

Initiation à la photo-interprétation

# Photographie aérienne

Emmanuel Bonnet

# Introduction

- **Définition** : « les photographies aériennes et spatiales sont des document issus de prises de vues à partir de satellite, d'un avion ou de tout autre appareil volant et sur lesquels **on peut identifier des objets, des formes ainsi que leur arrangement spatial, leurs relations.** » (H. Bakis, M. Bonin, 2000)
- **2 types de documents** : les photographies (tirage papier) et image (format numérique). Appartiennent tous les 2 à la télédétection.
- **Qu'est-ce que la télédétection ?** : « La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. » (Centre Canadien de télédétection)

# Introduction

- Les photographies aériennes reproduisent de manière impartiale la surface du sol à un moment donné.
- Les photographies aériennes et spatiales permettent en outre d'explorer une portion du spectre électromagnétique plus vaste que la seule fraction visible à l'œil humain.
- Permet d'avoir une meilleure connaissance du monde et ouvre des applications à une multitude de spécialistes : géologue, géographes, agronomes, ...
- Permet d'alléger le travail sur le terrain sans toutefois le remplacer. Un certain nombre d'analyses sont effectuées sur les images. Avantage financier.
- 3 domaines d'utilisation des documents aériens : photogrammétrie à des fins de cartographie ; illustration ; photo-interprétation
- Cette dernière n'est possible que par analyse humaine : objet de ce cours.

# Les photographies aériennes : les prises de vue

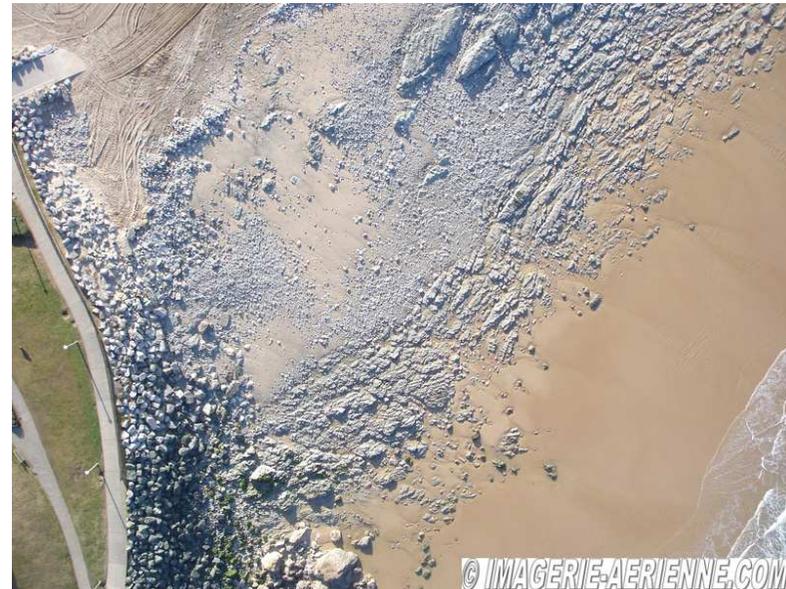
- Fournisseur français : L'IGN. Première couverture en 1939.
- Plusieurs organismes privés produisent également des images
- Caractéristiques des vols : L'altitude varie en fonction du vecteur utilisé :
  - de 100 m à 1 km pour un hélicoptère
  - de 5 à 15 km pour les avions
  - de 30 à 35 km pour les ballons
  - de 250 à 1000 km pour les stellites
- Fréquences de prise de vues et d'enregistrement :
  - couverture régulière depuis 1945. Fréquence de 5 ans en moyenne. 10 ans sur les zones de faible développement. 3 ans pour les zones urbanisées.

# Les photographies aériennes : les prises de vue

- Les types de photographie : elles peuvent être classées en fonctions de différents critères ; l'émulsion, la longueur d'onde observée; les angles de prise de vue (verticale, obliques ou panoramique)
- Les photographies verticales

Les plus intéressantes pour la cartographie et l'interprétation. Lecture facile des détails et des mesures. Permet de restituer les lignes ou les points ; la vision stéréoscopique.

L'axe optique de ce type de photo est perpendiculaire par rapport au sol. Cette perpendicularité n'est jamais parfaite. Elle est considérée comme verticale si l'angle d'inclinaison de l'axe optique n'excède pas 5 grades.



# Les photographies aériennes : les prises de vue

- Les photographies obliques : présentent un aspect perspectif du terrain. Elles couvrent une grande superficie que les verticales pour une même altitude de prise de vue.



# Les photographies aériennes : les prises de vue

- Les photographies panoramiques : Observation similaire à celle que l'on pourrait prendre à partir d'un poste terrestre. L'horizon doit être apparent.



Olivier COLLIN  
AIR VIEWS  
oliviercollin@laposte.net



Olivier COLLIN  
AIR VIEWS  
oliviercollin@laposte.net

# Les photographies aériennes : les prises de vue

- La qualité de l'image

Une image de qualité suppose : netteté, absence de distorsions géométriques, absence d'aberration chromatique, défauts métriques aussi faibles que possible.

D'autres paramètres autres que l'émulsion et les distorsions sont à prendre en compte : la luminosité, les conditions de vol. La couverture nuageuse doit être inférieure à 10%. Les ombres doivent être faibles (prise de vue à midi)

# Caractéristiques des documents

- Les renseignements principaux de l'images se trouvent dans les marges de la photographie.

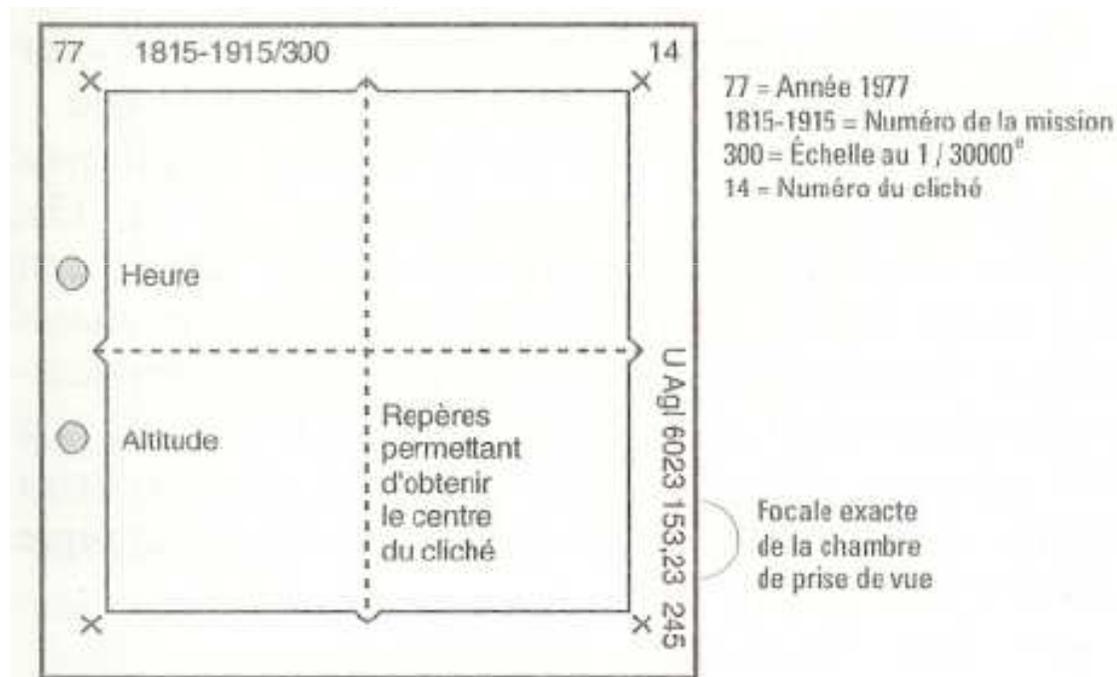


Fig. 2.  
Indications portées sur une photographie de L'IGN  
(d'après le STU, « L'usage des photographies aériennes », 1992).

# Caractéristiques des documents

- **Echelles et restitutions**

Les échelles varient en fonction de l'altitude de prise de vue. Le choix des échelles varie en fonction du domaine d'application. (Voir tableau)

- Echelles et résolutions disponibles à l'IGN.

Généralement elles sont de 3 types : 1/20000 ; 1/25000; 1/30000 selon les années.  
Format 24 cm x 24 cm avec une échelle 1/ 25 000 couvre 6 km de côté soit 3600 ha

1/500	Urbanisme : opérations de rénovation, ZUP
Du 1/2 000 au 1/5 000	Urbanisme : étude de faubourg, tissu urbain
Du 1/5 000 au 1/10 000	Pédologie
Du 1/5 000 au 1/25 000	Biogéographie, botanique, Études humaines (urbaines, rurales)
Du 1/15 000 au 1/40 000	Géomorphologie
Du 1/25 000 au 1/1 000 000	Géologie (bonne vision des structures)
Échelles très petites (1/1 000 000 par ex.)	Structures continentales
Du 1/1 000 000 au 1/5 000 000	Météorologie

# Caractéristiques des documents

- Les émulsions et les longueurs d'onde

Les photographies aériennes et les images permettent d'explorer une partie du spectre électromagnétique plus large que la seule fraction visible à l'œil humain.

- Le spectre visible :** Un rayon de lumière blanche peut être décomposé (par un prisme de cristal) et on obtient une bande de couleur allant du violet au rouge. Ces couleurs nous sont familières car elles correspondent à l'arc en ciel visible lors de la décomposition de la lumière du jour par les gouttes de pluie. Les longueurs d'ondes deviennent d'autant plus grandes que l'on progresse dans le spectre du bleu au rouge. Le spectre visible comprend les ondes de fréquence allant d'environ 400 nm à 700 nm (millionième partie du millimètre)

v · d · m															
Spectre électromagnétique [ Enrouler ]															
Spectre électromagnétique : Radioélectricité · Spectre radiofréquence · Bandes VHF-UHF · Spectre micro-ondes															
Fréquence	9 kHz	1 GHz	300 GHz	3 THz	405 THz	480 THz	508 THz	530 THz	577 THz	612 THz	690 THz	750 THz	30 PHz	30 EHz	
Longueur d'onde	33 km	30 cm	1 mm	100 µm	745 nm	625 nm	590 nm	565 nm	520 nm	490 nm	435 nm	400 nm	10 nm	10 pm	
Bande		ondes radio	micro-ondes	térahertz	infrarouge	rouge	orange	jaune	vert	cyan	bleu	violet	ultraviolet	rayons X	rayons γ
			rayonnements pénétrants			lumière visible						rayonnements ionisants			

