



# La photogrammétrie stéréoscopique appliquée à la mesure de la hauteur de la végétation en zone alluviale : exemple de la réserve naturelle du Val-d'Allier (03)

**Laure Fafournoux** étudiante en Master2 géoenvironnement \_ Laboratoire GEOLAB  
**Franck Vautier** ingénieur en géomatique \_ Laboratoire GEOLAB



# I. Introduction

- Programme « Eau et territoire 2008-2011 »



Comparaison entre :

- Allier : rivière dynamique
- Garonne : rivière chenalisée

L'un des objectifs est d'estimer la capacité de résilience des 2 hydrosystèmes étudiés notamment vis-à-vis de la végétation riveraine pour le développement de nouvelles méthodes de gestion

Etude des interactions rivière / ripisylve

## Les ripisylves

= formations végétales présentes au sein du lit majeur des cours d'eau

### Fonctions écologiques :

- Filtre pour nappes phréatiques
- Abri et source de nourriture pour un grand nombre d'animaux
- Biodiversité
- Ombrage
- Ralenti l'onde de crue
- Maintien des berges
- Récréatif

➔ Soumises à une forte pression anthropique

L'objectif est de mieux comprendre les interactions entre la rivière et la ripisylve

Pour cela il faut mettre en place de nouvelles méthodes d'analyse

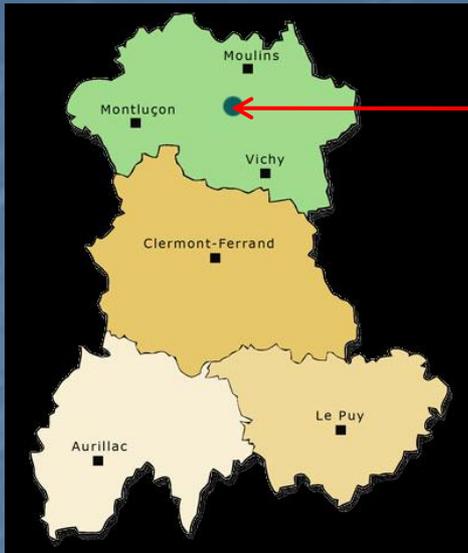


Photo aérienne de la ripisylve d'intérêt dans la réserve naturelle du Val d'Allier

Source : Loire Nature (LN) –  
Conservatoire des Espaces et Paysages  
d'Auvergne (CEPA)

# Site d'étude

Source : CRAIG (orthophoto)



Châtel-de-Neuvre



- Réserve naturelle du Val d'Allier
- Bords de l'Allier : rivière méandriforme
- Ripisylve hétérogène

➡ Diversité du couvert végétal

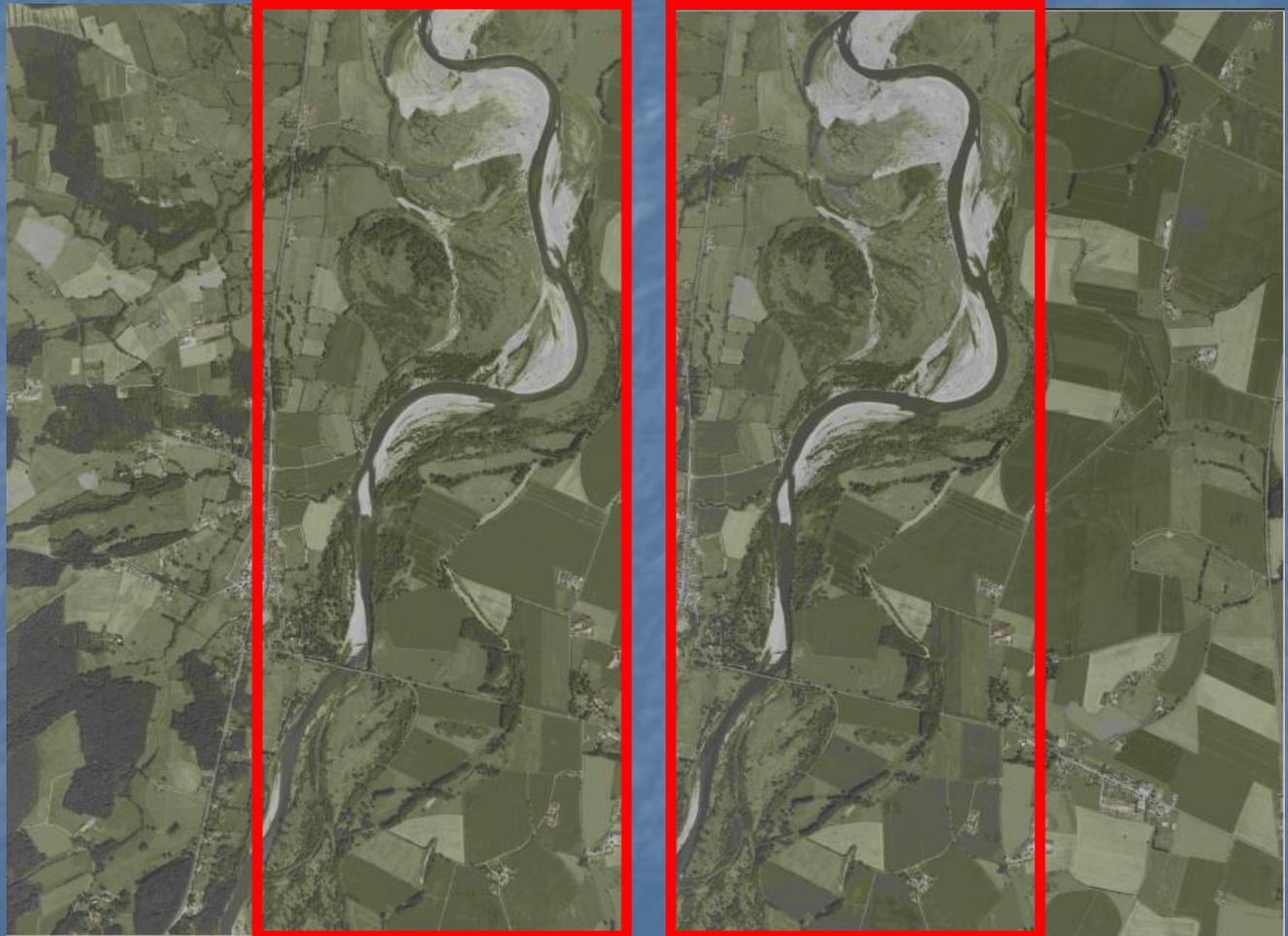


Photo aérienne de la ripisylve d'intérêt dans la réserve naturelle du Val d'Allier

Source : LN-CEPA

# Photographies aériennes du CRAIG

- Caractéristiques :
  - Numériques
  - 1/10 000
  - Début août 2009
- Couple stéréoscopique
  - Zone de recouvrement
- Certificat de calibration



Source : CRAIG

## Intérêts des photographies aériennes pour l'étude des corridors fluviaux :

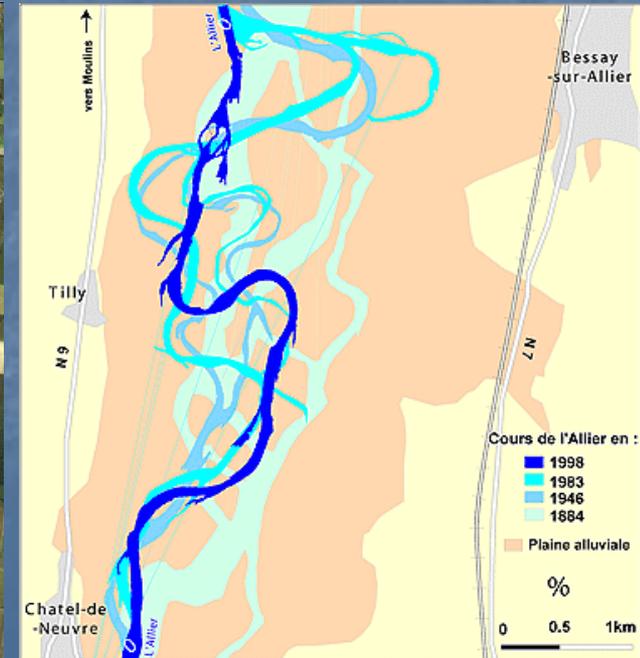
- Economique : évite le travail de terrain long, coûteux et fastidieux
- Cartographie : état du corridor fluvial à un instant donné
- Historique : archives de grande valeur pour la visualisation de l'évolution

