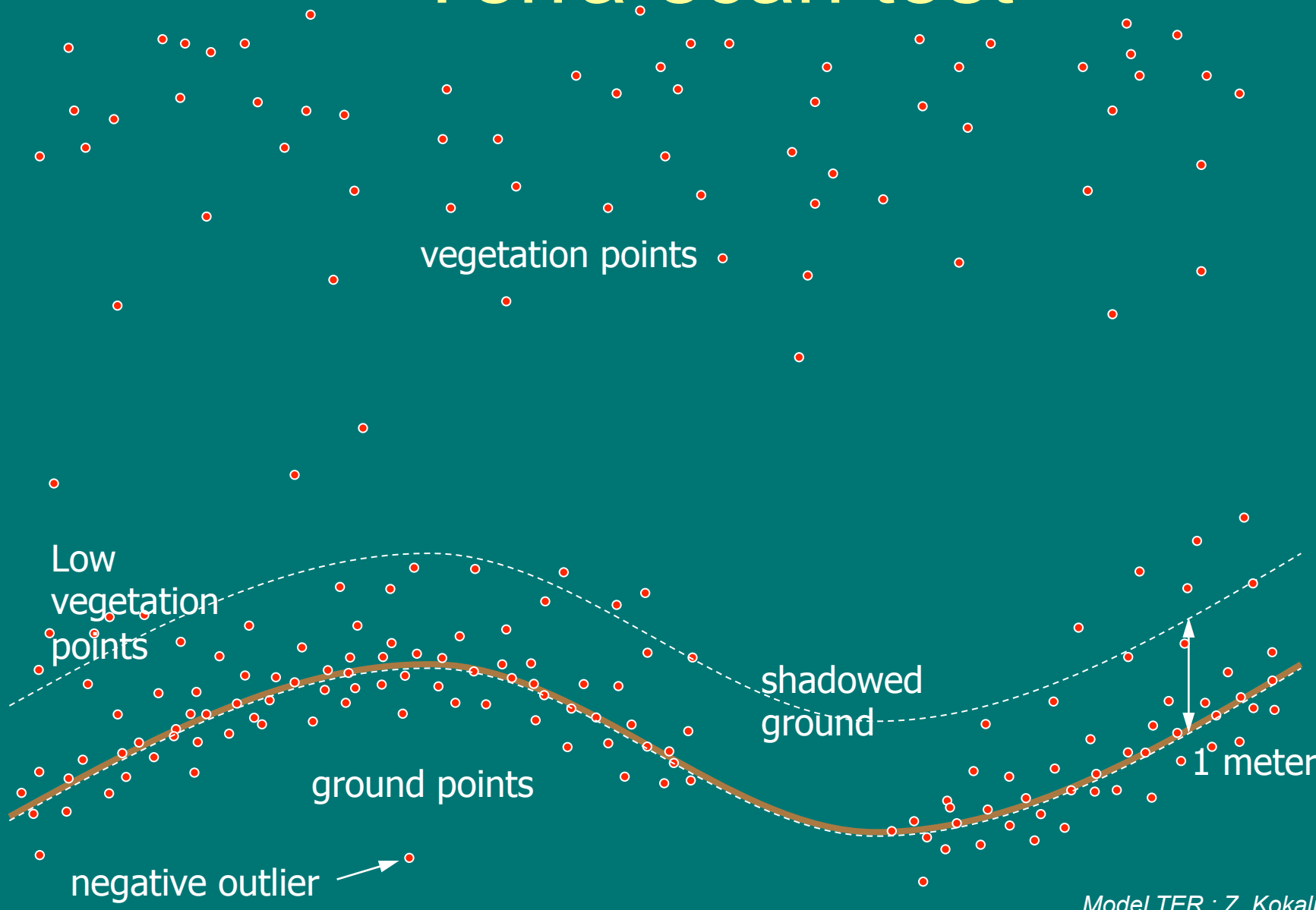
Input data



- steep terrain
- mixed forest (beach, oak, spruce, pine, ..)
- layered stand structure

ModeLTER : Z. Kokalj, K. Ostir.

Terra-scan test



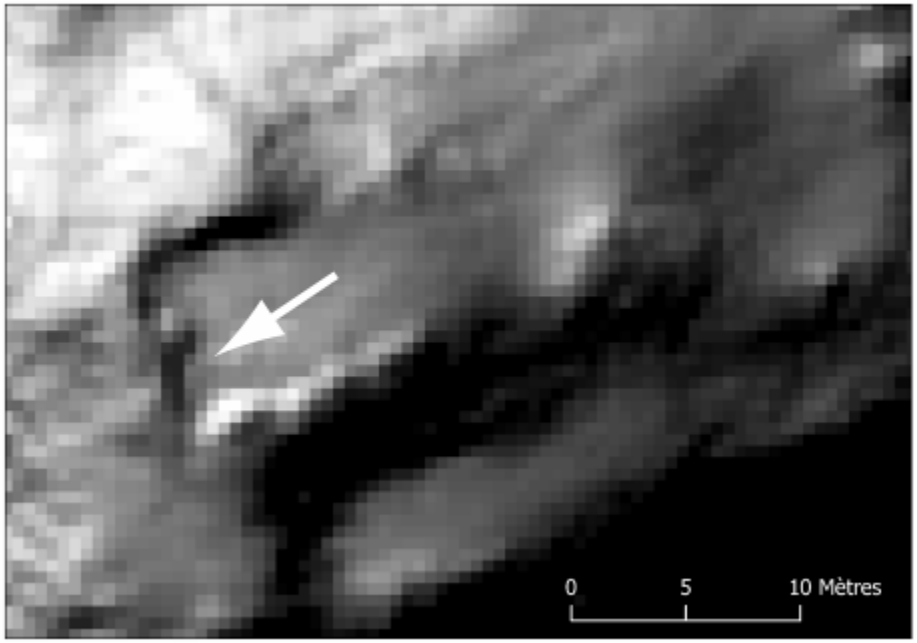
ModeLTER : Z. Kokalj, K. Ostir.

Petites carrières

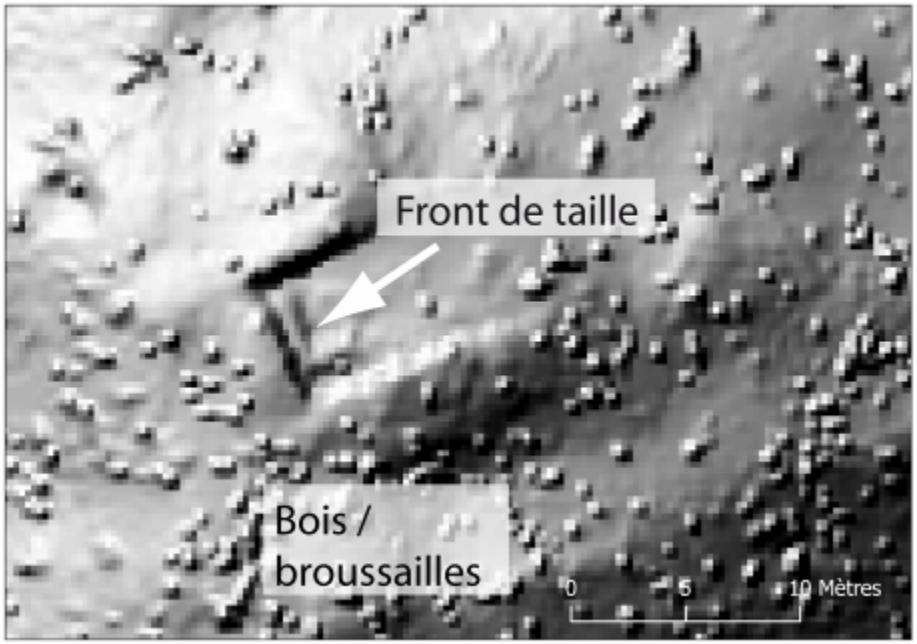


Photo : D. Daval - ARESAC

MNT Aerodata
50 cm

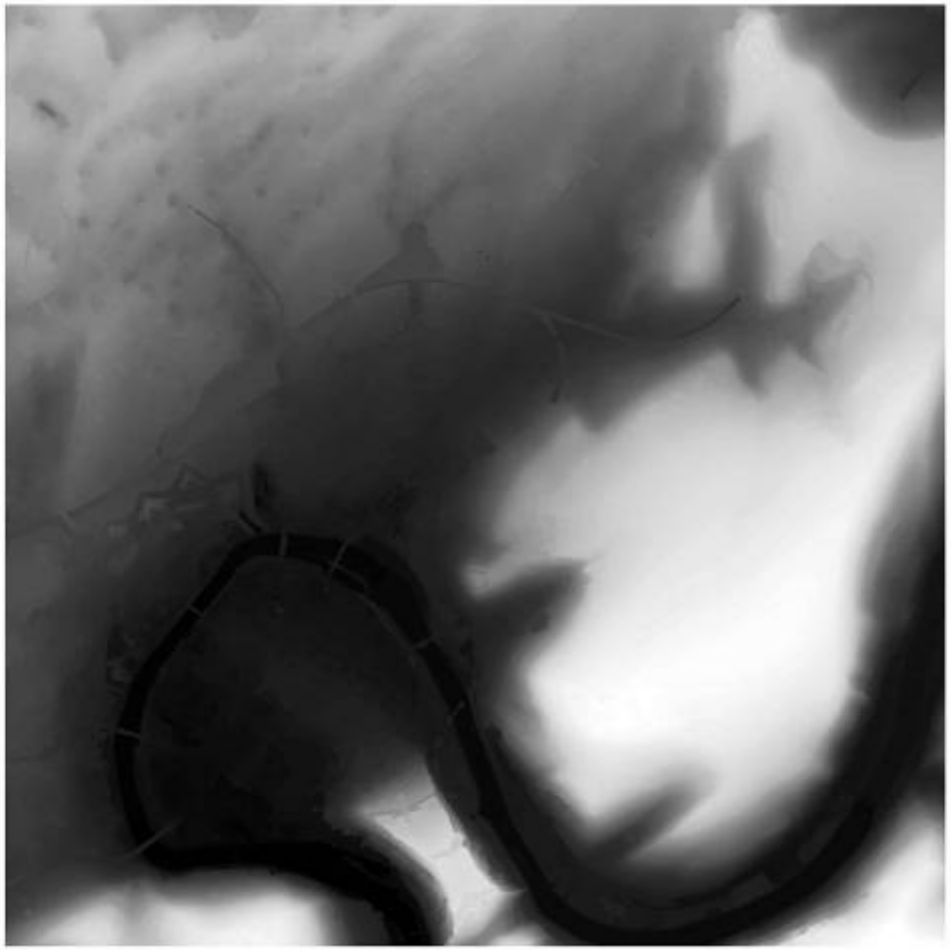


MNT ModeLTER
25 cm



III.3.2 - Traitement du MNT
Méthodes de visualisation

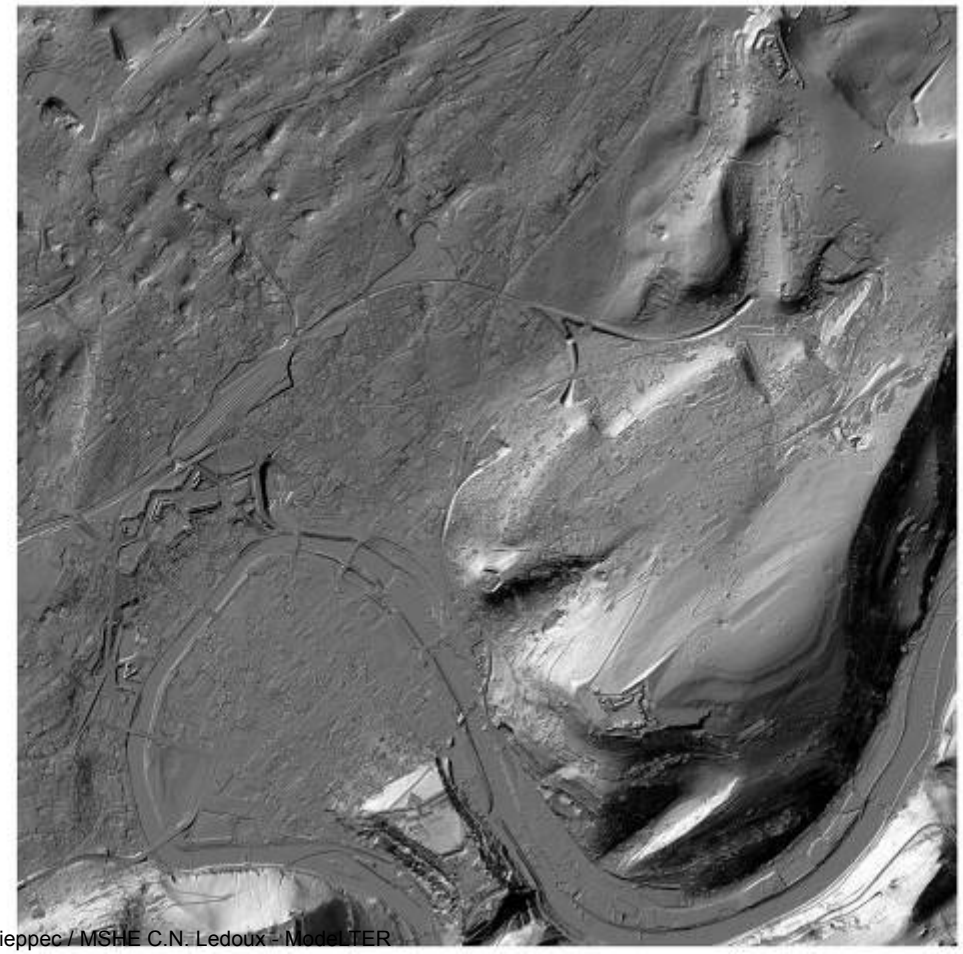
Traitement des données MNT
Mosaïque



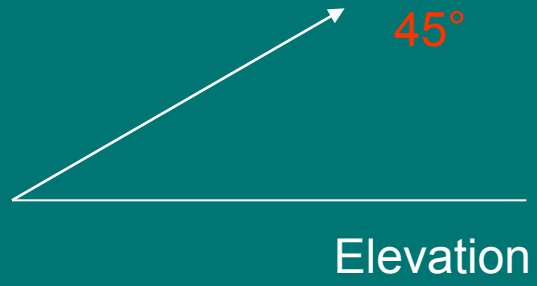
4x4 km (16 tuiles)
12 blocs – Besançon
10 blocs – Mathay-Mandeure

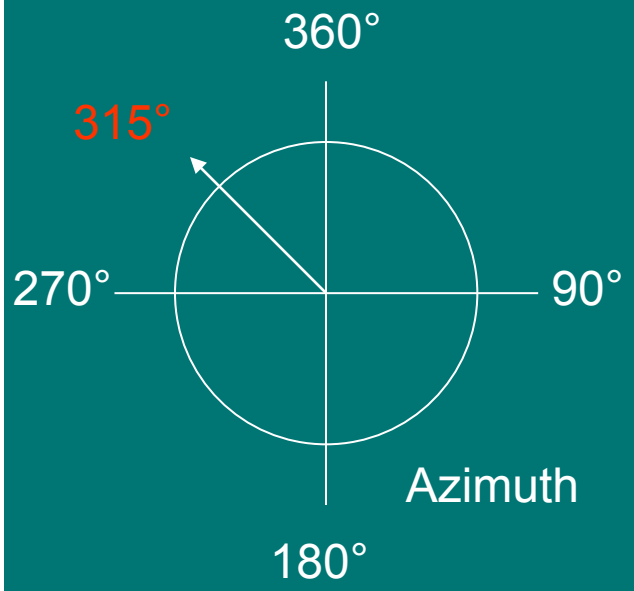
M_Besac_A / M_Besac_B…
M_ManMat_A / M_ManMat_B…

Traitement des données
Simple hillshade

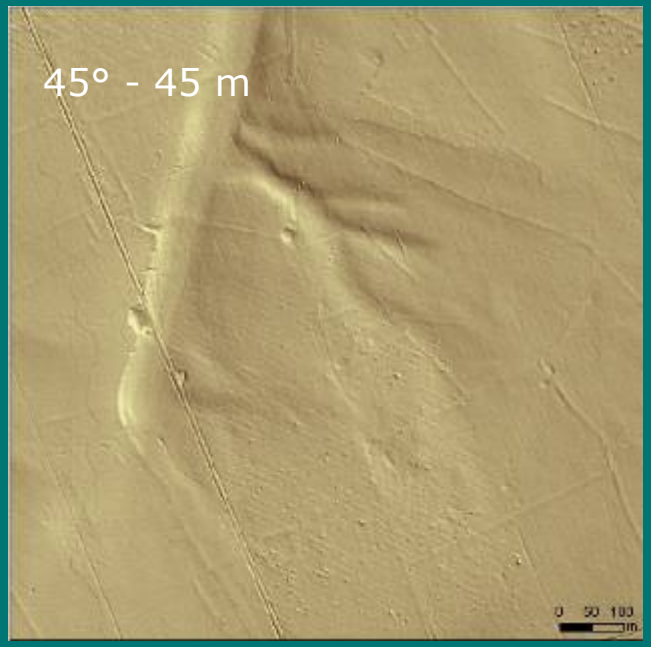


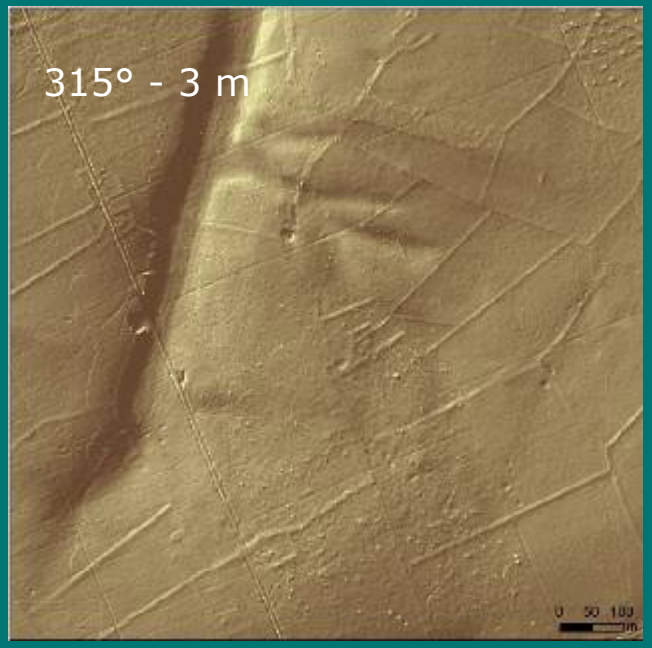
L. Nuninger, Lieppec / MSHE C.N. Ledoux - ModeLTER