# Caractéristiques des documents

- Le spectre invisible** : Certaines radiations ne sont pas visibles à l'œil humain. Elles se situent à chaque extrémité du spectre : l'ultraviolet (fréquence courte) et l'infrarouge (fréquences supérieure à celle du rouge). Les émulsions chimiques ne permettent de photographier que les infrarouges très proches du rouge visible. Les images satellitales permettent d'élargir le champ d'observation en allant jusqu'aux hyperfréquences.
- [http://www.arte.tv/fr/content/tv/02\\_Communities/C4-knowledge\\_2oand\\_2odiscovery/02-Magazine/10\\_ARTE\\_Sciences/07\\_Animations/Le\\_2oSpectre\\_2oEle\\_2o-2oDas\\_2oElektromag/366992.html](http://www.arte.tv/fr/content/tv/02_Communities/C4-knowledge_2oand_2odiscovery/02-Magazine/10_ARTE_Sciences/07_Animations/Le_2oSpectre_2oEle_2o-2oDas_2oElektromag/366992.html)

v · d · m															
Spectre électromagnétique [ Enrouler ]															
Spectre électromagnétique : Radioélectricité · Spectre radiofréquence · Bandes VHF-UHF · Spectre micro-ondes															
Fréquence	9 kHz	1 GHz	300 GHz	3 THz	405 THz	480 THz	508 THz	530 THz	577 THz	612 THz	690 THz	750 THz	30 PHz	30 EHz	
Longueur d'onde	33 km	30 cm	1 mm	100 µm	745 nm	625 nm	590 nm	565 nm	520 nm	490 nm	435 nm	400 nm	10 nm	10 pm	
Bande		ondes radio	micro-ondes	téraherz	<b>infrarouge</b>	rouge	orange	jaune	vert	cyan	bleu	violet	ultraviolet	rayons X	rayons γ
			<i>rayonnements pénétrants</i>			lumière visible							<i>rayonnements ionisants</i>		

# Différents types d'émulsions

- **Le panchromatique :**

La plus courante des émulsions. Facile à lire, elle correspond au mode noir et blanc. Faible coût et forte distinction dans la gamme des teintes du noir au blanc, font de cette émulsion la plus répandue.



# Différents types d'émulsions

## La photographie couleur :

beaucoup d'attraits pour le photo-interprète car les couleurs sont proches de celles du monde réel. Mais il faut être vigilant dans l'analyse car les confusion colorimétriques sont fréquentes.



# Différents types d'émulsions

## L'infrarouge noir et blanc :

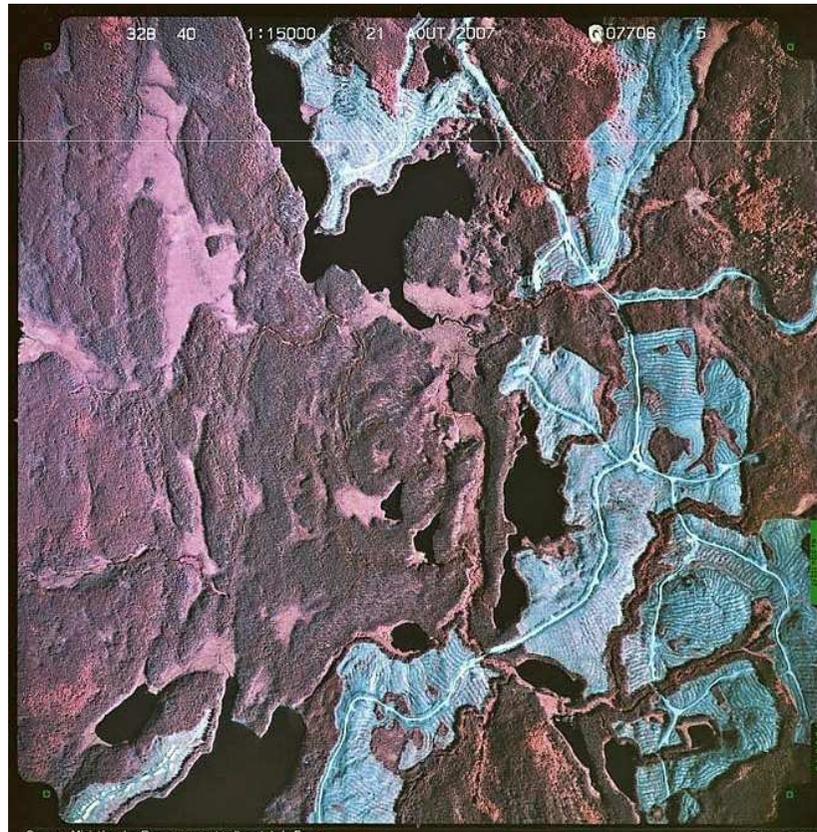
Sensible à la lumière violette, bleue et rouge du spectre visible, il convient d'utiliser un filtre pour arrêter les rayons non désirés. Intérêt pour l'analyse du tapis végétal et l'eau. Plus l'humidité est forte plus la zone est sombre. Forte activité chlorophyllienne est représentée par une forte clarté. Le rayonnement infrarouge est donc absorbé par l'eau, les conifères, les végétaux secs ou brûlés. Au contraire, les effets d'évaporations de la végétation entraînent une forte réflectance. Le contrôle du terrain est indispensable.



# Différents types d'émulsions

## L'infrarouge couleur (ou fausse couleur)

Déroutant car les objets ont des couleurs différentes du monde réel. Elles comportent les qualité des émulsions couleurs et des émulsions infrarouge. 2 couches sensibles enregistrent les radiations infrarouges et du spectre visible.



# Différents types d'émulsions

- Comparaison des différentes émulsions

Panchromatique



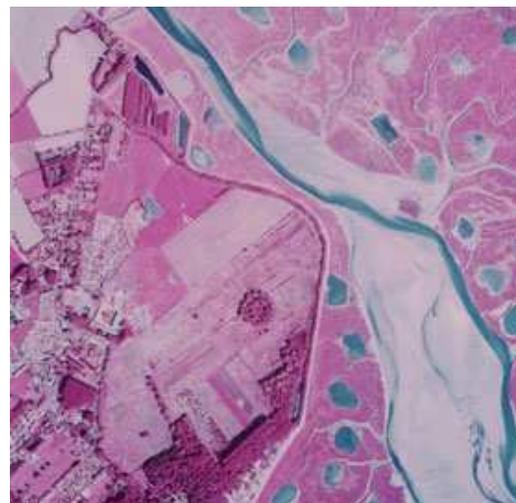
Couleur



Infrarouge noir et blanc



Infrarouge couleur



# Différents types d'émulsions

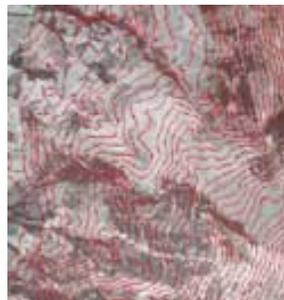
**Les autres restitutions sous forme d'images (satellites) :**

Multibandes ou multispectral ; infrarouge thermique ; radar... (voir conclusion )



# Quelles applications ?

- **Photogrammétrie** : La photogrammétrie est une technique qui a pour but de localiser et de restituer de façon précise les caractéristiques géométriques (forme, dimensions, orientations relatives) d'un objet à partir d'une ou plusieurs images. Si le photogrammètre utilise des images aériennes à axe vertical pour faire de la cartographie, il utilise également des photographies terrestres à axe oblique en architecture, surveillance d'ouvrage d'art, levé d'objet remarquables...
- **Restitution photogrammétrique** : A l'aide de l'appareil de restitution, l'opérateur peut pointer les objets perçus en relief dans les images et enregistrer ainsi les coordonnées géographiques des objets qu'il vise. Dès cette étape, ces objets sont répartis par classes d'objets de même nature : habitations, réseau routier, rivières, bois, courbes de niveau... Les objets ainsi saisis sont ensuite renseignés par le topographe sur le terrain avant d'être dessinés par le cartographe. (Vers une utilisation sous SIG)



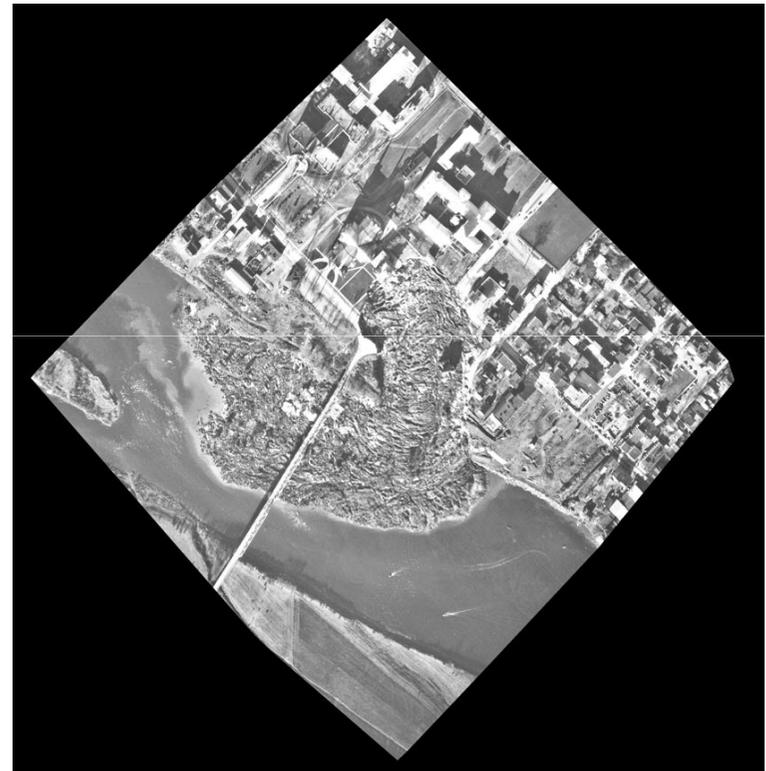
# Quelles applications ?

- **Production de documents photographiques élaborés**

Lorsqu'elle est numérisée et corrigée et qu'elle possède des propriétés géométriques de localisation identiques à celles d'une carte, elle est appelée **orthophotographie**.

L'orthophotographie est une photographie aérienne qui a fait l'objet d'un balayage numérique de haute résolution; qui a été corrigée géométriquement et redressée par rapport au sol afin d'éliminer les imprécisions occasionnées par l'inclinaison de la caméra au moment de la prise de vue et en raison de la déformation de l'image causée par le relief.

On a ajouté les coordonnées (géoréférence) afin d'être utilisée dans un ordinateur permettant ainsi d'y superposer d'autres informations géographiques, de mesurer des distances, etc. (SIG)



# Les photos numériques : l'avenir !

- De plus en plus, les photographies aériennes sont prises directement en mode numérique, avec des caméras numériques aéroportées. Ces **images numériques aéroportées** sont prises, à la manière des images satellite, par des détecteurs électroniques. Aussi, tout comme pour des images satellite, leur précision est-elle donnée en termes de résolution et non d'échelle. Par ailleurs, ces caméras prennent simultanément des images panchromatiques (en noir et blanc) et des images couleur qu'on dit aussi multispectrales (en rouge, vert et bleu).
- Les bandes panchromatiques sont généralement de meilleure résolution.
- Le **grand avantage** de l'utilisation des **caméras numériques aéroportées** réside dans le fait qu'il n'y a pas de pellicule, donc pas d'opération de développement. De plus, la photo n'a pas besoin d'être scannée pour produire une image numérique et elle est plus facile à stocker. Enfin, ces images ont de grandes qualités, puisqu'elles sont à la fois en bonne résolution en noir et blanc et en couleurs.
- Par contre, le **grand avantage des caméras traditionnelles** est leur champ plus étendu (elles couvrent plus de territoire par cliché) et leur prix largement inférieur à celui des équivalents numériques grand format.

