

JUNE 4-6 | 4 - 6 JUIN, 2019

## Remote Sensing and Geomatics Common Perspectives and NewSpace

## Télédétection et géomatique Perspectives communes et "NewSpace"

JOINT

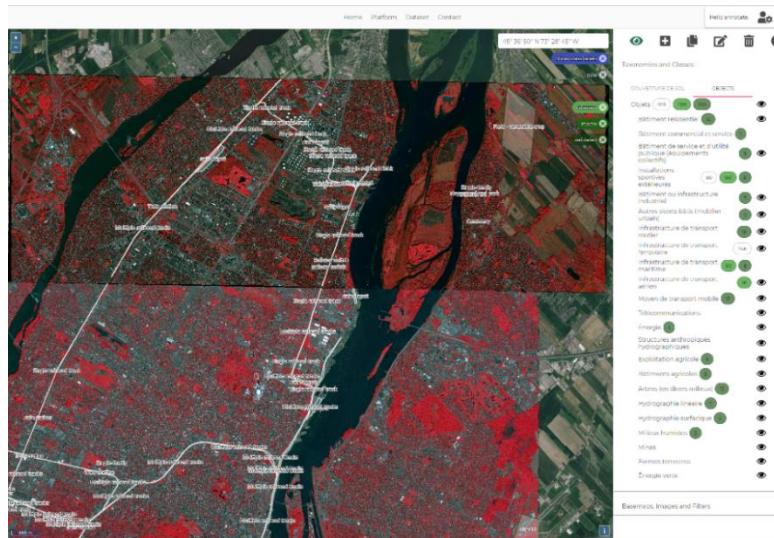
40<sup>th</sup> CANADIAN SYMPOSIUM ON  
REMOTE SENSING & GEOMATICS ATLANTIC  
FREDERICTON, NB

ÉVÉNEMENT CONJOINT

40<sup>th</sup> SYMPOSIUM CANADIEN DE  
TÉLÉDÉTECTION ET GÉOMATIQUE ATLANTIQUE  
FREDERICTON, N.-B.

# GeoImageNet: a Collaborative Platform for Deep Learning Application to VHR Satellite Images

Yacine Bouroubi, Samuel Foucher, Claude Chapdelaine, David Byrns, Mario Beaulieu, Pierre-Luc St-Charles, David Caron, Michael Germain, Pierre Bugnet, Claire Gosselin, Nouri Sabo, Étienne Lauzier-Hudon, Jean-Samuel Proulx-Bourque, Mathieu Turgeon-Pelchat, Francis Charette Migneault, Félix Gagnon-Grenier



# Context and objectives

- Satellite images: valuable source of information for economic, environmental and social applications → mapping, land management, natural resources, environmental monitoring, sustainable agriculture, etc.
- The evolution of satellite sensors has led to submeter images : QuickBird-2 at 65 cm; Pleiades-1&2 50 cm; GeoEye-1 50 cm; Kompsat-3A 50 cm; WorldView-2&3 40 & 30 cm
- But, many of the algorithms used to exploit these images were developed (during 80s, 90s and 2000s) for decametric spatial resolution images (Landsat 30 m, SPOT 20 m, ...)
- The traditional algorithms can model/detect limited properties in these images:
  - Color (spectral signature)
  - Some spatial features: size & shape(after segmentation), texture, patterns (lines)
- They are unable to detect the context or site associations that are very informative in VRH images

# Context and objectives

- VHR images contain information that far exceeds what traditional algorithms can extract

Landsat-8 OLI 30 m (Montreal)



WorldView-3 30 cm (Montreal)



# Context and objectives

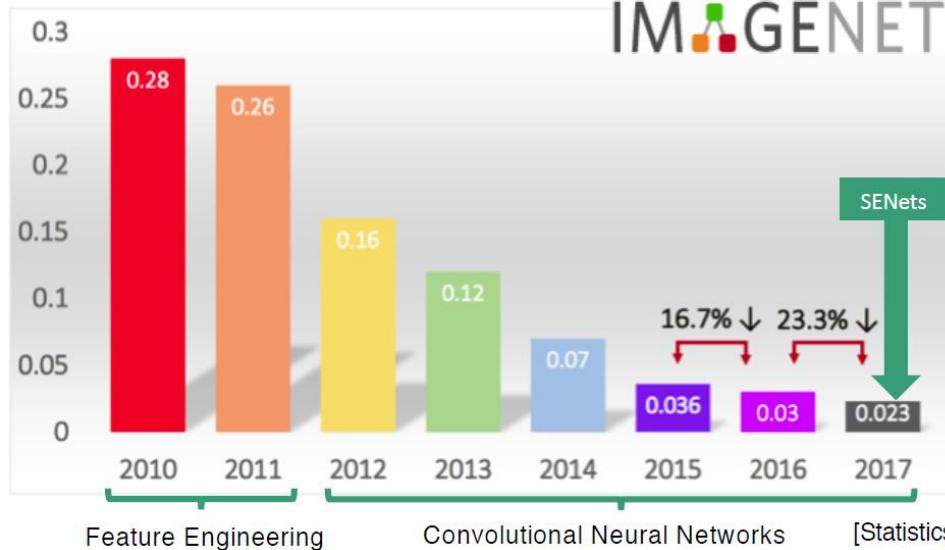
- On the other hand, the evolution of machine learning led, in 2013, to the approach based on deep convolutional neural networks (CNN)
- This approach allowed to achieve "spectacular" performances in image processing & artificial vision (generic images)

## ImageNet - ILSVRC

Annual competition of image processing

IMAGENET

Classification Error



ImageNet : >10 million annotated images



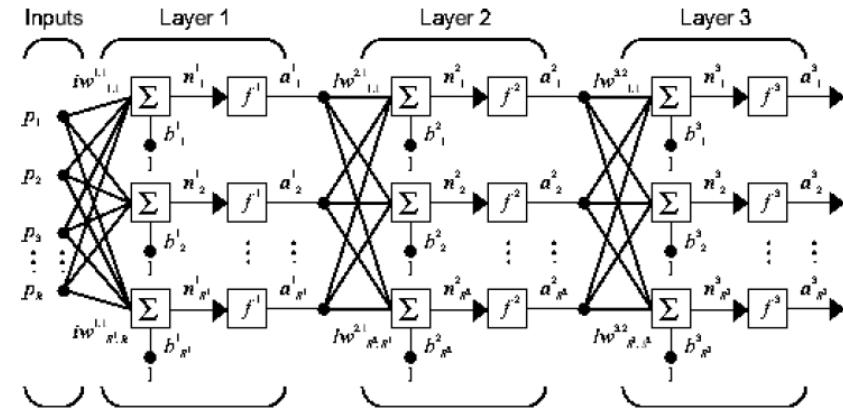
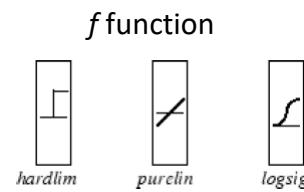
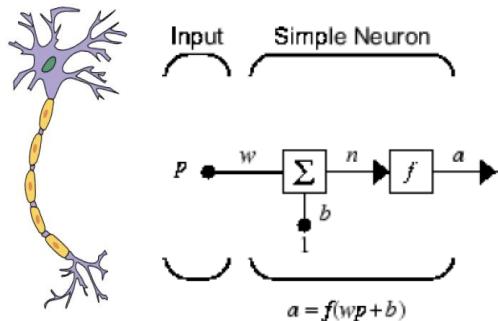
[Statistics provided by ILSVRC]

# Context and objectives

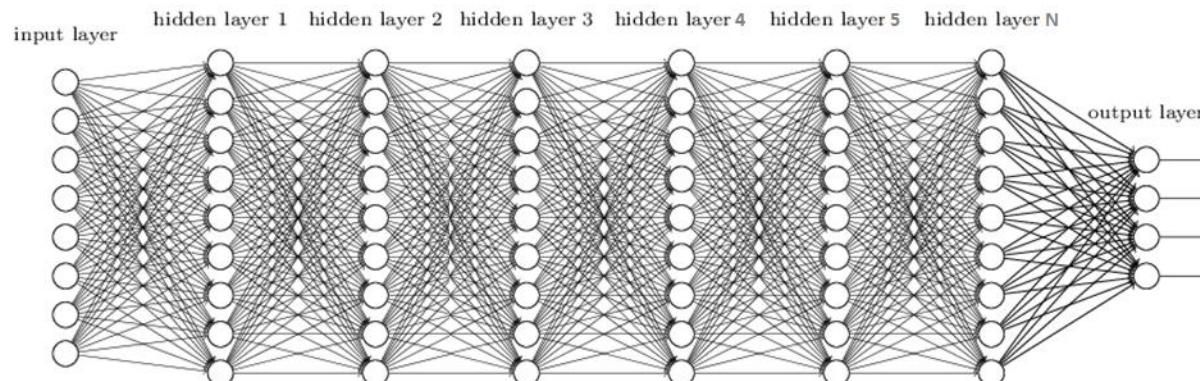
- The adaptation of CNNs to remote sensing images is promising, but poses several challenges related to the nature and content of these images:
  - Re-training of CNNs on sufficient set of annotated data
  - New architectures better adapted to RS data (multispectral, hyperspectral, radar, lidar, drone, ...) and applications
- Main limiting factor: availability of large training sets (annotated images), with sufficient classes and instances for each class
- **GeoImageNet** aims to address this issue → collaboration between RS researchers, digital platforms developers, DL experts and EO professionals
- Partnership between: USherb (Dept. Appl. Geom.) – CRIM – Effigis – CCMEO NRCan
  - Who have already completed several projects (**prior to GeoImageNet**) demonstrating the usefulness of CNNs in EO applications
  - Examples shown later

# Principles of deep learning

- NNs are composed of neurons (simple mathematical functions) operating in parallel
- The connections between neurons (model parameters) determine the NN function