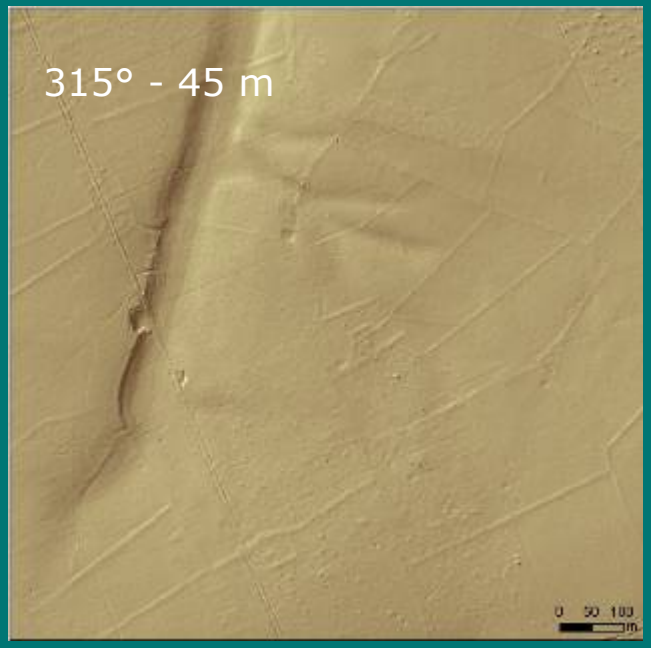








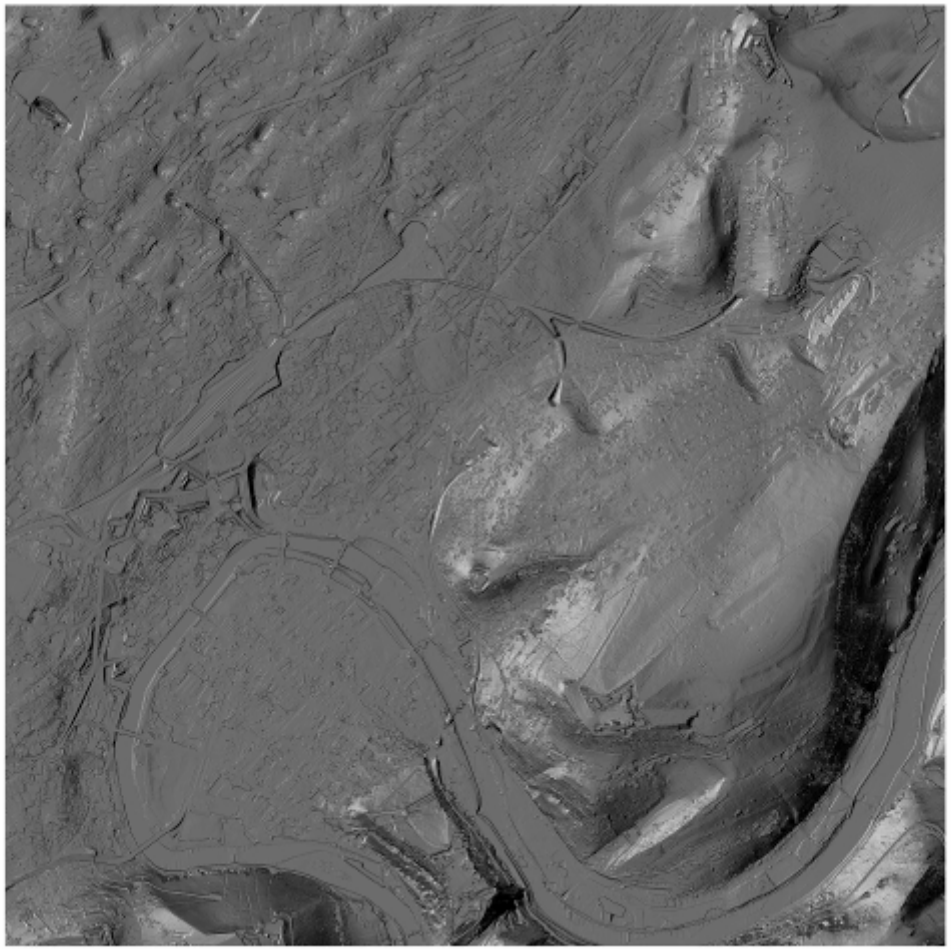


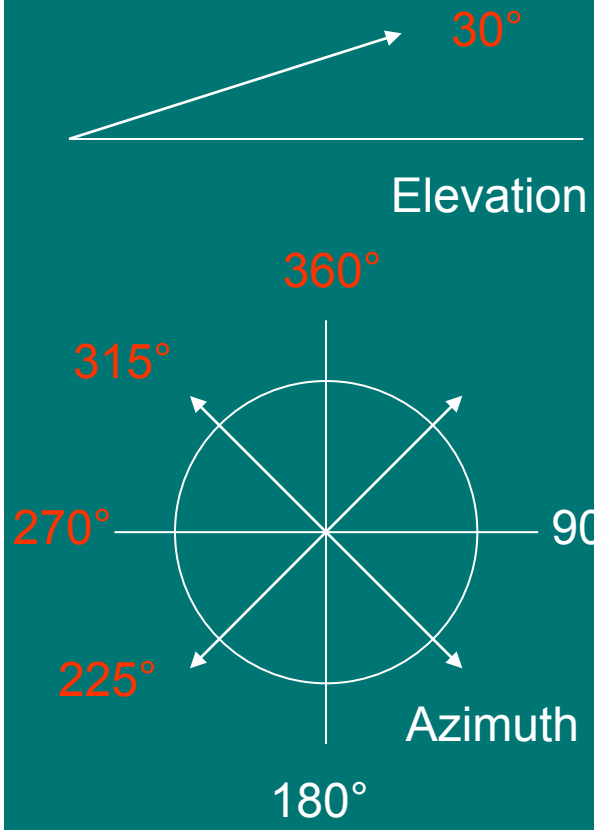


Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

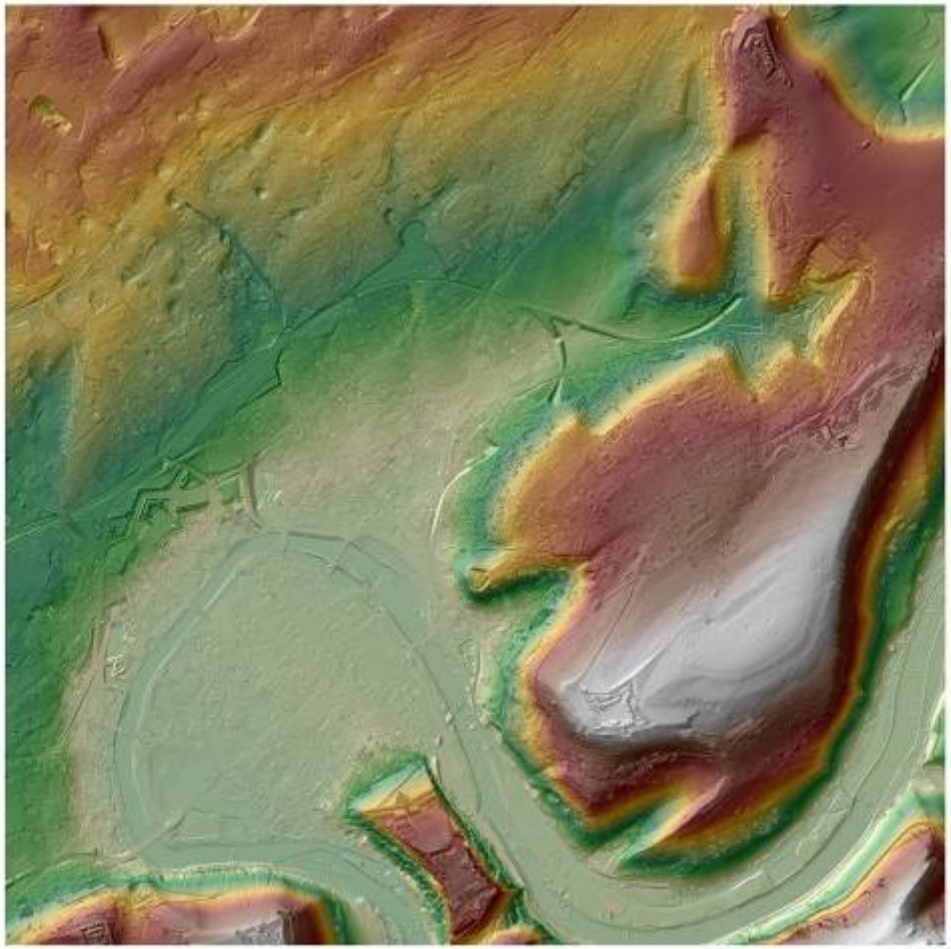
Traitement des données
Mdow hillshade / R. Mark USGS

Multidirectional oblique wheighted shaded relief





Traitement des données – LN
Swiss hillshade / D. Barnes ESRI



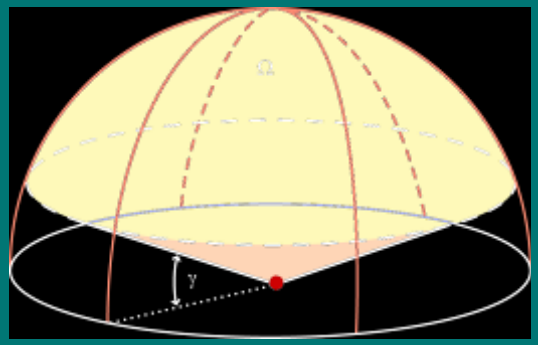
Combinaison multicouches de 3 fichiers raster

1. MNT / 55% transparence
2. Ombrage filtré (passe bas 4x4 / médiane) - / 35 % transparence
3. Ombrage simulant une perspective aérienne en divisant le MNT par 5 et en ajoutant l'ombrage non filtré / sans transparence

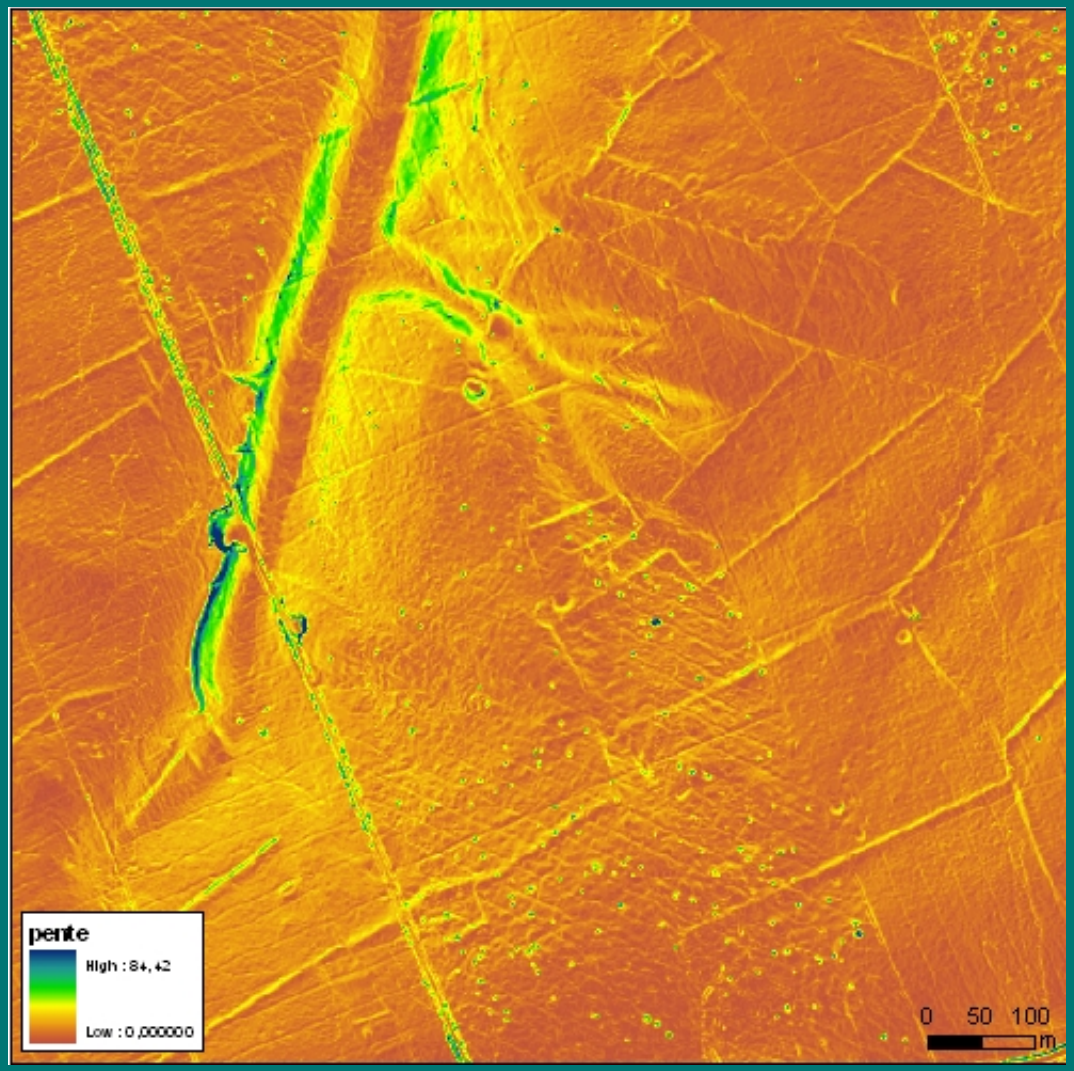
Traitement des données
Sky View Factor /
K. Zaksek, K. Ostir, Z. Kokalj, ModeLTER



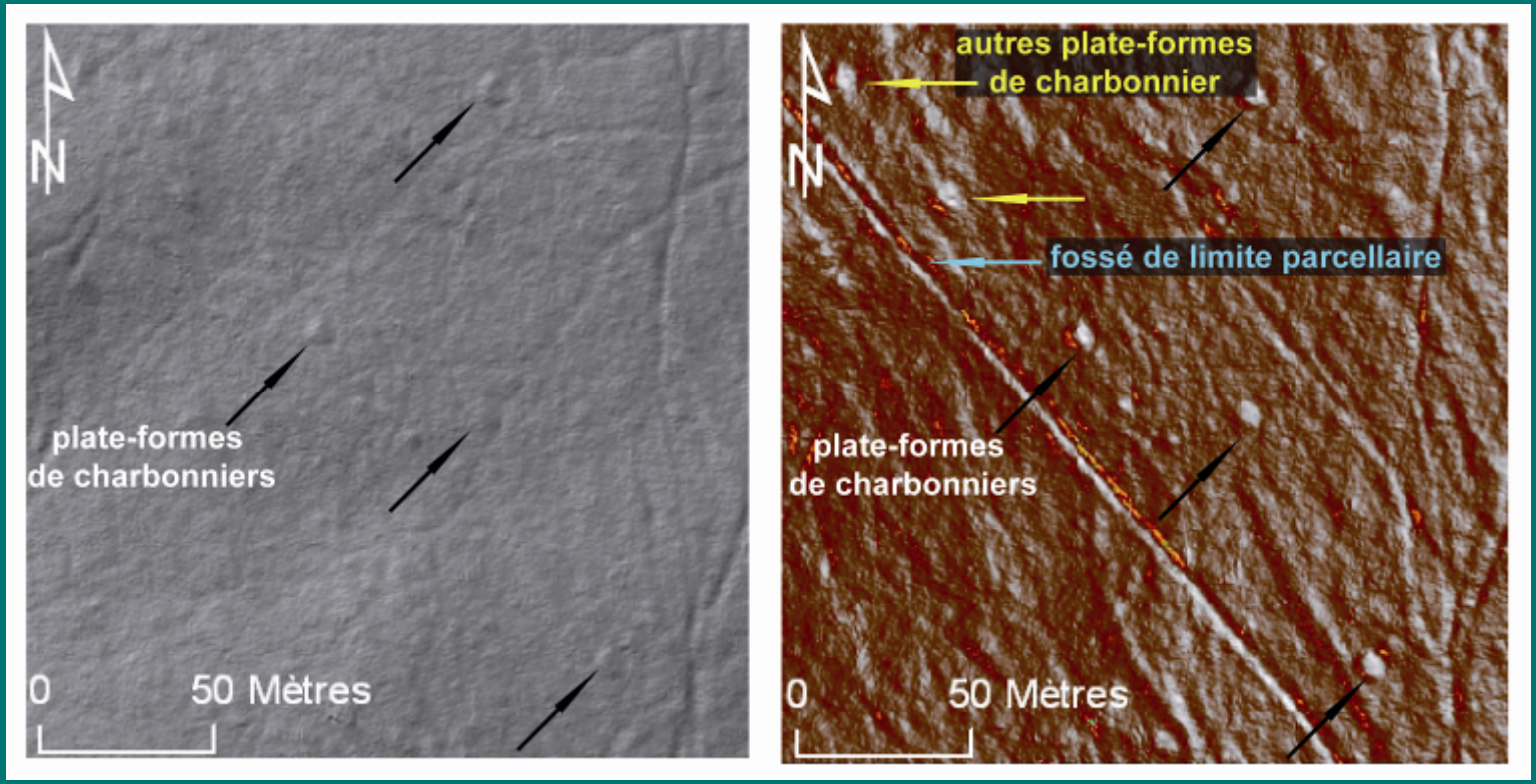
- détermine la portion de ciel visible depuis chaque points (cellules) de l'espace géographique considéré
- L'élévation de l'angle est déterminée pour des directions multiples et dans un rayon d'observation donné $\Omega = S : 2\pi R^2$
- On obtient un résultat avec des valeurs comprises entre 0 (pas de ciel visible) et 1 (en zone plane la totalité d'une demi-sphère)



Les traitements de surface : les pentes



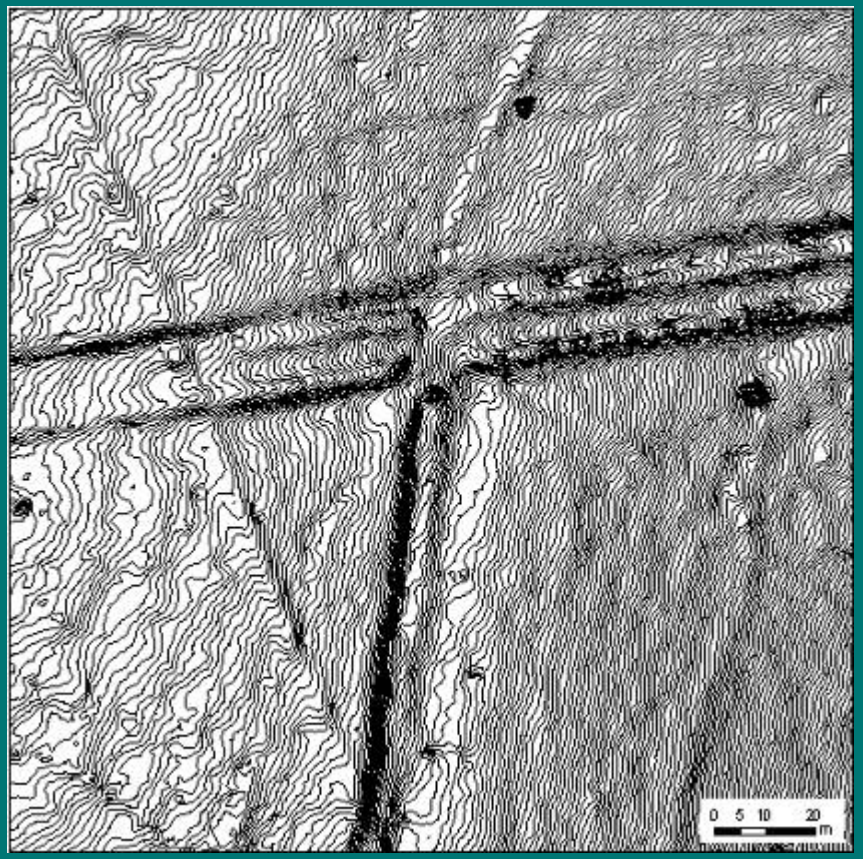
Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy



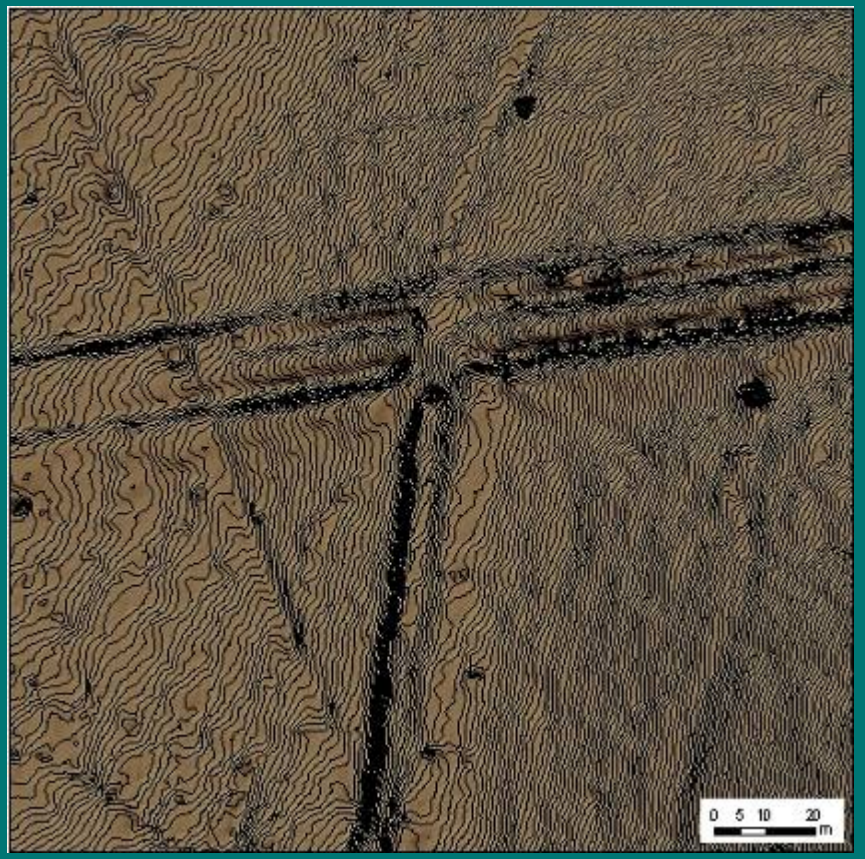
Ombrage simple

Ombrage et pentes

Les traitements de surface : les isolignes

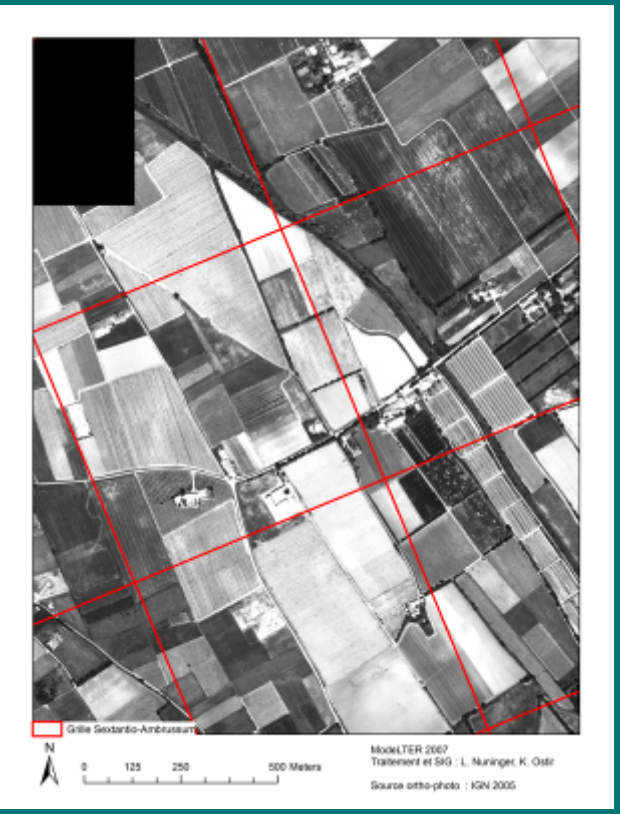


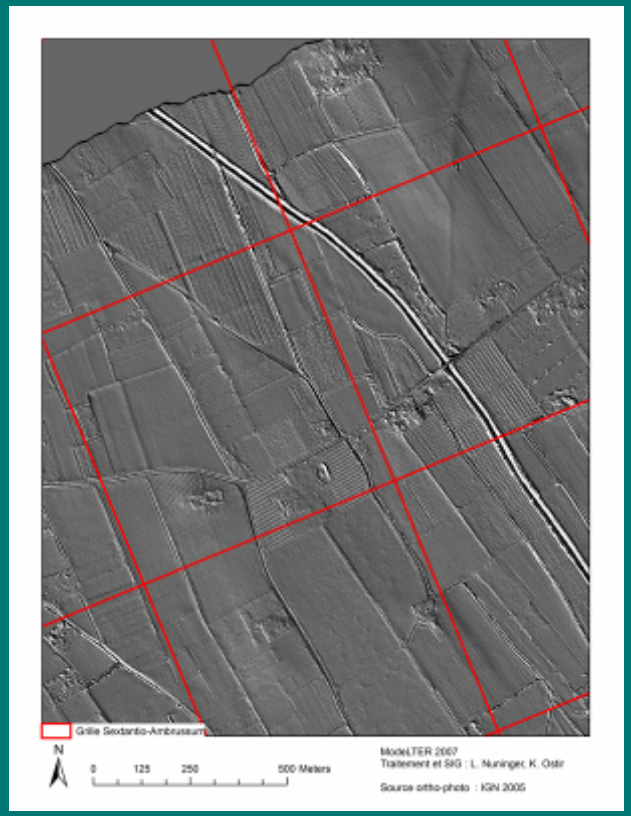
courbes de niveau :
équidistance 5cm

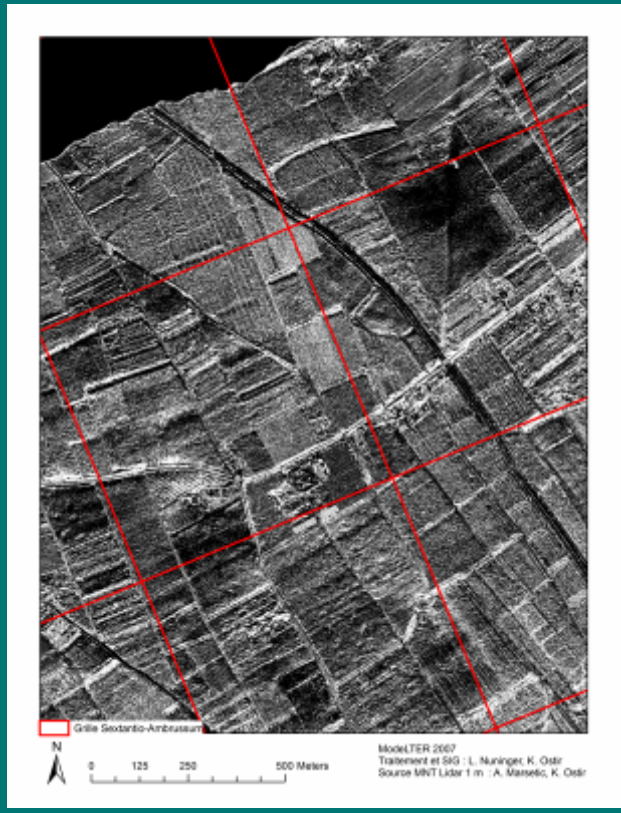


ombrage + courbes
de niveau 5cm

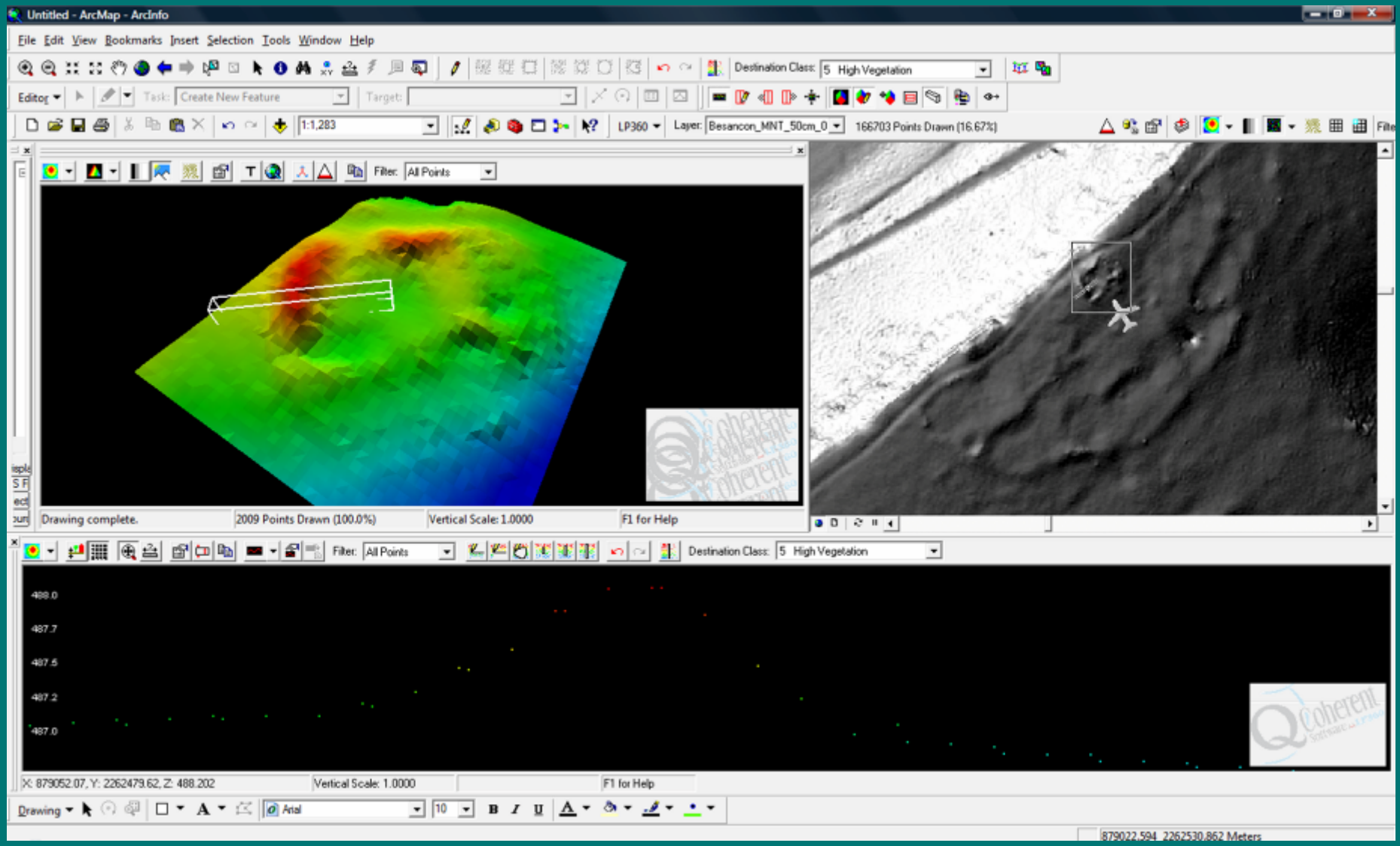
Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy


Grille Sextantio-Ambrussum
N
0 125 250 500 Meters
ModeLTER 2007
Traitement et SIG : L. Nuninger, K. Ostir
Source ortho-photo : IGN 2005


Grille Sextantio-Ambrussum
N
0 125 250 500 Meters
ModeLTER 2007
Traitement et SIG : L. Nuninger, K. Ostir
Source ortho-photo : IGN 2005


Grille Sextantio-Ambrussum
N
0 125 250 500 Meters
ModeLTER 2007
Traitement et SIG : L. Nuninger, K. Ostir
Source MNT Lidar 1 m : A. Marsetic, K. Ostir

Visualisation



La visualisation 3D

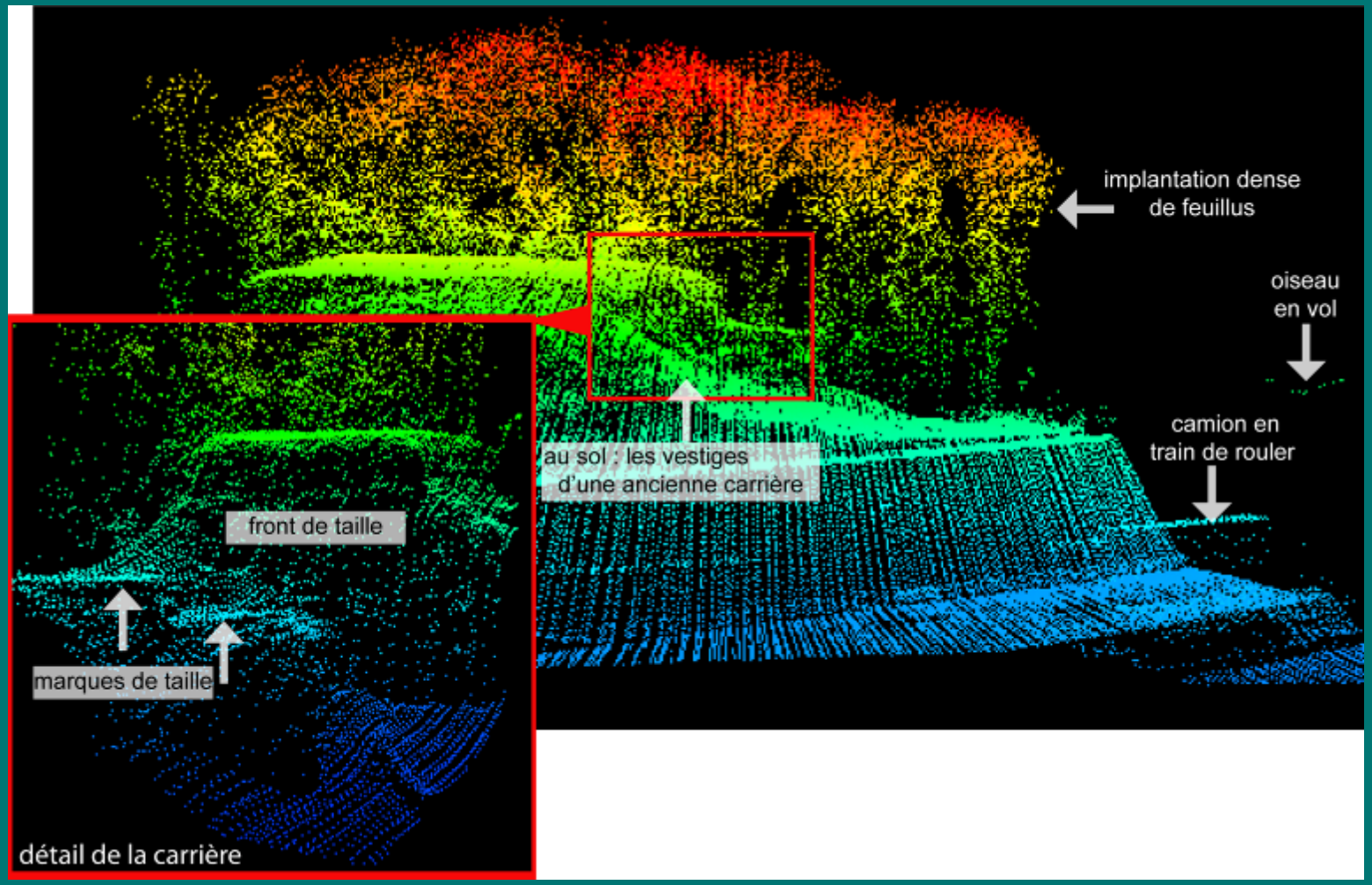






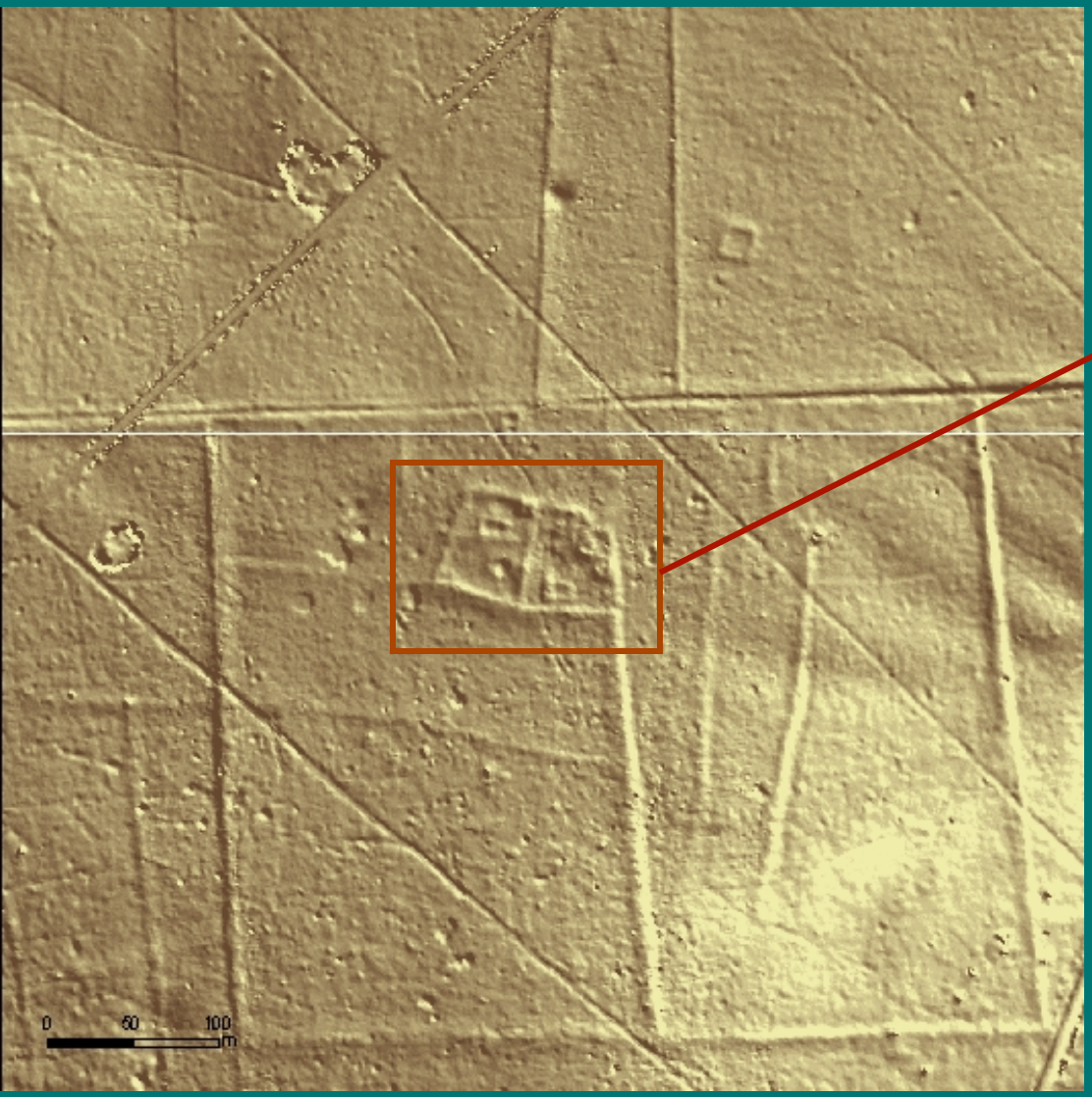


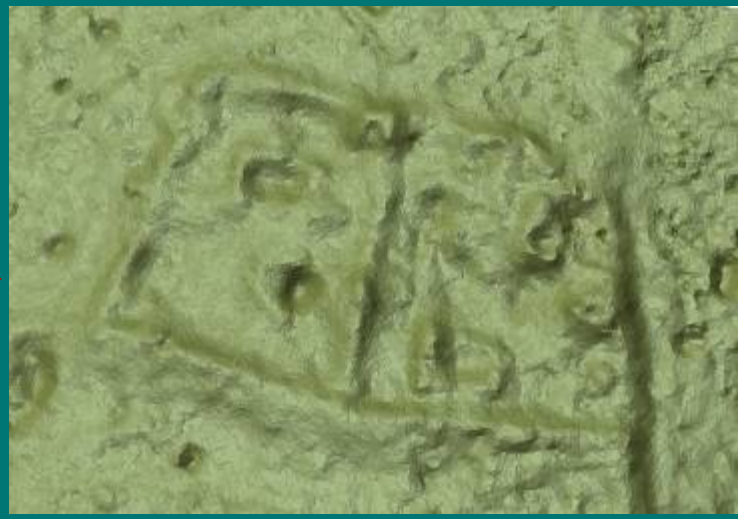
Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF


implantation dense
de feuillus
oiseau
en vol
camion en
train de rouler
au sol : les vestiges
d'une ancienne carrière
front de taille
marques de taille
détail de la carrière

III.3.3 – Interprétation des structures

Une ferme gallo-romaine







Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

IV - Les paramètres d'acquisition : ce qu'il faut savoir

Les paramètres techniques et de vol

Paramètres de vol
Vecteur
Hauteur de vol
Vitesse de vol
Fauchée/largeur de bande
Recouvrement latéral
Distance inter-bande

Paramètres techniques
Fréquence des impulsions laser
Angle de scannage
Fréquence de balayage
Nombre d'échos enregistrés
Intensité
Divergence du faisceau
Fréquence d'acquisition des mesures GPS et INS

Paramètres de précision
Précision altimétrique et planimétrique
Distance moyenne entre les points
Densité des points

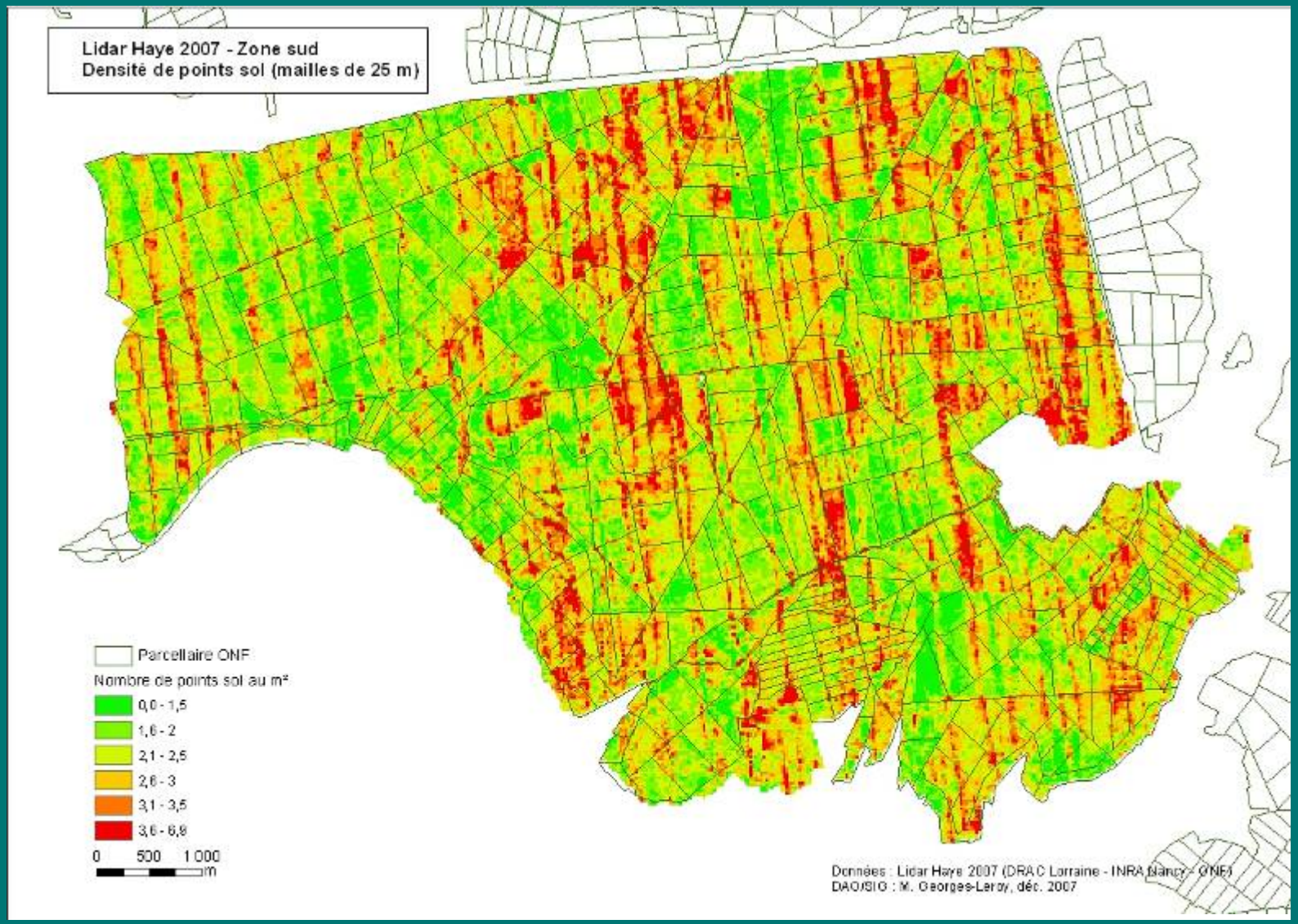
Densité de points

- Techniquement : de 0.25 à 60 pts m2
- La densité est associée au matériel utilisé ou au nombre de passages (bandes de vol)
- Une densité élevée augmente les coûts d'acquisition et de traitement
- Adapter la densité aux besoins



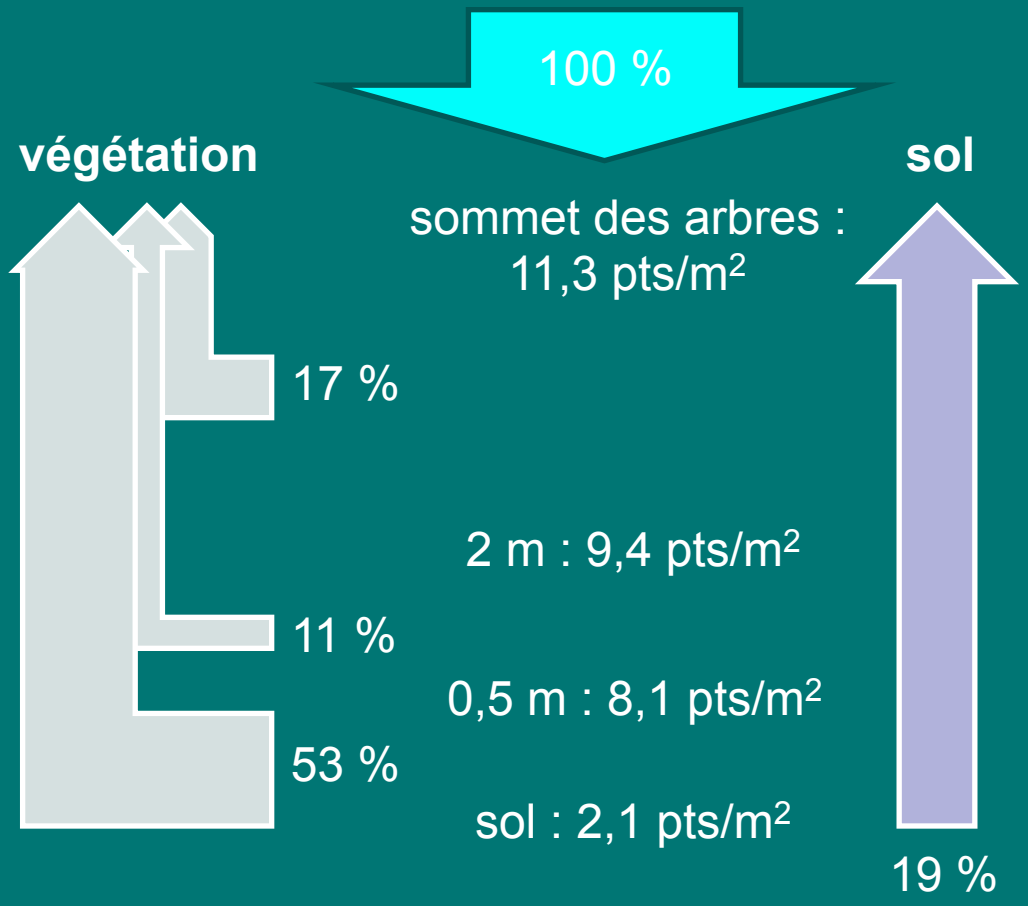
Pas de référence universelle mais quelques repères

Les paramètres techniques et de vol : la densité des points



Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

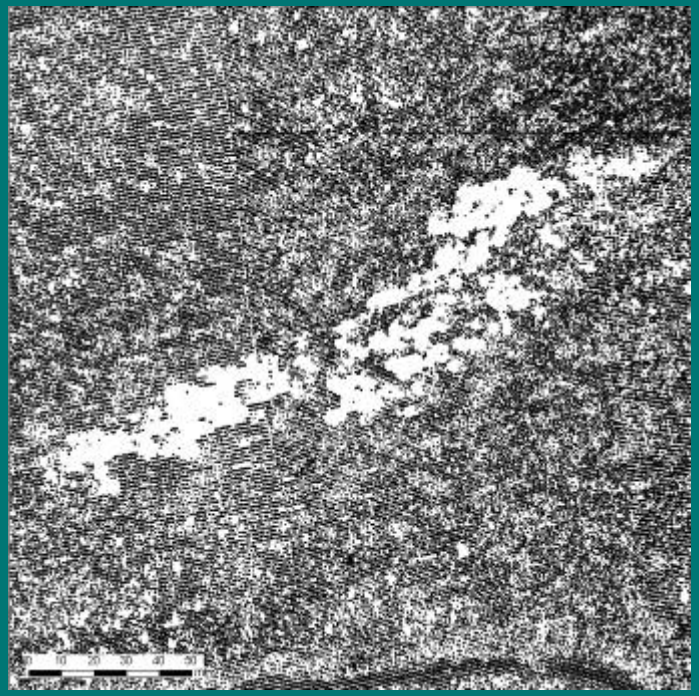
Pénétration du signal laser dans le peuplement



Forêt de Haye 2007, vol hors végétation, altitude 700 m, angle 2x17°, tous passages, peuplements de plus de 4 m de hauteur (hauteur moyenne 18 m), 105 km²