# Résolution spatiale

La précision des images

**RÉSOLUTION**

1 pixel = 1 mètre



1 pixel = 10 mètres



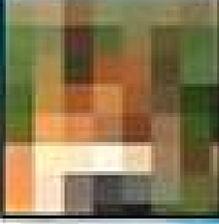
72 pixels / pouce



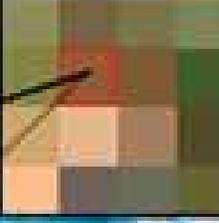
14 pixels / pouce



7 pixels / pouce



4 pixels / pouce



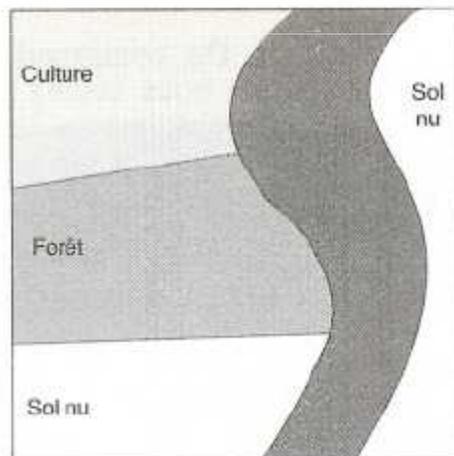
PIXEL

The diagram illustrates spatial resolution through two columns. The left column shows satellite imagery at different zoom levels: a car at 1m resolution and a city at 10m resolution. The right column shows a fox head at four different resolutions: 72, 14, 7, and 4 pixels per inch. A label 'PIXEL' with an arrow points to a single square in the lowest resolution fox image.

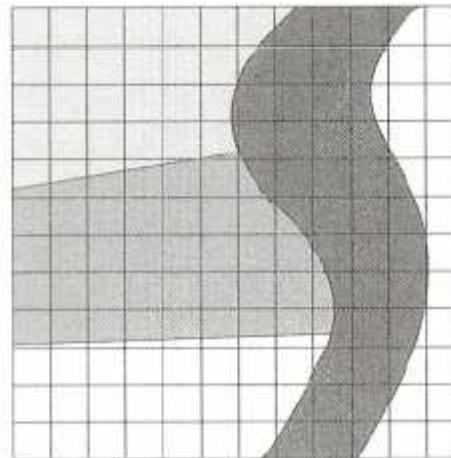
# Le numérique !

- **La visualisation des images numériques**

Consiste à associer un niveau de gris ou une couleur à chaque valeur de pixel. Avec un codage en 8 bits, le 0 correspond au noir et le 255 au blanc. Il est possible de visualiser plusieurs canaux en même temps en synthèse additive de couleur : on obtient une composition colorée.



Paysage fictif



Échantillonnage spatial

121	117	119	124	123	131	104	32	28	29	100	145
120	119	128	127	125	120	47	27	25	55	149	153
120	121	124	124	126	102	30	29	24	62	150	152
119	120	123	125	126	107	30	27	22	35	138	154
100	92	84	73	62	55	44	30	28	25	90	149
56	58	54	54	55	56	48	40	27	24	41	147
56	56	55	56	55	57	56	50	30	27	25	146
54	55	55	56	54	56	55	56	40	25	29	148
60	64	72	75	80	83	85	95	55	24	56	147
149	152	153	154	150	149	152	130	32	24	30	150
150	151	152	152	149	150	151	77	26	38	142	149
150	153	151	152	150	151	123	30	24	80	145	150

Numérisation du signal électrique reçu par le récepteur

# Techniques d'utilisation et de traitement

- **Quelques calculs courants :**  
Calcul de l'échelle : On calcul le rapport entre une distance sur le terrain et la mesure de cette distance sur la photographie. Plusieurs méthodes permettent de calculer l'échelle :
- La méthode sur un objet : On connaît la dimension d'un objet. Mesure de l'objet sur la photo et le terrain et rapport entre les 2.
- Méthode à partir de la focal et de la hauteur de vol : Echelle = focale de prise de vue/hauteur de vol → Echelle =  $F/H$
- **La mesure des hauteurs :** hauteur de l'objet connu/longueur de son ombre = hauteur de l'objet inconnu/longueur de son ombre

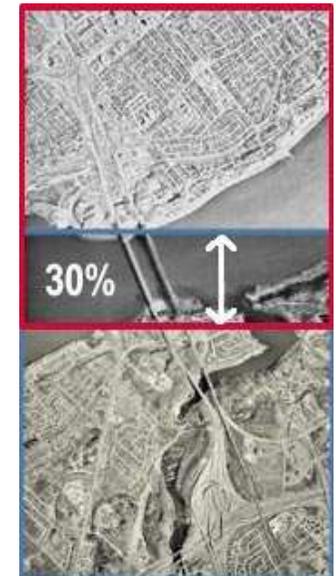
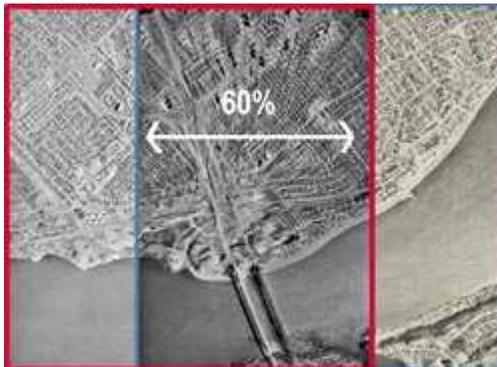
# Techniques d'utilisation et de traitement

- **Voir en trois dimensions**

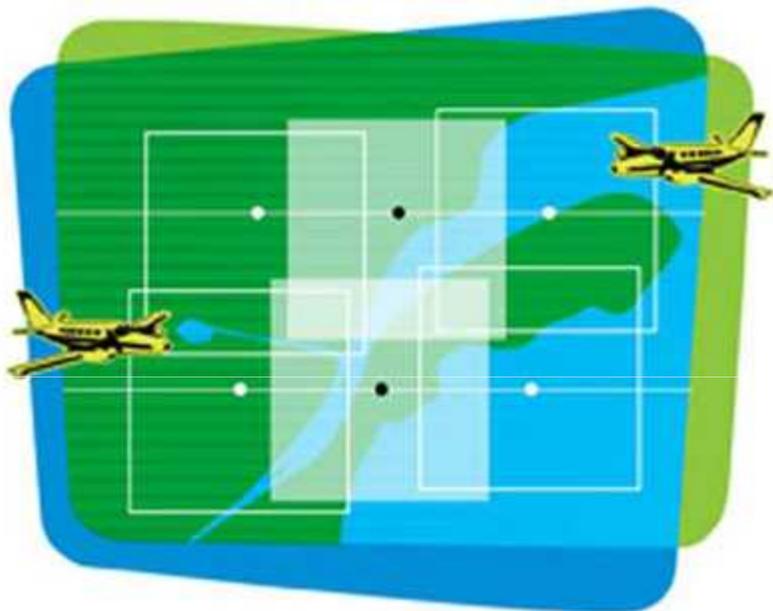
Les prises de vues aériennes sont toujours effectuées de façon à ce que deux photographies aient un même **recouvrement** longitudinal et latéral. Ces recouvrements permettent d'observer le territoire en trois dimensions, à l'aide d'un appareil spécialisé. Le phénomène optique qui permet de voir en trois dimensions s'appelle la **stéréoscopie**.

Afin d'obtenir une vision en trois dimensions du territoire couvert, une partie du sol représentée sur une photographie doit également être présente sur la suivante. C'est ce qu'on appelle le recouvrement. Lorsque l'avion se déplace, la zone photographiée qui est commune sur les deux photographies aériennes fournit une vue du territoire prise sous deux angles différents. En regardant cette partie à l'aide d'un stéréoscope, il est possible d'obtenir un aperçu du relief puisqu'il apparaît en trois dimensions.

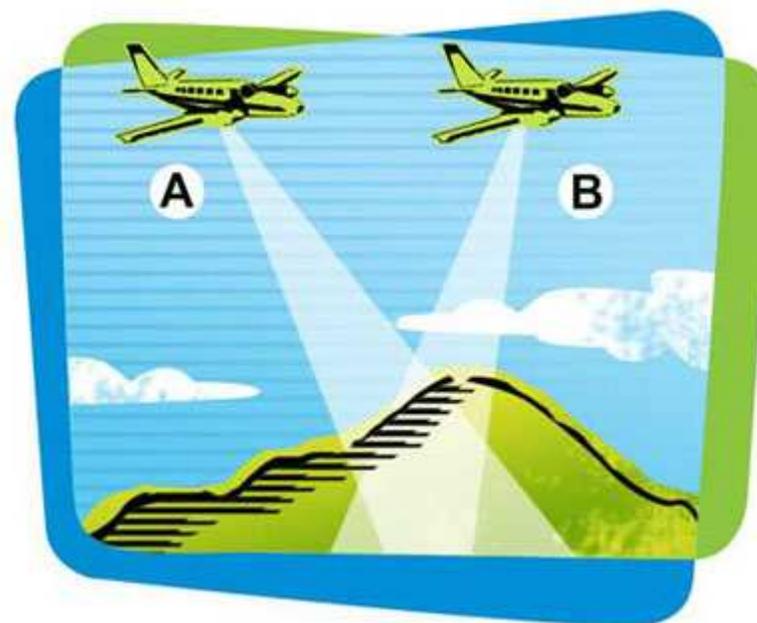
- **Recouvrement longitudinal de 60 % pour la vue stéréoscopique;**
- **Recouvrement latéral de 30 % pour assurer une couverture complète du territoire**