Photo-interprétation : identification et interprétation des informations contenues dans une photographie

Banque de données  
de l'IGN : photos  
aériennes depuis  
1940



Source : Institut Géographique National (IGN)

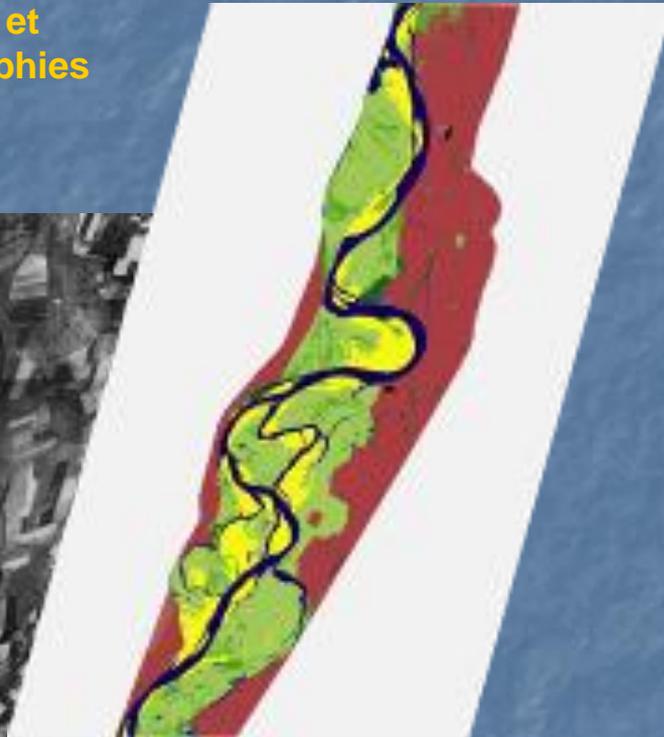
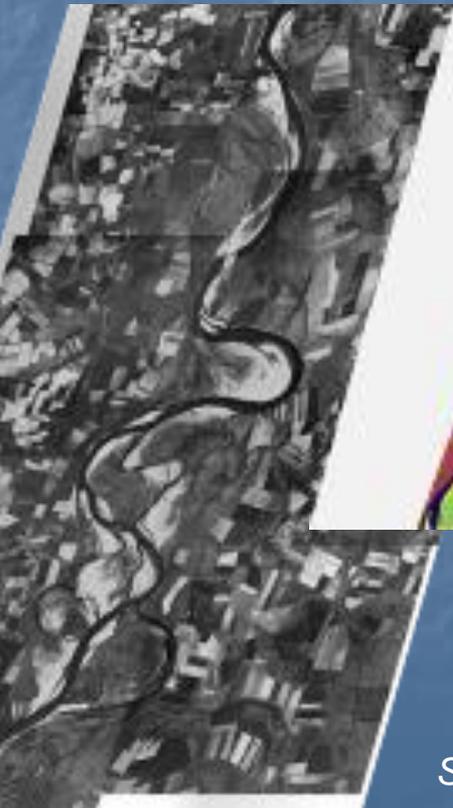


Source : CEPA

# Jusqu'à présent : suivi de l'occupation du sol en 2D par analyse diachronique de photographies IGN

## ■ Stéphane Petit (GEOLAB \_ Véodis 3D)

### 1. Orthorectification et mosaïque de photographies aériennes



### 2. Numérisation des unités paysagères

- Long
- Fastidieux
- Part d'erreur importante
  - Qualité de la photo
  - Contraste
  - Opérateur