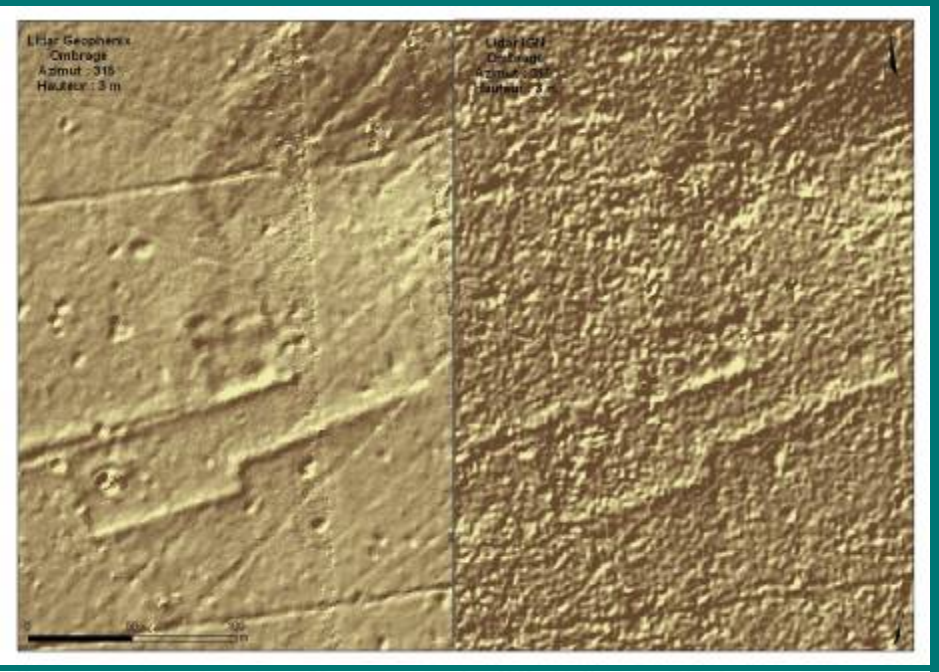
Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, J.-L. Dupouey

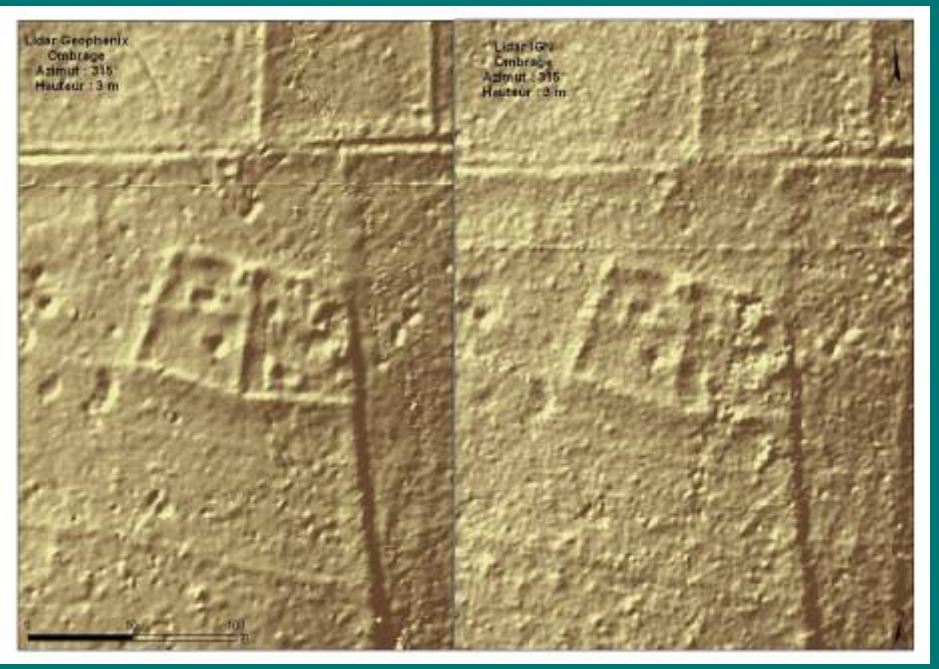
Les paramètres techniques et de vol : la densité des points





Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy





Comparaison :

1. Vol mars 2007 (DRAC Lorraine – INRA Nancy – ONF)
Altitude de vol : 700 m
Densité brute : 11,3 pts/m²
Densité de points sol : 2,2 pts/m²

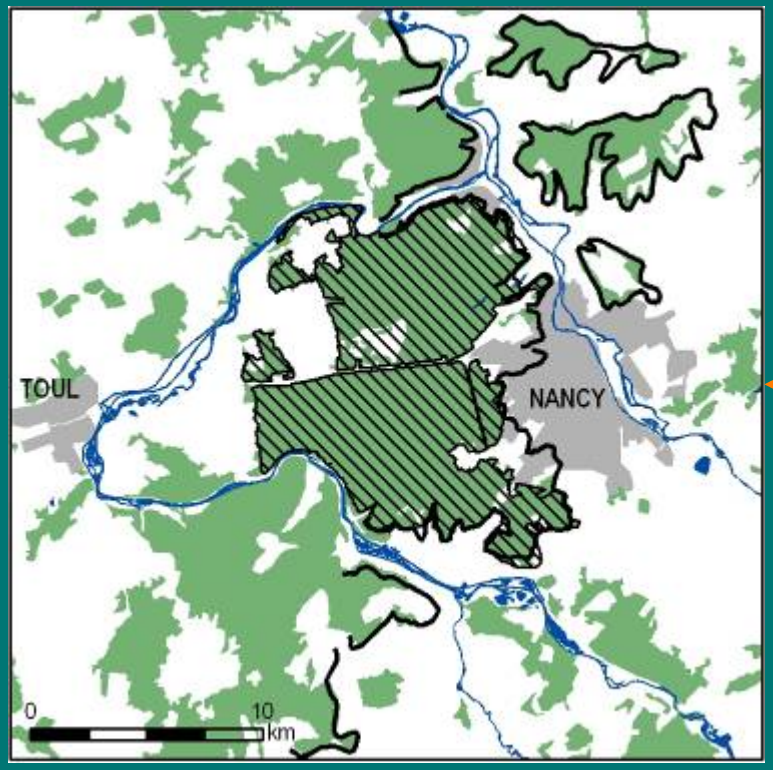
2. Vol mars 2009 (IGN)
Altitude de vol : 1200 m
Densité brute : 5,5 pts/m²
Densité de points sol : 1,45 pts/m²

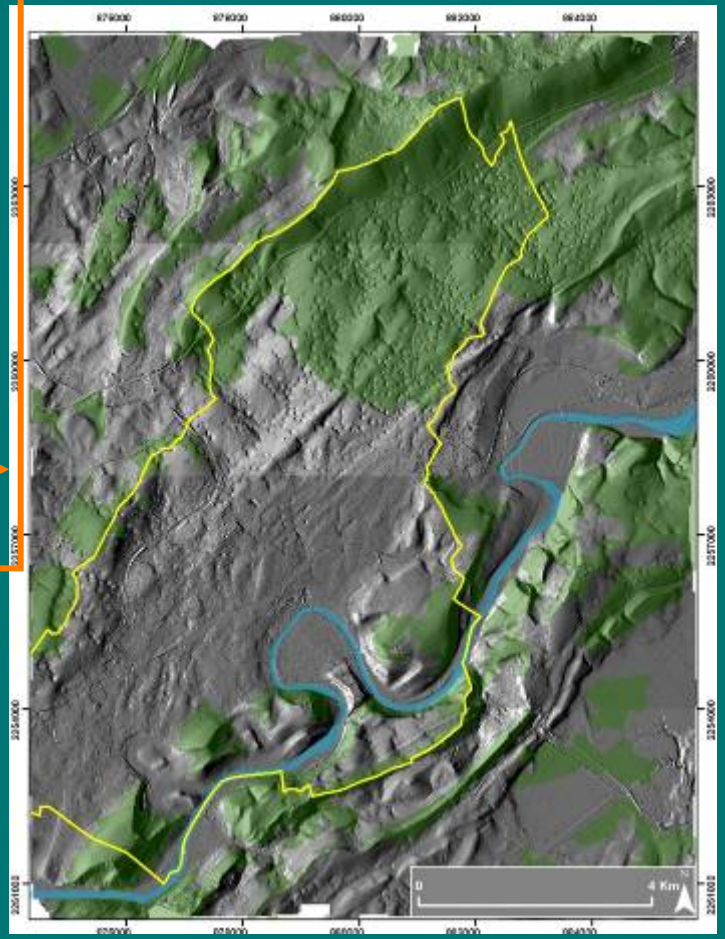
Lidar Haye 2007 et IGN 2009, traitement Pierre Machut

	Haye	Besançon
Date acquisition	mars 2007	mars-avril 2009
Surface	116 km^2	140 km^2
(dont forêt)	112 km^2	40 km^2
Nombre d'échos mesurés	4	4
Hauteur vol	700 m	500-750 m
Angle de scan	34°	60°
Densité de points émise	11,3 pts/m2	8-11 pts/m2
Résolution MNT	50 cm	50 cm



Massif forestier de Haye





Besançon Forêt de Chailluz

Quelques exemples de programmes

Région	*Organisme/Programme*	*Contact archéo*	*Surface en km2*	*Résolution points / m2*	*Opérateur*	*Date*	*Milieu*	*Objectifs*
Bourgogne (Mont Beuvray)	Bibracte	V. Guichard	20	12	Toposys	Avril 2007	Forestier	Oppidum et son environnement
Bourgogne (Saint-Martin-du-Mont)	DRAC Bourgogne, Université Lille, ENESAD	P. Beck, J.-L. Maigrot, F. Faucher, J.-M. Brayer	4	5	G2B	Décembre 2006	Forestier	Hameau médiéval déserté
Limousin (Tintignac)	Programme *Leader* + , UE	V. Guichard, P. Nouvel	20	12	Toposys	Avril 2007	Forestier	Sanctuaire et son environnement
Alsace (Oppidum du fossé des Pandours, Ste marie aux Mines)	Pôle d'Archéologie Interdépartemental Rhénan (PAIR)	L. Koupaliantz	90	7	Guelle et Fuchs	Avril 2007	Forestier et ouvert	Sites archéologiques connus et leur environnement
Bretagne (Paule- Côtes d'Armor)	DRAC Bretagne	Y. Menez, T. Lohro	10	5	G2B	Mars 2007	ouvert	oppidum
Languedoc (Plaine de Mauguio)	CNRS / ZRC SAZU – UMR 6565 / LEA ModeLTER	L. Nuninger, K. Ostir	40	6	Heliogs	Décembre 2006	ouvert	Plaine littorale : paléotopographie, paysage
Loire moyenne	DIREN centre	J. Burnouf, C. Castanet	1800	0.25	Terralmaging	2002 / 2003	ouvert	Plaine alluviale : dynamiques fluviales holocènes

Plan de la présentation
2ème partie – En pratique

I. Le cahier des charges et l'appel d'offre
II. Le suivi de l'acquisition, le contrôle des données et leur pré-traitement pour la réalisation des MNT
III. Un exemple de projet
IV. L'exploitation des données : traitement, interprétation et analyses des données détectées avec les données archéologiques

I – Le cahier des charges et l'appel d'offre

I.1 – Ce qu'il faut prévoir dans l'AO

- *Dossier d'appel d'offre*
- *Annexe A : Cahier des clauses techniques*
- *Annexe B : Annexe pour les fichiers RASTER au format ASCII*
- *Annexe C : Définition géographique des secteurs d'études (archive zip comprenant un fichier pdf et les fichiers techniques au format shp et kmz)*

I.1 – Ce qu'il faut prévoir dans l'AO

- *Dossier d'appel d'offre :*
  - ***Quantité à fournir :*** *Quantité globale : 221 km2*
  - ***Durée ou délai d'exécution :*** *8 mois à compter de la notification du marché avec un vol programmé entre février et avril 2009 pour l'acquisition des données.*
  - ***Garantie :***
    - *En cas de données manquantes : nouvelle acquisition par le fournisseur de données sans frais pour la MSHE C.N. Ledoux .*
    - *Densité de points : si la densité de points minimum offerte n'est pas atteinte pour le nuage de point, une nouvelle acquisition devra être réalisée par le fournisseur de données sans frais pour la MSHE C.N. Ledoux*

I.1 – Ce qu'il faut prévoir dans l'AO

- *Dossier d'appel d'offre :*
  - **C. Procédure**
    - ***1 - Critères d'attribution :***
    - *1° 60 % Prix de la prestation*
    - *2° 40 % Qualité de la prestation (**Acquisition des données Lidar :** nb points par m2, nb d'échos (retours), précision altimétrique (verticale), précision horizontale ; **Acquisition et traitement de l'orthophotographie infrarouge couleur numérique :** Résolution - distance d'échantillonnage au sol (0,1 m), corrections géométriques (précision horizontale meilleure que 0,5 m)*

I.1 – Ce qu'il faut prévoir dans l'AO

- *Dossier d'appel d'offre :*
  - ***7 - Documents à retourner par le candidat :***
    - *le présent dossier (pages 1 à 7) et les 3 documents annexes datés et signés (sauf fichiers techniques au format shp et kmz),*
    - *L'offre sous forme de devis détaillé ou de bordereau de prix,*
    - *Une présentation de l'entreprise et de ses références*
    - *Un dossier technique précisant le mode d'organisation de la mission d'acquisition et de prétraitement, le matériel utilisé, les paramètres d'acquisition (vol, appareillage…), le protocole de traitement des données, la résolution/précision finale et le format de toutes les données livrées ainsi que le support utilisé pour la livraison (cf ; tableau des spécifications techniques en annexe).*
    - *Un dossier précisant les droits d'utilisation et les garanties*
    - *Un planning de réalisation des tâches et des réunions d'harmonisation*
    - *Un avant-projet de plan de vol*

I.1 – Ce qu'il faut prévoir dans l'AO

- *Dossier d'appel d'offre :*
  - ***2 – Paiement :***
    - *30% à la commande*
    - *40% à la livraison*
    - *30% après vérification des données (délai maximum 3 mois)*
  - **5 – Délai d'exécution :** *9 mois à compter de la notification du marché avec un vol programmé entre février et avril 2009 pour l'acquisition des données*.

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

- **A- Spécifications générales**

- ***1- Secteurs d'étude***
- *- Secteur Mandeure-Mathay : 81 Km² (cf annexe C)*
- *- Secteur Besançon : 91 Km² (variante selon annexe C : zone étendue)*

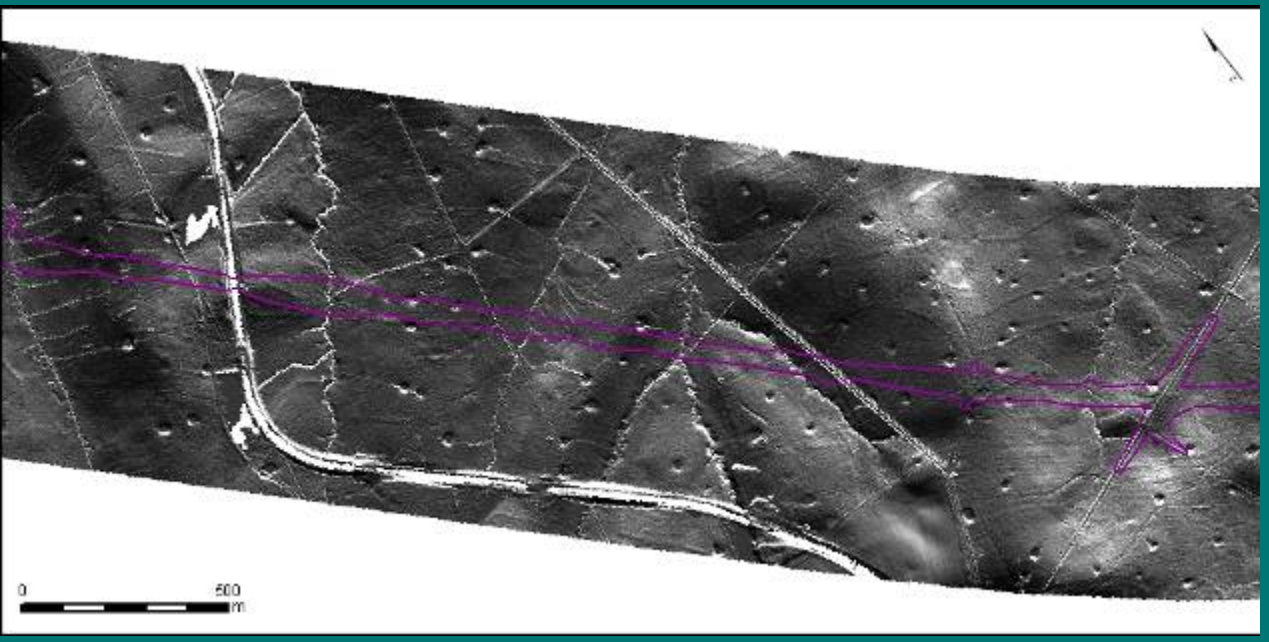
- ***2- Fenêtre temporelle***
- - Période durant laquelle l'acquisition doit avoir lieu : février - avril 2009 (plus ou moins 15 jours en fonction des conditions météorologiques et du stade phénologiques recquis cf. ci-dessous)
- - Conditions restrictives d'acquisition pour la période définie ci-dessus : 1- il ne doit pas y avoir de neige sur le secteur d'acquisition, 2- le stade phénologique de la végétation devra permettre de différencier les échos sur la végétation et sur le sol

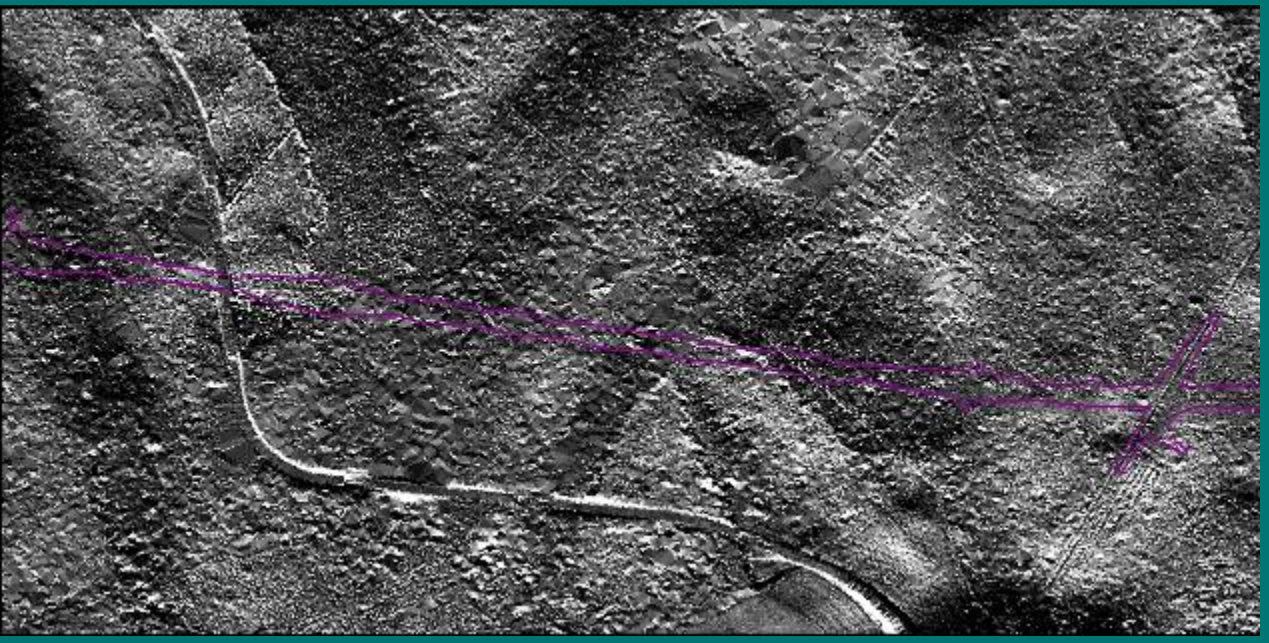
- ***3- Organisation***
- - Coût du travail de terrain, de la mobilisation des équipements, de l'aéronef et de l'équipe de travail seront inclus dans l'offre : avion ou hélicoptère, autorisation de vol, récepteurs GPS au sol, équipement de l'avion (scanner laser, camera numérique, récepteur GPS mobile et unité de mesure inertielle), frais de transport et de séjour de l'équipe d'acquisition
- - Préparation et proposition de plan de vol : consultation du responsable de projet pour validation
- - Calibration des équipements : réalisée par le fournisseur

Les conditions de vol

Conditions météorologiques correctes :
- pas de nuages bas
- pas de vent fort
- pas de couverture neigeuse
- pas de débordement de cours d'eau ou de remontée de nappe

Vol de nuit ou par temps sombre possible





Comparaison :

1. Vol mars 2008 (RFF)
Densité brute : 8 pts/ m²

2. Vol fin mai 2009 (IGN)
Densité brute : 5,4 pts/m²

Lidar IGN 2009, Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

- **B- Acquisition des données Lidar**
  - 1- ***Nombre points par m2*** : 8 avec un minimum de 2 échos au sol dans les zones forestières
  - 2- ***Nombre d'échos (retours)*** : 2 (premier et dernier)
  - 3- ***Précision altimétrique (verticale)*** : 0,2 m
  - 4- ***Précision horizontale*** : 0,5 m

- **C- Prétraitement des données Lidar**
  - 1- ***Nuage de points Lidar sans classification*** : corrections entre les bandes de survol, suppression des erreurs systématiques et des valeurs aberrantes. Reprojection des points dans le système de coordonnées national français (selon paramètres fournis ultérieurement par la MSHE)
  - 2- ***Génération du MNT (niveau sol)*** : résolution spatial 0,5 m et précision verticale 0,2 m

- **D- Acquisition et traitement de l'orthophotographie infrarouge couleur numérique**
  - 1- ***Résolution (distance d'échantillonnnage au sol)*** : *0,2m*
  - 2- ***nombre de bandes*** : *4 (proche infra-rouge, Rouge, Vert, Bleu)*
  - 3- ***corrections géométriques*** : orthorectification et mosaïque, précision horizontale 0,5 m (erreur rms)
  - 4- ***corrections radiométriques*** : correction des erreurs systématiques et balance radiométrique

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

- **F- Livraison des données Lidar**
  - 1- ***Fichiers ASCII contenant les données points brutes sans classification*** : Les fichiers ASCII doivent contenir pour chaque écho (point du nuage) les données suivantes en colonnes séparées : 1- Temps GPS, 2- X, 3- Y, 4- Z, 5- Intensité, 6- Numéro d'ordre de l'écho, 7- Nombre d'échos
  - 2- ***Système de référence pour les fichiers de données points brutes*** : selon paramètres fournis ultérieurement par la MSHE (Annexe C)
  - 3- ***Structure en dalles pour les fichiers de données points brutes*** : dalle carrée couvrant 500 x 500 m si la taille maximale d'une dalle n'excède pas environ 300 Mo. La couverture spatiale des tuiles doit être équivalente pour les données points Lidar et les orthophotographies infrarouge couleur
  - 4- ***Métadonnées*** : devront inclure : nom du propriétaire "MSHE C.N. Ledoux", système de référence, date d'acquisition, unités, précision (horizontale, verticale)
  - 5- ***Tableau d'assemblage des dalles de données points brutes*** : fichier de forme (format shp)
  - 6- ***Rapport technique précisant les paramètres d'acquisition*** : Format pdf. Date d'acquisition, conditions météorologiques, caractéristiques du vol (altitude, bandes de vol réelles), paramètres de positionnement (PDOP GPS, nombre de satellites, précision relative et absolue du positionnement des points (par exemple valeur moyenne sur les points de contrôle sol).
  - 7- ***Dénomination des fichiers*** : à définir avec la MSHE C.N. Ledoux