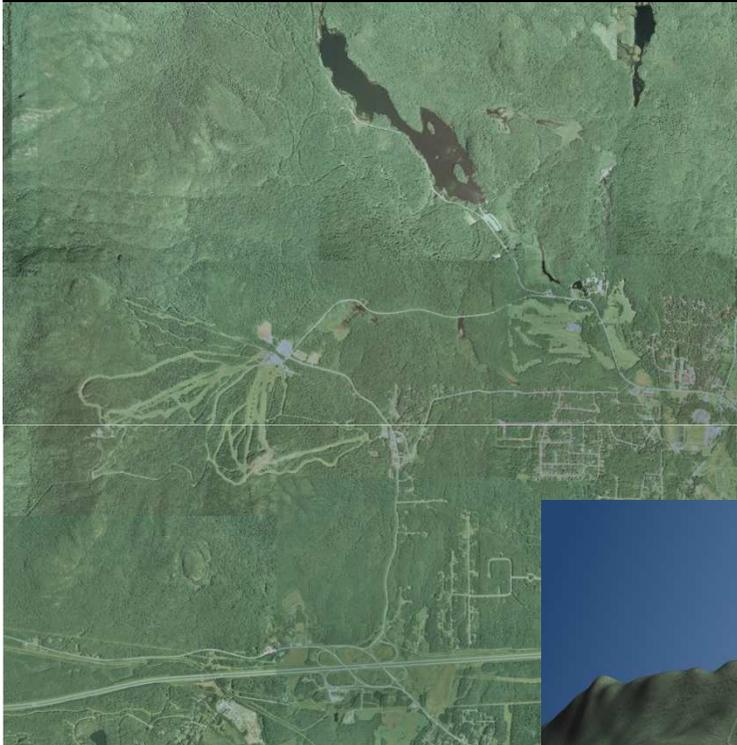
# Stéréoscopie



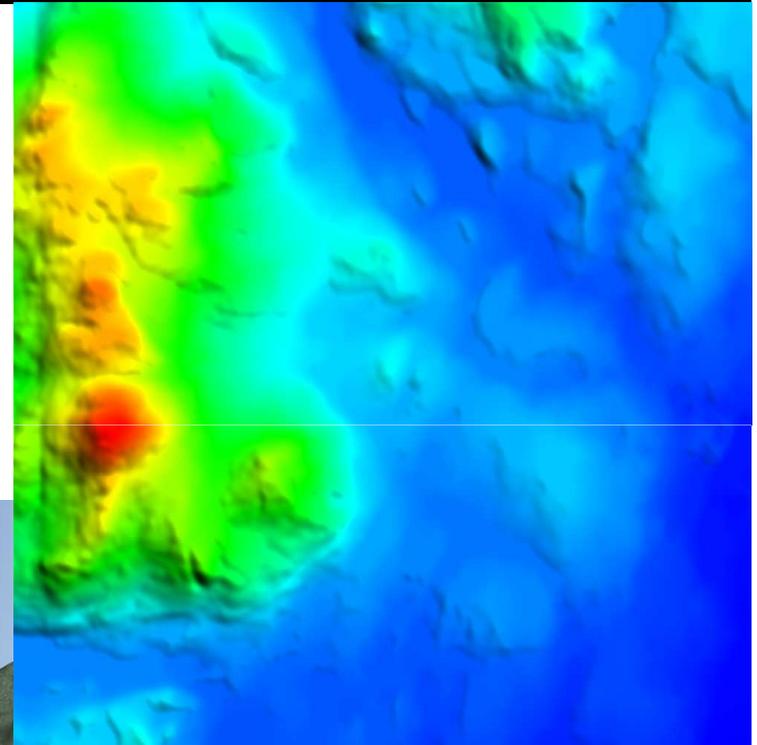
La stéréoscopie reproduit le processus naturel de la vision en trois dimensions de nos yeux. La prise de deux images dans des angles différents, par un avion, permet de reproduire la vision de nos deux yeux. C'est la distance entre les deux images et la hauteur de l'avion qui permettent d'accentuer l'effet de trois dimensions.



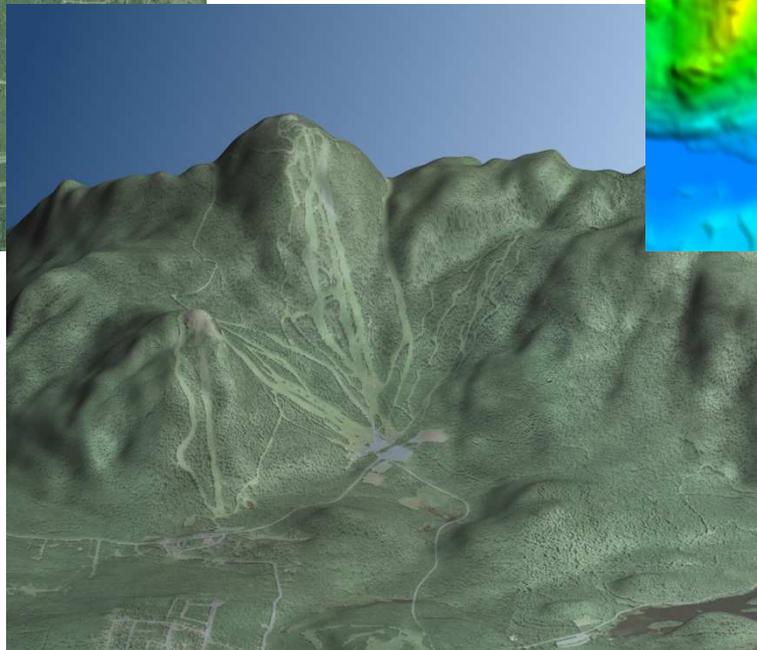
# Stéréoscopie...exemples



Au centre, le résultat de la combinaison des MNA et des mosaïques de photos : Mont Orford en perspective



L'image de gauche est une mosaïque d'une vingtaine de photos aériennes couleurs à l'échelle de 1/15 000, qui permettent de voir une vaste région d'un seul tenant.



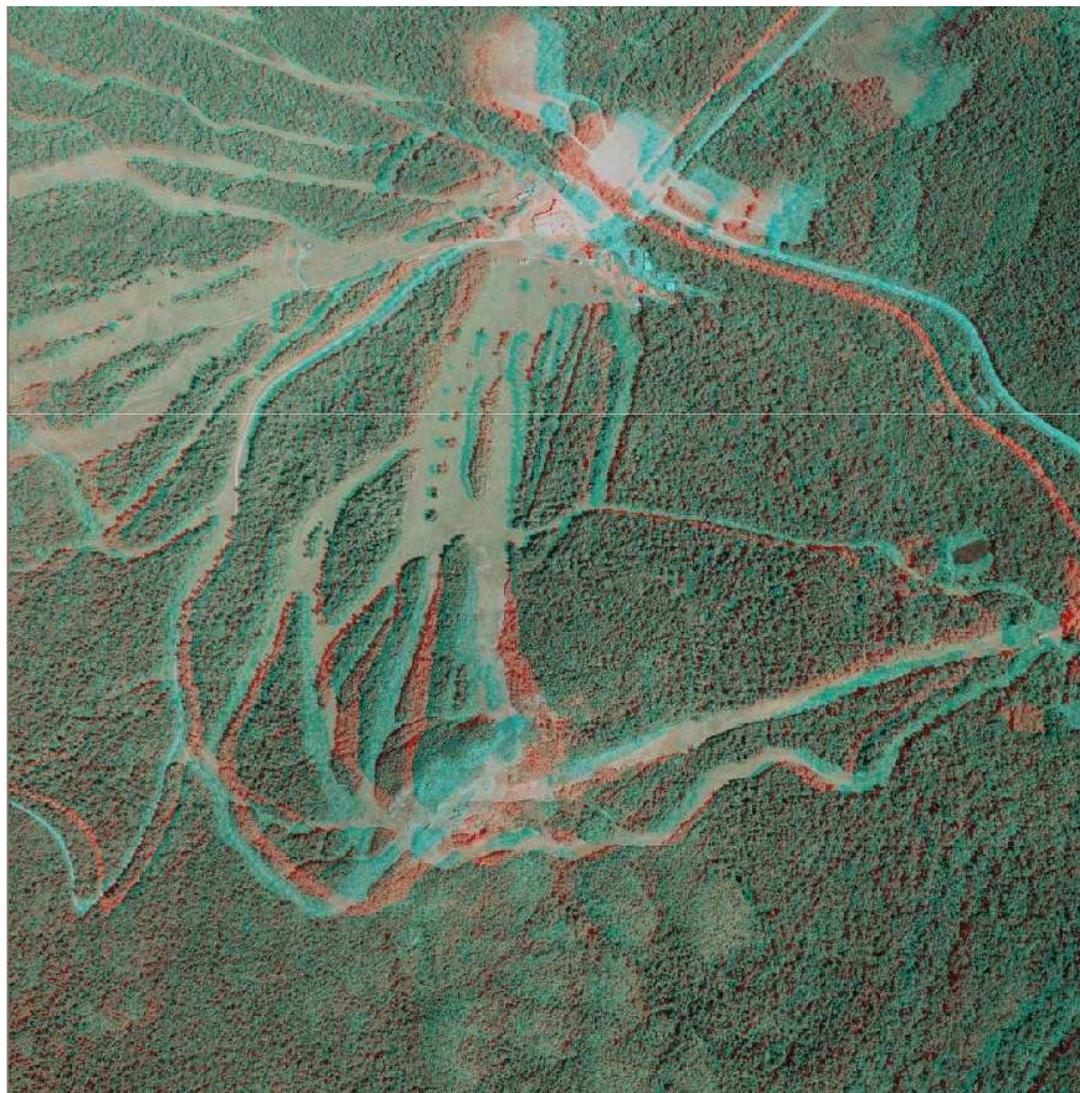
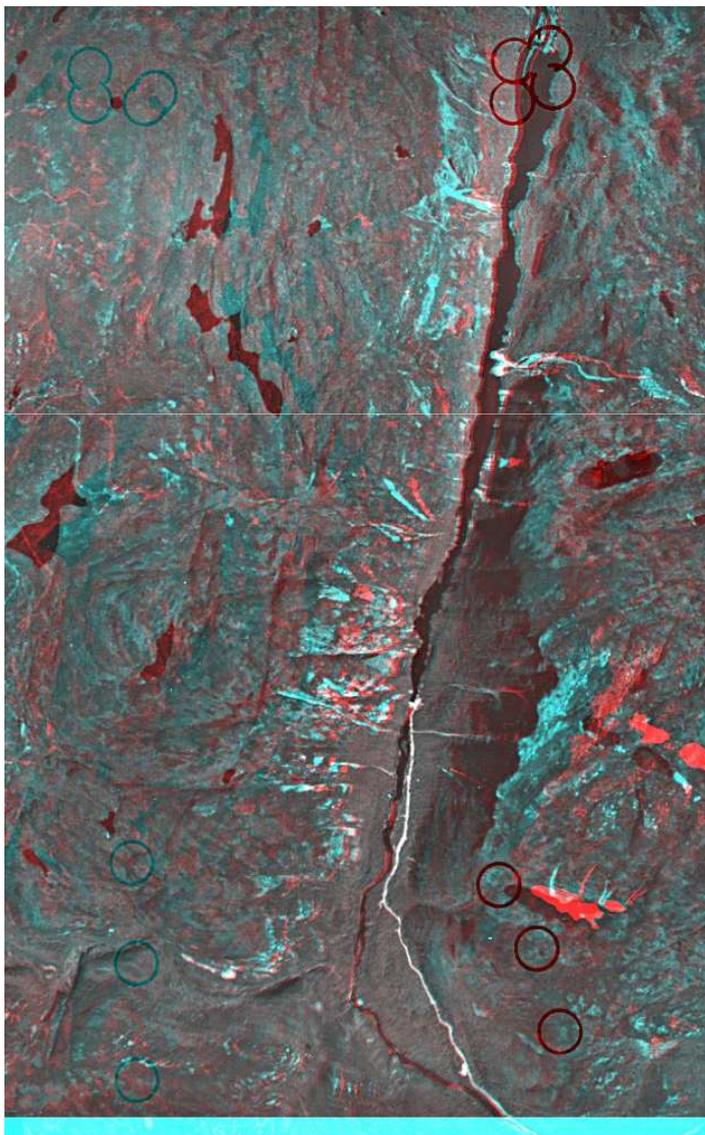
L'image de droite est appelée modèles numérique d'altitude (MNA) et a été fabriquée à partir des courbes de niveau présentes sur les [cartes topographiques](#) à l'échelle de 1/20 000. Ces MNA présentent, en image, le relief de ces régions.