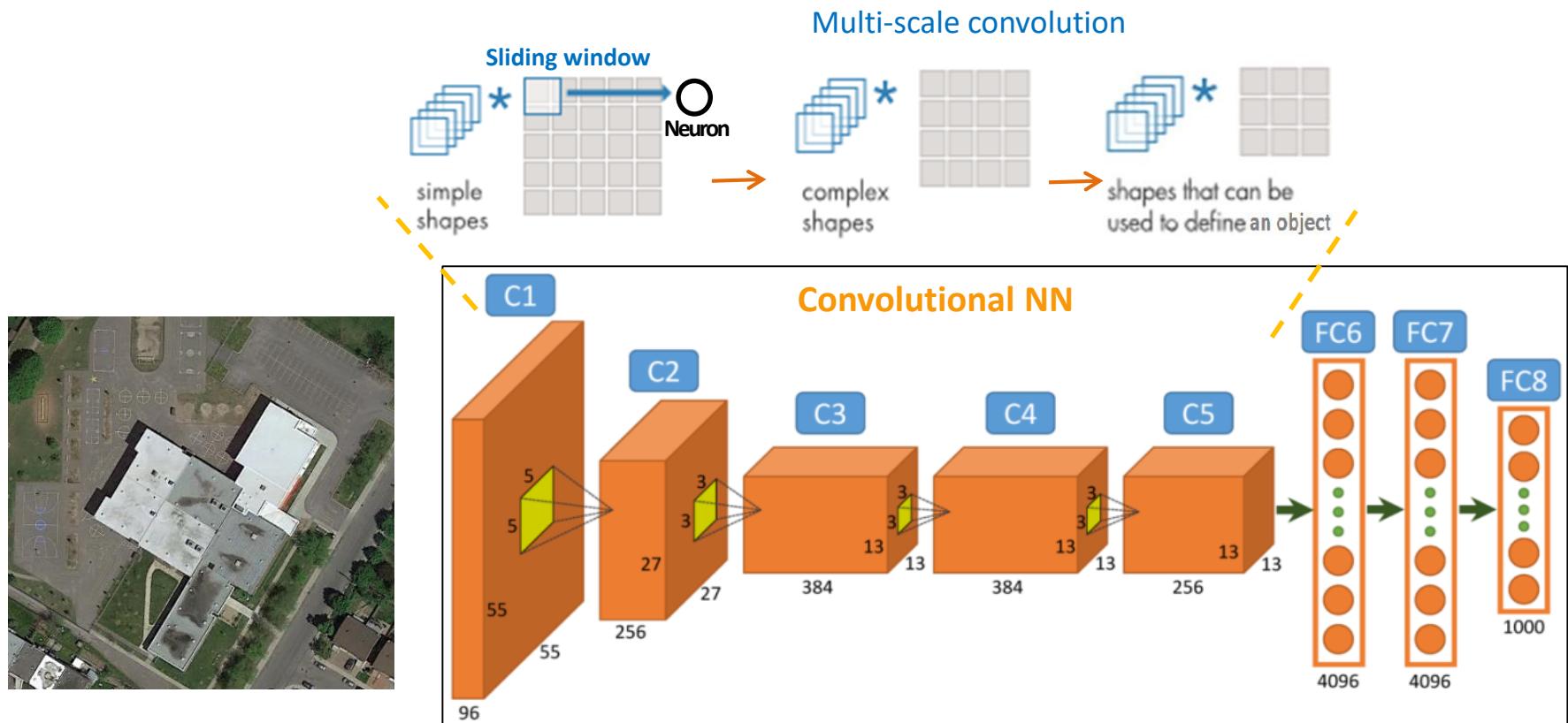
- The term “deep” refers to the large number of hidden layers in the NN
- Tens of layer → thousands of parameter → ‘powerful’ model



# Principles of deep learning

## Convolutional networks (CNN or ConvNet)

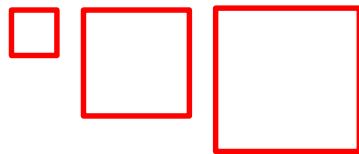
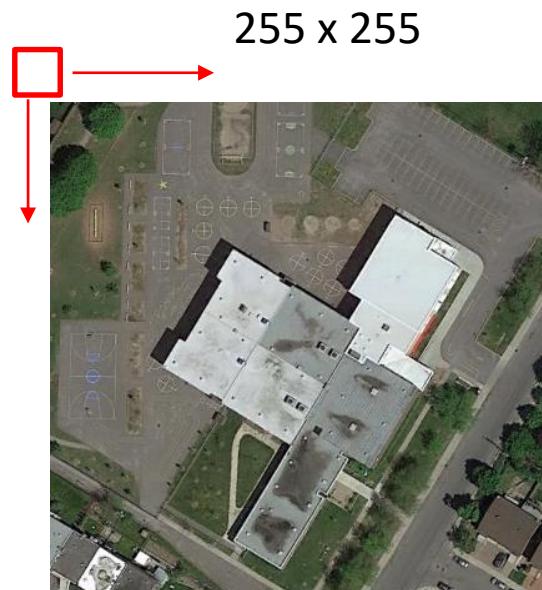
- Convolutional NN (**CNN**) are suitable for extracting features from images
- Composed by a first stage of convolutions followed by a fully connected NN



# Principles of deep learning

## Convolutional networks (CNN or ConvNet)

- Multi-scale feature extraction: averaging filter, edge detectors, ...

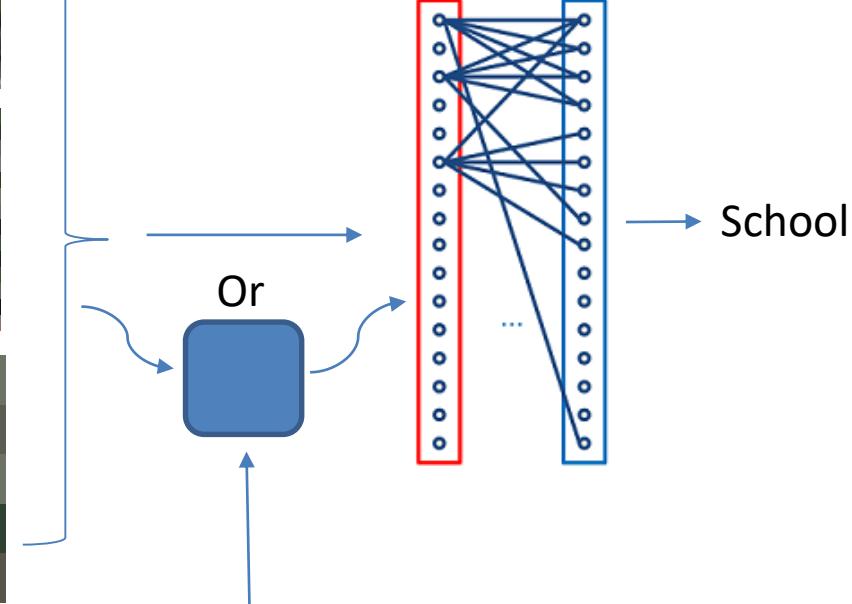


A bank of multi-scale filters



We can also extract synthetic properties (statistics) at each step → **pooling**

The first hidden layer detect simple features and the last detect complex shapes

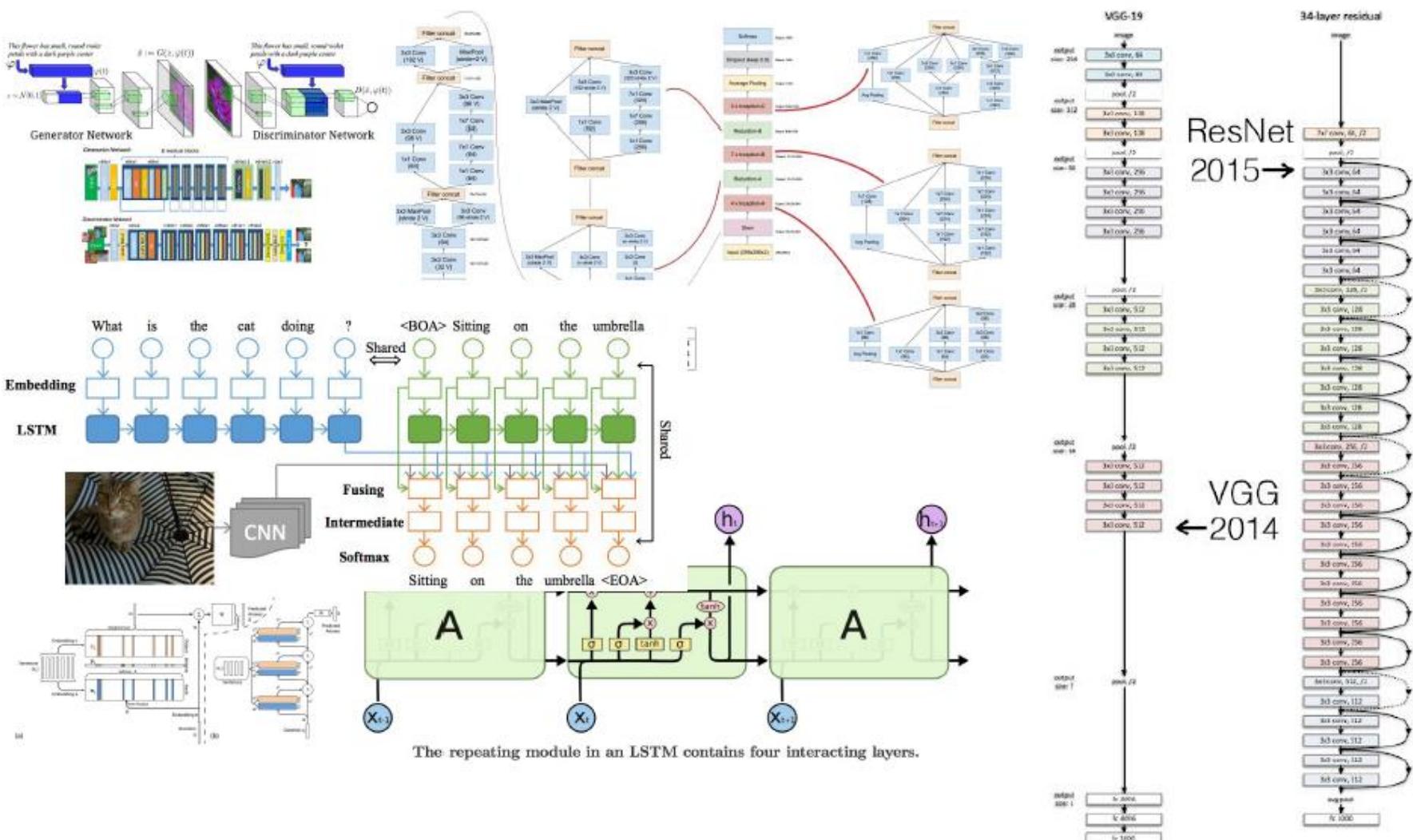


School

# Principles of deep learning

# Convolutional networks (CNN or ConvNet)

- Examples of architectures → all available in open source and well documented



# Some projects prior to GeolmageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis – CRIM)

### Detection of vehicles



- **Study area :** City of Quebec
- **Data :** Pleiades 50 cm
- **Method:** deep learning (CaffeNet)
- **Result:** success rate of **99.25%**



