

ALINA WALCH

Laboratoire Energie Solaire et Physique du Bâtiment (LESO-PB), EPFL

23 Novembre 2021

Quand IA et SIG explorent le potentiel des énergies renouvelables

75
PNR

Big Data

Programme national de recherche

Journée romande de la géoinformation 2021

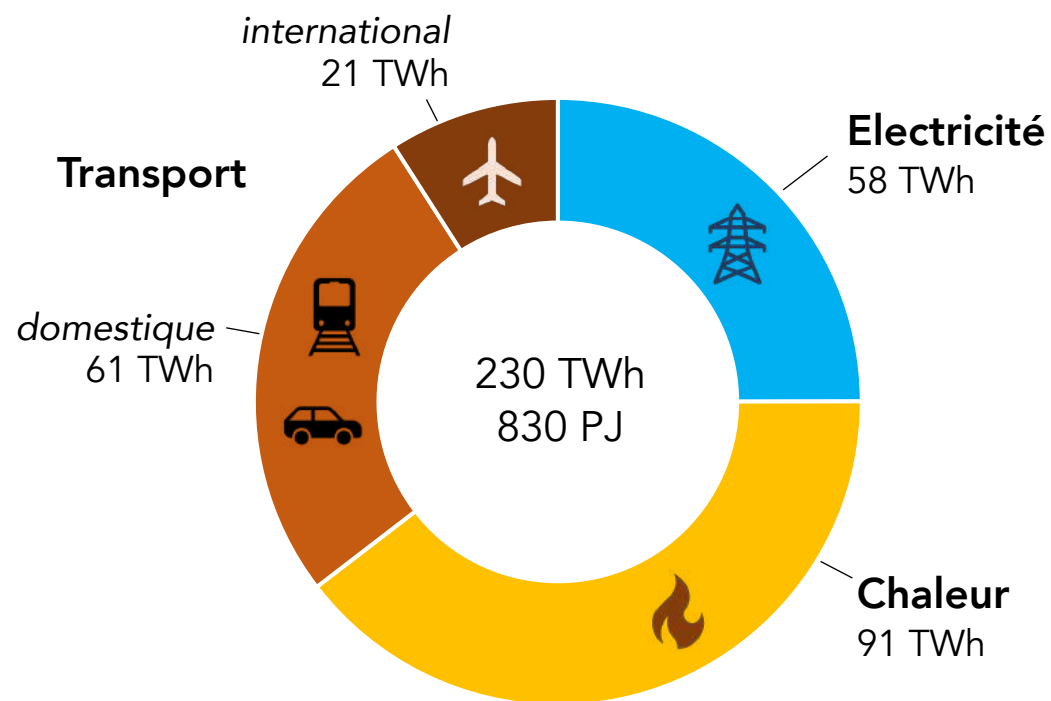
LESO-PB
LABORATOIRE D'ÉNERGIE SOLAIRE
PHYSIQUE DU BÂTIMENT

EPFL

L'énergie renouvelable en Suisse

Consommation d'énergie

Émissions CO₂



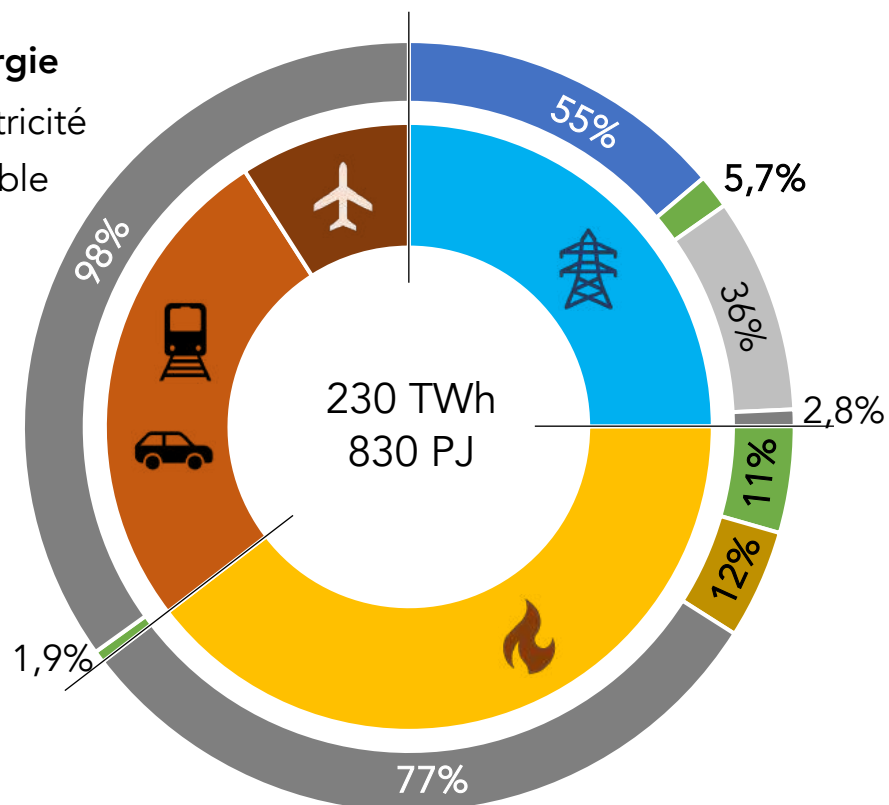
Sources: Statistiques Suisses d'énergie renouvelable, électricité et émissions, perspectives énergétiques 2050+ (2018/2019)