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

- **G- Livraison du MNT**
  - 1- ***Fichiers ASCII raster*** : unité en mètre (réel), format de fichier (cf annexe B)
  - 2- ***Structure en dalles pour les fichiers MNT*** : chaque dalle du MNT doit représenter 4 dalles de données points Lidar (1000 x 1000 m).
  - 3- ***Système de référence pour le MNT*** : système de coordonnées national français (selon paramètres fournis ultérieurement par la MSHE)
  - 4- ***Métadonnées*** : devront inclure : nom du propriétaire "MSHE C.N. Ledoux", système de référence, date d'acquisition des données sources, type des données sources, unités, précision (horizontale, verticale)
  - 5- ***Tableau d'assemblage des dalles du MNT*** : fichier de forme (format shp)
  - 6- ***Rapport technique décrivant la production du MNT*** : Format pdf. Il devra spécifier qu'elles sont les entités inclues et exclues dans MNT
  - 7- ***Dénomination des fichiers*** : à définir avec la MSHE C.N. Ledoux

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

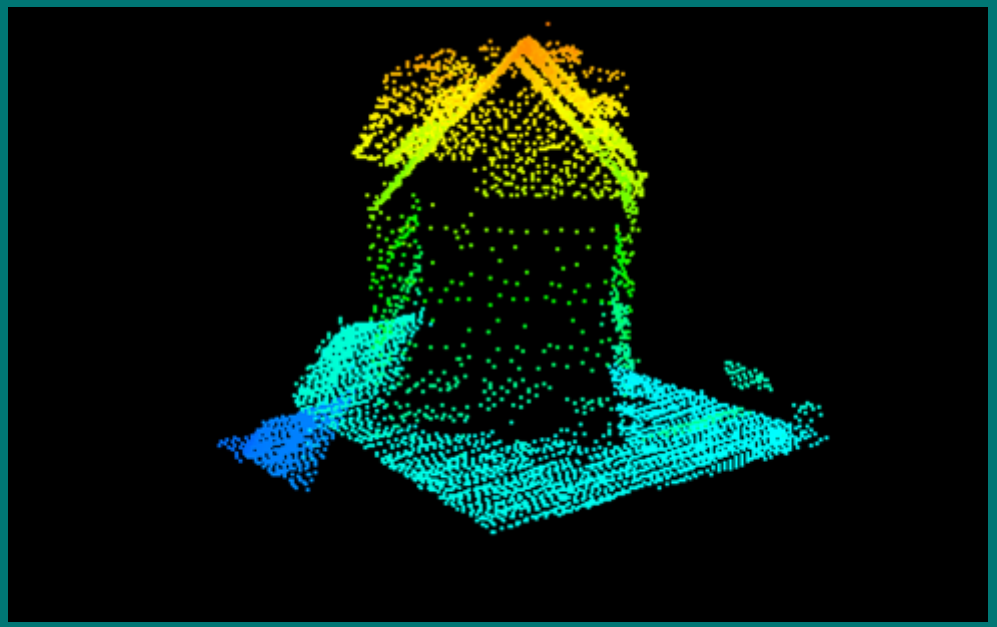
- Projections et système altimétrique : mettre une annexe avec les références exacte de la projection (paramètres) et mettre des fichiers shp ou kmz avec l'emprise de la zone étudiées, plus une image tiff avec l'emprise sur un fond topographique ou orthophotographique (*annexe C*)

- Formats de fichiers pour la livraison : mettre annexe une annexe avec les indications précises (*annexe B*):

Le format de fichier est le suivant:
<NCOLS xxx>
<NROWS xxx>
<XLLCENTER xxx | XLLCORNER xxx>
<YLLCENTER xxx | YLLCORNER xxx>
<CELLSIZE xxx>
{NODATA_VALUE xxx}
row 1
row 2
.
row n

Avec un exemple concrêt

- LAS: ASPRS industry standard, binary, up to 80% reduction in file size from ASCII, header enables spatial indexing, 50% faster file reading.



I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

- **E- Opération de terrain**
  - 1- ***Acquisition des points/surfaces de contrôles*** : *relevé des points/surfaces de contrôle sur la périphérie et à l'intérieur de chaque secteur d'acquisition avec une précision altimétrique et planimétrique plus forte que celle des données Lidar*

- **J- Réunions**
  - 1- ***Avant l'acquisition*** : à Besançon, planning pour la campagne d'acquisition
  - 2- ***Avant les traitements*** : à Besançon ou dans les bureaux du fournisseur de données : succès de l'acquisition, planning des traitements et des livraisons
  - 3- ***Maximum 3 mois après la livraison*** : à Besançon : vérification des données

- **K- Exigences minimales**

  Tableau récapitulatif des exigences minimales et des variantes possibles : Superficie, densité de point, résolution MNT….

I.2 – Ce qu'il faut prévoir dans le Cahier des charges (cahier clauses techniques)

Points importants (récapitulatif) :

- Bien définir les priorités thématiques et les besoins : paramètrage d'acquisition et production de données
- Bien préciser les délais, les attendus et les exigences minimales
- Bien préciser format et mode de livraison des données
- Bien préciser les garanties, propriétaire des données et surtout demander les données brutes
- Bien préciser les critères de sélection et faire attention au rapport qualité / prix (dumping)

Volume de données

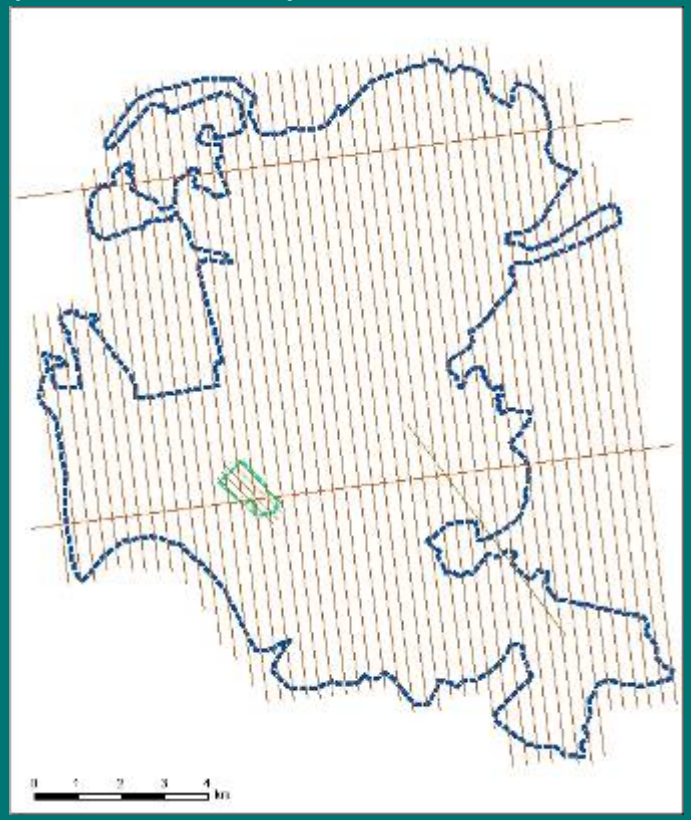
- Calcul du volume sur l'exemple Lieppec
  - Données livrées : 85 Go (221 km^2)
  - Données Lidar brutes uniquement format LAS : 60 Go (140 km^2)
  - Données traitées : plus de 300 Go (221 km^2)
- Question du full wave form
  - Plus de données
  - Plus de temps de traitement

II – Le suivi de l'acquisition, le contrôle des données et leur pré-traitement pour la réalisation des MNT

Les pré-traitements du fournisseur à suivre :

-Problème de l'ajustement des bandes

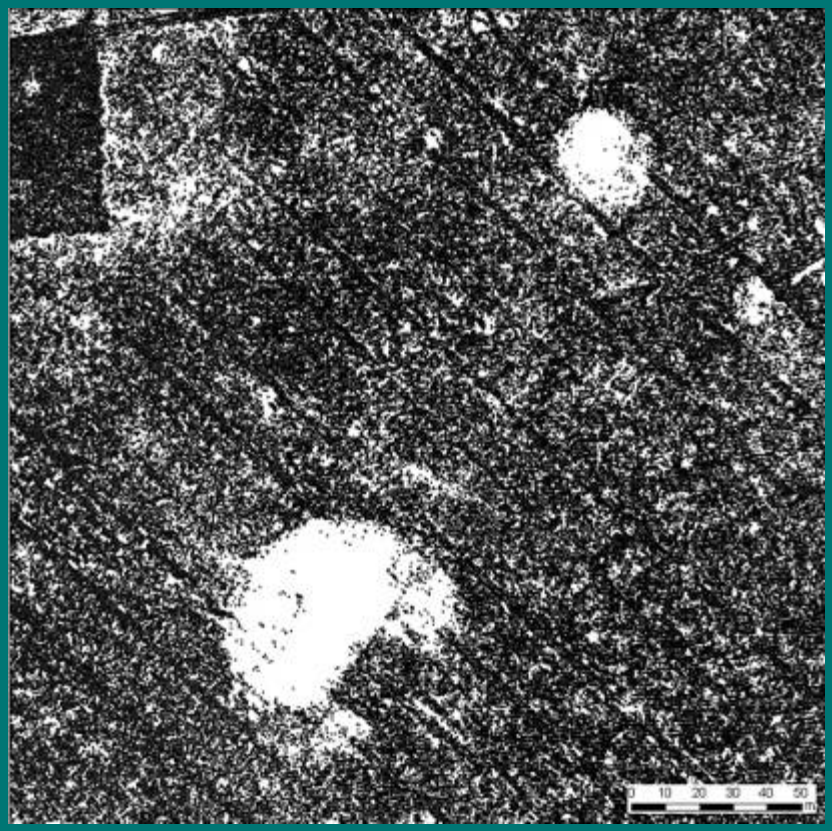
plan de vol Haye

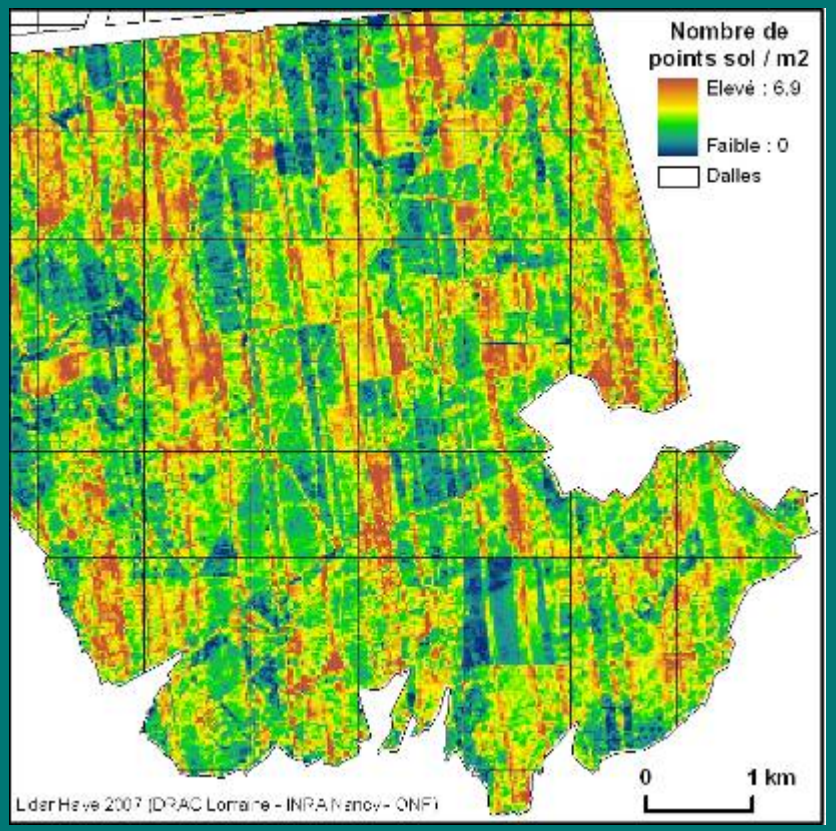


Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

- Contrôle météo et réactivité pour pousser ou autoriser le vol
- Contrôle au sol des données – précision altimétrique – campagne de terrain avec un GPS
- Contrôle de densité de points
- Contrôle des anomalies – lancer des traitements exploratoires

Le suivi des traitements du fournisseur : la classification





Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

Bilan & calendrier de l'acquisition

Avec le financement, compter environ 1 an pour la réalisation du projet d'acquisition jusqu'à l'obtention finale des données brutes et MNT (sans analyse archéologique) : appel d'offre, acquisition, contrôle des données.

Sans financement, compter 2 ans minimum pour mettre un projet d'acquisition en place jusqu'à l'obtention finale des données brutes et MNT (sans analyse archéologique)

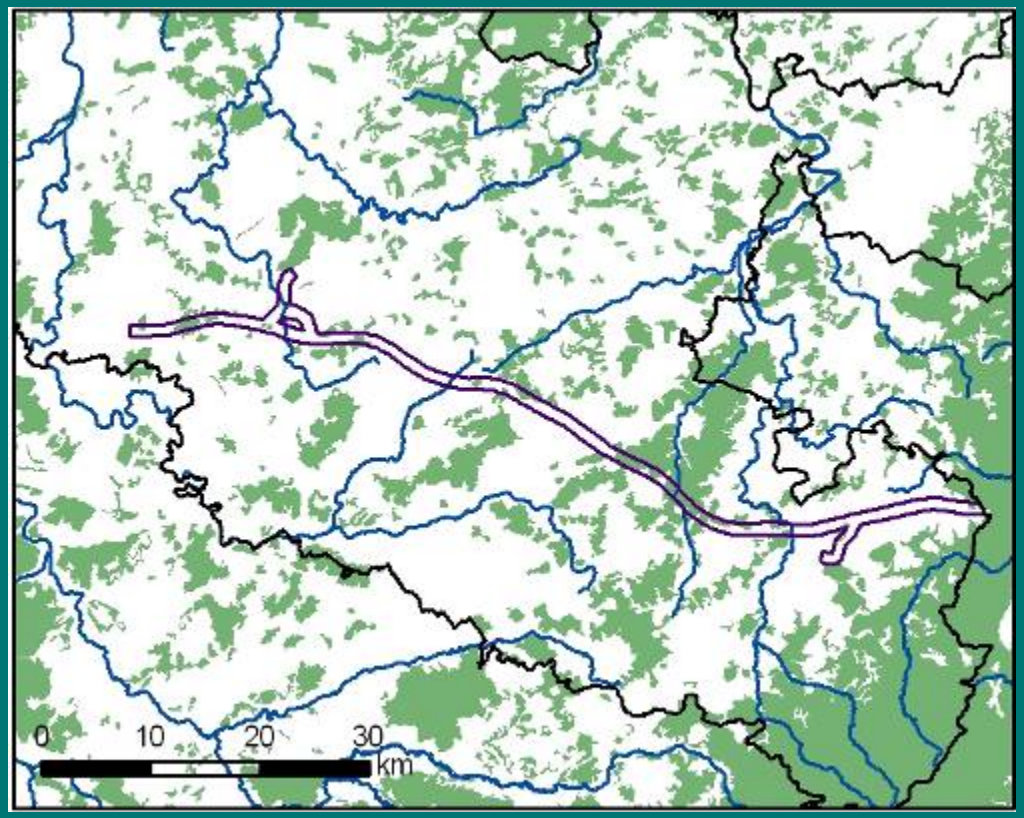
III – Un exemple de projet

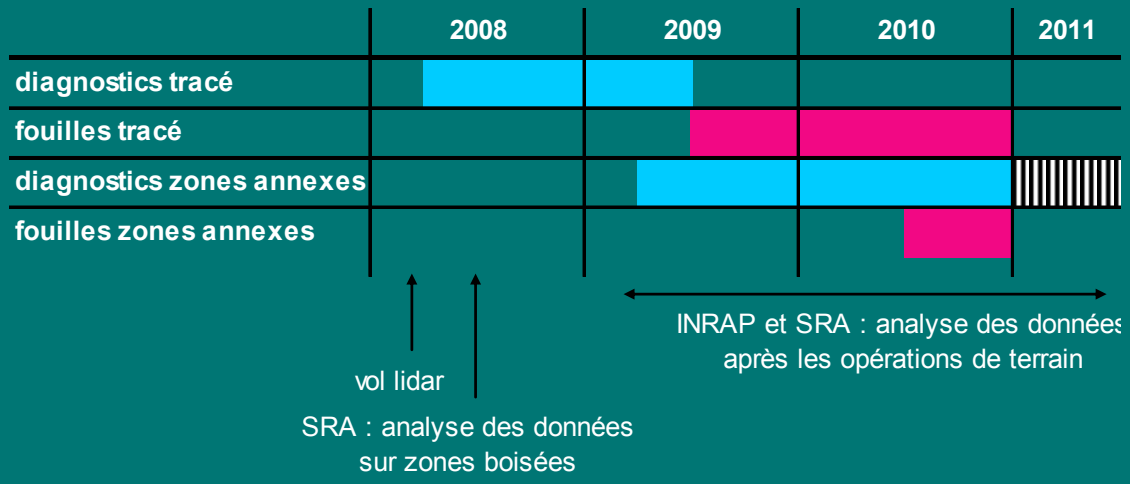
Un exemple d'utilisation du lidar en archéologie préventive : le cas de la ligne LGV Est





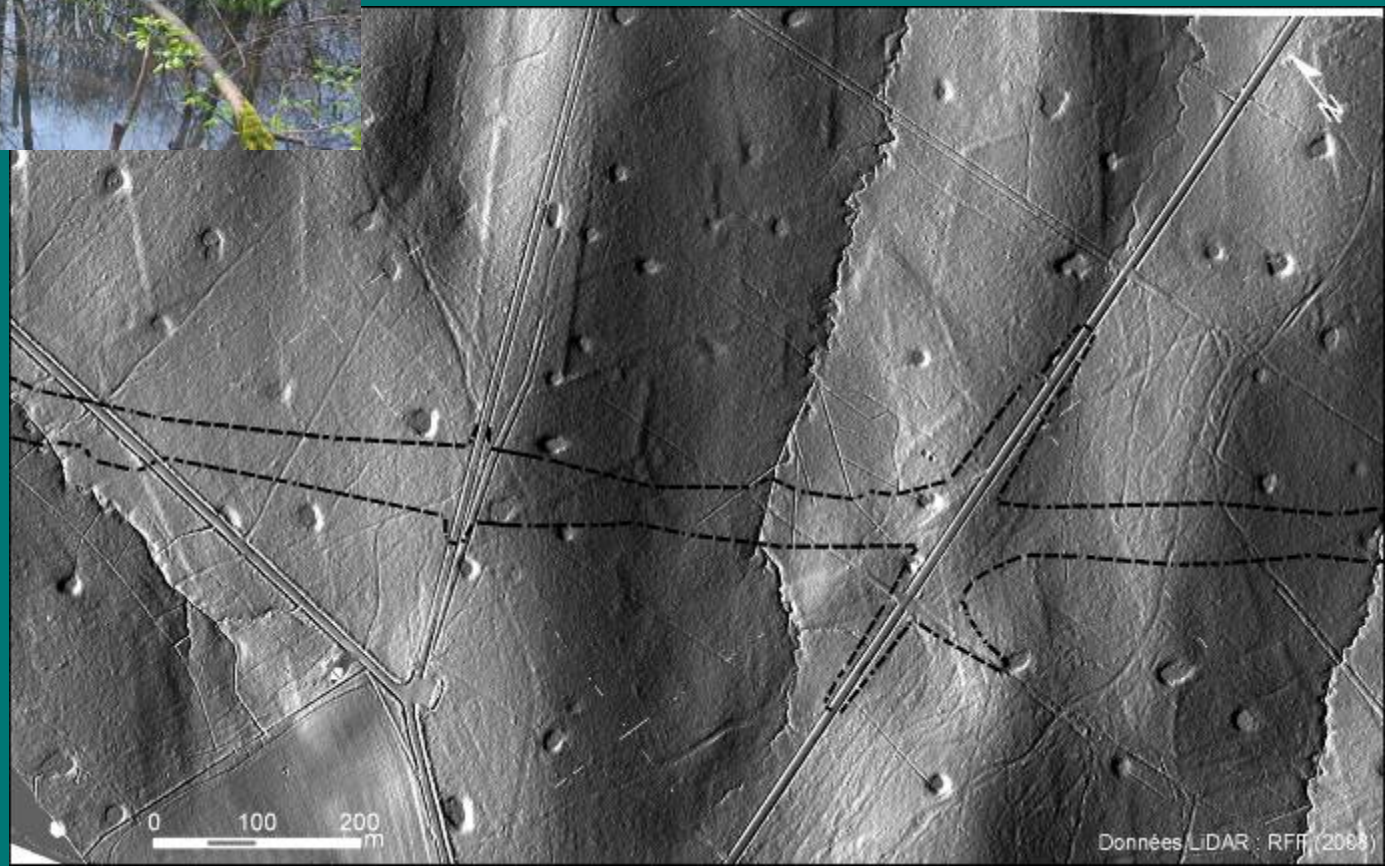
	LGV Est (partie lorraine)
Date d'acquisition	mars 2008
Surface	102 km^2
Longueur	73 km
Nombre d'échos mesurés	2
Densité de points émise	8 pts/m^2
Résolution du MNT	25 cm