# Stéréoscopie...toujours !

- Une autre façon de voir les photos aériennes en 3D et, cette fois-ci à la verticale, telles qu'on les verrait avec un stéréoscope, est le procédé des **anaglyphes**. Ce mot est tiré du grec *anaglyphos* qui signifie « ciselé » ou « gravé en relief ».
- Dans ces exemples, il s'agit d'une superposition de deux photos aériennes consécutives (la zone où il y a un recouvrement longitudinal) du mont Orford à gauche et des Hautes-Gorges-de-la-Rivière-Malbaie à droite. L'utilisation de deux couleurs complémentaires, ici le **rouge** pour l'image de gauche et le **cyan** (bleu-vert) pour l'image de droite, permet de reconstituer le relief en regardant l'image composite au travers de lunettes « 3D » munies de filtres colorés. Chaque œil n'aperçoit que l'image qui lui convient et le cerveau assure la fusion des deux images pour donner l'illusion d'une seule image en relief.



# Vision en relief



# Les étapes de la photo- interprétation

- L'analyse d'une photo s'effectue en fonction du but de la recherche en extrayant un maximum d'infos sur un objet. Il s'agit également de recouper les informations et d'en tirer des conclusions. La vérification terrain fait partie du processus.
- 4 grandes étapes se distinguent : la photo-identification ; la photo-analyse ; la photo-interprétation; la photo-interprétation assistée par ordinateur
- **La photo-identification** : observation de l'ensemble de l'image, identification des détails, étude des formes, délimiter les ensembles homogènes, établir des dénombrements.
- Pour correctement analyser les formes et les dimensions, le photo-interprète recense également la texture des objets, la couleur, l'organisation spatiale.
- **La texture** : aspect superficiel de la petite zone que l'on peut individualiser sur une photo dans laquelle un changement de caractère n'est pas décelable (caractère=ton-taille-forme). C'est donc un groupe de pixels connexes dessinant un motif (une forme) dotés de mêmes propriétés radiométriques.
- **La structure** : organisation des éléments texturaux, les uns par rapport aux autres, c'est – à dire les relations spatiales qui existent entre eux dans une image.

# Les étapes de la photo- interprétation

- **La photo-analyse :**

La reconnaissance de la forme d'un objet ne suffit pas, dans certain cas, à identifier réellement ce qu'il représente. Il est donc nécessaire d'analyser l'environnement de l'objet pour aider à le déterminer.

- **La photo-interprétation**

Elle associe les 2 phases précédentes à des recherches documentaires et aux connaissances de l'expert afin de dégager le résultat final.

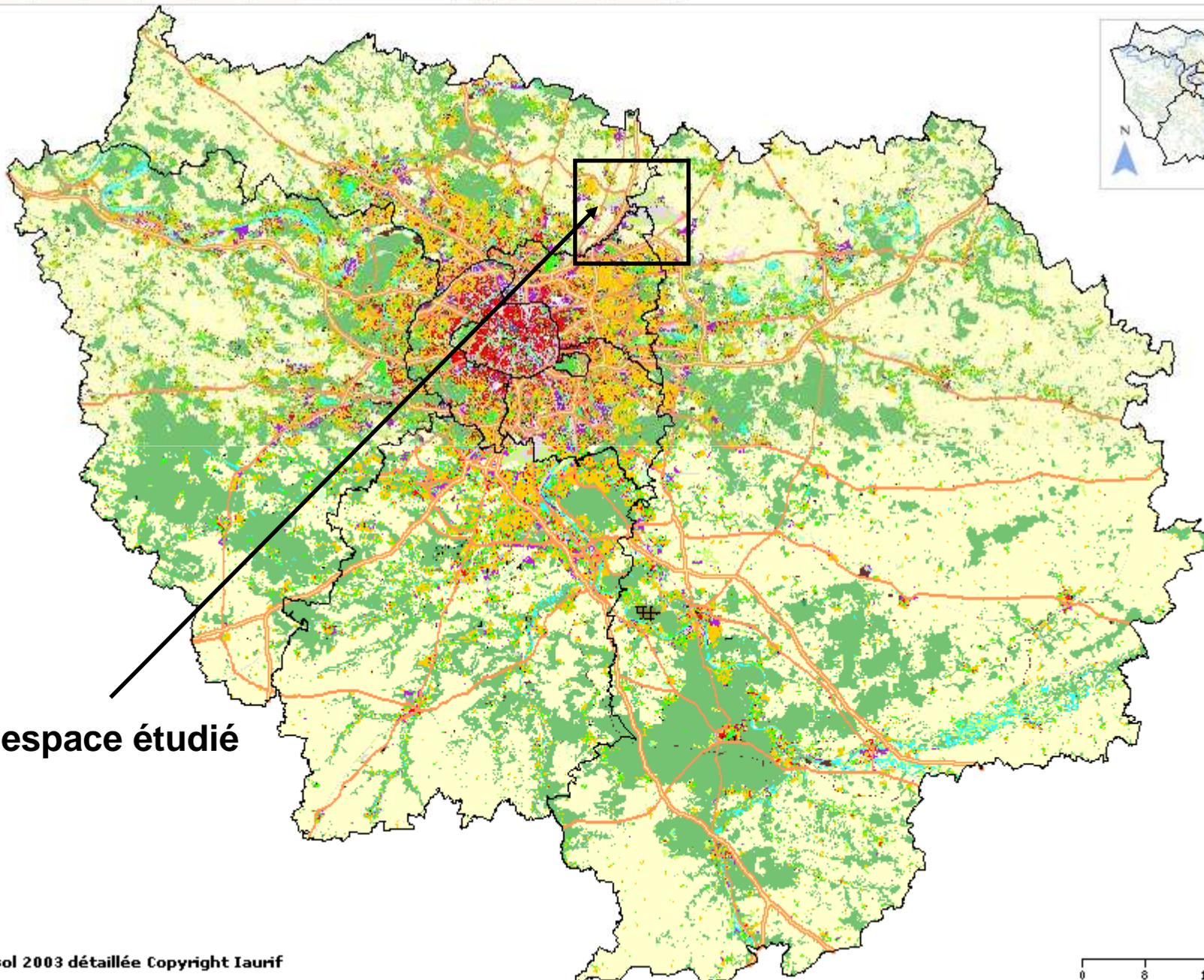
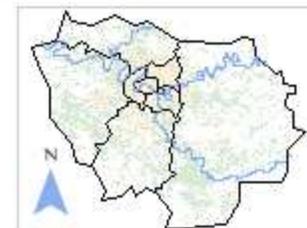
Il faut être spécialiste avant d'être photo-interprète !

- **La photo-interprétation assistée par ordinateur**

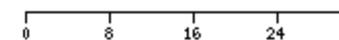
Elle combine itérativement traitement numérique et analyse visuelle en exploitant les performances des ordinateurs... (JP Fosting, 1988)  
Aujourd'hui elle se réalise sous SIG raster ou vecteur.