L'énergie renouvelable en Suisse

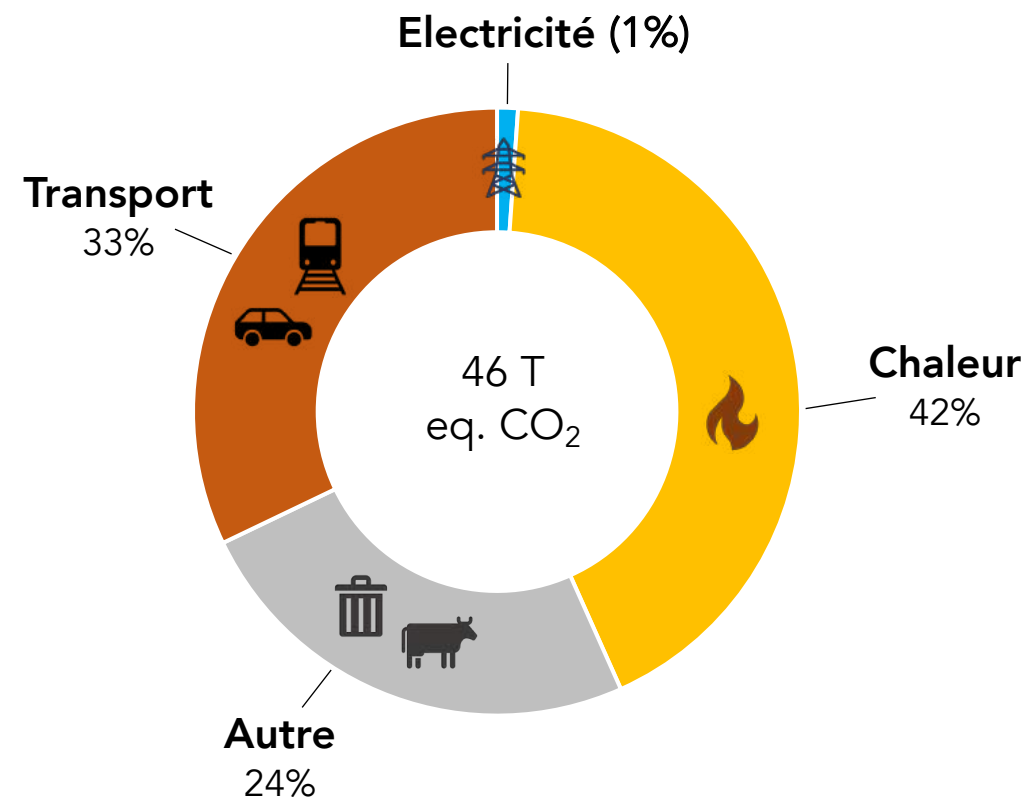
Consommation d'énergie

Source d'énergie

- Hydroélectricité
- Renouvelable
- Biomasse
- Nucléaire
- Fossile



Émissions CO₂



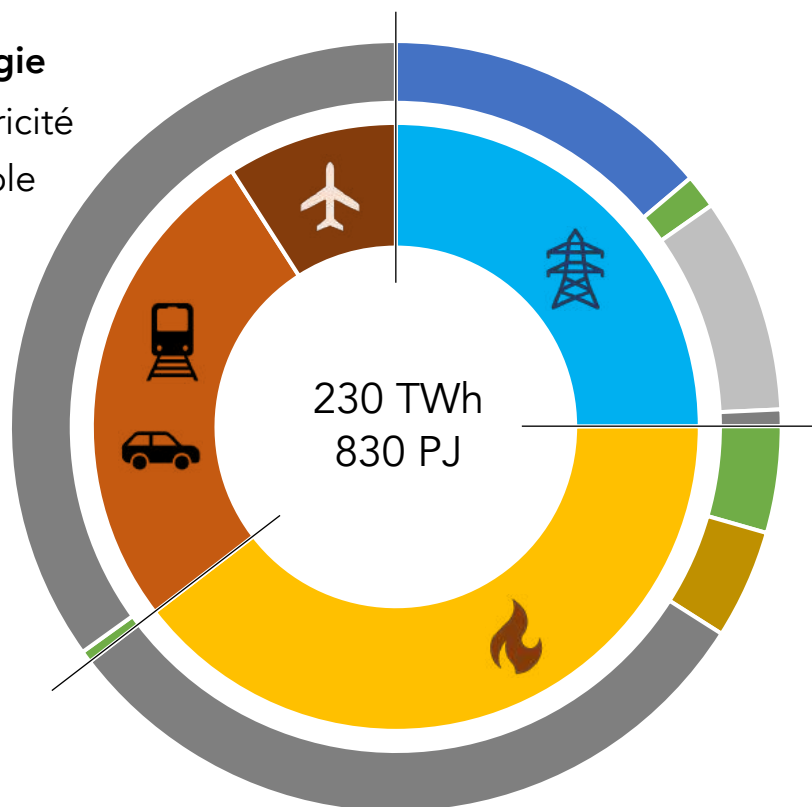
Sources: Statistiques Suisses d'énergie renouvelable, électricité et émissions, perspectives énergétiques 2050+ (2018/2019)