0
10
20
30
km

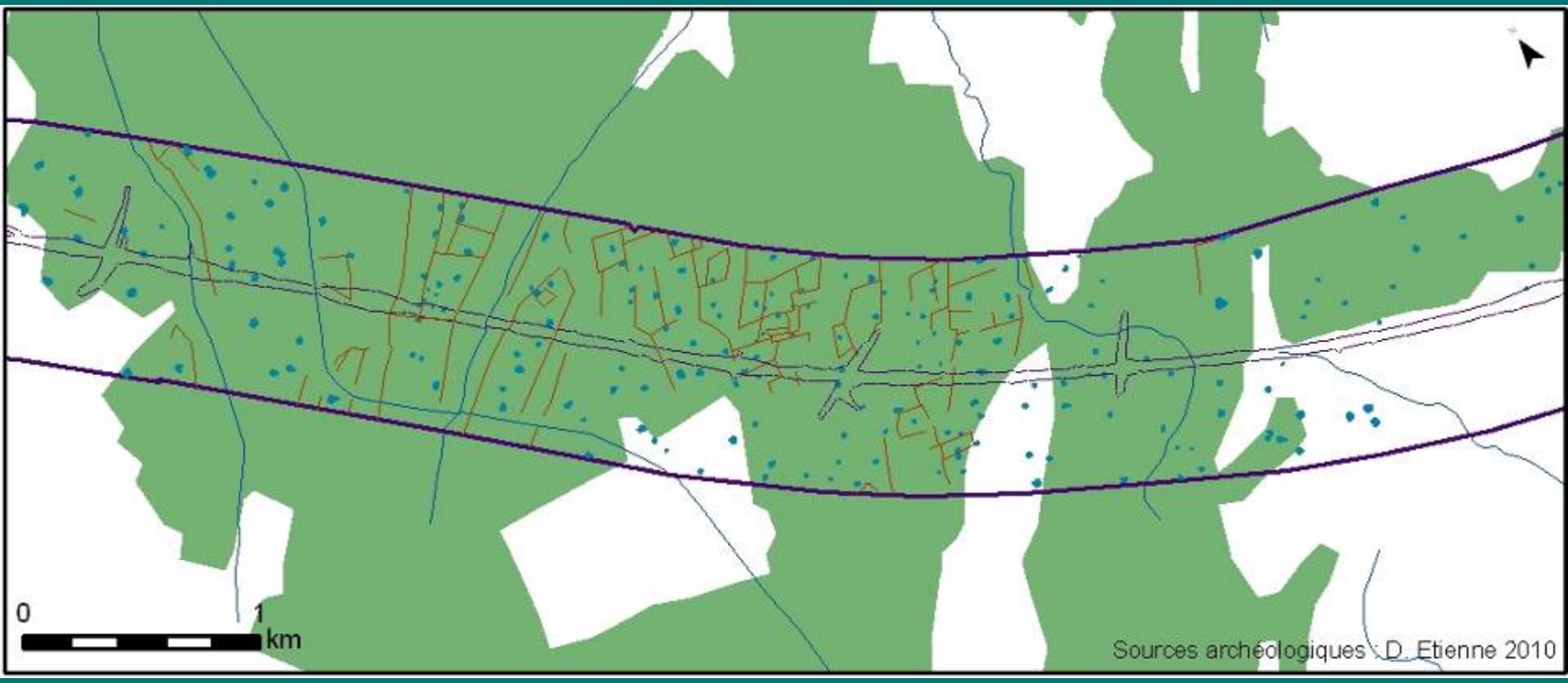

2008
2009
2010
2011
diagnostics tracé
fouilles tracé
diagnostics zones annexes
fouilles zones annexes
INRAP et SRA : analyse des données
après les opérations de terrain
vol lidar
SRA : analyse des données
sur zones boisées

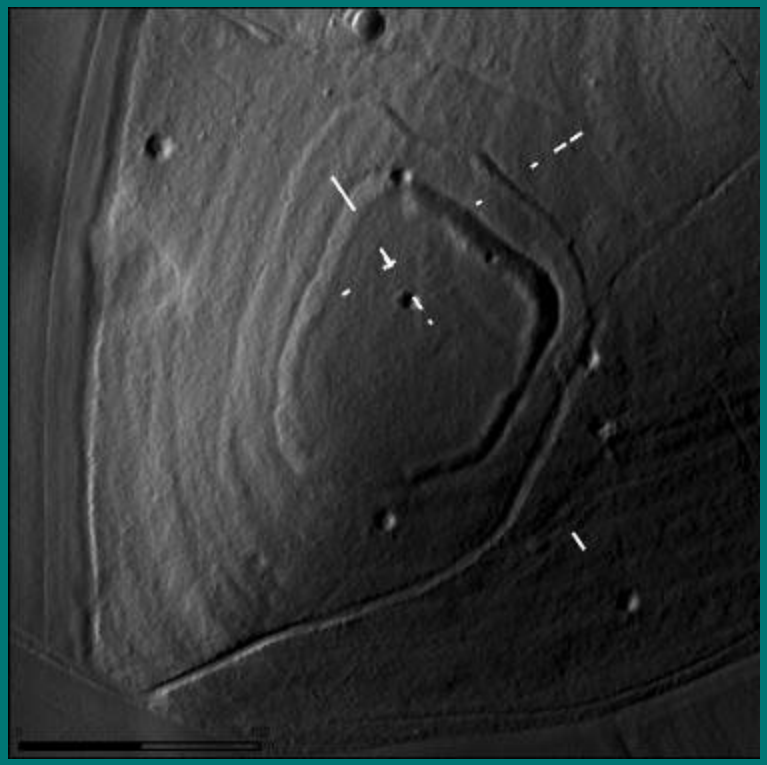


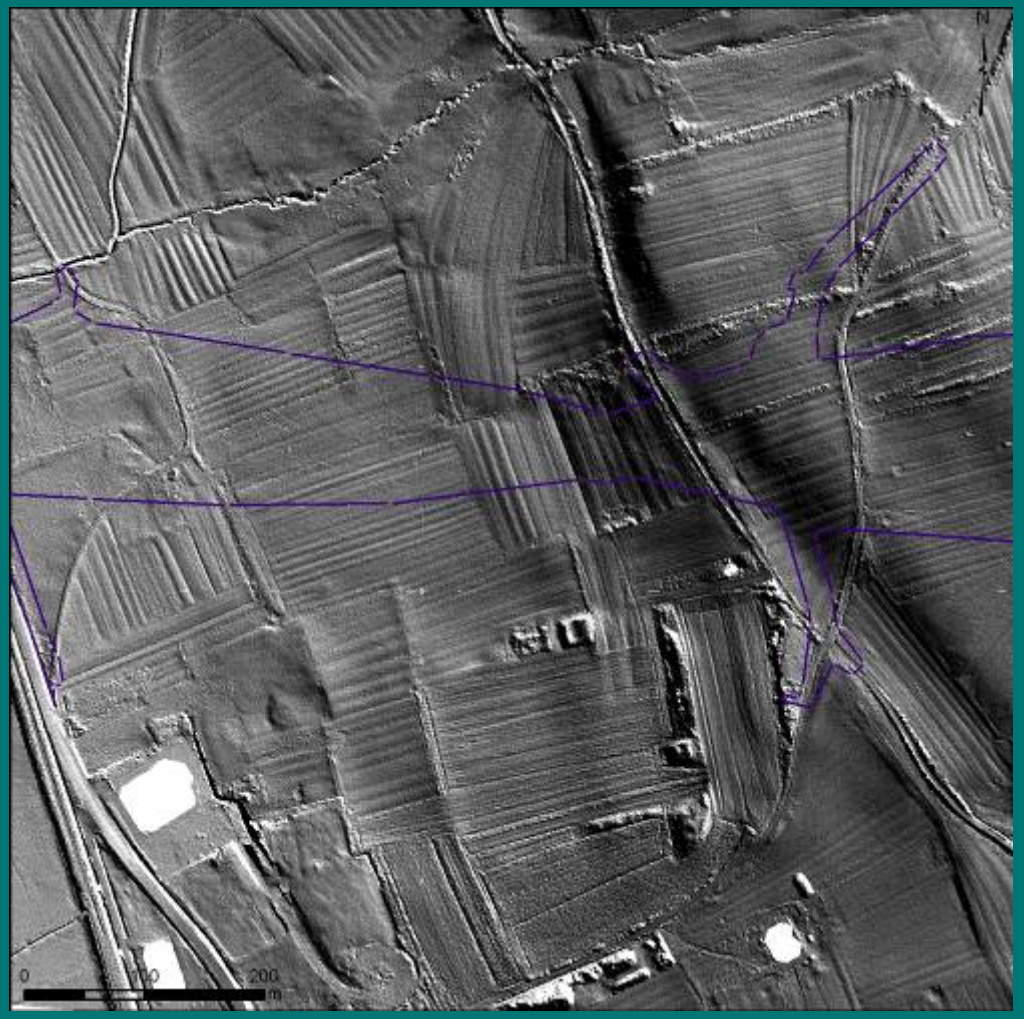
Cliché D. Etienne



RFF 2008 ,
traitement M. Georges-Leroy


0
1
km
Sources archéologiques : D. Etienne 2010



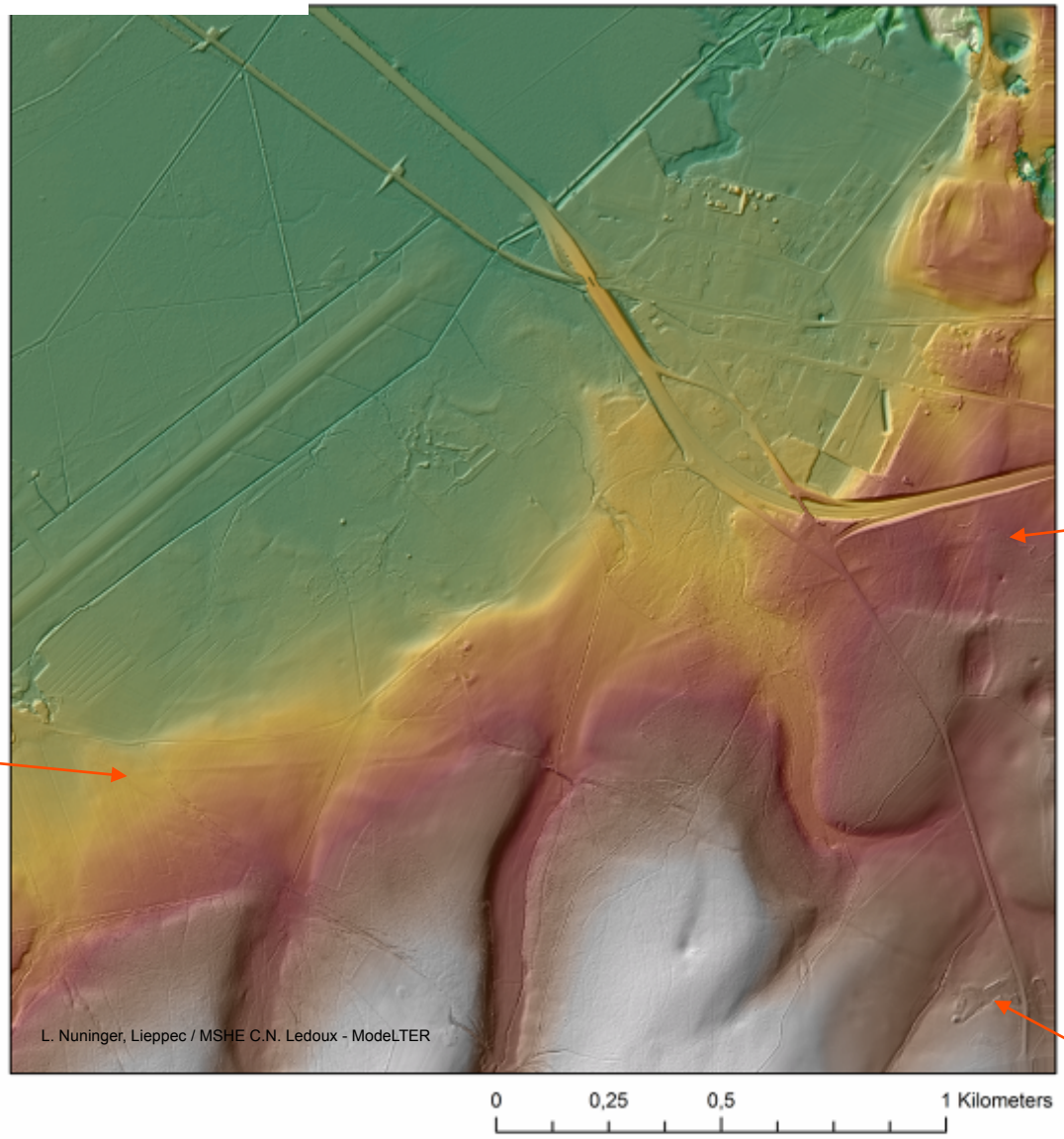


RFF 2008 ,
traitement M. Georges-Leroy

IV – L’exploitation des données

IV.1 – L'interprétation et ses difficultés

Swiss hillshade



LIEPPEC ® MSHE C.N. Ledoux - LEA ModeLTER, L. Nuninger

Saône – Grange St Antoine/Petit Frêne (Doubs)



Cliché : P. Mosca, ARESAC

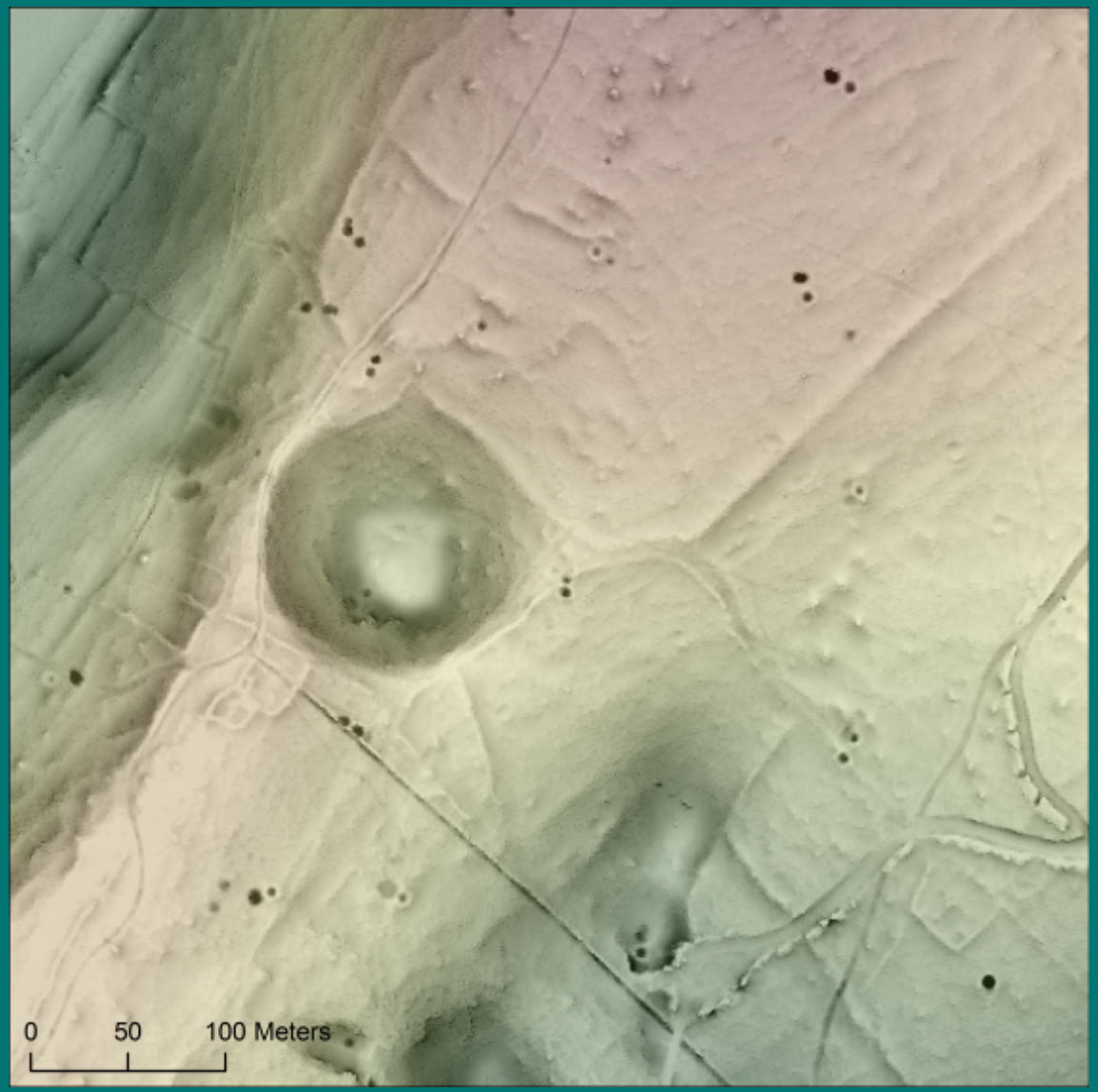


Cliché : P. Mosca, ARESAC

Saône – Grange St Antoine/Petit Frêne (Doubs)

FOURS A CHAUX
Besançon – Châtillon
Chailluz (Doubs)

Ombrage + sky view factor





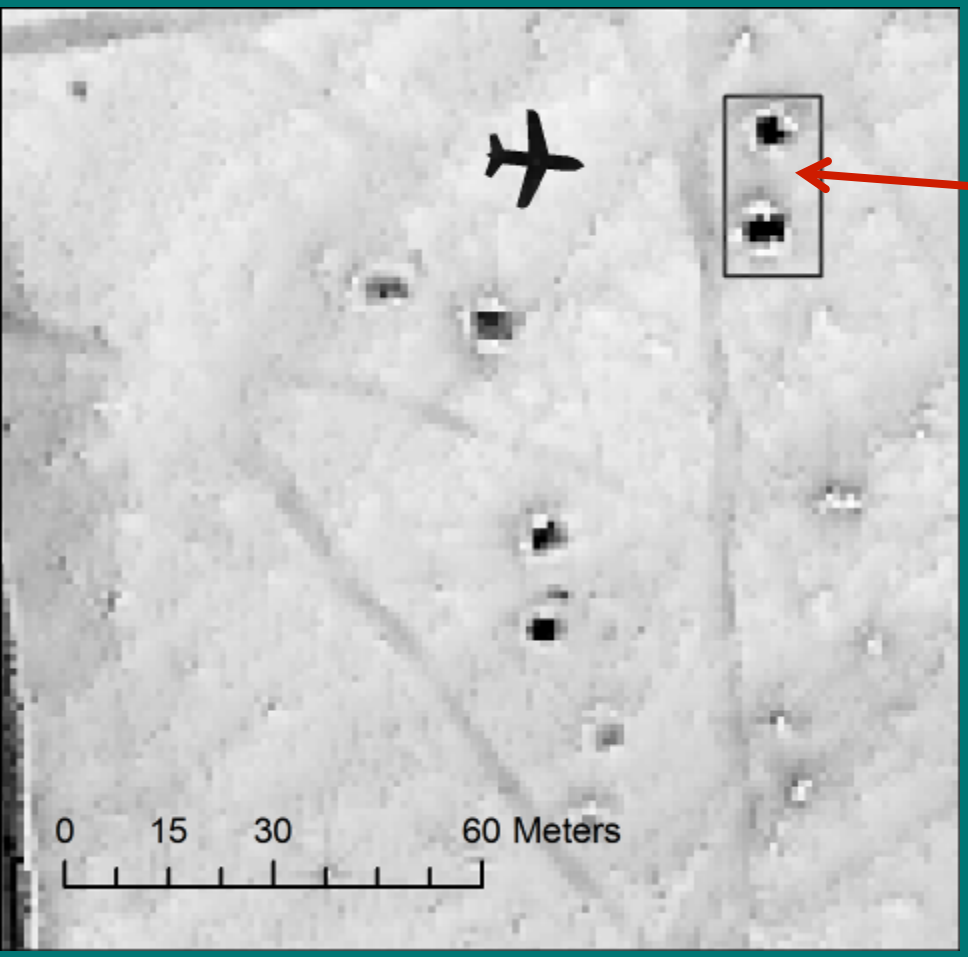
Cliché : D. Daval, ARESAC



Cliché : D. Daval, ARESAC

FOURS A CHAUX

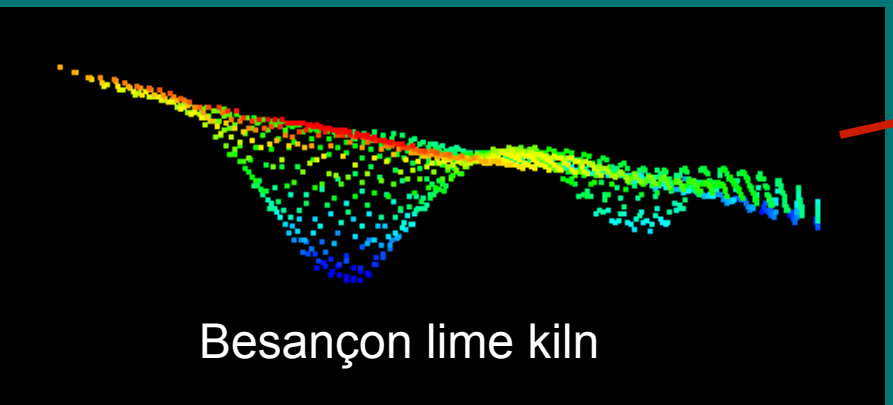
Besançon – Rte Forest. Bas de la Côte (Doubs)

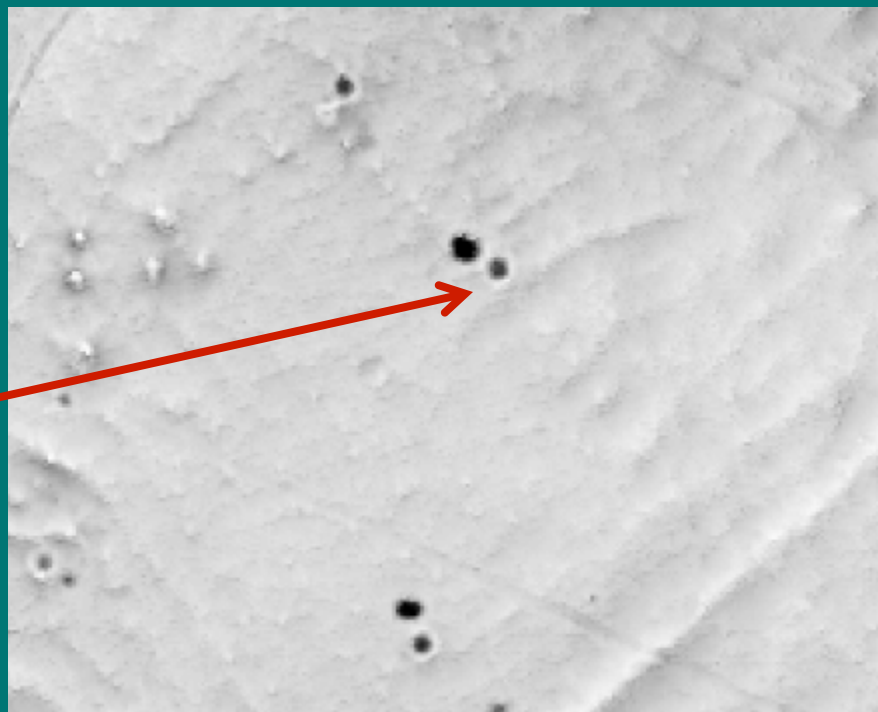




FOURS A CHAUX

LIEPPEC ® MSHE C.N. Ledoux - LEA ModeLTER, C. Laplaige, C. Fruchart





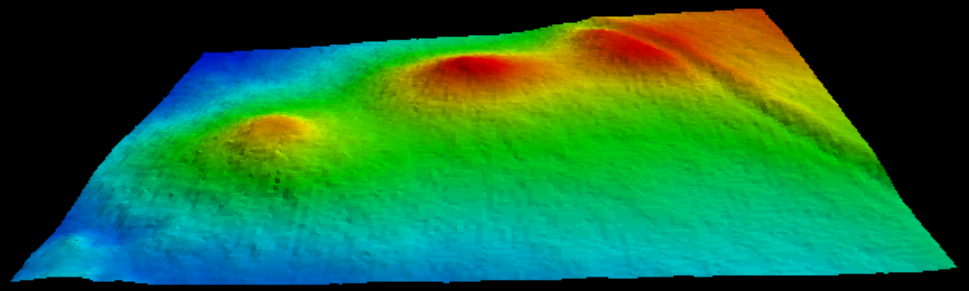
Swiss hillshade

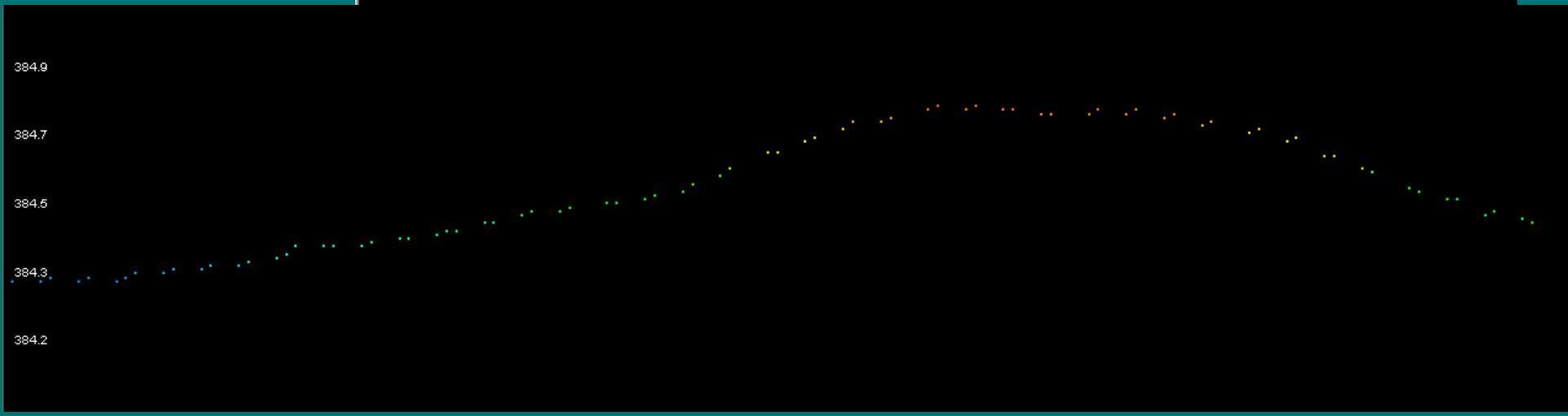


Saône – Les Alaines (Doubs) Tumuli ?