# Some projects prior to GeolmageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

### Major disasters

- **Objective:** detection of destroyed (and intact) buildings during the Fort McMurray fires of May 2016

- **Study area:** Fort McMurray
- **Data :** Pleiades 50 cm
- **Method:** deep learning (CaffeNet)
- **Result:** success rate of **99%**



# Some projects prior to GeolimageNet

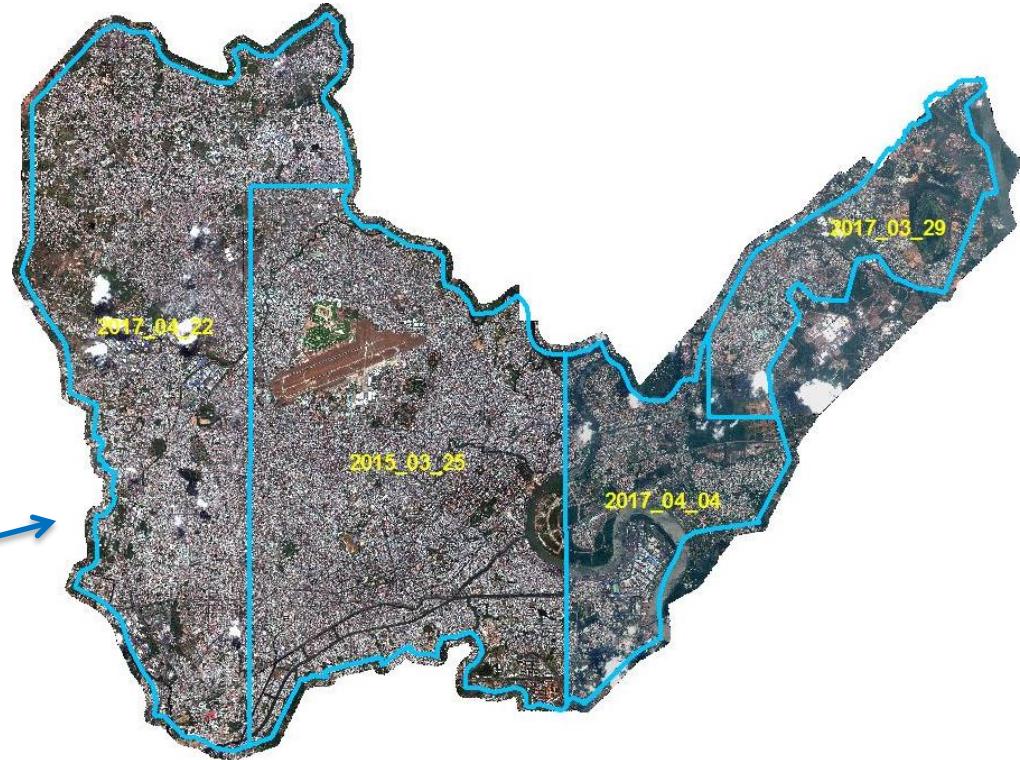
## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

Detection and characterization of rooftops – solar PV potential

World Bank project (2017-2018)



- **Objective:** rooftop identification and characterization on WorldView-3 imagery (for rooftop PV potential estimation)
- **Study area:** Ho Chi Minh City et Da Nang, Vietnam



# Some projects prior to GeolimageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

### Detection and characterization of rooftops – solar PV potential

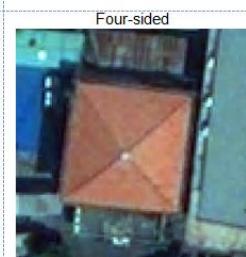
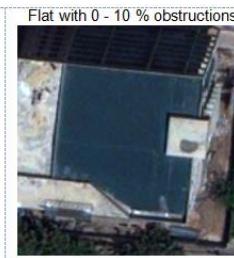
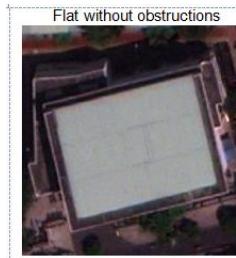
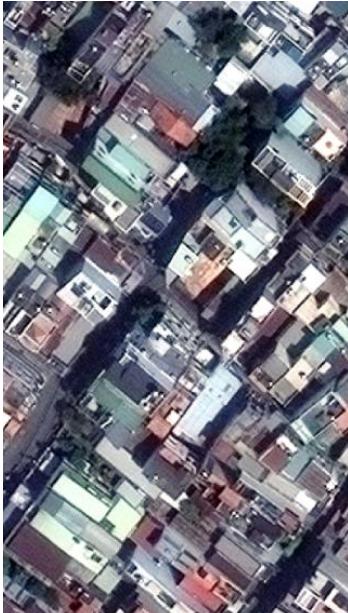
- **Study area:** Ho Chi Minh City et Da Nang, Vietnam
- **Data:** WorldView-3 30 cm images (stereo pairs)

Rooftop types → suitable area for PV systems

Industrial



Residential high density and low density

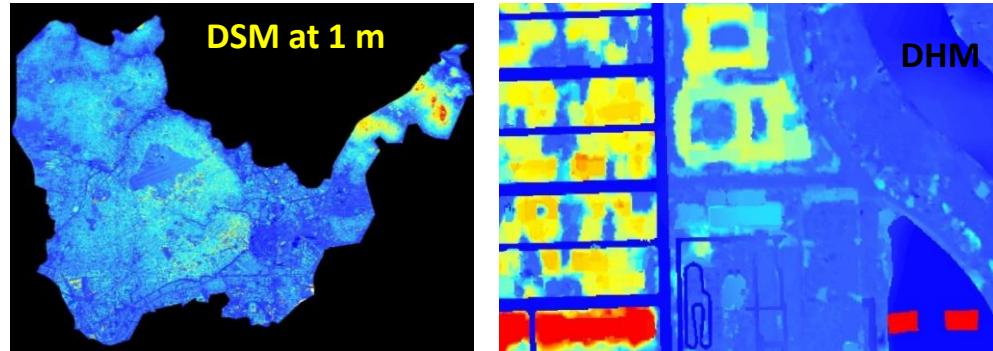


# Some projects prior to GeolmageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

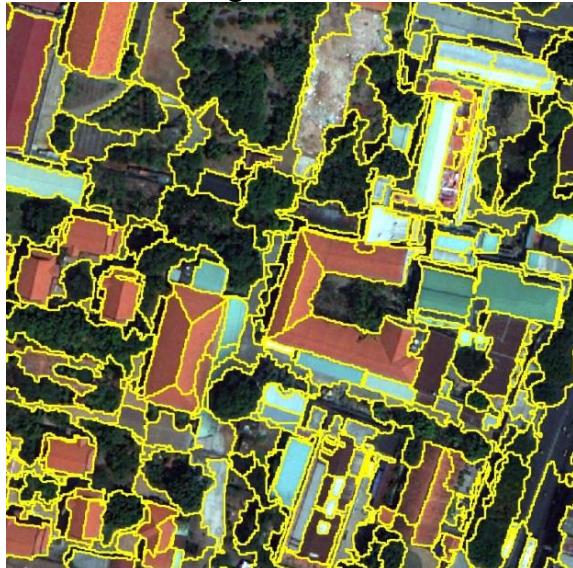
### Detection and characterization of rooftops – solar PV potential