L'énergie renouvelable en Suisse

Consommation d'énergie

Source d'énergie

- Hydroélectricité
- Renouvelable
- Biomasse
- Nucléaire
- Fossile



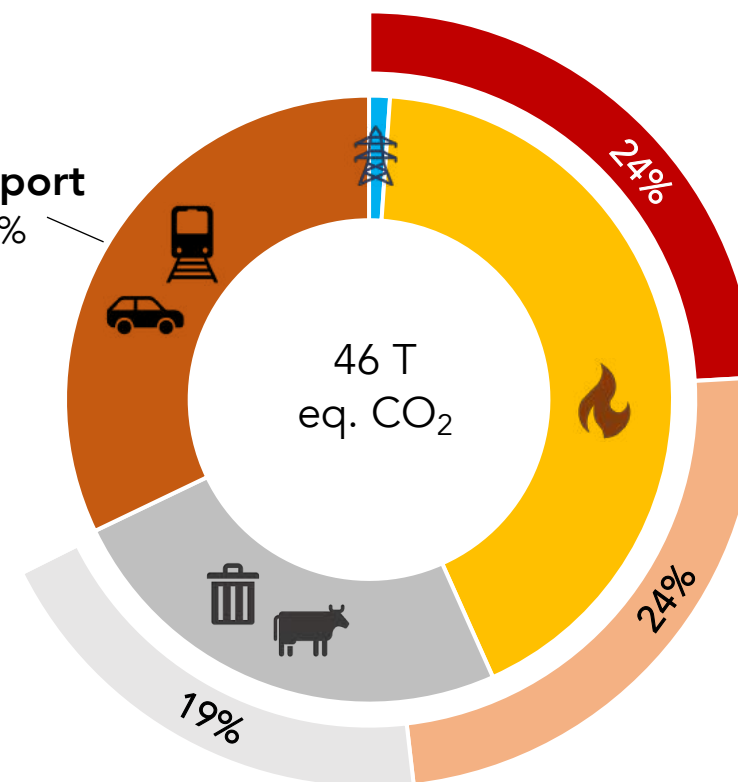
Émissions CO₂

Secteur

- Bâtiments
- Industrie
- Autre

Transport

33%



Sources: Statistiques Suisses d'énergie renouvelable, électricité et émissions, perspectives énergétiques 2050+ (2018/2019)