L'exemple du secteur de  
Roissy Ch De Gaulle

# **Les mutations de l'espace autour d'un aéroport international**



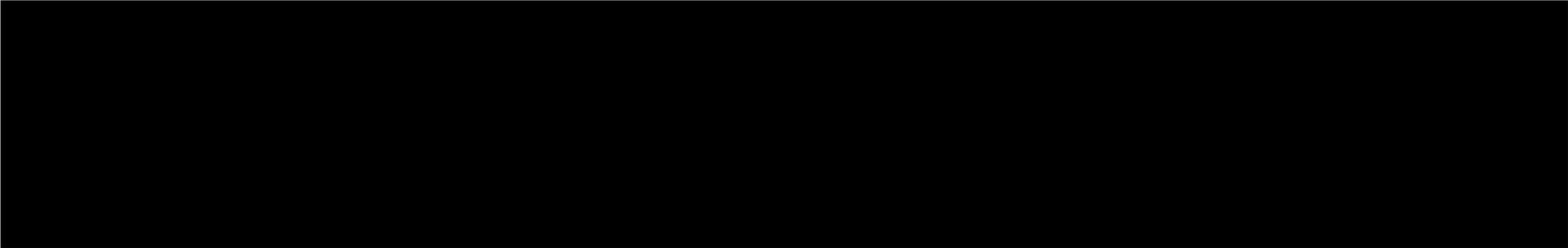
**Voir l'espace étudié**





Aéroport Roissy Ch de G

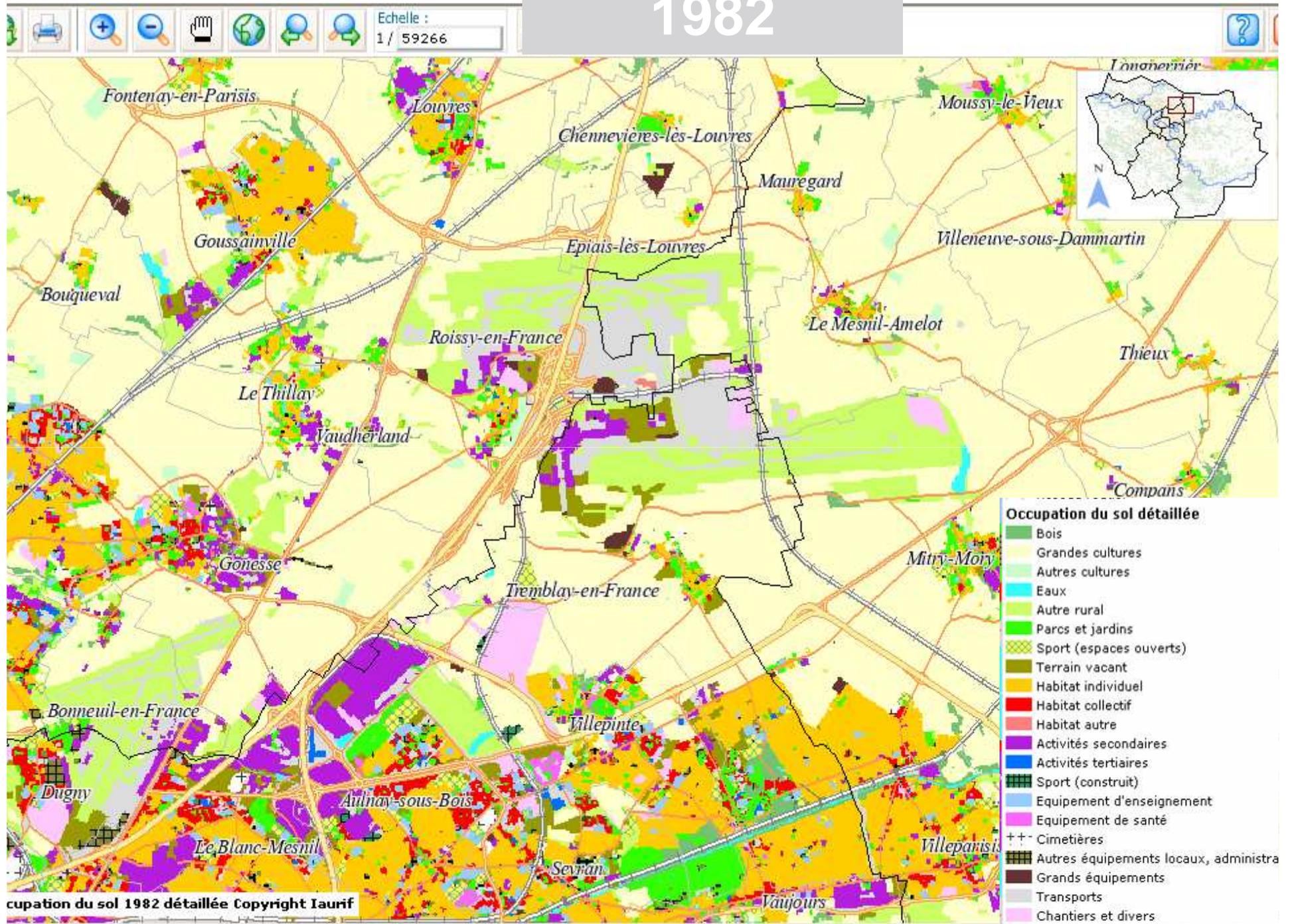




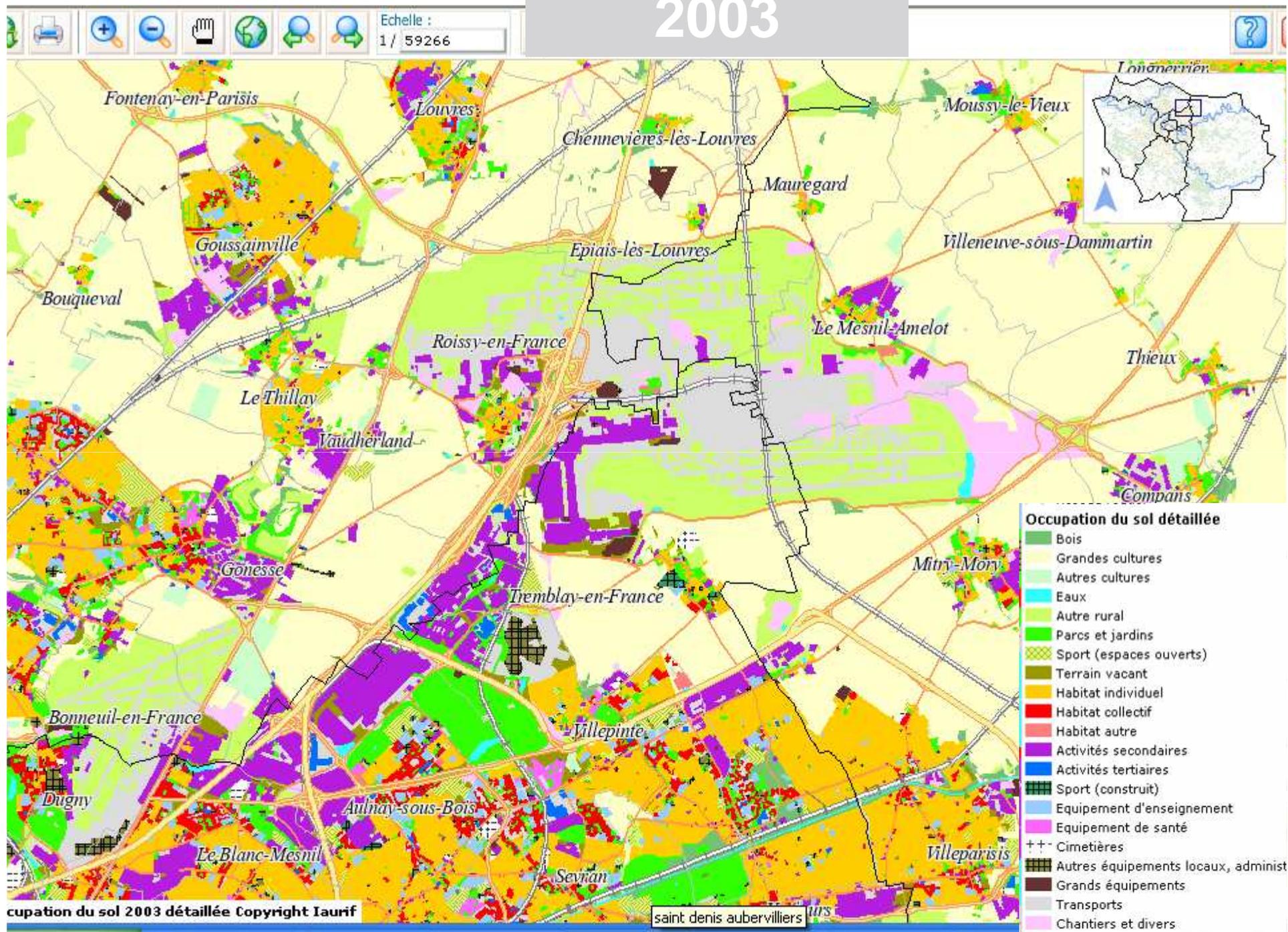
**Comparaison 1982/2003 :**

**aperçu visuel**

# 1982



# 2003

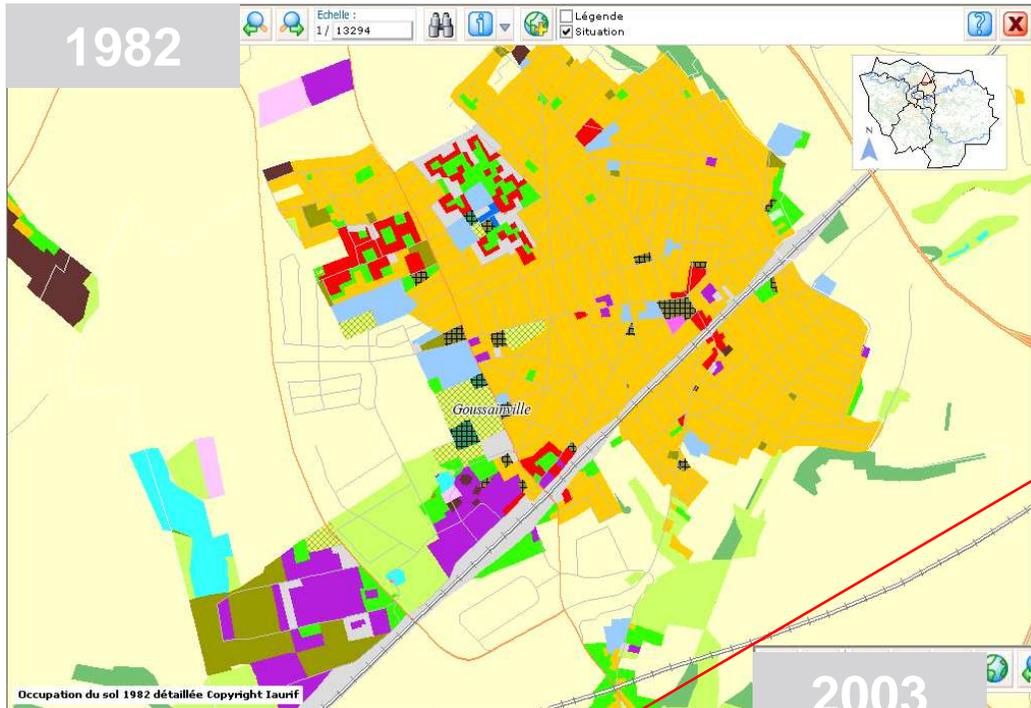




Aéroport Roissy Ch de G

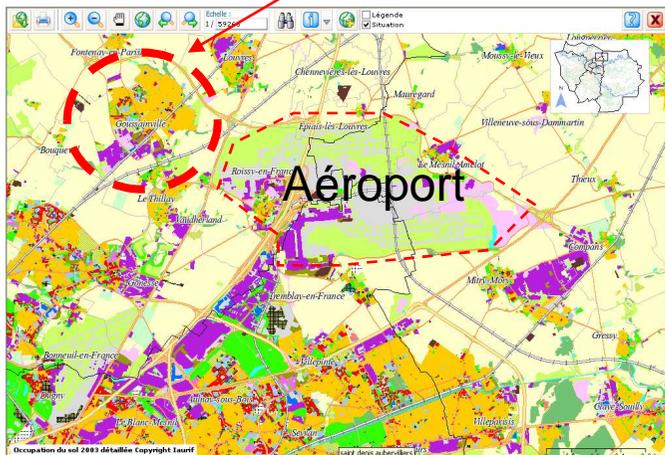
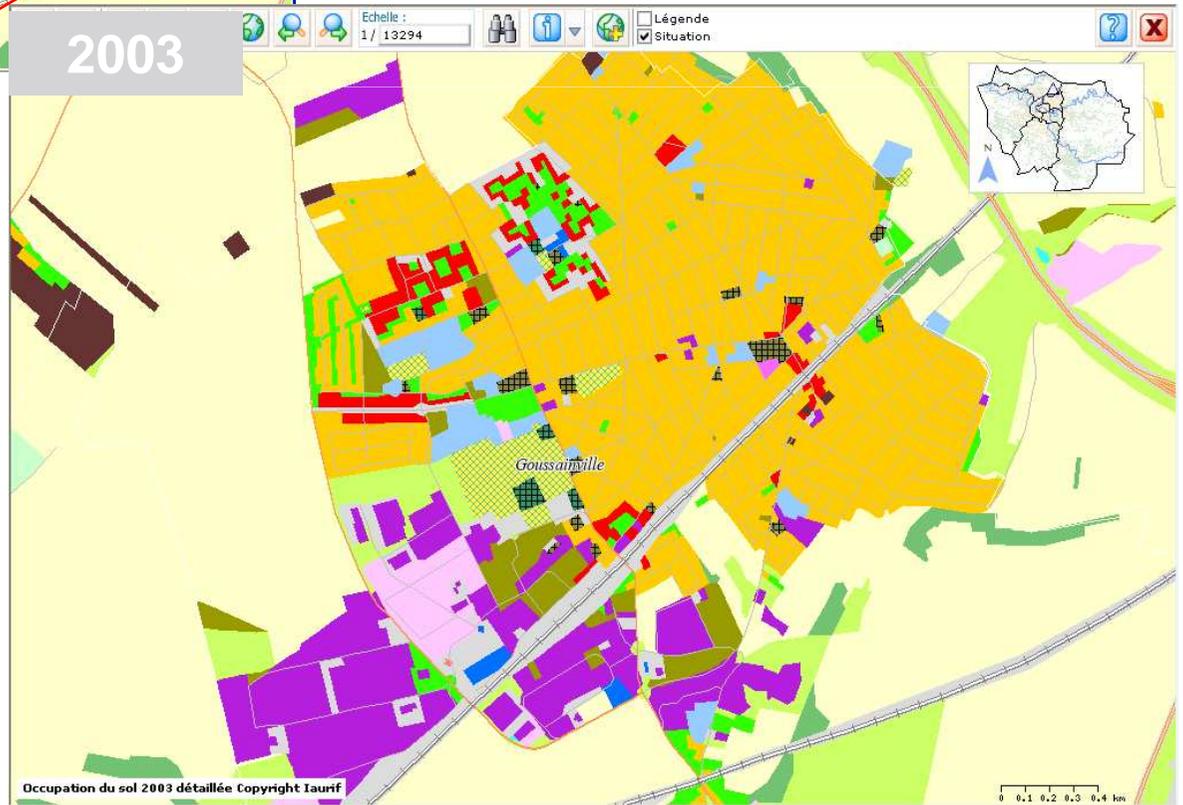