Ex : difficile de différencier  
les zones arbustives et  
arborées

Source : Stéphane Petit

# Cartes d'occupation du sol

1946

1954

1968

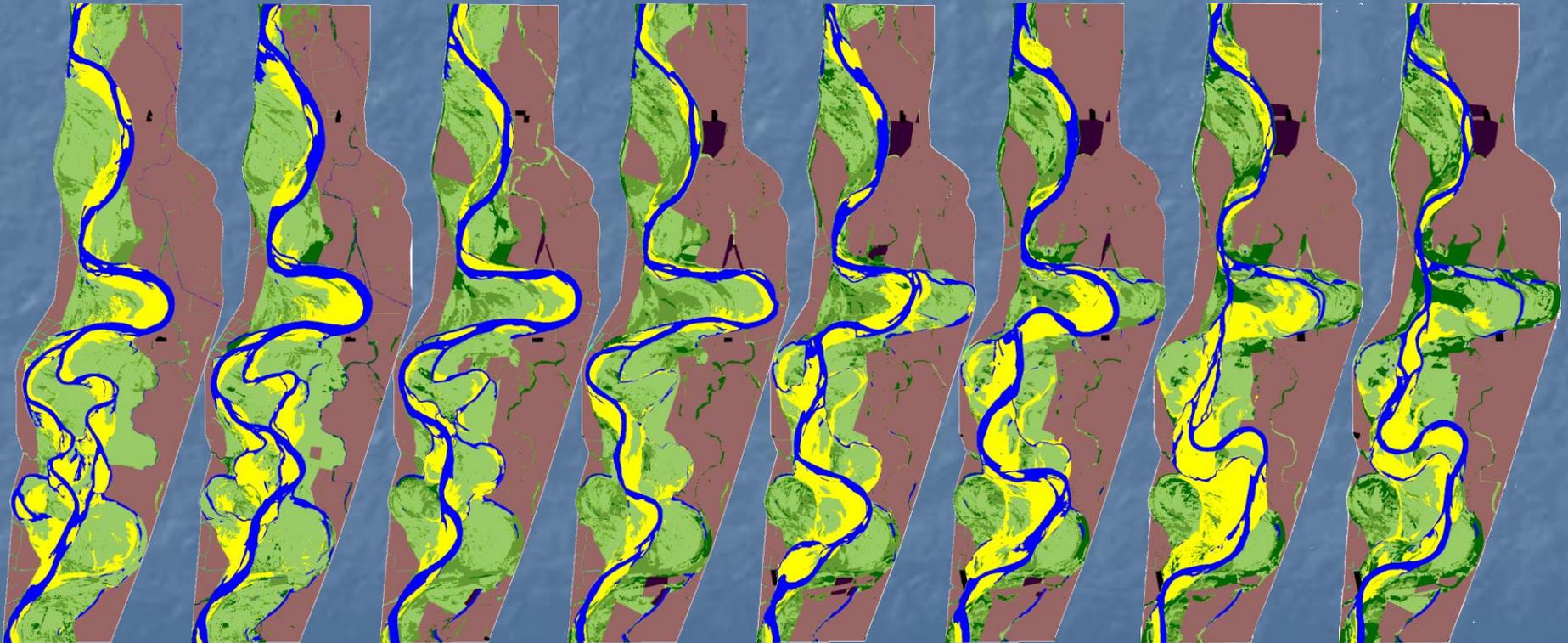
1975

1985

1992

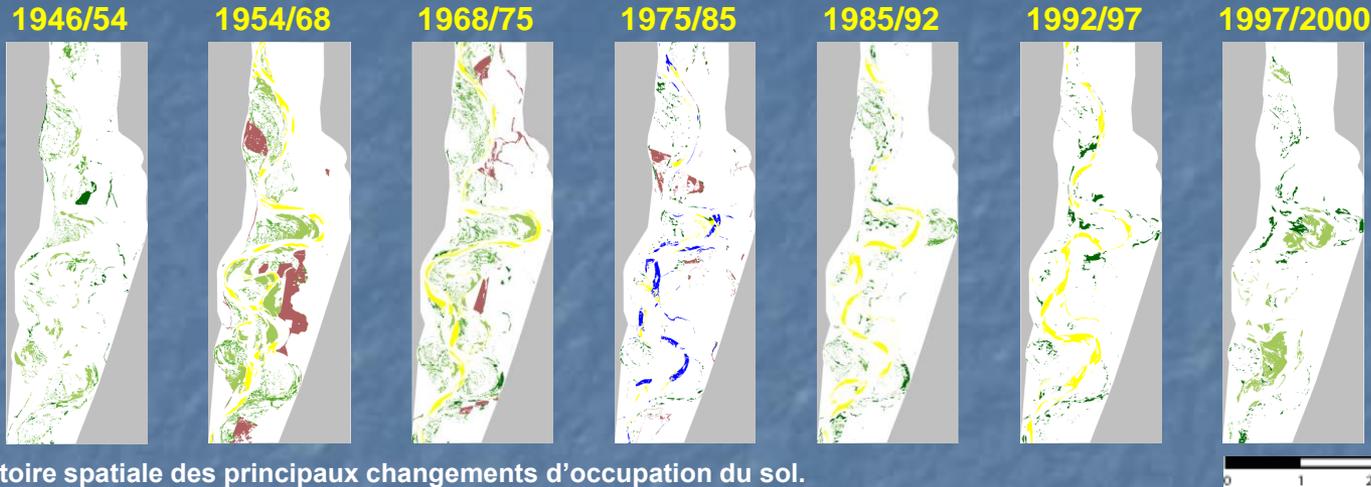
1997

2000



# Dynamique de la végétation alluviale

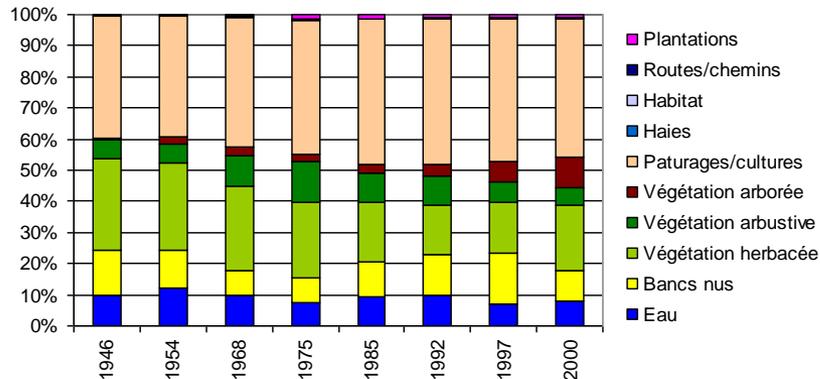
## Spatialisation des principaux changements



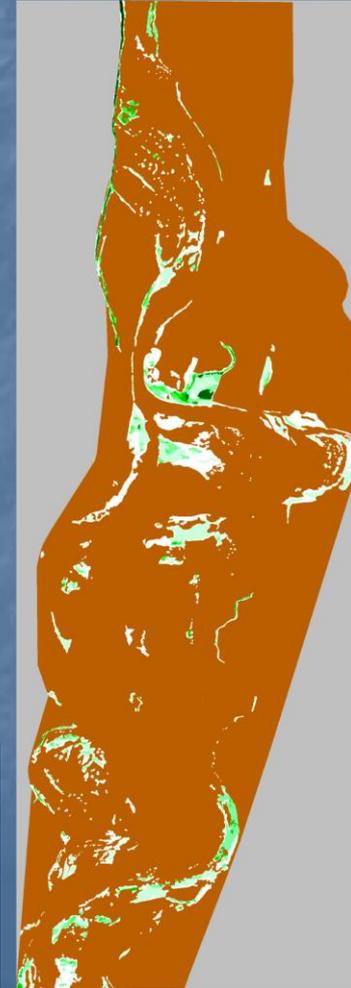
Trajectoire spatiale des principaux changements d'occupation du sol.



Source : Stéphane Petit



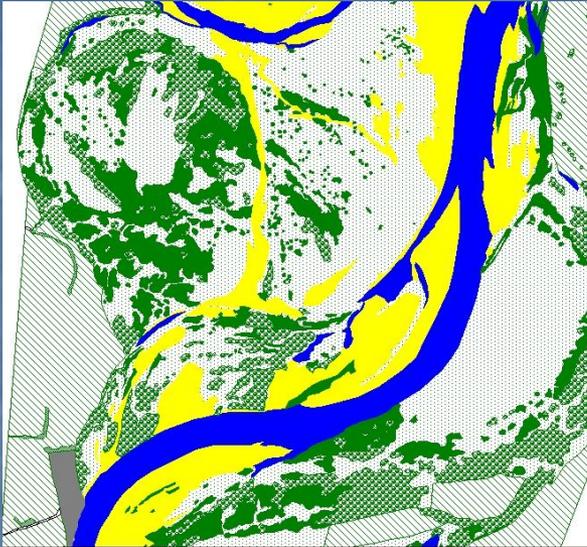
## Spatialisation de l'âge des boisements



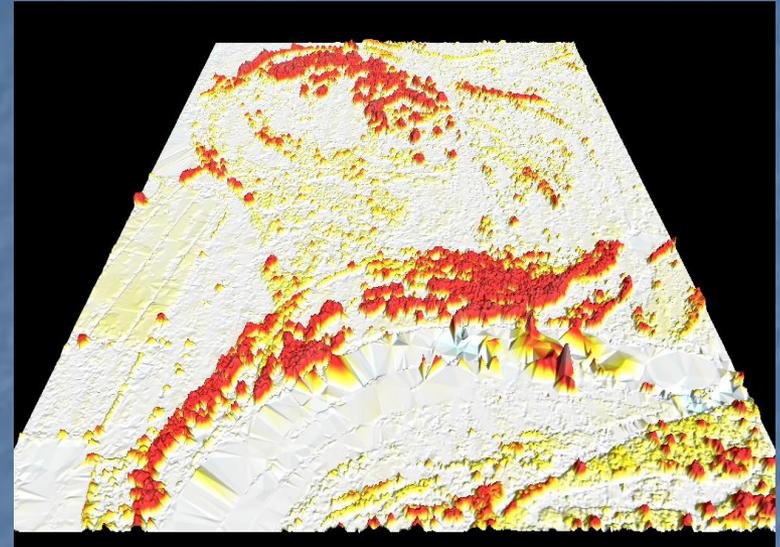
## Évolution des types d'occupation du paysage

## Etude en cours : Intégration de la troisième dimension

2D



3D



Source : Stéphane Petit

Afin de mesurer, caractériser et spatialiser les changements de la végétation alluviale sur la base de photographies aériennes

- **Automatiser la digitalisation**
  - Augmente la précision ex : arbres isolés
  - Gain de temps
- **Prendre en compte les hauteurs d'arbres dans les analyses d'interactions entre rivière et ripisylve**
  - Ex : classe de hauteur d'arbres emportés par les crues

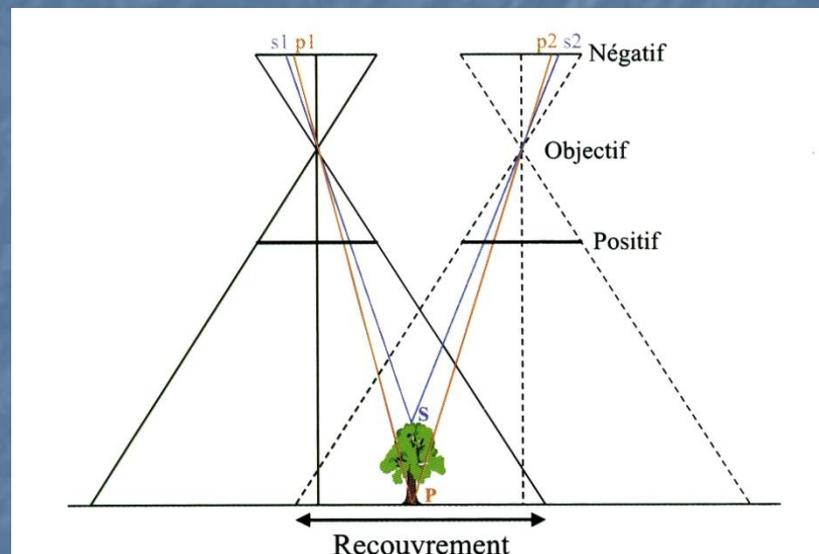
## II. La photogrammétrie : principe de base