**Method:** conventional image processing (photogrammetry, and OO classification) and deep learning

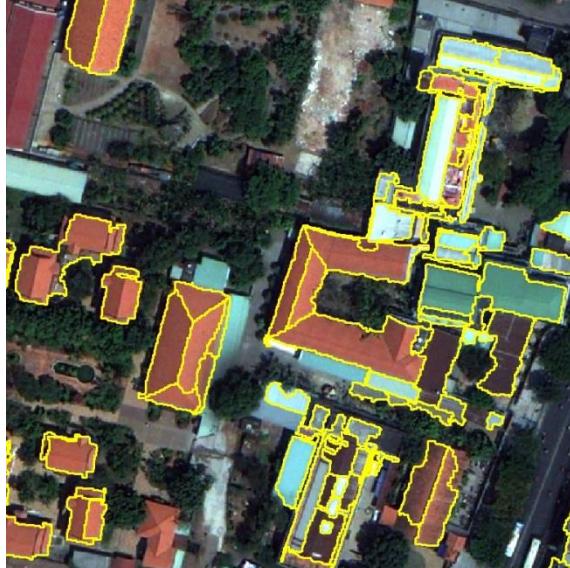


Extraction of rooftop footprints: OO multi-criteria classification

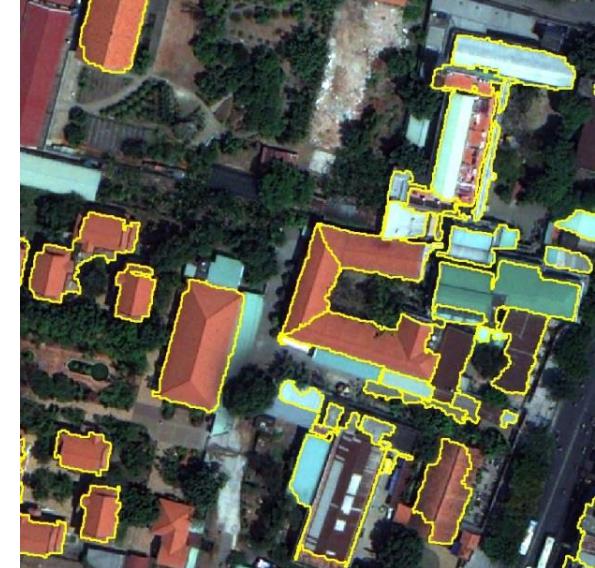
1: Segmentation



2: Classification



3: Fusion

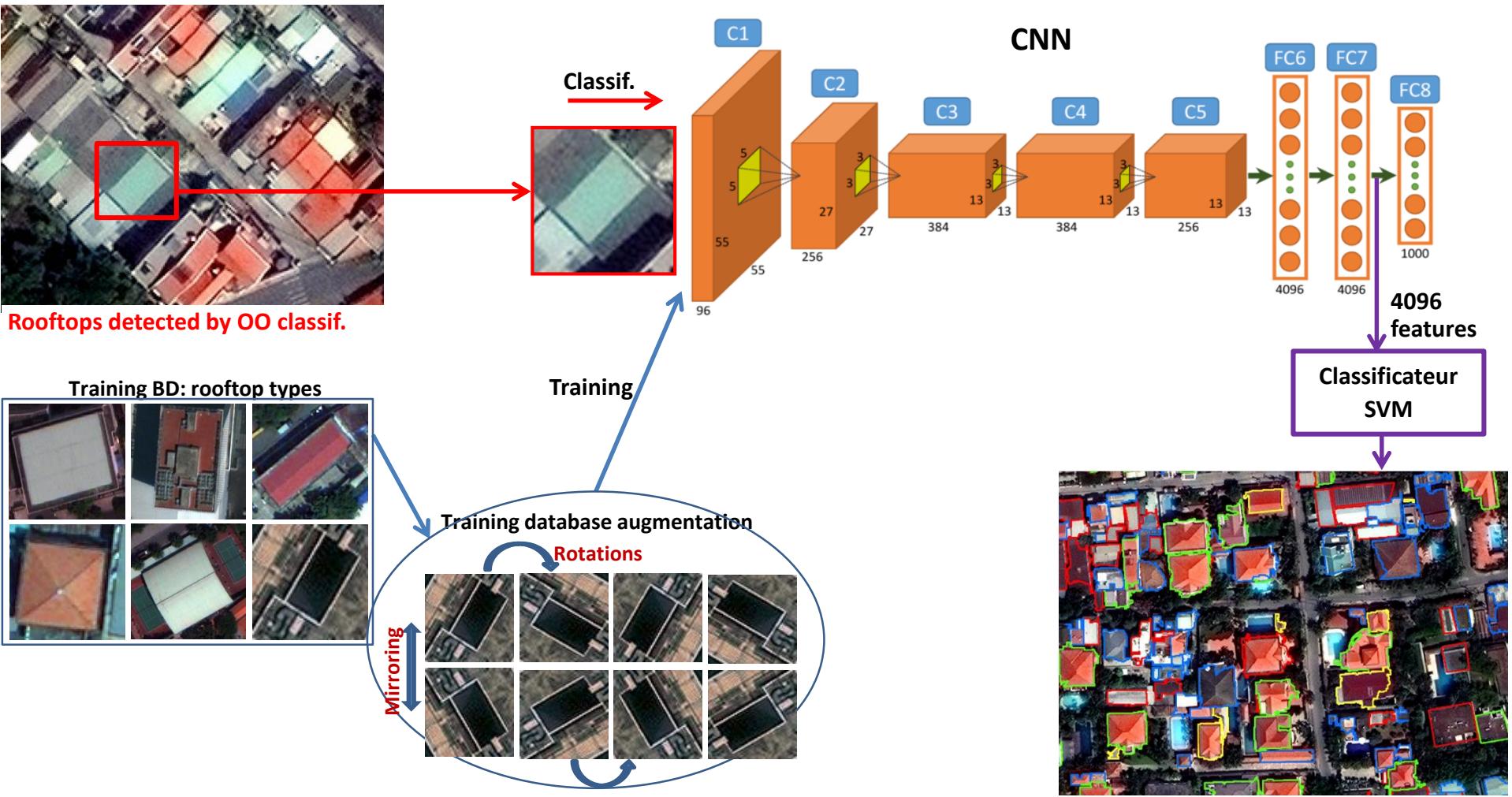


# Some projects prior to GeolmageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

Detection and characterization of rooftops – solar PV potential

**Method:** conventional image processing and deep learning



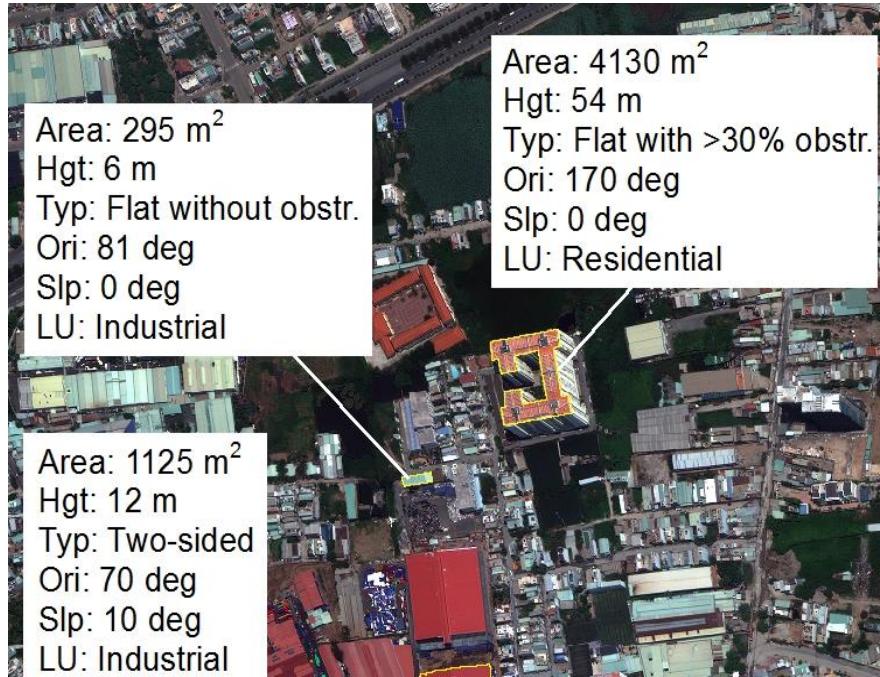
# Some projects prior to GeolmageNet

## Application of DL to VHR images (Y.B. – Effigis)

### Detection and characterization of rooftops – solar PV potential

#### Results:

- Innovative methodology for rooftop characterization and rooftop PV potential mapping
- Useful for several applications, not only PV



PV energy per rooftop (MWh/year)

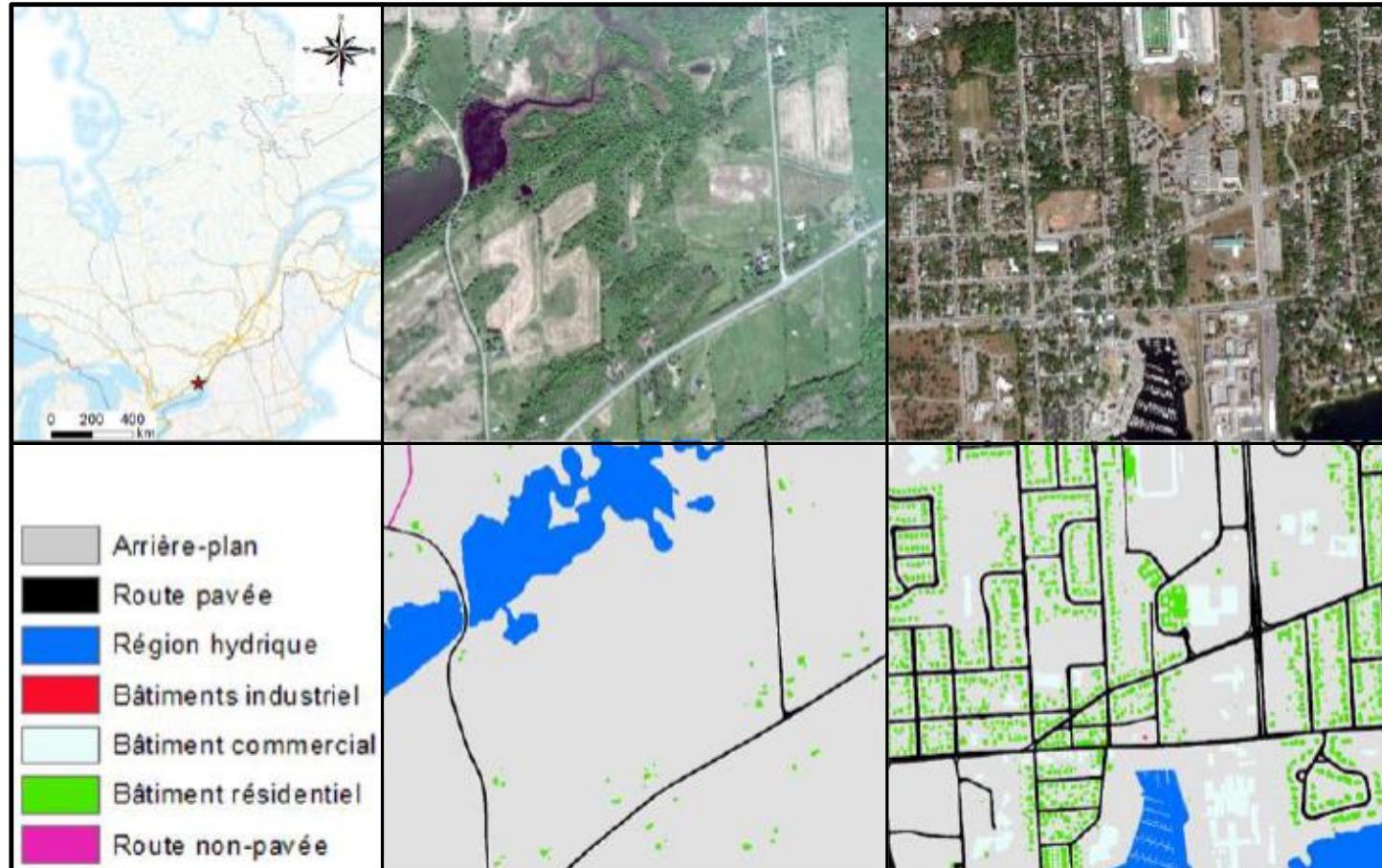
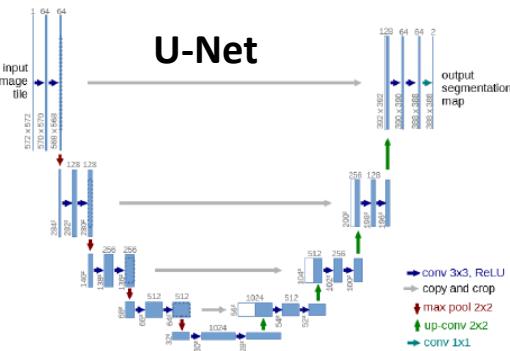