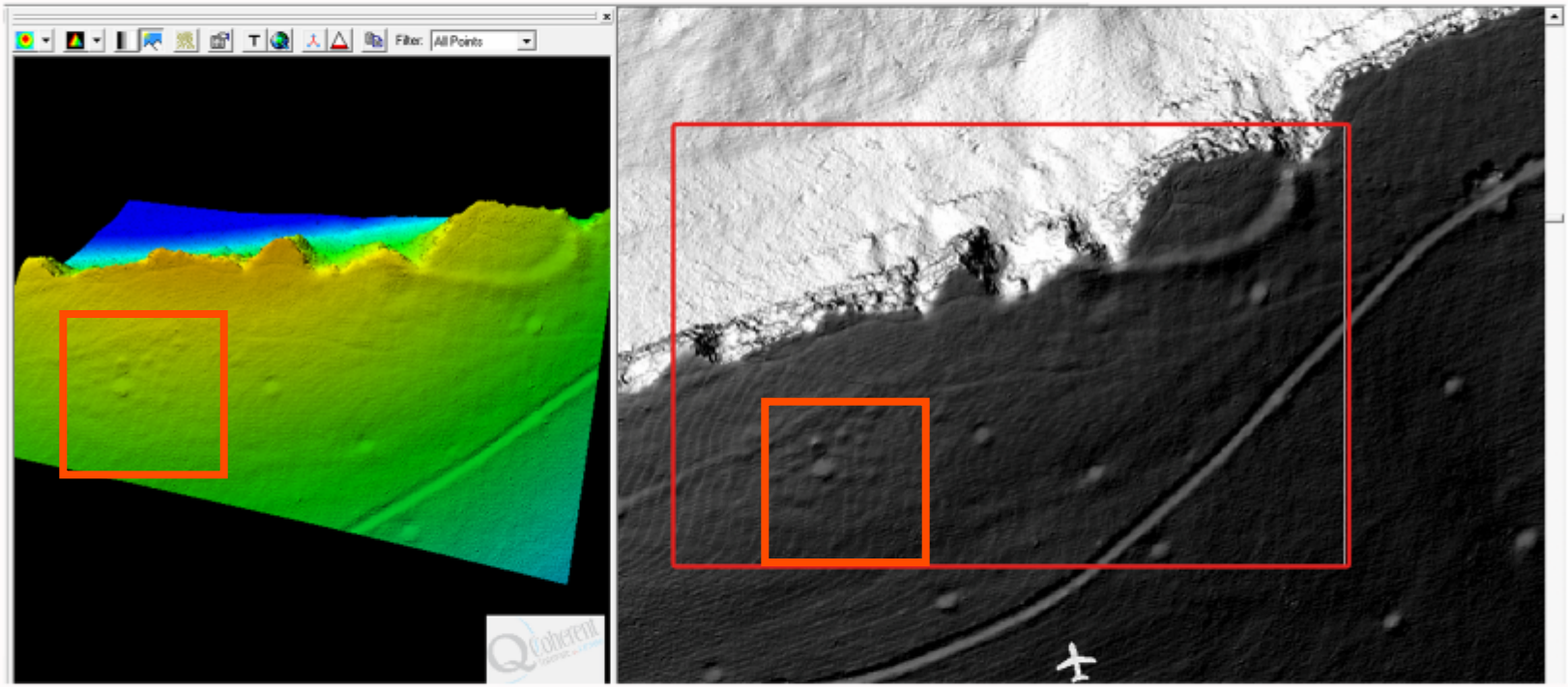
Saône – Les Alaines (Doubs) Tumuli ?

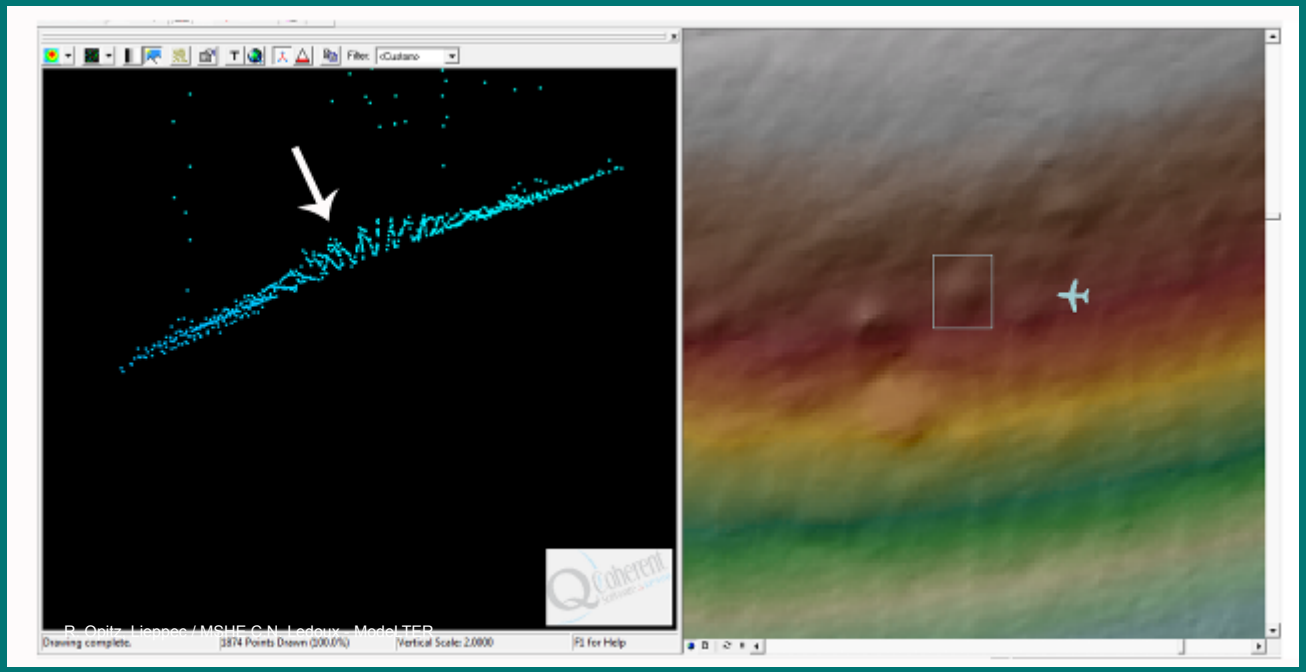
Les bombements perceptibles sur l'image LiDAR présentent un diamètre de 15 à 20 m pour une hauteur au centre d'environ 20 à 30 cm au dessus du niveau du sol

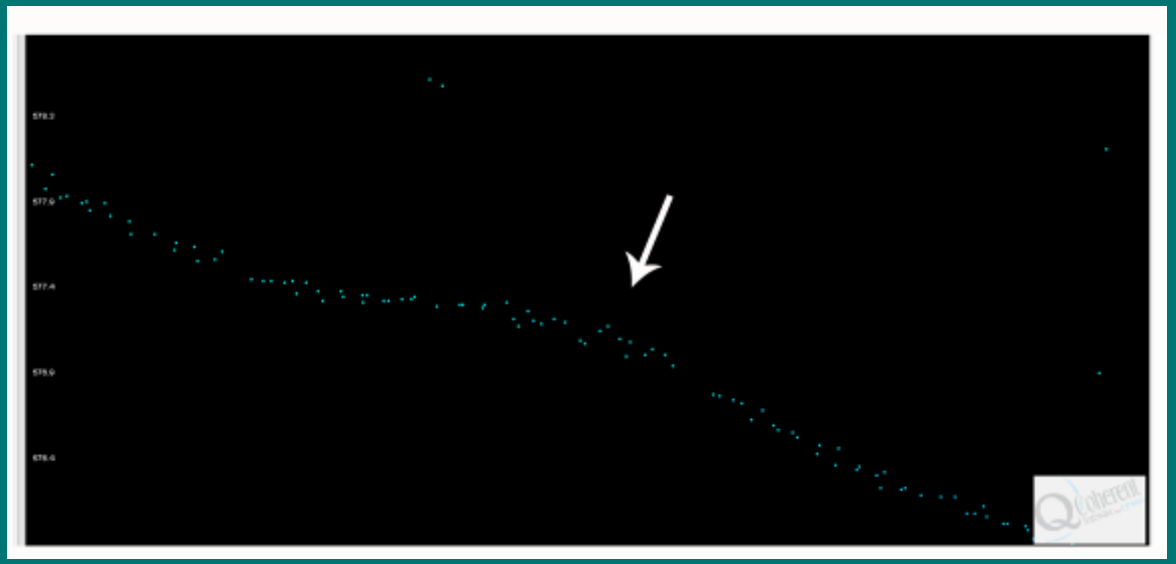




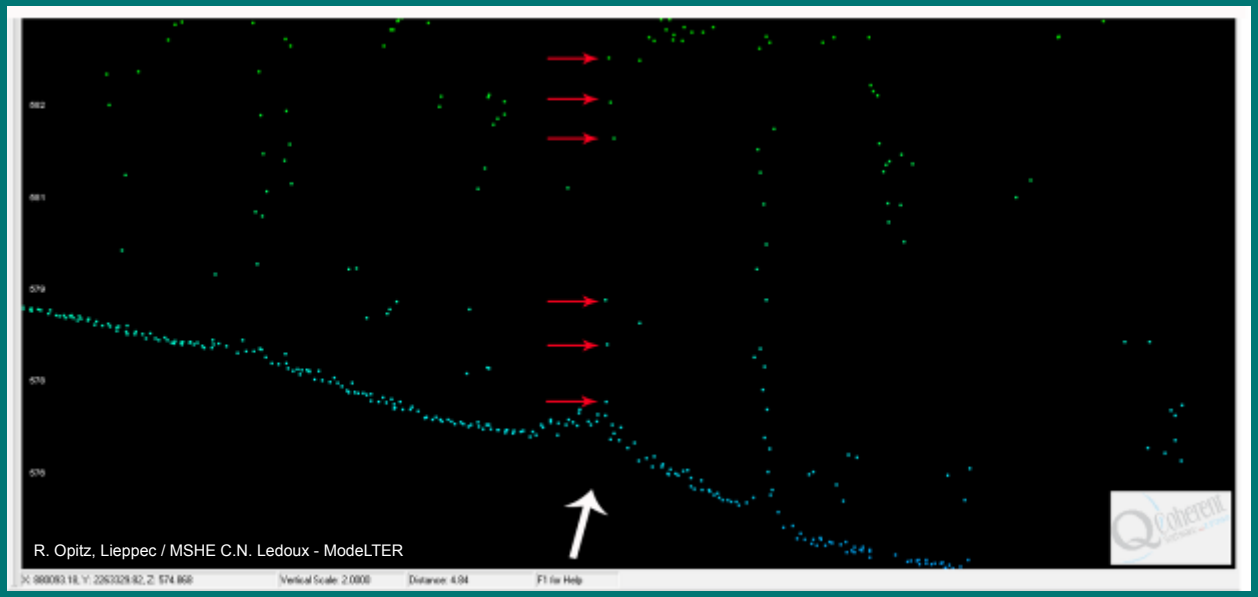
Besançon – Bois du Croc (Doubs) tumuli ?

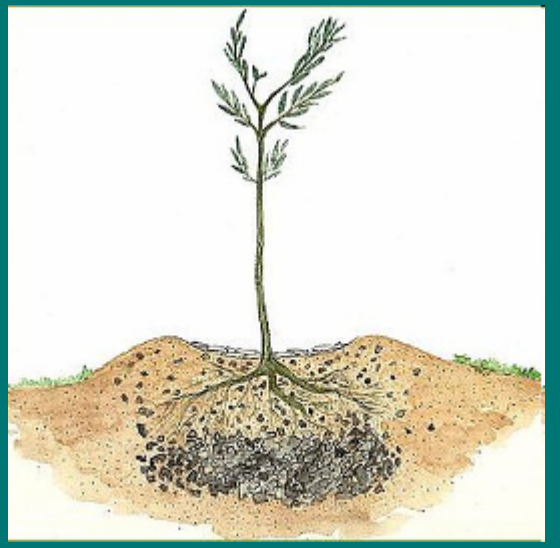


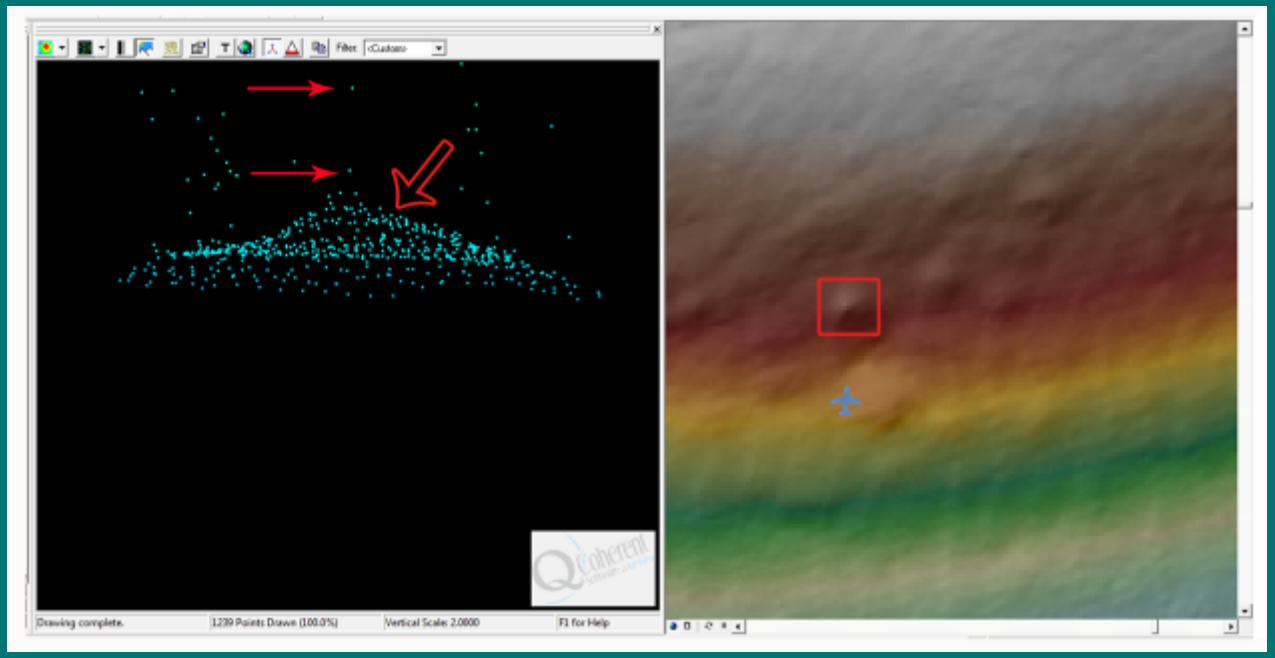




Besançon – Bois du Croc (Doubs) / tumuli ?





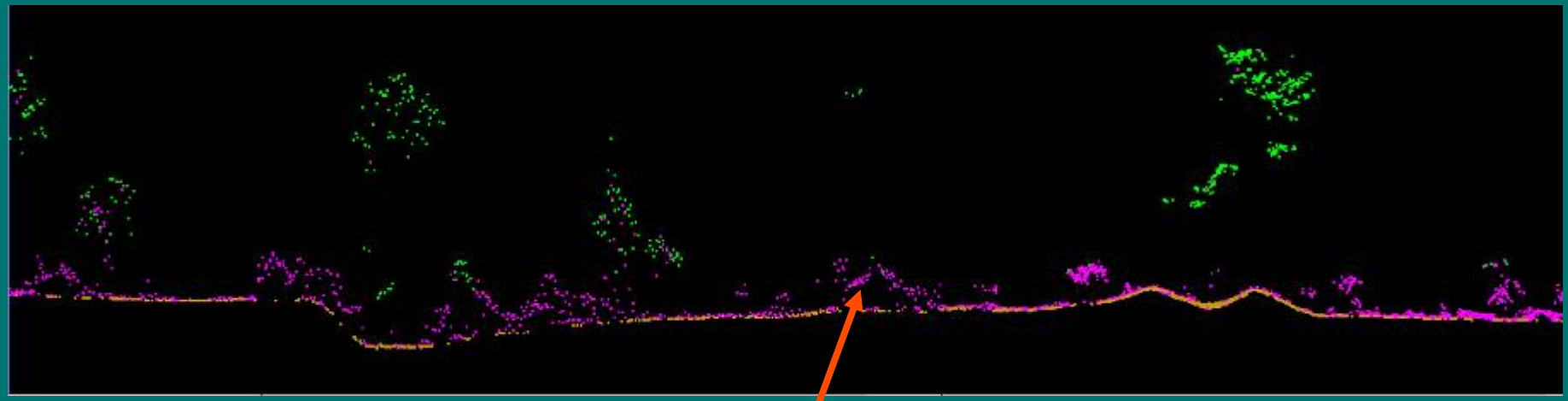


Besançon – Bois du Croc (Doubs) tumuli ?