### II.1. Stéréoscopie

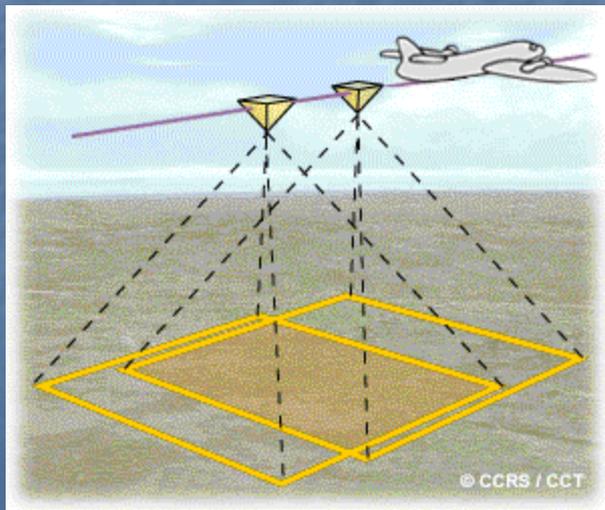
- Percevoir une scène en relief par une observation de deux points de vue distincts
- Vision humaine

Un couple stéréoscopique est formé de 2 prises de vue :

- Verticales
- Réalisées à la même distance



Source : Boureau, 2008



Source : Centre Canadien de  
Télédétection (CCT)

- Photos terrestres ou aériennes
- Missions aériennes par bandes de vol
  - 50% minimum de recouvrement
  - 15% de recouvrement latéral

## II.2. Parallaxe

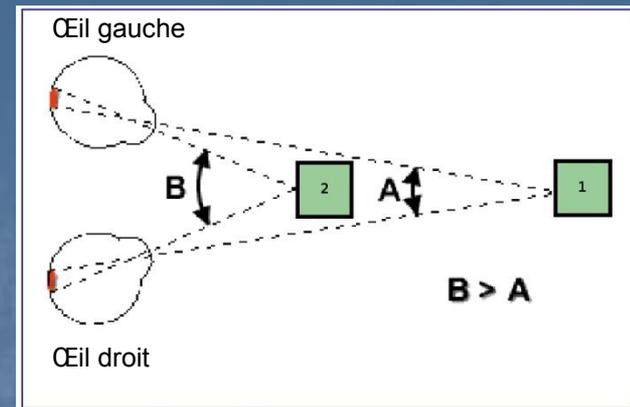
= L'incidence du changement de position de l'observateur sur l'observation d'un objet

Différence de point de vue

- Crée une parallaxe angulaire
- Représentée sur les photographies par une parallaxe linéaire

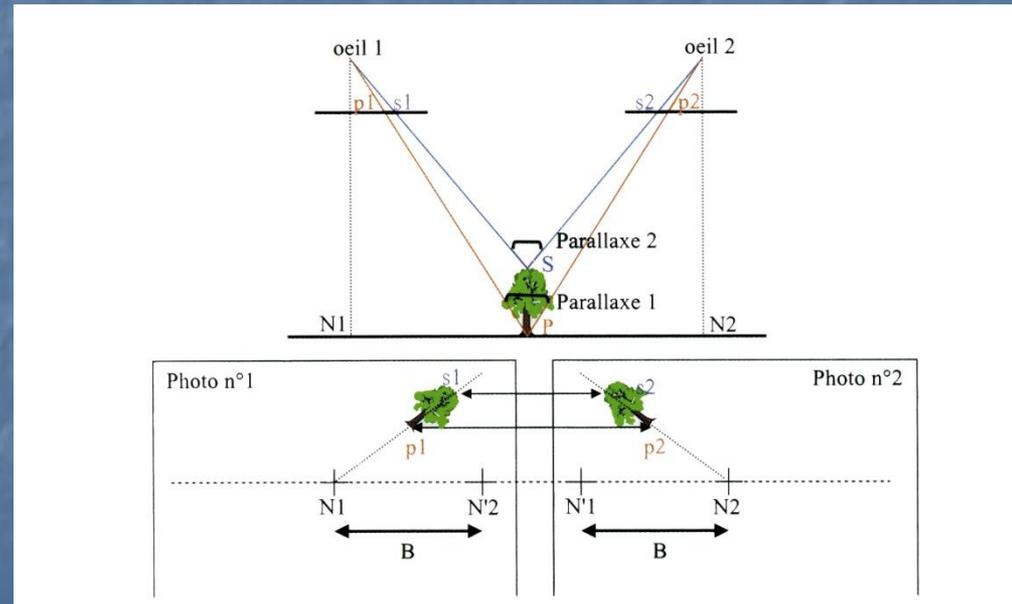
➔ Décalage

- Utilisé en photogrammétrie pour reconstituer le relief



Parallaxe angulaire : l'objet 2 apparaît plus près que l'objet 1 car l'angle B formé avec les yeux est plus grand que l'angle A

Source : CCT



Relation entre parallaxe linéaire et angulaire

Source : Boureau, 2008

# III. Fonctionnement de la photogrammétrie

## III.1. Données de base :

- Couple stéréoscopique
- Certificat de calibration



Fournis par le CRAIG

- Points de calage



À acquérir sur le terrain



### Acquisition de points de calage au DGPS centimétrique



Station fixe positionnée sur un point de coordonnées géographiques connues. Permet de réaliser une correction des données obtenues au même instant par la station mobile afin d'obtenir une précision centimétrique.



Station mobile

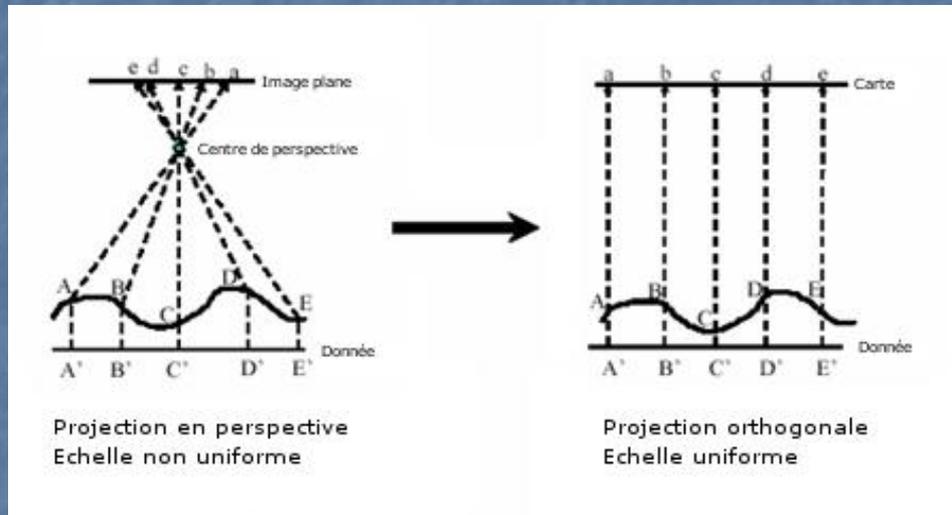
Coordonnées de points facilement repérables (ligne sur la route, trottoirs, ponts, etc...)