1982

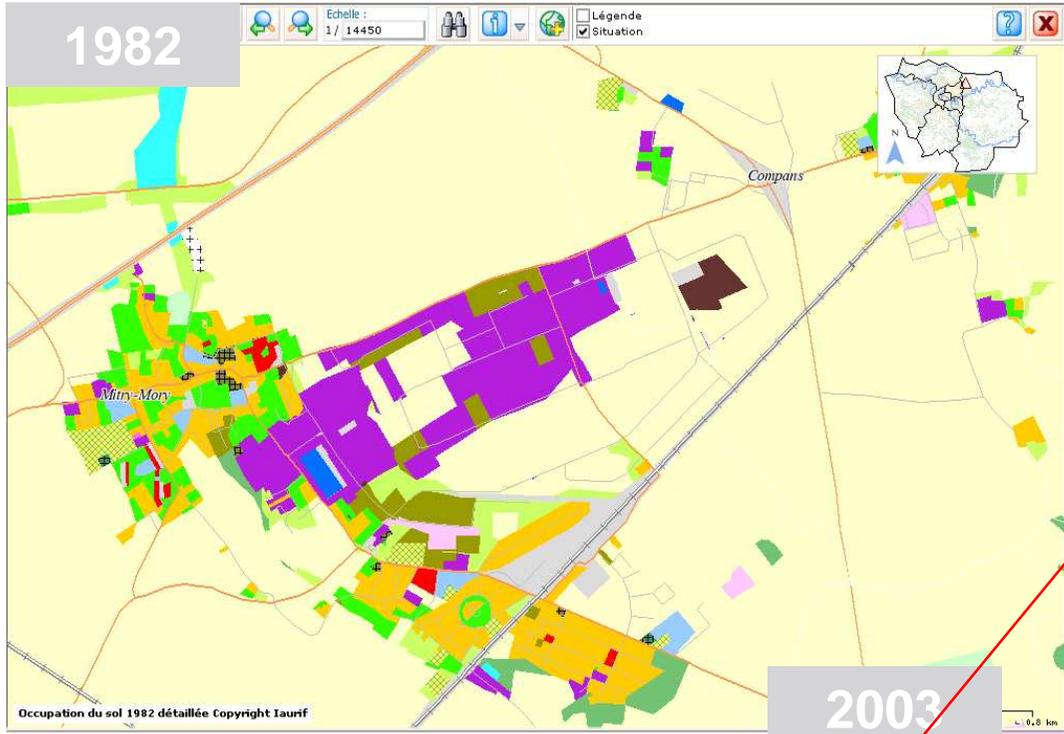


## Goussainville (95)

2003



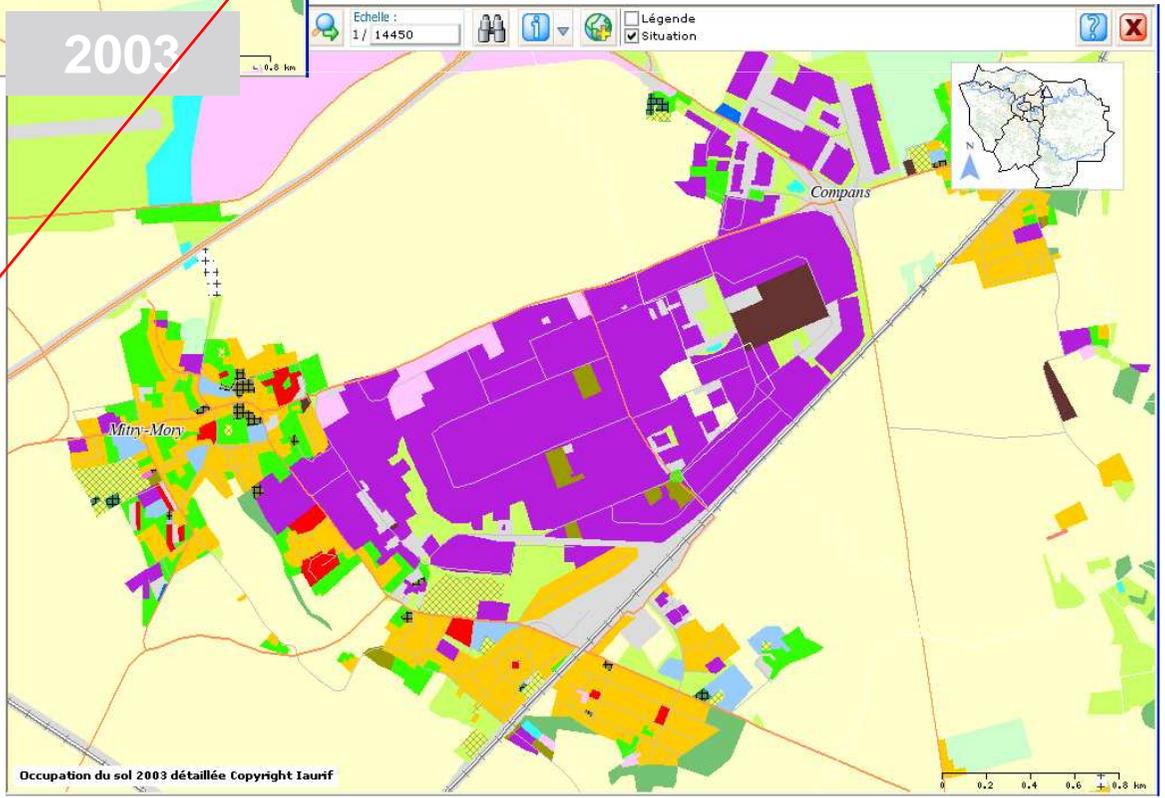
1982



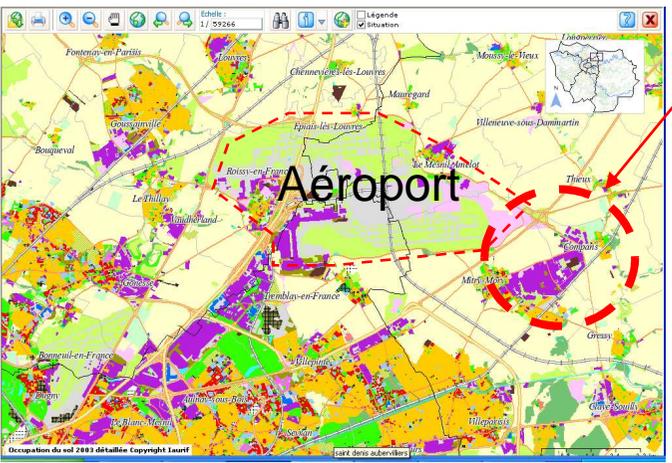
Occupation du sol 1982 détaillée Copyright Iaurif

Mitry Mory (77)