# Some projects prior to GeolmageNet

## CCMEO : U-Net for land-use mapping

**Objective:** mapping land-use

**Method:** Segmentation networks (auto-encoder) : 1 image = 1 classified map



Study area: Kingston, Canada. Example of urban and rural areas

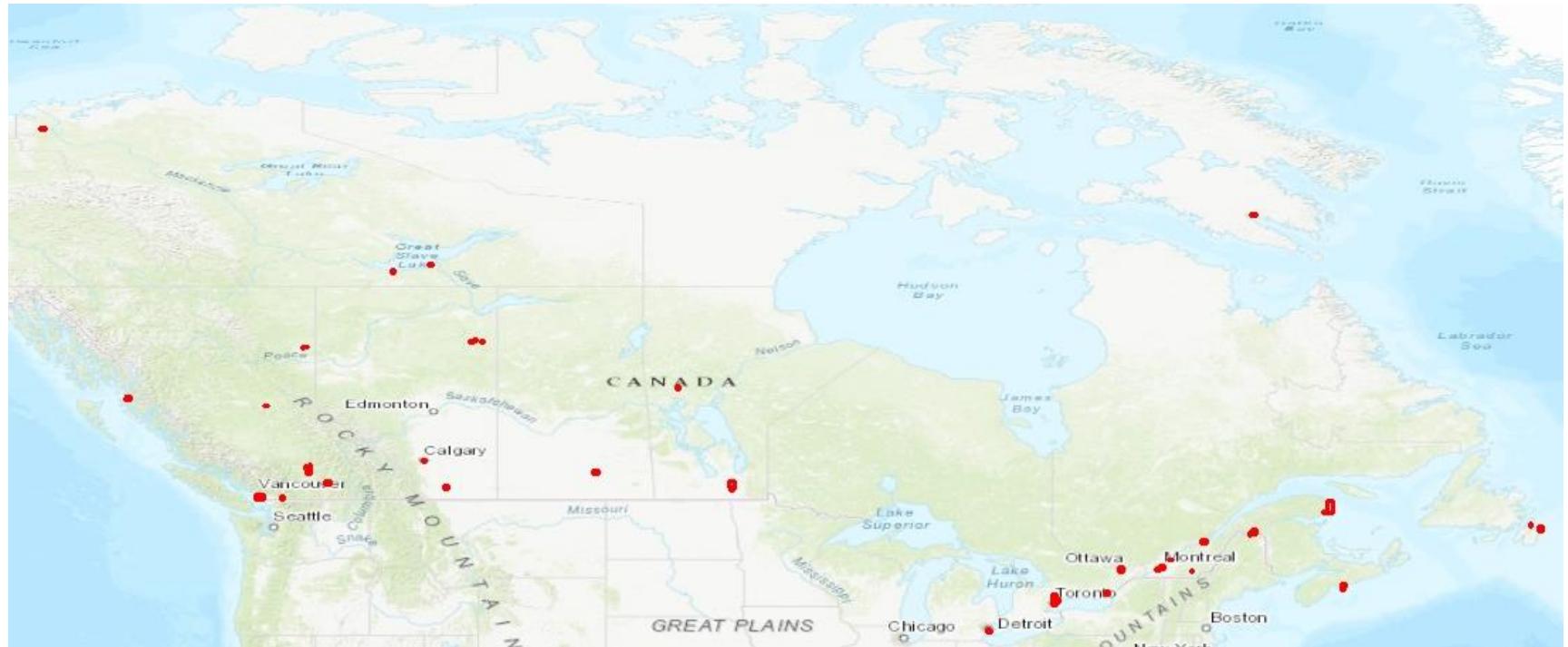
# GeolmageNet initiative

- These encouraging results led to **GeolmageNet initiative** → collaborative project involving:
    - Dept. Applied Geomatics, U. of Sherbrooke : research in RS
    - CRIM : experts in DL and digital research platforms
    - Effigis : professionals of EO applications
    - CCMEO : expertise in RS, mapping and DL
  - **GeolmageNet platform will be available for other research teams in Canada** (universities, Research Centres, companies, etc.) working on RS applications and AI
  - For image annotation → **taxonomy adapted to the content of VHR images**, including ~180 object classes and ~50 land use classes
  - To try CNNs for object detection and land-use mapping from VHR satellite images for several EO applications
- 
- Teams with complementary expertise**

# GeolmageNet initiative

## Images:

- Mainly: Pleiades 50 cm (10 000 km<sup>2</sup>) provided by Effigis
- Canadian Cities + other natural and anthropogenic areas



# GeolmageNet initiative

« Object » taxonomic classes → ~ 180 classes

Inspired from USGS, LCC, SOLRIS, CORINE, CanVec, other specific (transport, energy, ...)

| Type de l'objet                         | Objet (classe)                                  |
|---|---|
| Bâtiment résidentiel                    | Unifamilial                                     |
|   | Unifamiliale détaché                            |
|   | Unifamiliale jumelé                             |
|   | Multifamiliale                                  |
|   | Maison mobile                                   |
|   | Autre bâtiment                                  |
| Bâtiment commercial et service          | Centre commercial                               |
|   | Commerce indépendant (pharmacie, épicerie, ...) |
|   | Commerce de véhicules                           |
|   | Station de service et garage                    |
|   | Hôtel   |
|   | Motel   |
|   | Restaurant, brasserie                           |
|   | Autre commerce/service                          |
|   |   |
| Bâtiment de service et utilité publique | Édifice gouvernemental                          |
|   | Hôtel de ville                                  |
|   | Établissement d'incarcération                   |
|   | Poste de police                                 |
|   | Poste de pompiers                               |
|   | Hôpital   |
|   | Église  |
|   | Maison de reliquie                              |
|   | Université, collège                             |
|   | École primaire/secondeaire                      |
|   | Cinéma extérieur                                |
|   | Aréna   |
|   | Stade   |
|   | Centre sportif                                  |
|   | Terrain de jeu, parc urbain                     |
|   | Cimetière                                       |
|   | Poste de douane                                 |
|   | Observatoire                                    |
|   | Château d'eau                                   |
|   | Bassin de rétention                             |

## Buildings

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Installations sportives extérieures   | Terrain de baseball<br>Terrain de soccer<br>Terrain de football<br>Piscine extérieure<br>Terrain de tennis<br>Terrain de basketball<br>Piste d'athlétisme<br>Terrain à vocation multiples<br>Terrain de volley-ball<br>Terrain de golf<br>Centre de ski<br>Piste de course<br>Parc d'attractions<br>hippodrome                                   |
| Bâtiment ou infrastructure industriel | Usine d'extraction (carrière, sablière, gravière)<br>Usine de fabrication/transformation légère<br>Usine de fabrication/transformation lourde<br>Entrepôt de marchandise<br>Entrepôt d'hydrocarbures<br>Station d'épuration des eaux<br>Bassin de décantation<br>Site d'enfouissement (dépôt de déchets)<br>Réservoir<br>Cheminée<br>Usine autre |
| Autre objets bâties (mobilier urbain) | Clôture<br>Lampadaire<br>Trottoir<br>Haie<br>Poteau électrique<br>Abribus  |

# GeolmageNet initiative

« Object » taxonomic classes → ~ 180 classes

Transport : infrastructures and vehicles

|   |  |
|---|--|
| Infrastructure de transport routier     | Autoroute<br>Échangeur<br>Route pavée<br>Route non pavée<br>Pont<br>Viaduc<br>Balance routière<br>Centre de services autoroutiers<br>Poste de péage<br>Signalisation routière<br>Stationnement<br>Paraneige<br>Tunnel (entrée et sortie) |
| Infrastructure de transport ferroviaire | Gare de train<br>Voie ferrée unique<br>Voie ferrée multiple<br>Voie de garage<br>Gare de triage<br>Croisement<br>Passage à niveau  |
| Infrastructure de transport maritime    | Port commercial<br>Marina / Port de plaisance<br>Port militaire<br>Quai<br>Rampe de mise à l'eau<br>Écluse   |
| Infrastructure de transport aérien      | Aéroport<br>Piste de décollage<br>Hangar   |