Devront être positionnés de manière précise sur les photos aériennes

## III.2. Intégration dans un logiciel de photogrammétrie

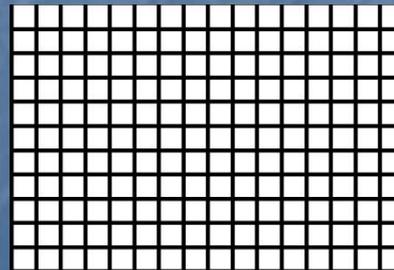
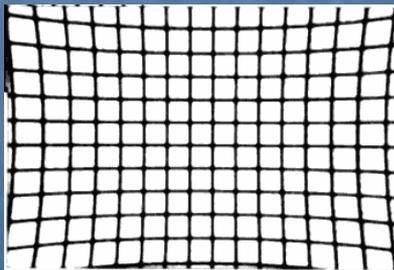
### III.2.1. Orientation interne

Correction des distorsions dues à l'objectif



#### Certificat de calibration

- Longueur de focale
- Coordonnées du point principal
- Résolution



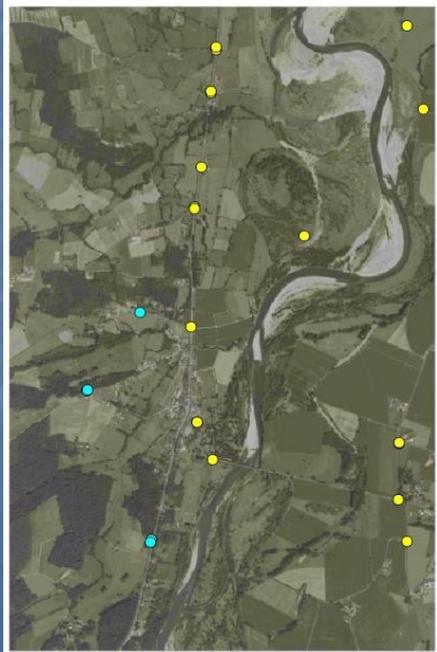
### III.2.2. Orientation relative

Positionnement des clichés l'un par rapport à l'autre

### III.2.3. Orientation absolue

Géoréférencement dans un référentiel terrestre

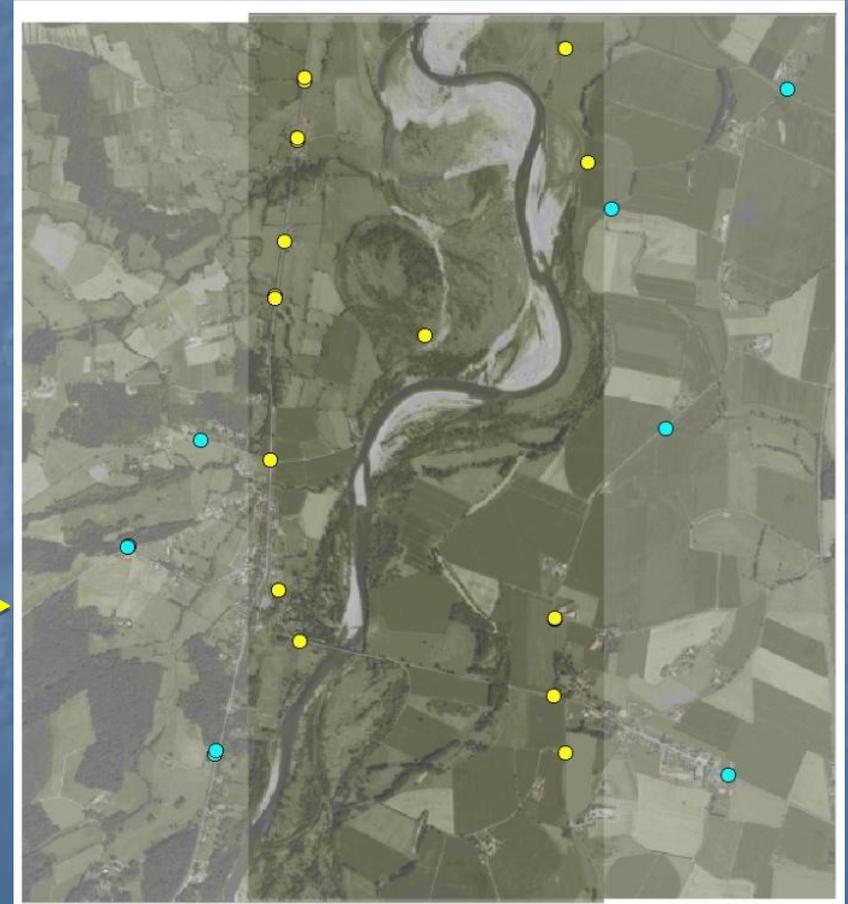
Positionnement sur les photos des points de calage acquis sur le terrain



### Orientation externe

#### Points de calage

Superposition des clichés



### III.3. Restitution photogrammétrique

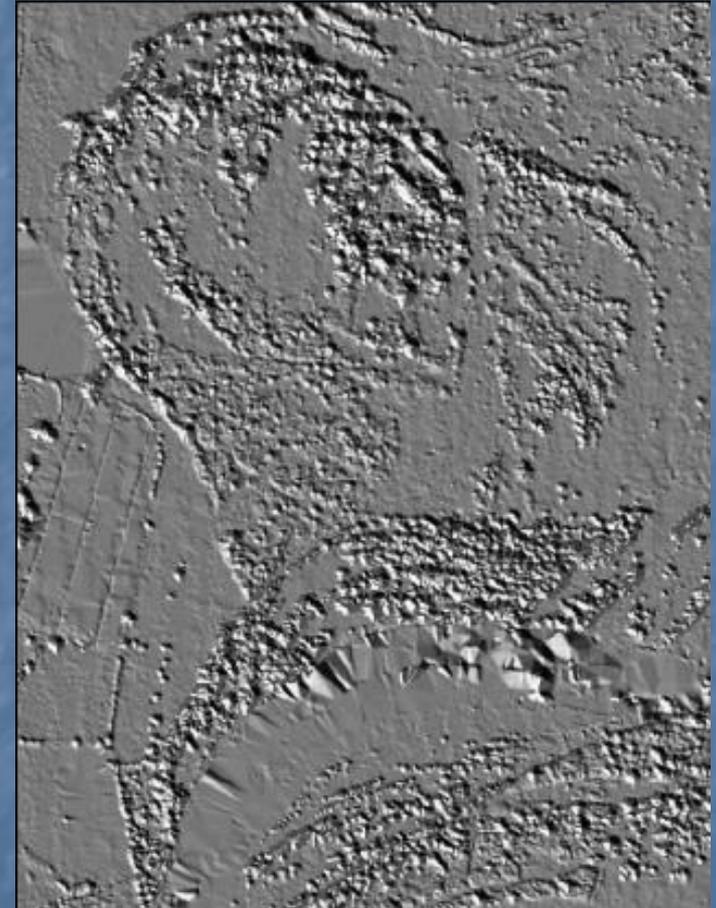
Reconstitution de la troisième dimension  
- Algorithme

Réalisation d'un  
Modèle Numérique de  
Surface (MNS)



Zone d'étude

Source : clichés du CRAIG



MNS

Erreur RMS : 0,5

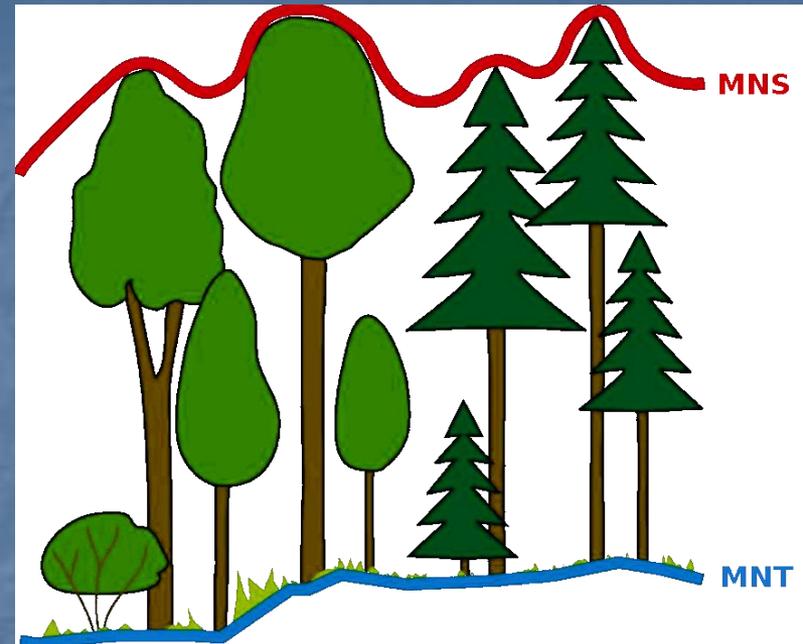
## IV. Mesure des hauteurs d'arbres par photogrammétrie