Perspectives énergétiques 2050+

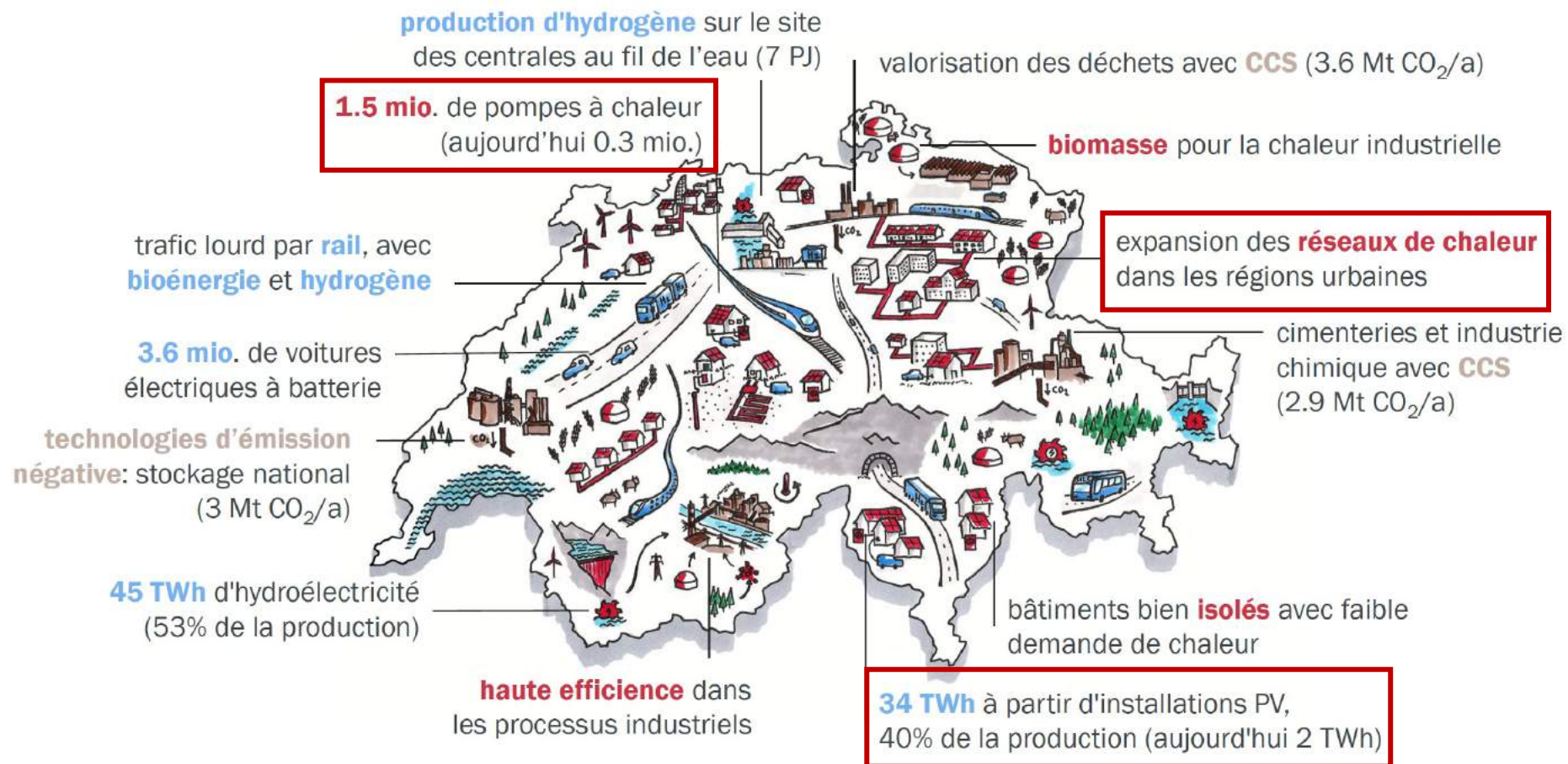


Image: Dina Tschumi. Consortium Prognos AG, TEP Energy GmbH, Infrac AG, Ecoplan AG