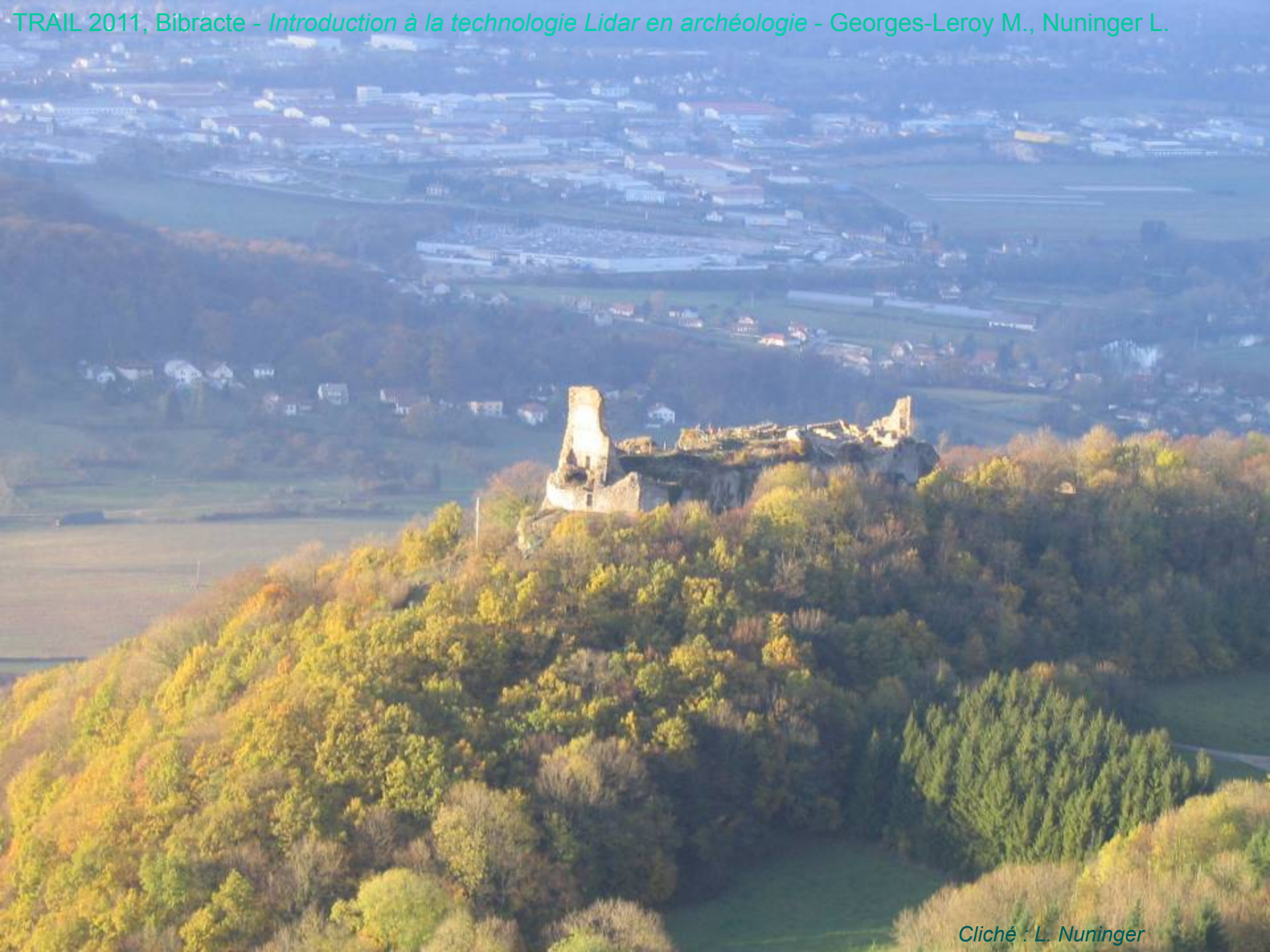
Cliché : M. Georges-Leroy

Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, traitement Sintegra

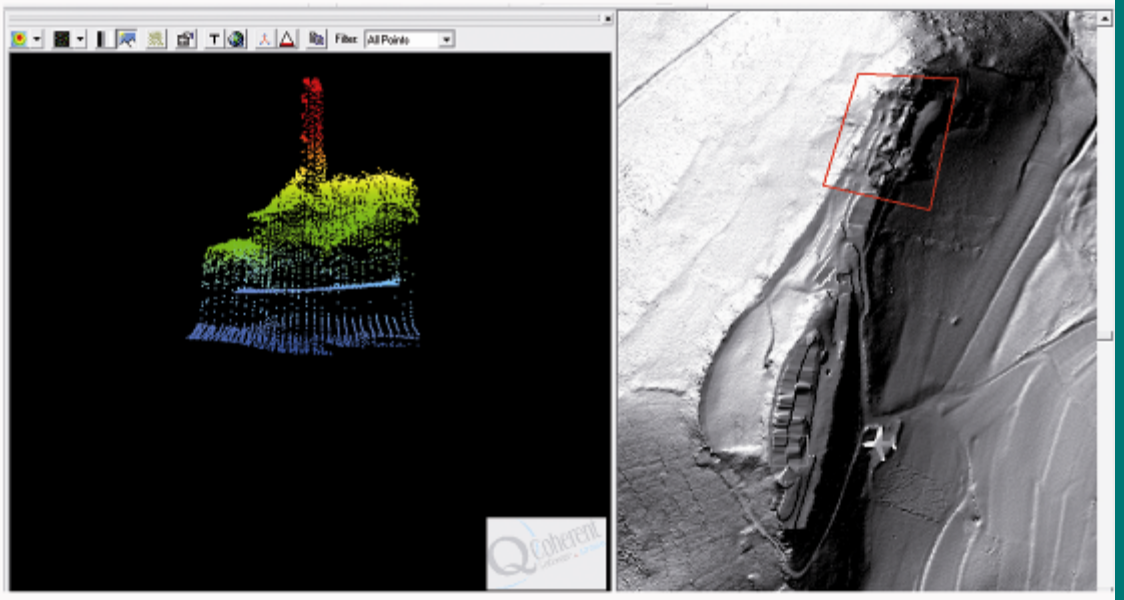




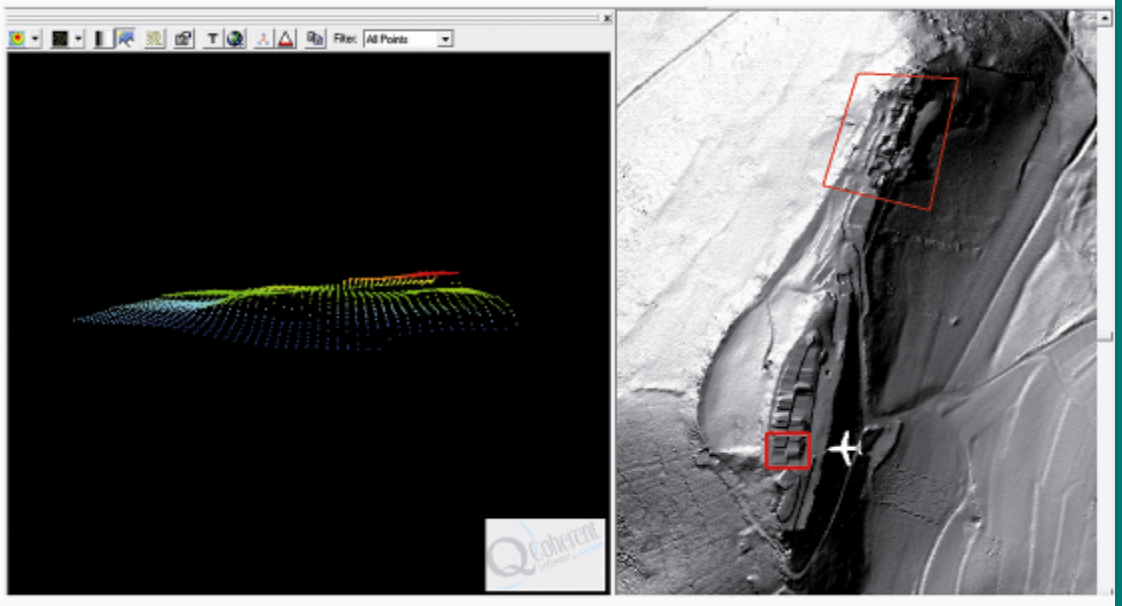
Cliché : M. Georges-Leroy



Cliché : L. Nuninger

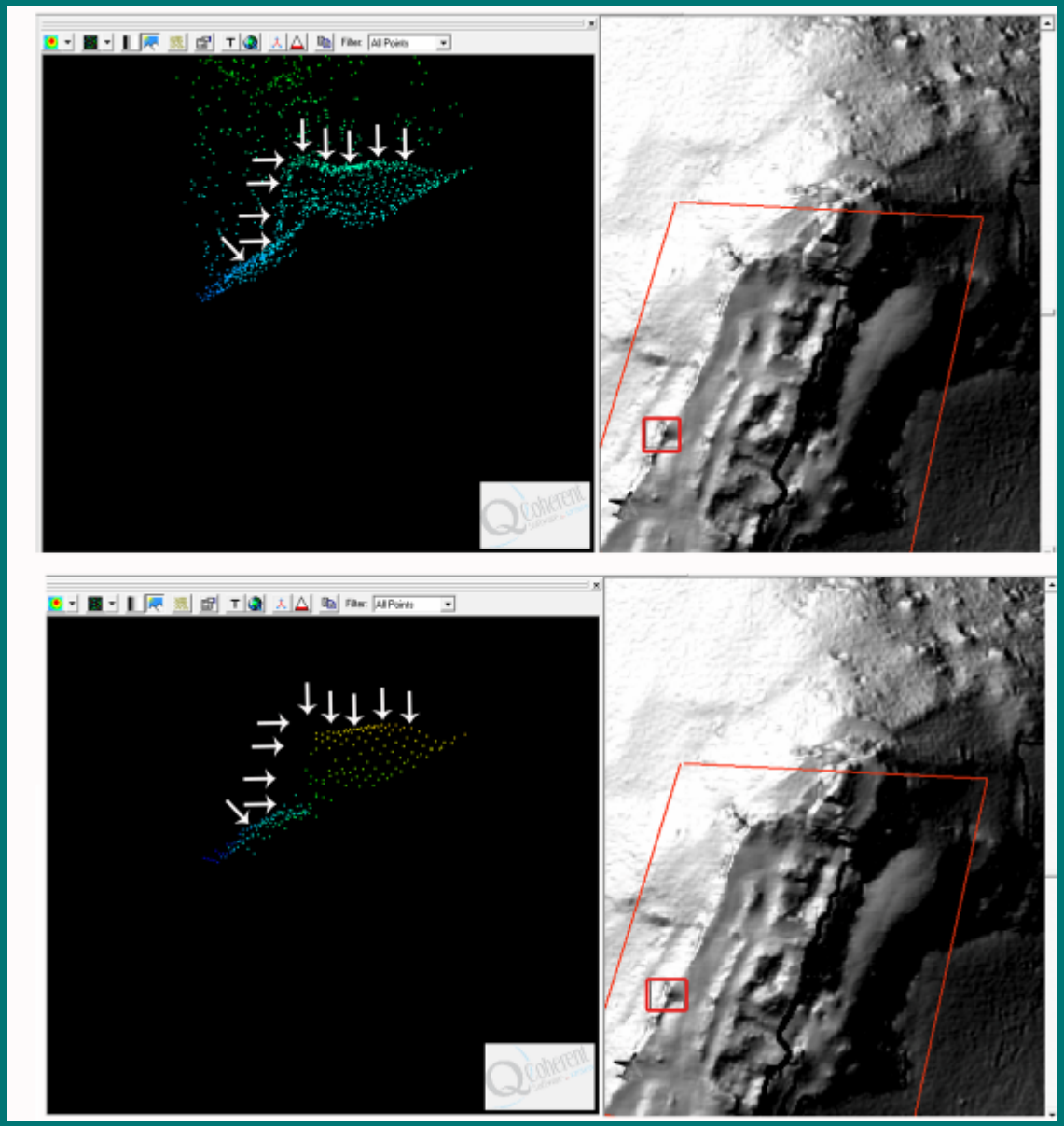


R. Opitz, Lieppec / MSHE C.N. Ledoux - ModeLTER



Montfaucon – Champ Lognon/Cht Montfaucon (Doubs) - Château

LIEPPEC ® MSHE C.N. Ledoux - LEA ModeLTER, R. Opitz

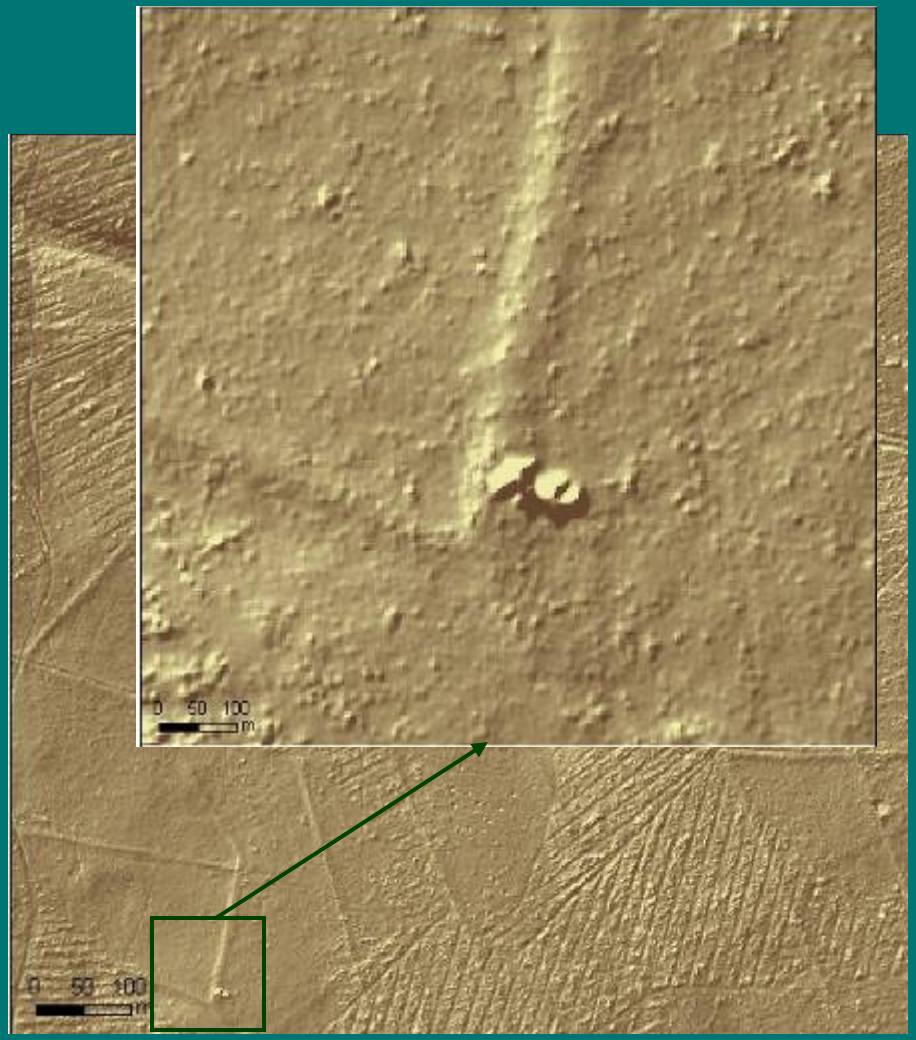


Montfaucon – Champ Lognon/Cht Montfaucon (Doubs) - Château

R. Opitz, Lieppec / MSHE C.N. Ledoux - ModeLTER

LIEPPEC ® MSHE C.N. Ledoux - LEA ModeLTER, R. Opitz

La classification sur un même jeu de données



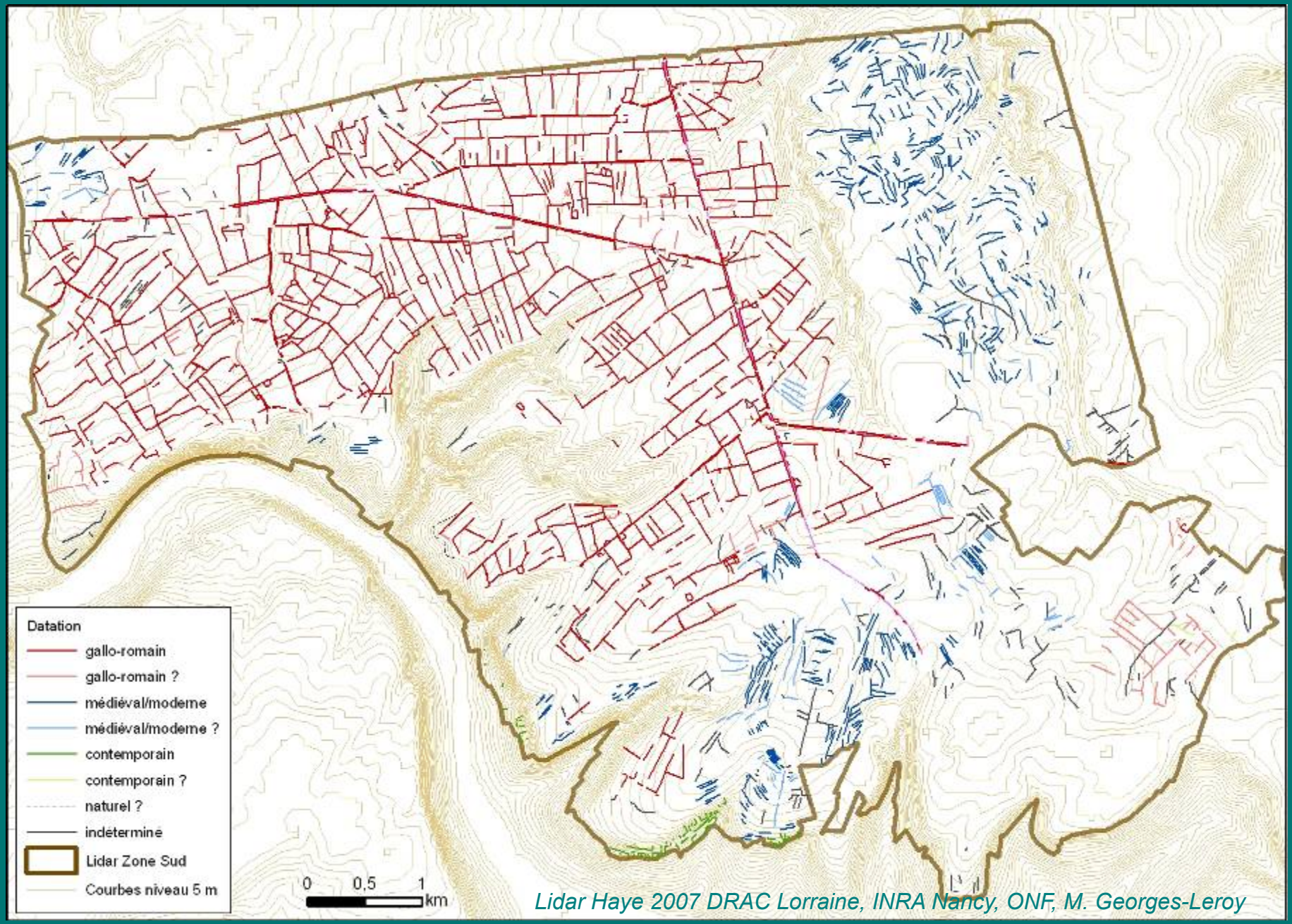
Classification IGN



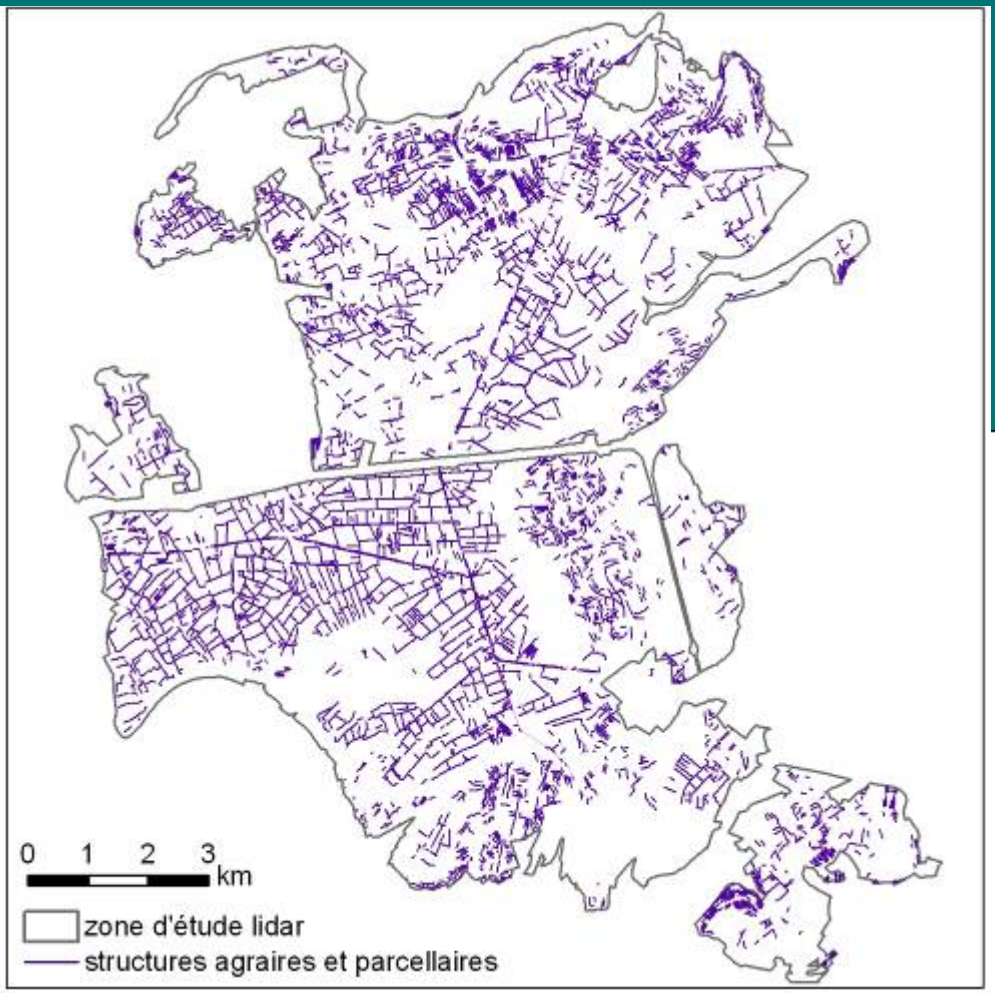
Classification G2b – 1ère classification

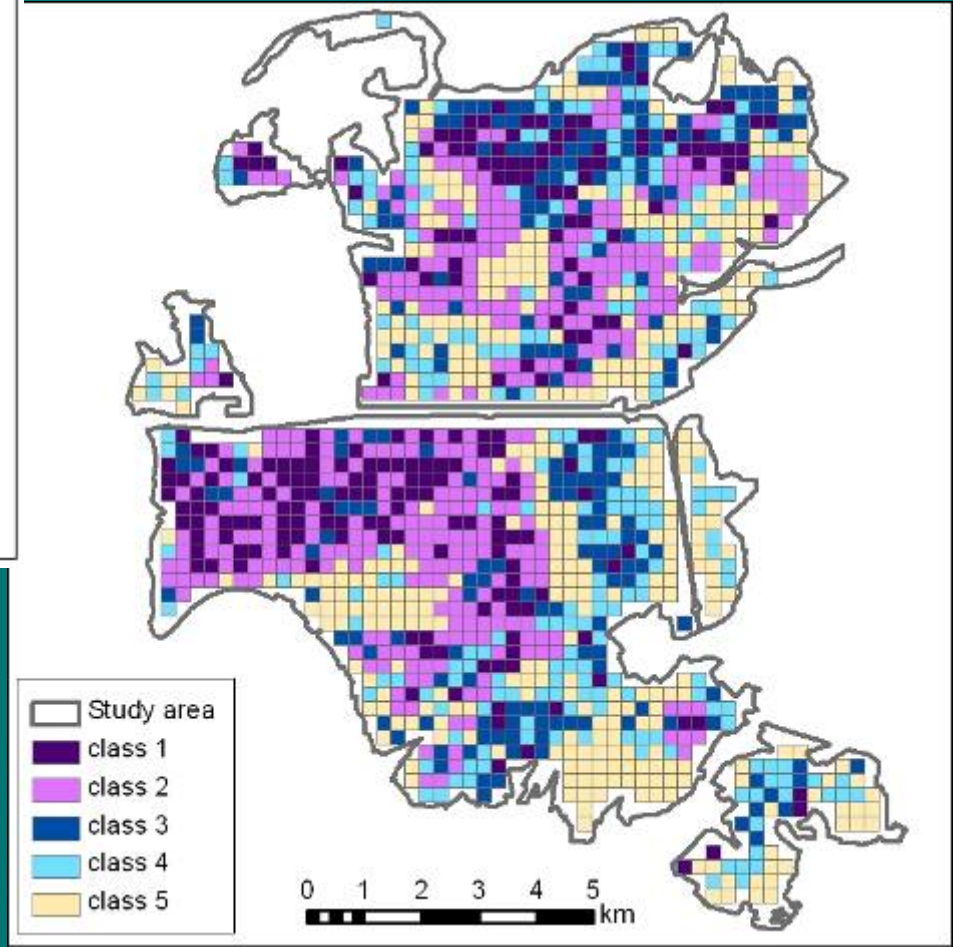
Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy

IV.2 – De l'interprétation à l'analyse



Lidar Haye 2007 DRAC Lorraine, INRA Nancy, ONF, M. Georges-Leroy





ANR Archaedyn, ANR-08-BLAN-0157-01, 2009-2011
Atelier 1, M. Georges-Leroy

Avec le concours de



























Pour l'acquisition des données et leur exploitation : équipement et ressources humaines (doctorat, post-doc)

BIBLIOGRAPHIE introductive

- Crutchley, S., and Crow, P., 2009. *The Light Fantastic: Using airborne lidar in archaeological survey.* Swindon: English Heritage. http://www.english-heritage.org.uk/publications/light-fantastic/
- M. Georges-Leroy, J. Bock, E. Dambrine, J.-L. Dupouey 2008, L'apport du laser scanneur aéroporté à l'étude des parcellaires gallo-romains du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle), *AGER*. Bulletin de liaison, 18, 2008, p. 8-11.
- L. Nuninger, C. Fruchart, R. Opitz, 2010, LiDAR : quel apport pour l'analyse des paysages ?, *AGER*. Bulletin de liaison, 20, 2010 p. 34-43.
- B. Sittler, K. Hauger 2007, Les apports du laser aéroporté à la documentation de parcellaires anciens fossilisés par la forêt : l'exemple des champs bombés de Rastatt en Pays de Bade, in La mémoire des forêts. Actes du colloque Forêt, Archéologie et Environnement. 14 au 16 décembre 2004, 2007, p. 155-161.
- Z. Kokalj, K. Zaksek, K. Ostir 2011, Application of sky-view factor for the visualization of historic landscape features in lidar-derived relief models, *Antiquity* 85, 327: 263-273.