- **Altitudes de surface**

Modèle Numérique  
de Surface (MNS)

- **Altitudes du terrain**

Modèle Numérique  
de Terrain (MNT)



Source : <http://www.fsagx.ac.be>

### IV.1. Récupération des altitudes de terrain

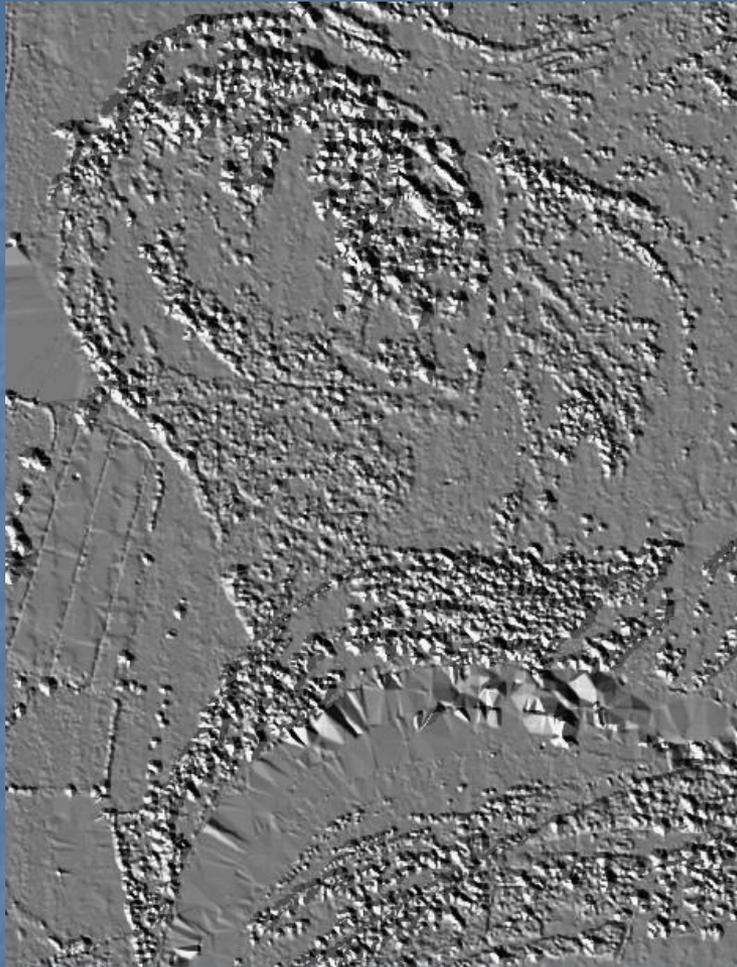
Création du **MNT** à partir du **MNS**



Oter la végétation



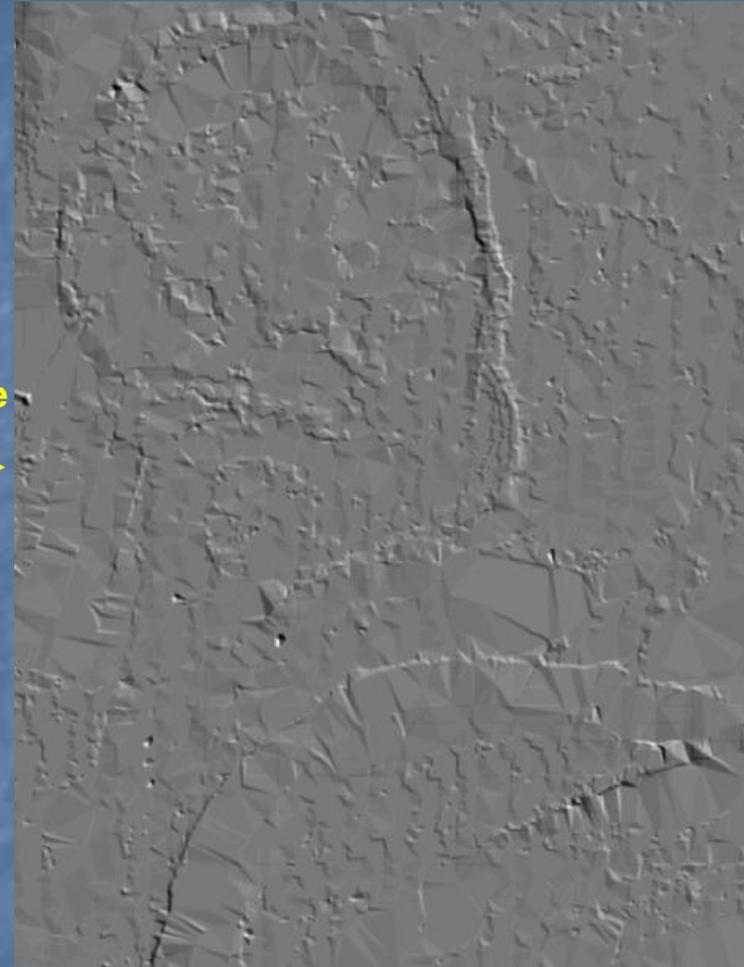
## Modèle Numérique de Surface



Filtrage  
automatique



## Modèle Numérique de Terrain



Fonction du logiciel :

- Conservation des points les plus bas (altitudes du sol)
- Suppression des points les plus hauts (végétation)
- Interpolation à partir des points restants