Source: OFEN Perspectives Énergétiques 2050+, 2020

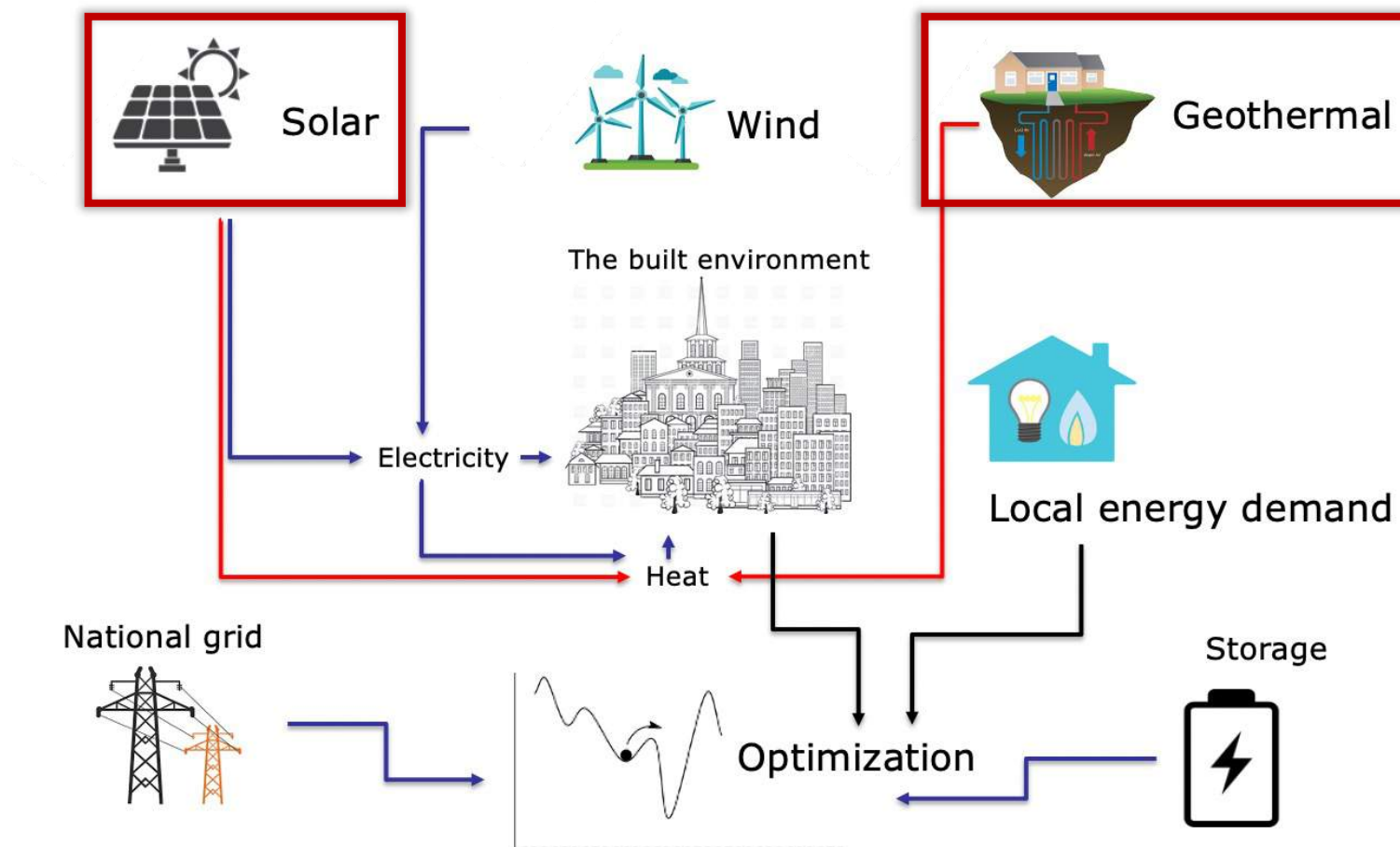
Défis techniques

Énergie solaire

- Electricité (PV)
- Toits individuels
- Résolution horaire

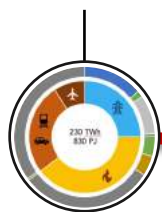
Énergie géothermique de faible profondeur