2003

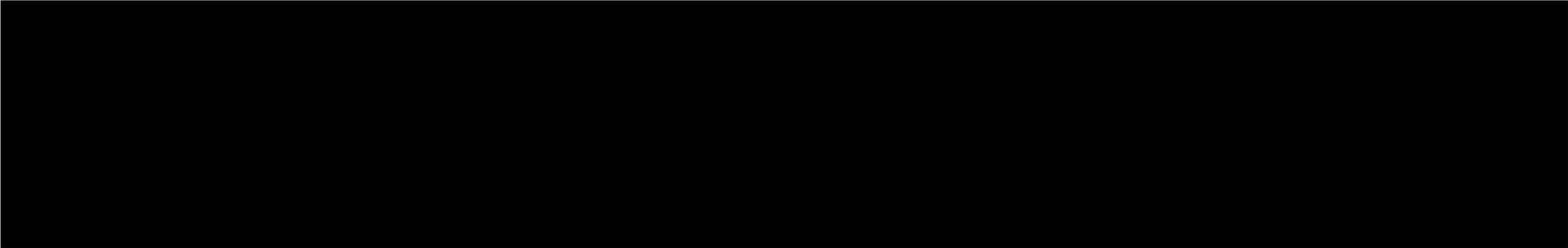


Occupation du sol 2003 détaillée Copyright Iaurif



Occupation du sol 2003 détaillée Copyright Iaurif

Aéroport



**Comparaison 1982/2003 :**

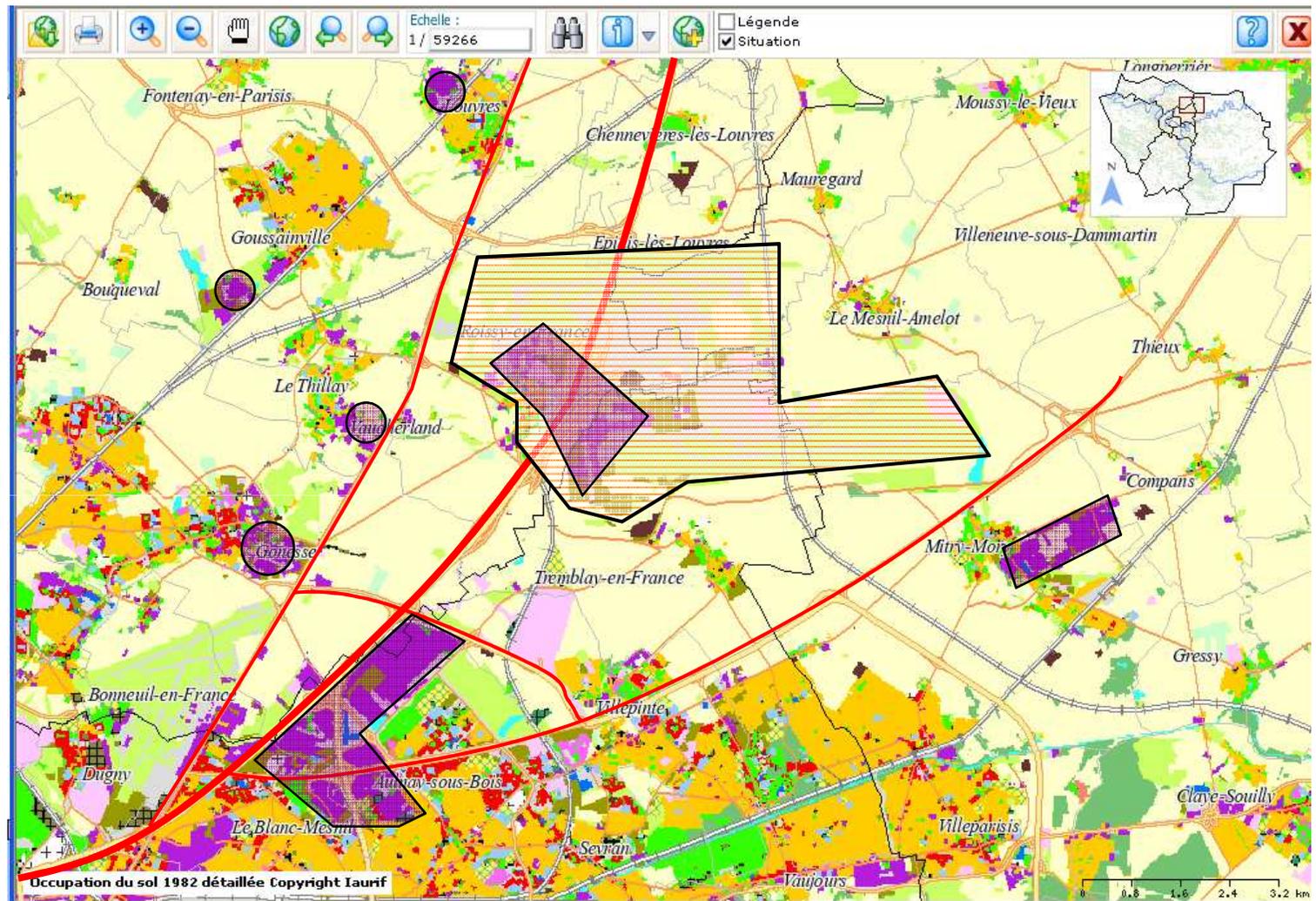
**Observations et croquis**

# 1982

 Périimètre de l'aéroport

 Autoroutes et voies rapides

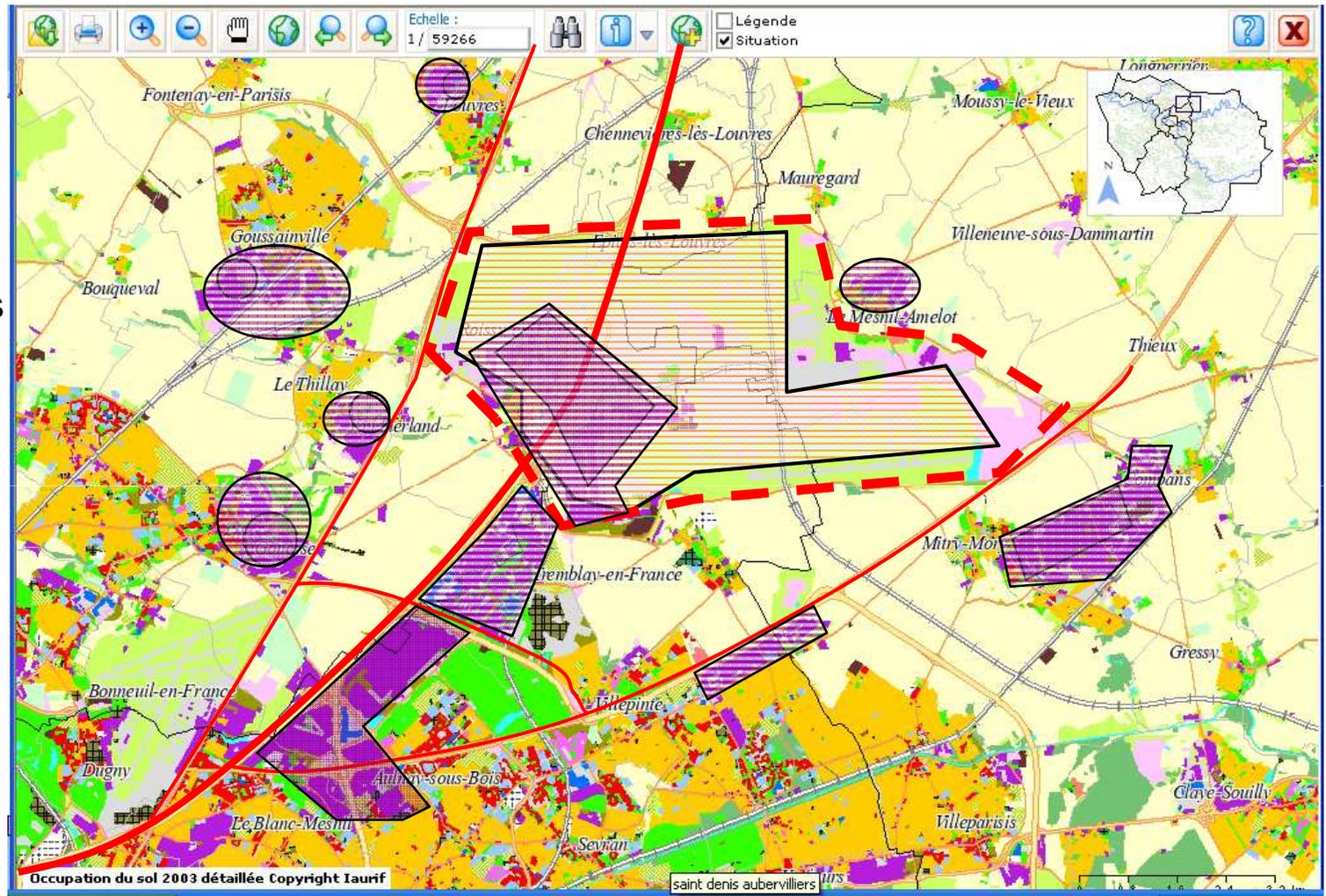
 Zones d'activités



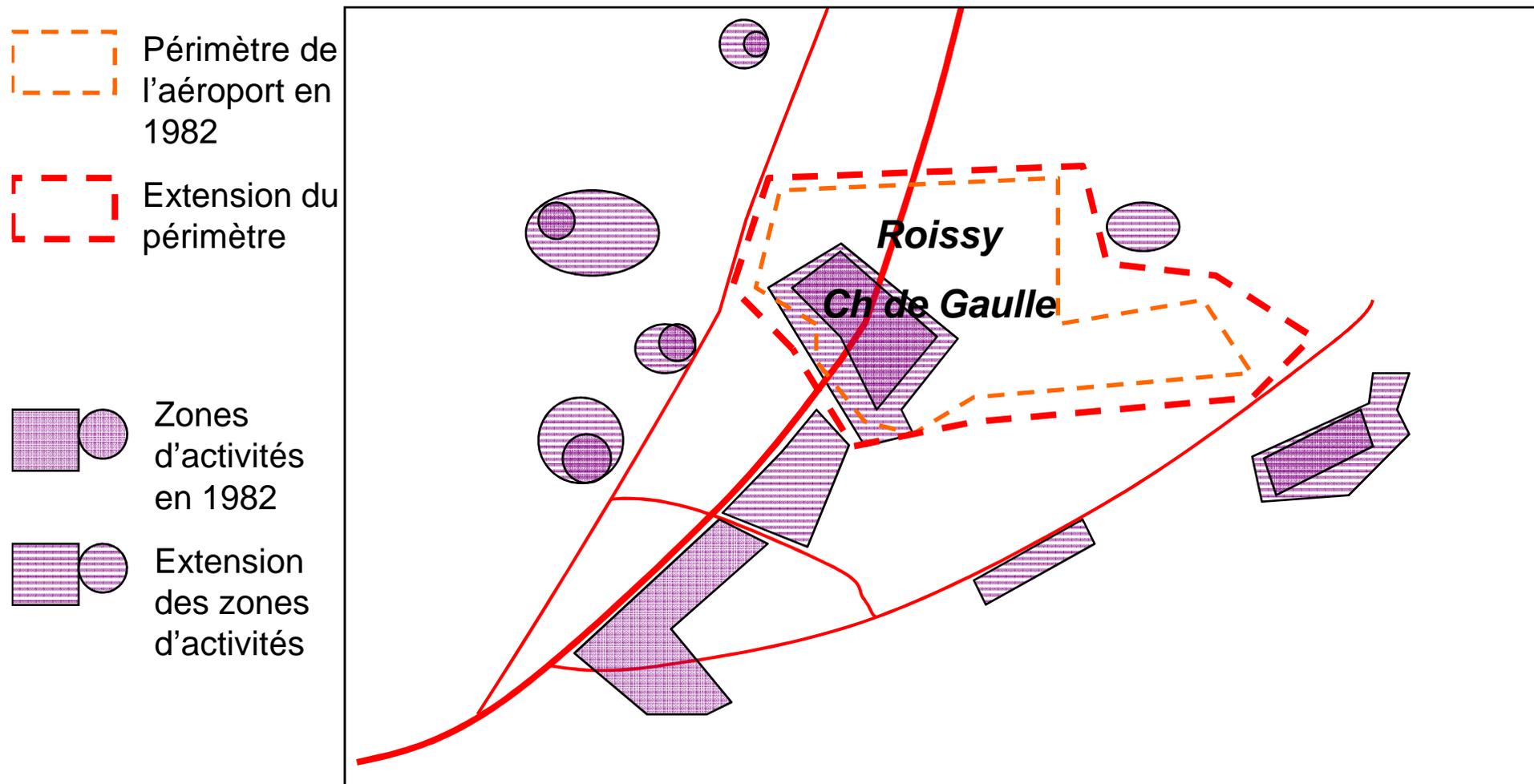
# 2003

 Extension du  
périmètre de  
l'aéroport

 Extension des  
zones  
d'activités



## Les mutations spatiales autour d'un aéroport international : extension des zones d'activités autour de Roissy Ch de Gaulle



# Conclusion

- L'image numérique tend à se substituer à l'émulsion chimique
- Elle est donc utile par sa maniabilité, la qualité de sa résolution et son coût.
- Les satellites acquièrent aujourd'hui des résolutions plus fines et meilleures que les photos.

Vers la [télétection](#)...