## IV.2. Création du Modèle de Hauteur du Couvert (MHC)

$$\text{MNS} - \text{MNT} = \text{MHC}$$

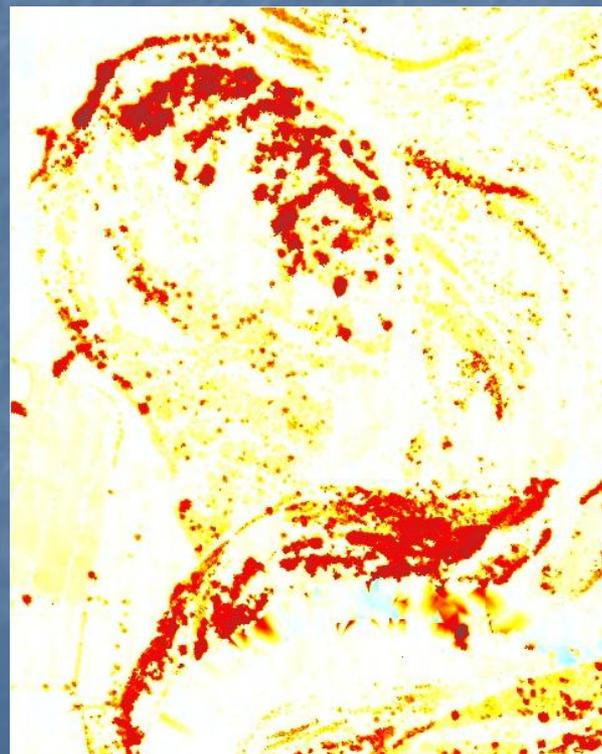


MHC

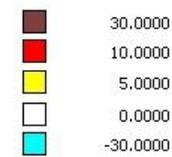
Source : <http://www.fsagx.ac.be>



Orthophoto de la zone d'étude Source : CRAIG

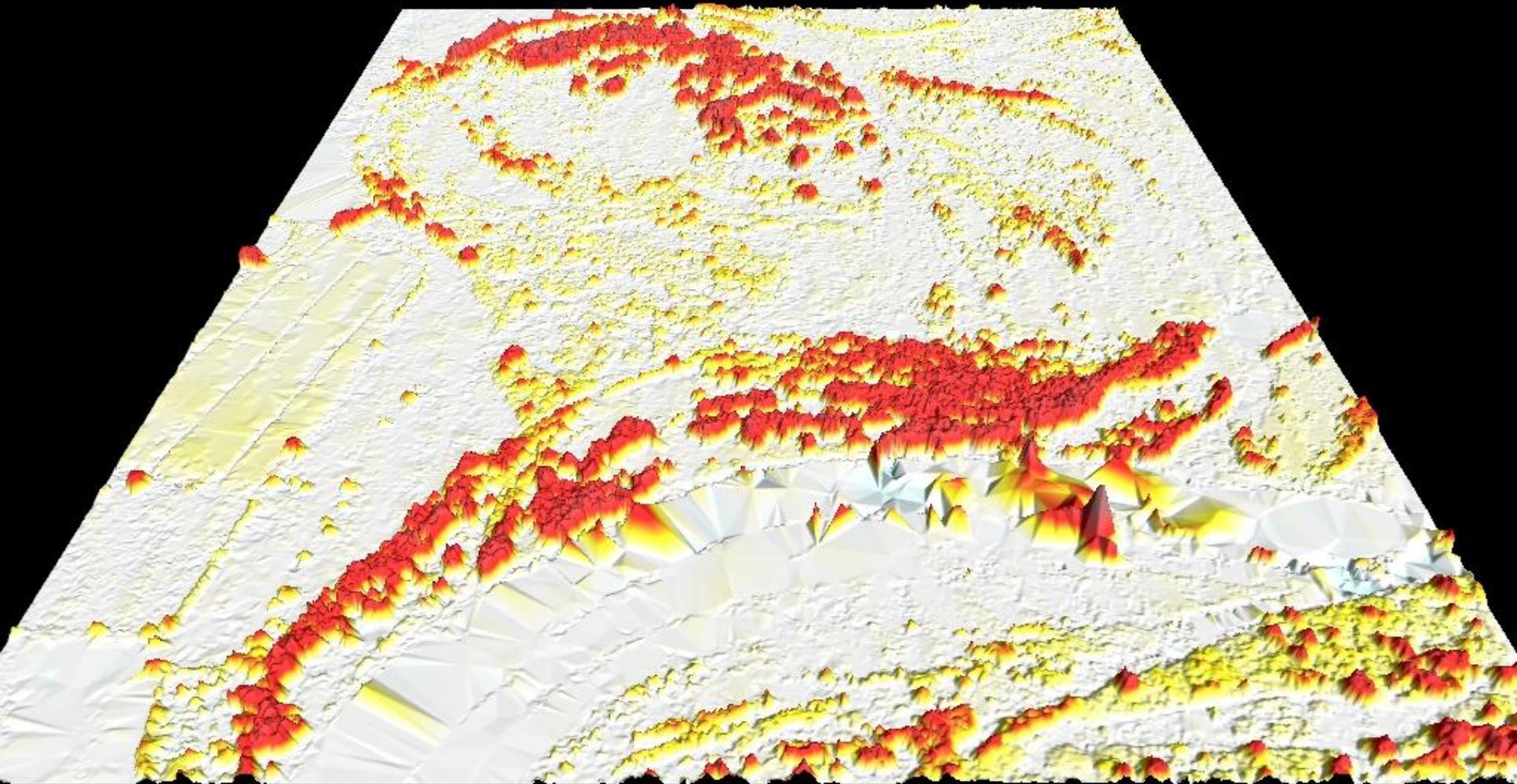


Hauteurs (en m)



MHC ou carte des hauteurs de la végétation

# Modèle de Hauteur du Couvert



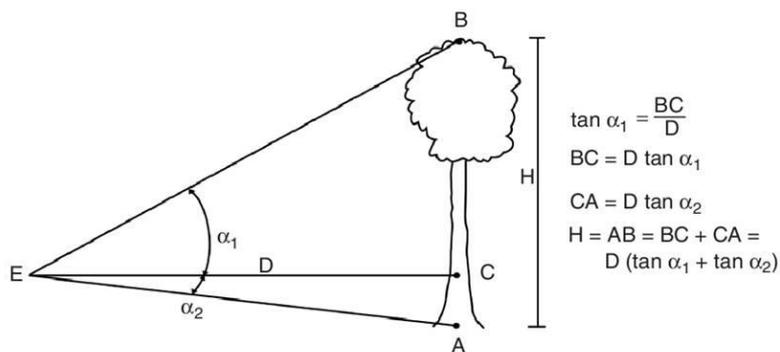
# V. Vérification de la pertinence du modèle

## V.1. Mesure des arbres sur le terrain

Mesure de la hauteur au dendromètre

Hauteurs maximales  
(pour être capable de localiser la même  
hauteur sur le modèle)

Géolocalisées au GPS sub-métrique



Relation trigonométrique utilisée par un dendromètre  
pour mesurer les hauteurs



Dendromètre Suunto utilisé pour les  
mesures de hauteur



Arbre mesuré sur la zone d'étude

## V.2. Mesure des arbres sur le modèle

- Positionnement des arbres mesurés sur le MHC grâce aux coordonnées GPS
- Compte tenu de l'erreur de position liée au GPS on recherche la hauteur maximale sur le modèle dans une zone de 25m<sup>2</sup> autour du point