- Chauffage (& climatisation)
- Chauffage à distance
- Bâtiments

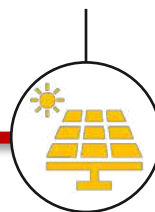


Outline

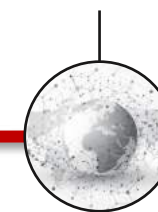
Introduction



Énergie Solaire



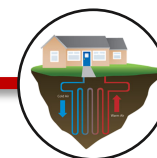
Conclusions



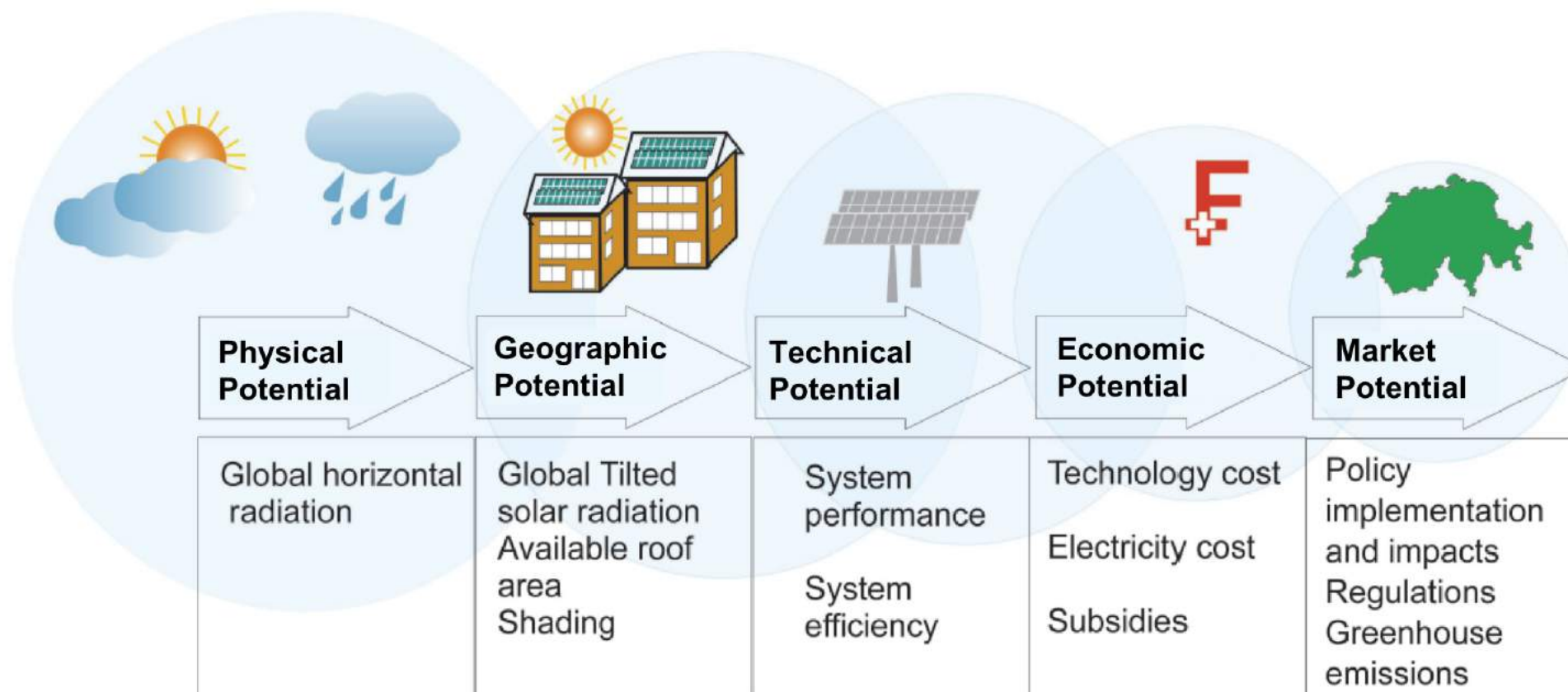
Méthodes



Énergie géothermique
de faible profondeur