Energy, telecommunication

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Moyen de transport mobile | Voiture<br>Fourgonnette<br>Camionnette<br>Autocar/autobus<br>Train - locomotive<br>Train - wagon de passagers<br>Train - wagon de marchandise<br>Bateau de plaisance, voilier<br>Bateau de marchandise<br>Porte centenaires<br>Pétrolier/méthanier<br>Avion type cesna<br>Avion de ligne<br>Avion militaire<br>Train routier<br>Paquebot<br>Navire militaire |
| Télécommunications        | Tour (dédiée)<br>Antenne de communication (sur toit)<br>Station de réception satellite (grandes paraboles)   |
| Énergie                   | Ligne de haute tension<br>Pipeline<br>Pylône<br>Centrale thermique<br>Centrale hydro-électrique<br>Centrale nucléaire<br>Éolienne<br>Panneau solaire<br>Transformateur d'électricité, poste électrique<br>Puit de pétrole/gaz<br>Raffinerie  |

# GeolmageNet initiative

« Object » taxonomic classes → ~ 180 classes

Trees, lakes, streams, agriculture

|   |   |
|---|---|
| Structures anthropiques hydrographiques | Digue   |
|   | Brise-Lame                                    |
|   | Cale sèche                                    |
|   | Entrave à la navigation                       |
|   | Mur de protection ( <a href="#">seawall</a> ) |
|   | Repère de navigation                          |
|   | Vivier / pisciculture                         |
|   | Échelle à poisson                             |
|   |   |
| Exploitation agricole                   | Champ - grandes cultures                      |
|   | Champ - cultures maraîchères                  |
|   | Champ - horticulture                          |
|   | Champ - fourrager                             |
|   | Friche  |
|   | Verger  |
|   | Vignoble                                      |
|   | Enclos  |
|   |   |
| Bâtiments agricoles                     | Grange, entrepôt, hangar                      |
|   | Silo  |
|   | Ferme d'élevage                               |
|   | Fosse lisier                                  |
|   | Serre d'exploitation agricole                 |
|   | Élévateur à grain                             |
| Arbres (en divers milieux)              | Arbre feuillus                                |
|   | Arbre conifère                                |
| Hydrographie linéaire                   | Rivière                                       |
|   | Ruisseau                                      |
|   | Fossé   |
|   | Chute   |
|   | Rapide  |
|   | Cours d'eau tari                              |
| Hydrographie surfacique                 | Eau   |

Wetland, mining, landforms

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Milieux humides   | Boq - arboré      |
|                   | Boq - non arboré  |
|                   | Fen (tourbière)   |
|                   | Marécage          |
|                   | Marais            |
|                   | Eau peu profonde  |
| Mines             | Pit (fosse)       |
|                   | Mine shaft        |
|                   | Tailings          |
|                   | Decantation basin |
| Formes terrestres | Esker             |
|                   | Moraine           |
|                   | Pingo             |
|                   | Drumlin           |

# GeolmageNet initiative

« Land use » taxonomic classes → ~ 50 classes

Inspired from : USGS, LCC, SOLRIS, CORINE, CanVec, other specific (transport, energy, ...)

Residential, industrial, transport, energy, forests, wetlands, tundra, hydro, snow, ...

| Occupation du sol             | Niveau supérieur (3 <sup>e</sup> )                        |
|-------------------------------|---|
| Zone résidentielle            | 1.1.1. Densité faible                                     |
|                               | 1.1.2. Densité moyenne                                    |
|                               | 1.1.3. Densité élevé                                      |
|                               | 1.1.4. Parc de maisons mobile                             |
| Zone commerciales et services | 1.2.1. Terrain associé à commerce ou service              |
|                               | 1.2.2. Campus (université ou collège)                     |
| Zone industrielle             | 1.3. Terrain associé à l'industrie                        |
| Zone de transport             | 1.4.1. Emprise/corridor de transport routier              |
|                               | 1.4.2. Emprise/corridor de transport ferroviaire          |
|                               | 1.4.3. Zone portuaire                                     |
|                               | 1.4.4. Zone aéroportuaire                                 |
| Énergie                       | 1.5.1. Emprise/corridor de transport d'énergie électrique |
|                               | 1.5.2. Emprise de pipeline                                |
|                               | 1.5.3. Parc solaire                                       |
| Urbain et bâti autre          | 1.6.1. Parc, espace vert                                  |
|                               | 1.6.2. Terrain associé à traitement des eaux/déchets      |

|                                     |
|-------------------------------------|
| Pâturage herbeux                    |
| Pâturage arbuste et buisson         |
| Pâturage mixte                      |
| Forêt feuillu                       |
| Forêt conifère                      |
| Forêt mixte                         |
| Plantation                          |
| Perturbation récente (feu, coupe)   |
| Fleuve/ ruisseau                    |
| Lac                                 |
| Réservoir                           |
| Baie et estuaire                    |
| Canal                               |
| Tourbière boisée                    |
| Bog (tourbière ombratrophe)         |
| Fen (tourbière minérotrophe)        |
| Marécage                            |
| Marais                              |
| Eau peu profonde                    |
| Salant sec                          |
| Plage                               |
| Zone sablonneuse (pas plage)        |
| Affleurement rocheux                |
| Carrière à ciel ouvert et gravières |
| Zone de transition                  |
| Terrain sans végétation - mixte     |
| Toundra arbuste et buisson          |
| Toundra herbeuse                    |
| Toundra sol nu                      |
| Toundra humide                      |
| Toundra mixte                       |
| Neige permanente                    |
| Glacier                             |