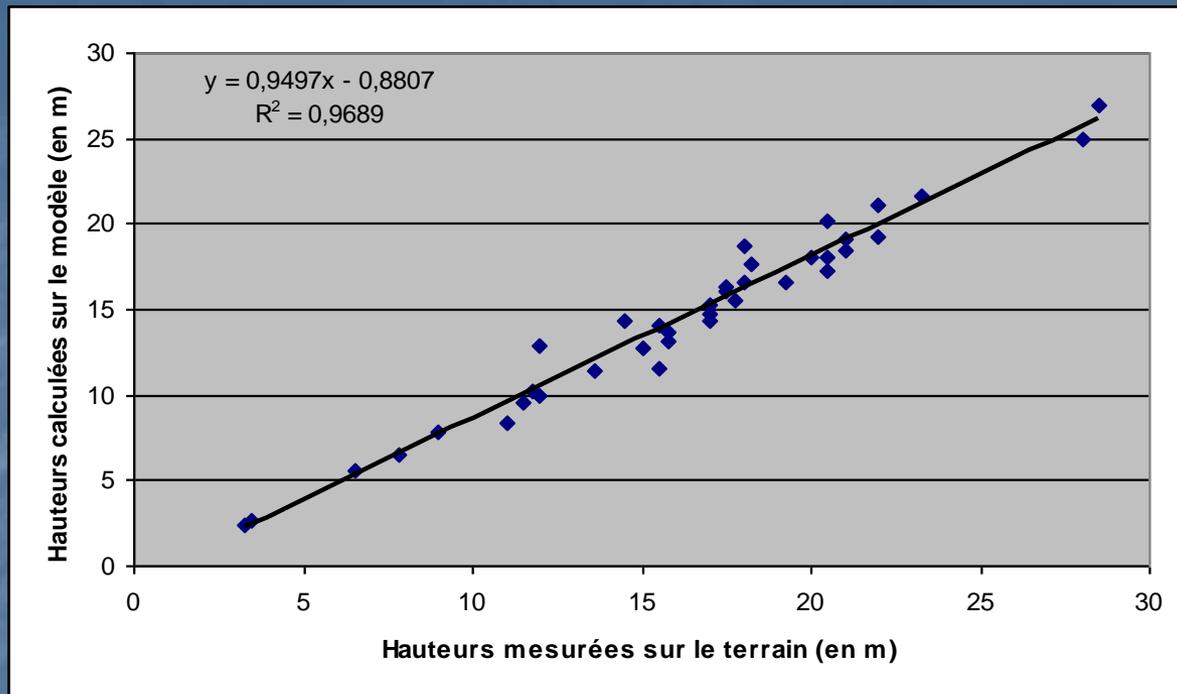


Placettes visualisées sur  
l'orthophotographie de la zone d'étude

Source : CRAIG

# Premiers résultats

ID	Hauteurs d'arbres (en m)		Différence
	Terrain	Modèle	
1	18	18,71	-0,71
2	14,5	14,4	0,1
3	17,5	16,12	1,38
4	9	7,85	1,15
5	21	18,44	2,56
6	3,5	2,7	0,8
7	6,5	5,55	0,95
8	23,25	21,7	1,55
9	11	8,35	2,65
10	28,5	26,9	1,6
11	28	25	3
12	3,25	2,45	0,8
13	15,5	11,6	3,9
14	12	9,95	2,05
15	12	12,84	-0,84
16	15,75	13,66	2,09
17	13,6	11,35	2,25
18	17	15,25	1,75
19	11,75	10,22	1,53
20	15,75	13,18	2,57
21	15	12,7	2,3
22	17	14,35	2,65
23	22	21,1	0,9
24	17,5	16,31	1,19
25	19,25	16,55	2,7
26	17,75	15,57	2,18
27	20,5	20,13	0,37
28	21	19,05	1,95
29	18,25	17,7	0,55
30	22	19,3	2,7
31	20,5	18,07	2,43
32	11,5	9,57	1,93
33	17	14,75	2,25
34	20,5	17,27	3,23
35	7,85	6,48	1,37
36	18	16,6	1,4
37	20	18,025	1,975
38	15,5	14,12	1,38
Moyenne	16,28	14,58	1,70
Ecart-type	5,65	5,45	1,00



Sur 38 mesures réalisées :

Différence moyenne : -1,7 m

Ecart-type : 1

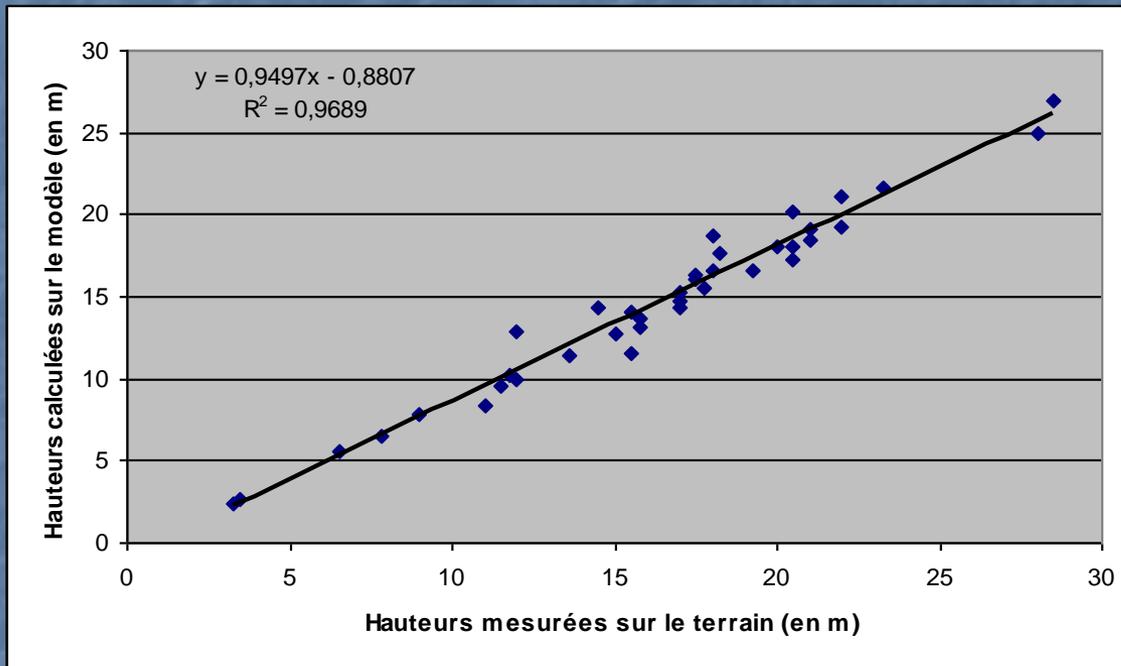
$R^2 : 0,97$

**Sous estimation  
Mais forte corrélation entre les  
données**



**La sous-estimation est inévitable**, il est impossible de représenter le bourgeon terminal par photogrammétrie car le modèle a tendance à être lissé

Possibilité d'établir une correction sur les données ?



Equation de régression



Correction applicable à l'ensemble des mesures sur le modèle



**Retour sur le terrain pour vérifier les mesures ainsi obtenues**

## VI. Conclusion

- Les photographies aériennes sont une **ressource essentielle** à l'étude des corridors fluviaux
  - Photo-interprétation
  - Photogrammétrie stéréoscopique
- Mesurer les hauteurs de couvert par photogrammétrie :
  - Sous-estimation moyenne de 1,7 m
  - Possibilité de correction?
- Intégrer la **troisième dimension** aux analyses
- Gain de temps en automatisant la digitalisation

## VII. Perspectives de cette étude

### VII.1. Utilisation d'autres types d'images

- Images IRC

Utilisation des images en  
infra-rouge couleur 2009  
du CRAIG

Amélioration de la restitution  
photogrammétrique pour la mesure  
de hauteur d'arbre?



*Source : CRAIG*



- Utilisation d'un drone

- Gérer l'ensemble des conditions d'acquisition des données
- Echelle plus précise

## VII.2. Suivi diachronique

Analyse 3D rétrospective

Photos anciennes de l'IGN

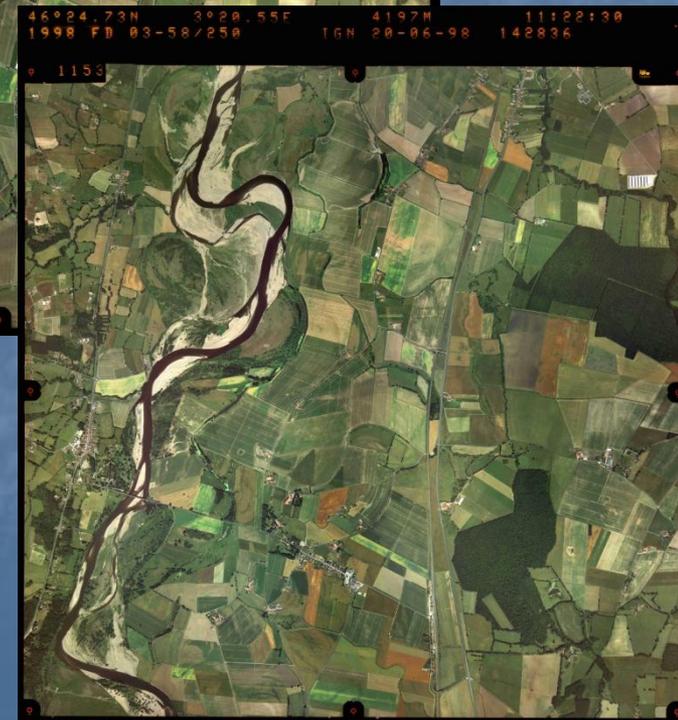
Problème : pas de  
possibilité de contrôle par  
des données de terrain

Utilisation de courbes de  
croissance pour voir si les  
mesures sont cohérentes



Couple  
stéréoscopique  
de 1998

Source : IGN



An aerial photograph of a wide river meandering through a landscape. The river is dark blue, and the surrounding land is a mix of green fields and dense green forests. Large, light-colored sandbars are visible along the river's course, particularly in the middle and lower sections. The sky is clear and blue. A dark blue rectangular box with a white border is centered in the image, containing the word "Merci" in white text.

**Merci**