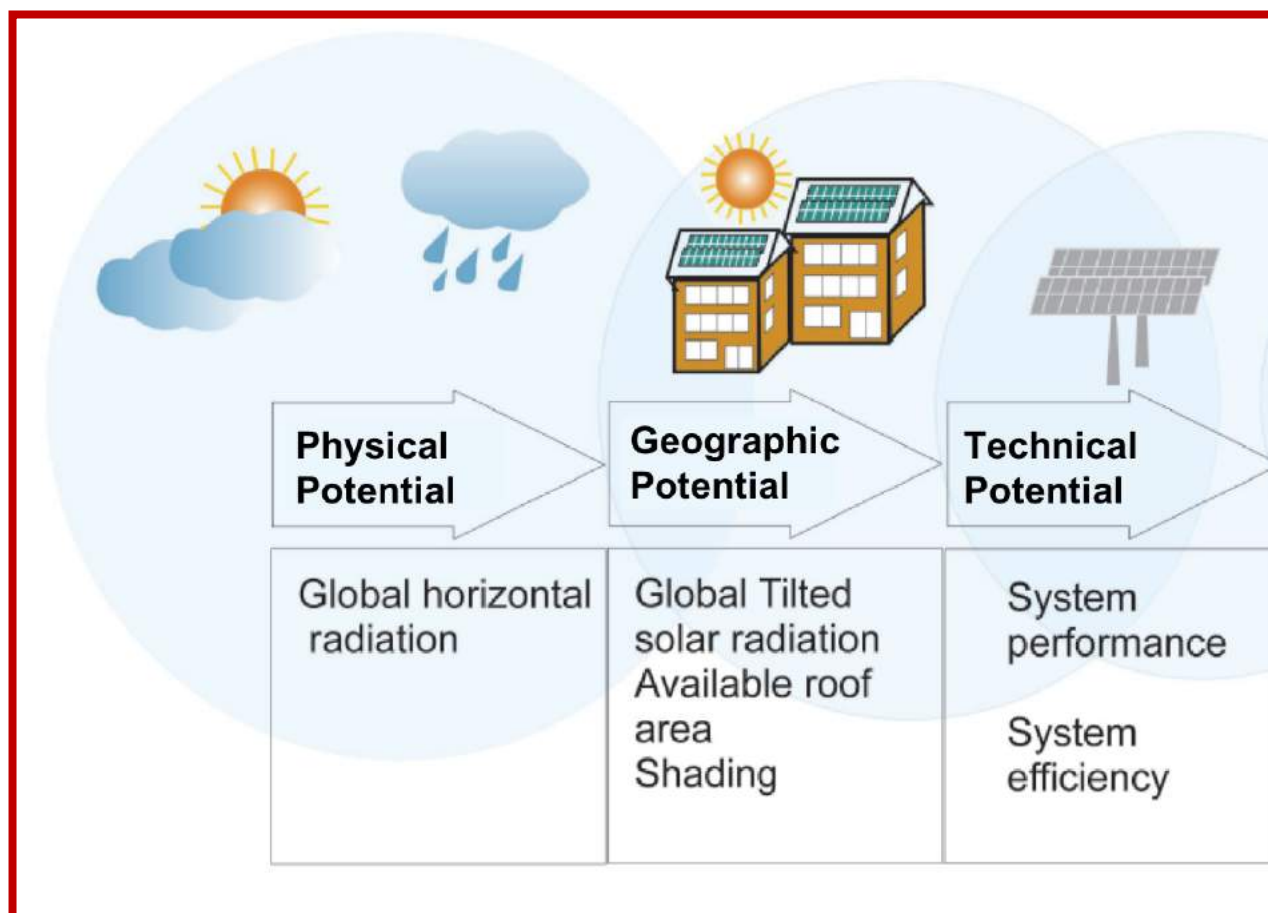


Méthodes



Source: Assouline et al., 2017.

Méthodes



Intégration de méthodes

« Physiques »

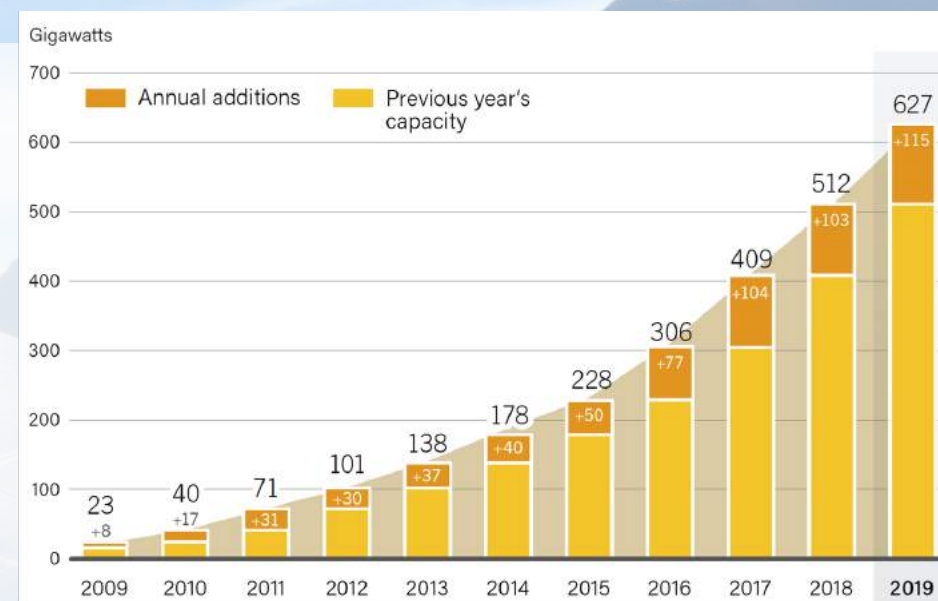
- Modèles analytiques
- Méthodes géospatiales (SIG)

« Intelligence Artificielle (IA) »

- Apprentissage automatique (Machine Learning, ML)

Source: Assouline et al., 2017.