# GeolmageNet initiative

## Example of objects from the taxonomy

We started automatic annotation  
from CanVec and OSM vectors

Educational Building 12502



Cemetery 11386



Religious Building 3396



Park-Sports Field 12150



School 5062



Industrial Waste 2965



# GeolmageNet initiative

Example of objects from the taxonomy → automatic annotation from CanVec and OSM

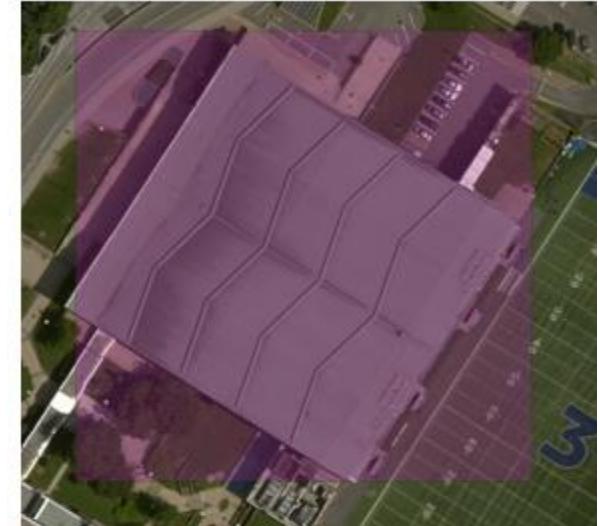
Domestic Waste 2949



Transformer Station 1767



Arena 1734



Runway 2648



Greenhouse 1685



Golf Course 1675



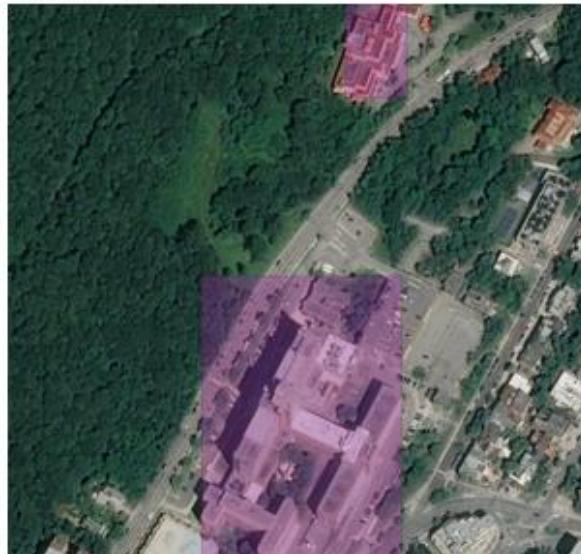
# GeolmageNet initiative

Example of objects from the taxonomy → automatic annotation from CanVec and OSM

Dam 1295



Hospital 1184



University 487



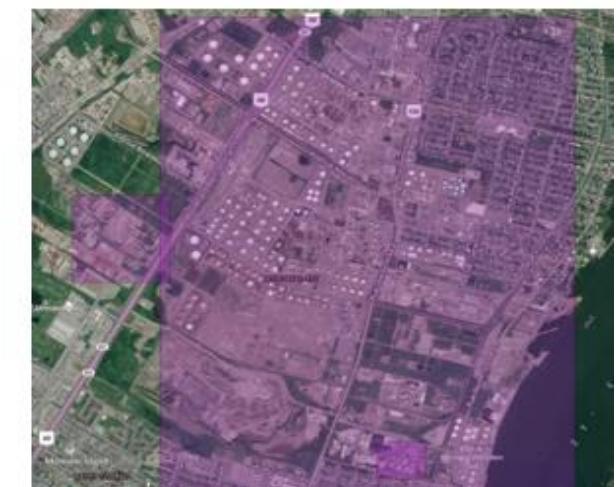
Shopping Centre 1225



Basin 277



Oil and Gas Facilities 576



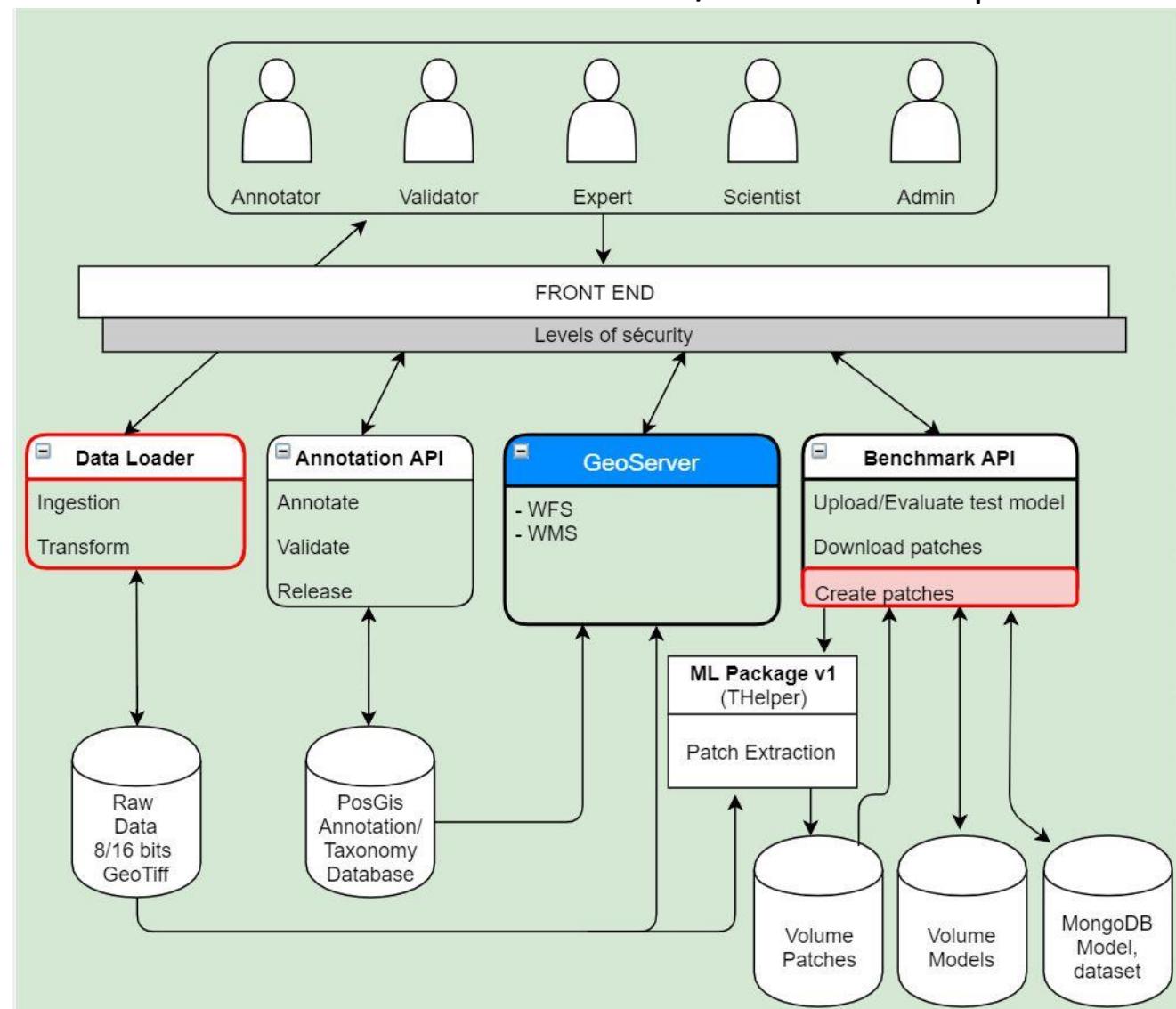
# GeolmageNet initiative

## The Web platform

100% of tools/functions are open source

Users with different privilege levels

The hidden part of the iceberg: WMS, WFS, databases, APIs, ...



# GeolImageNet initiative

## The Web platform

Home page: create, connect, manage ... your account

GeolImageNet sera élaborée par les équipes des professeurs Yacine Bouroubi et Samuel Foucher et constituera une évolution de la plateforme Analyse de puissance pour la visualisation des données climatologiques (PAVICS) développée par le CRIM.

« GeolImageNet inclura des outils d'annotation d'images satellites à très haute résolution spatiale (THR). Le projet a pour objectif de développer des algorithmes d'apprentissage profond pour la cartographie de l'occupation du sol et la détection des objets à partir des images satellites THR », souligne le professeur Bouroubi.

L'équipe du professeur en géomatique appliquée Yacine Bouroubi fait partie des vingt équipes lauréates qui recevront 214 000 \$ dans le cadre du programme Logiciels de recherche de CANARIE, l'un des piliers de l'infrastructure numérique qui sous-tend la recherche, l'éducation et l'innovation au Canada.

Grâce à ces fonds, l'équipe du professeur Bouroubi réalisera, en collaboration avec celle du professeur Samuel Foucher, chercheur principal au CRIM (Centre de recherche en informatique de Montréal), cette plateforme de recherche pour l'application des techniques d'intelligence artificielle à l'exploitation des images satellites de très haute résolution spatiale.

La plateforme GeolimageNet sera disponible pour d'autres équipes de recherche de partout au pays œuvrant dans différentes disciplines de la télédétection.

Le projet est mené par l'Université de Sherbrooke, en partenariat avec le CRIM et la compagnie Effigis Géo-Solutions. Le Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre (CCCOT) de Ressources naturelles Canada est aussi un partenaire important du projet. La plateforme GeolImageNet sera ouverte aux différents organismes canadiens (laboratoires universitaires, centre de recherche, industrie, etc.) qui œuvrent dans le domaine de la télédétection et de l'application de l'intelligence artificielle dans ce domaine. Ces organismes seront invités à utiliser les développements réalisés et à y contribuer.

Fondé en 1993, CANARIE est une société sans but lucratif principalement financée par le gouvernement du Canada.

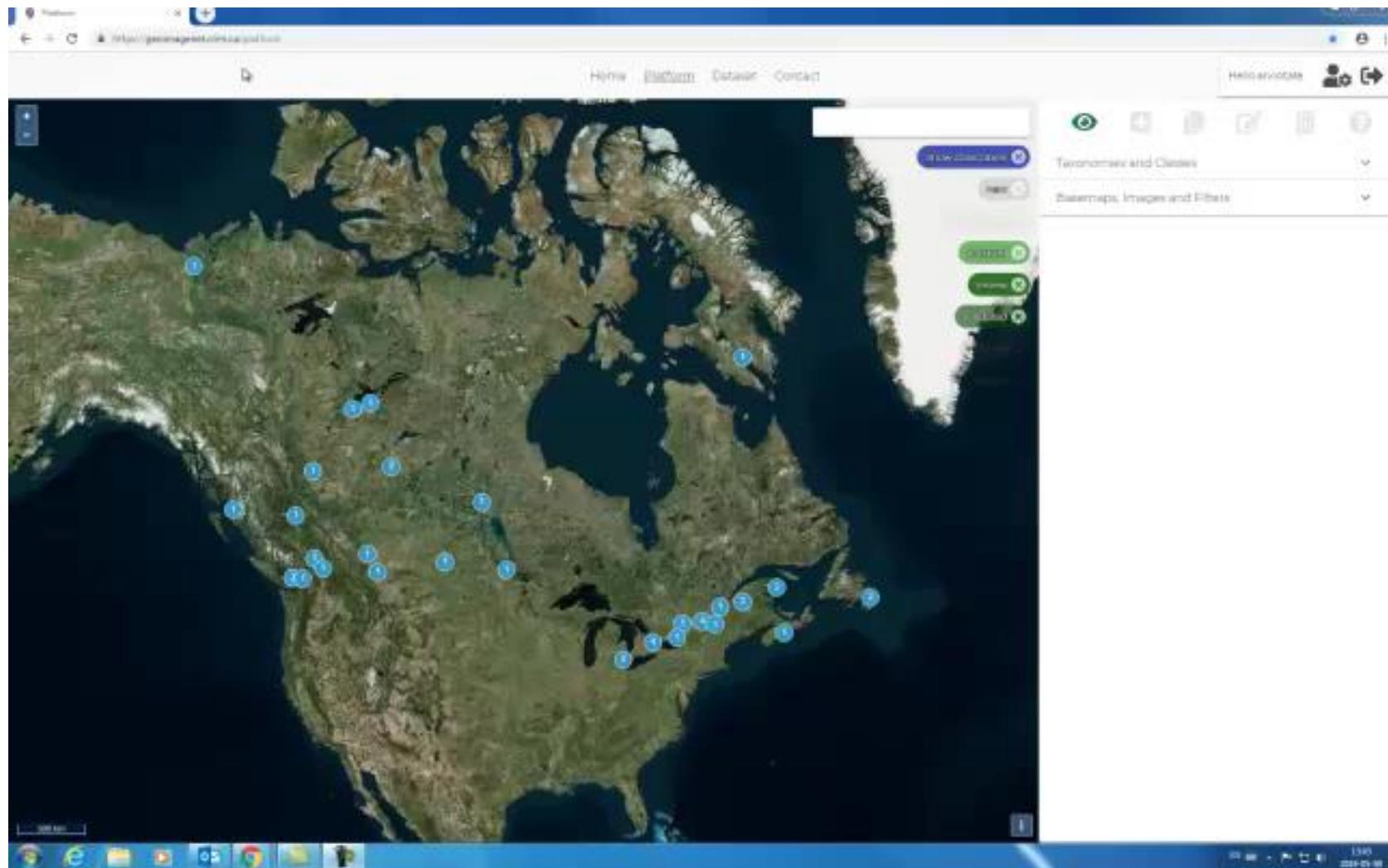
Tiré d'un article de La Tribune

# GeolmageNet initiative

# The Web platform

# GeolmageNet initiative

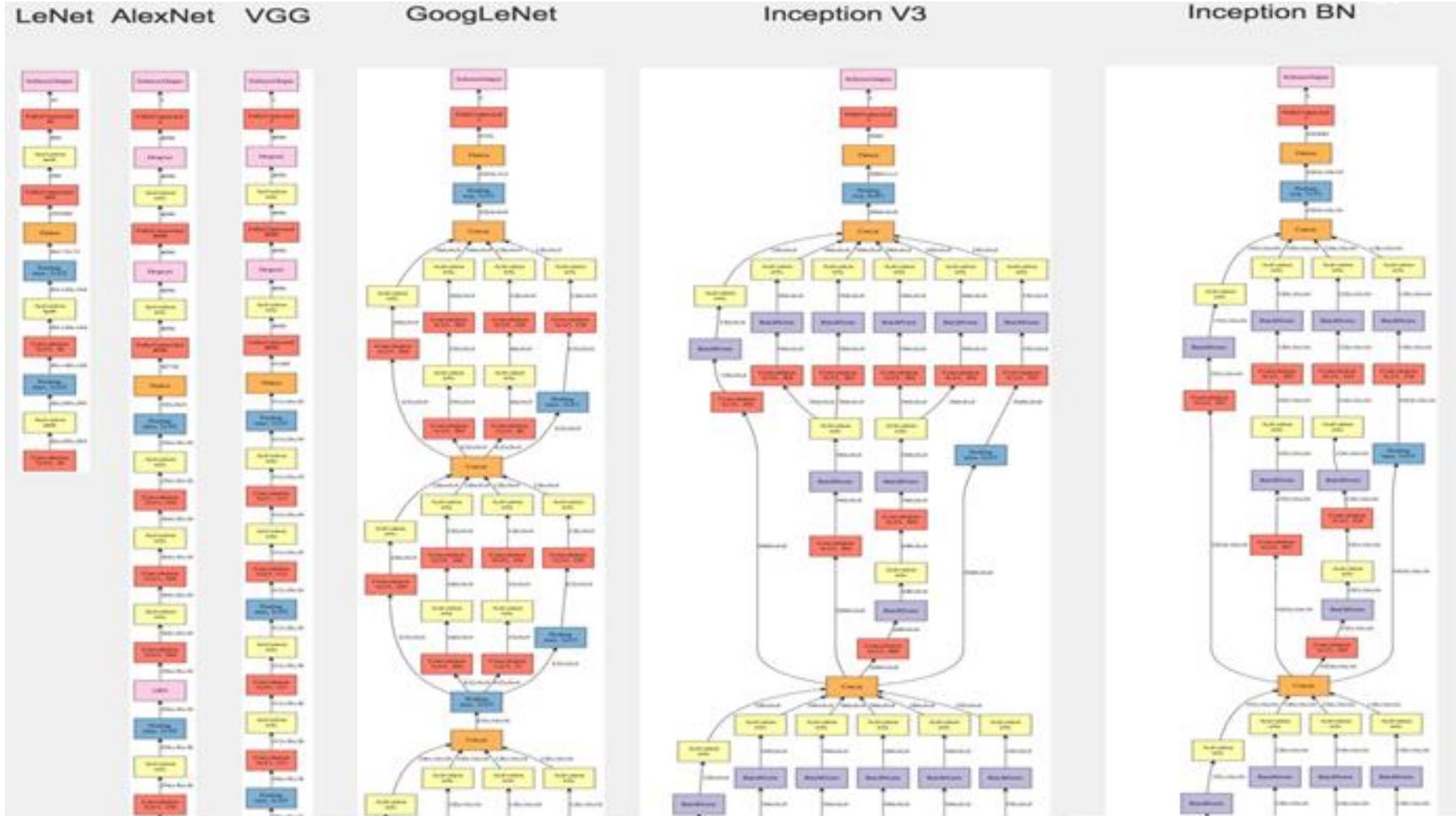
## The Web platform



# GeolmageNet initiative

Next step : integrating CNNs

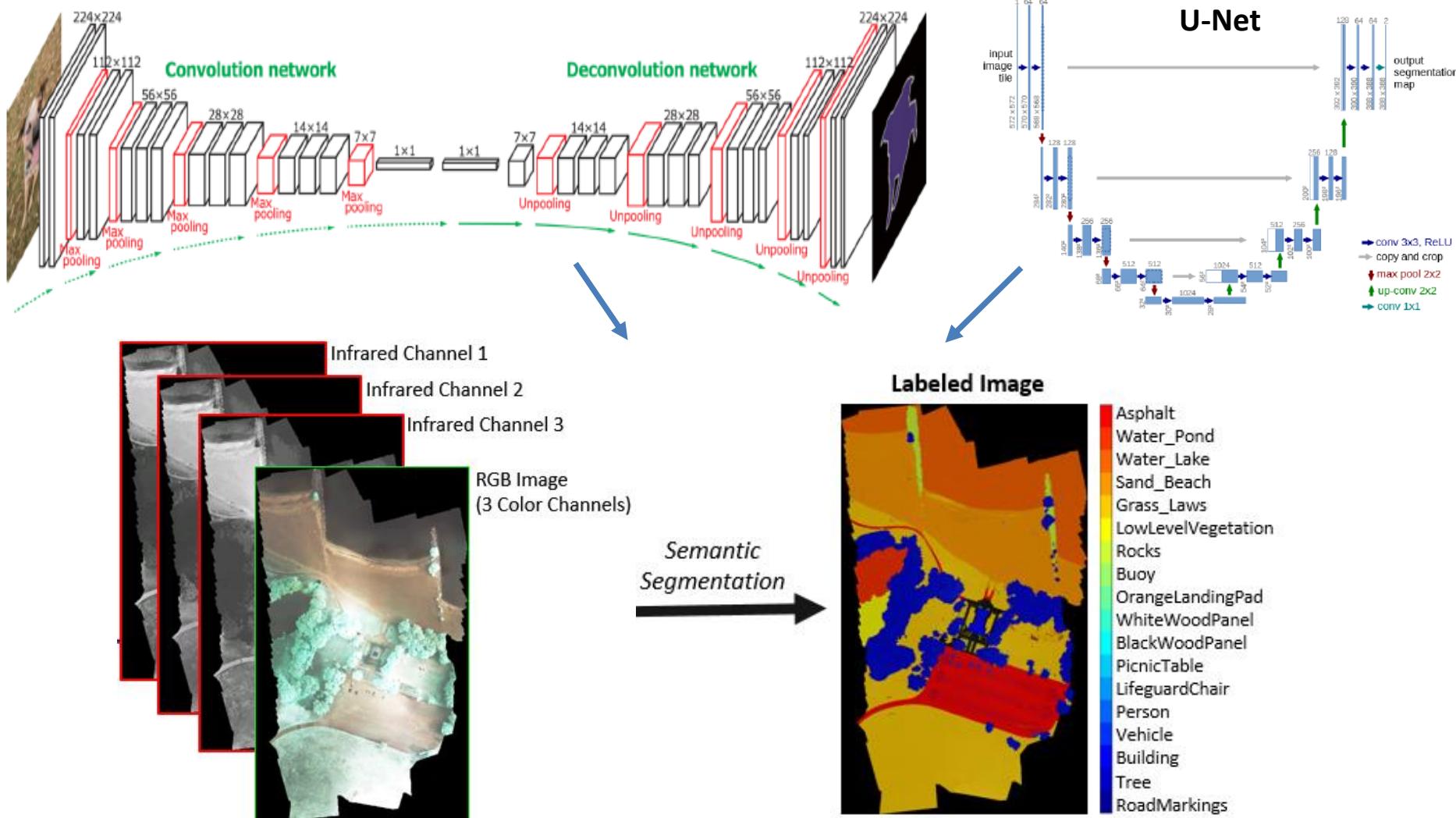
Classification networks: 1 image = 1 classe



# GeolmageNet initiative

Next step : integrating CNNs

Segmentation networks (auto-encoder) : 1 image = 1 classified map



# GeolmageNet initiative

## Project schedule

- Year 1 (July 2018 – June 2019)
  - Prototype version with basic function for image annotation : almost ready (end of **June 2019**)
  - Availability for tests and beginning of annotations
- Year 2 (15 months, July 2019 – Sept. 2020)
  - Improvements of platform functionalities: version 1.0 (Release)
  - Availability of:
    - Annotated data for download
    - Trained CNNs to download/upload
    - Share test of models (performance)

## Call for collaboration

- Participation to image annotation
- Access to trained CNNs → sharing and evaluation
- Develop a structured and efficient collaboration for DL application to VHR images
- Contact: [Yacine.bouroubi@usherbrooke.ca](mailto:Yacine.bouroubi@usherbrooke.ca)

GeolmageNet sera élaborée par les équipes des professeurs Yacine Bouroubi et Samuel Foucher et constituera une évolution de la plateforme Analyse de puissance pour la visualisation des données climatologiques (PAVICS) développée par le CRIM.

« GeolmageNet inclura des outils d'annotation d'images satellites à très haute résolution spatiale (THR). Le projet a pour objectif de développer un outil d'analyse plus profond pour la cartographie de l'occupation du sol et la détection des changements dans les images satellites Thr », souligne le professeur Bouroubi.

L'équipe du professeur en informatique appliquée Yacine Bouroubi fait partie des vingt équipes lauréates qui recevront 214 000 \$ dans le cadre du programme L'atelier de recherche de CANARIE, l'un des piliers de l'infrastructure numérique québécoise pour la recherche et l'innovation dans l'éducation et l'accès à l'information.

Grâce à ces fonds, l'équipe du professeur Bouroubi réalisera, en collaboration avec celle du professeur Samuel Foucher, chercheur principal au CRIM (Centre de recherche en informatique de Montréal), cette plateforme de recherche pour l'application des techniques d'intelligence artificielle à l'exploitation des images satellites de très haute résolution spatiale.

La plateforme GeolmageNet sera disponible pour d'autres équipes de recherche de partout au pays œuvrant dans différentes disciplines de la télédétection.

Le projet est mené par l'Université de Sherbrooke, en partenariat avec le CRIM et la compagnie Effigis Géo-Solutions. Le Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre (CCCOT) de Ressources naturelles Canada est aussi un partenaire important du projet. La plateforme GeolmageNet sera ouverte aux différents organismes canadiens (laboratoires universitaires, centre de recherche, industrie, etc.) qui œuvrent dans le domaine de la télédétection et de l'application de l'intelligence artificielle dans ce domaine. Ces organismes seront invités à utiliser la plateforme pour leurs propres recherches et applications.

Fondé en 1993, CANARIE est une société sans but lucratif principalement financée par le gouvernement du Canada.

Tiré d'un article de La Tribune

# Merci ! Thank you!

# Questions