Énergie solaire



Source: REN21 Global Status Report 2020

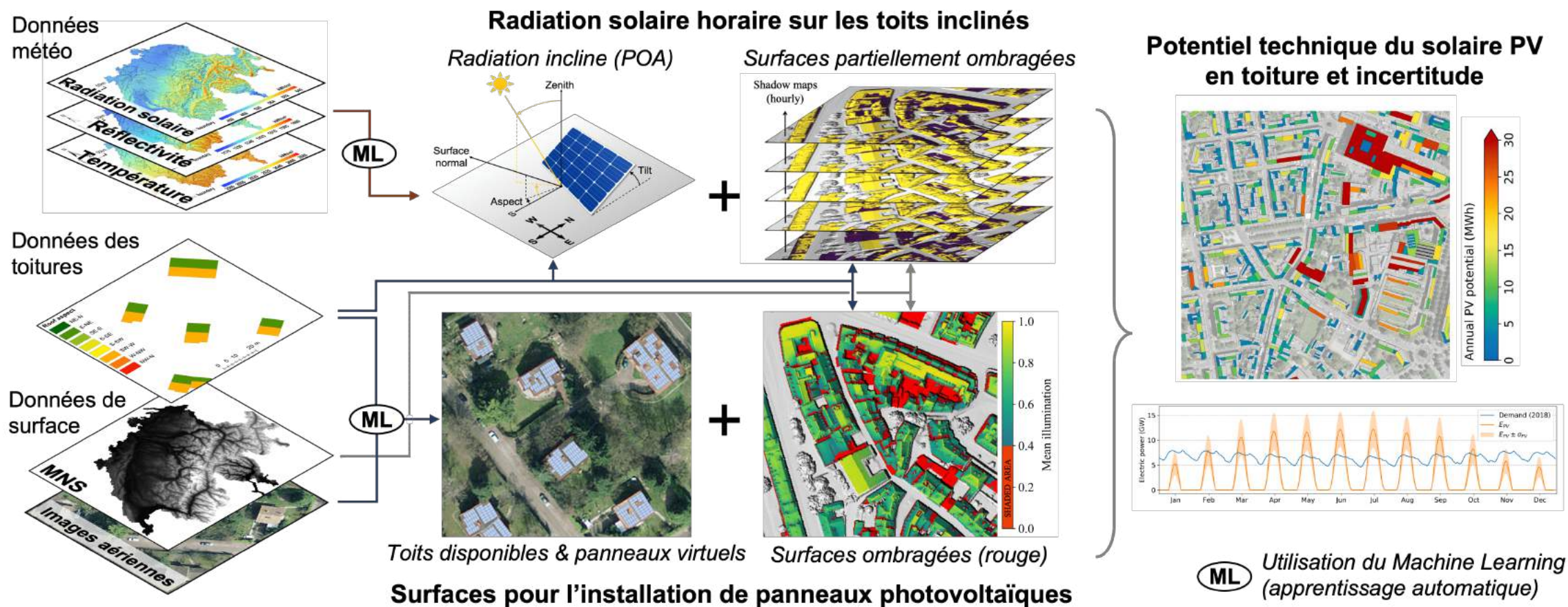
Références:

Walch A., Castello R., Mohajeri N., Scartezzini J.L. (2020) 'Big Data Mining for the Estimation of Hourly Rooftop Photovoltaic Potential and Its Uncertainty'. *Applied Energy* 262: 114404.

Castello R., Walch A., Attias R., Cadei R., Jiang S., Scartezzini J.L. (2021). 'Quantification of the Suitable Area for Rooftop Solar Panel Installation from Overhead Imagery Using Convolutional Neural Networks'. Presented at *CISBAT 2021*, Lausanne, Switzerland.

Walch, Alina (2021). 'Spatio-Temporal Estimation of Renewable Energy Potential in Built Environments Using Big Data'. PhD Thesis, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland.

Le potentiel technique du solaire



Base de données: <https://zenodo.org/record/3609833>

Walch et al. (2020), Castello et al. (2021)

Identification des surfaces disponibles

- Convolutional Neural Networks (**CNN**)
 - + Images aériennes
 - + Géométries de toitures
- Installation virtuelle de **panneaux**

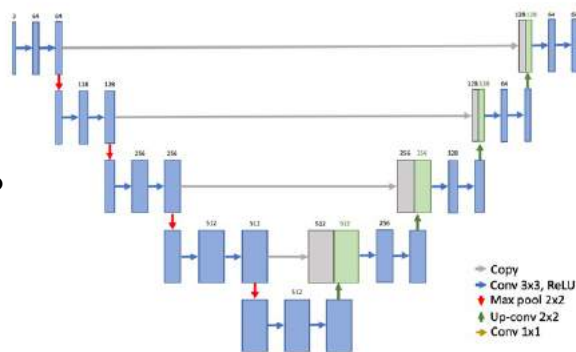
U-Net architecture →

Test accuracy: 93%

Test sensitivity (recall): 75%

Intersection over union
(IoU): 0.64

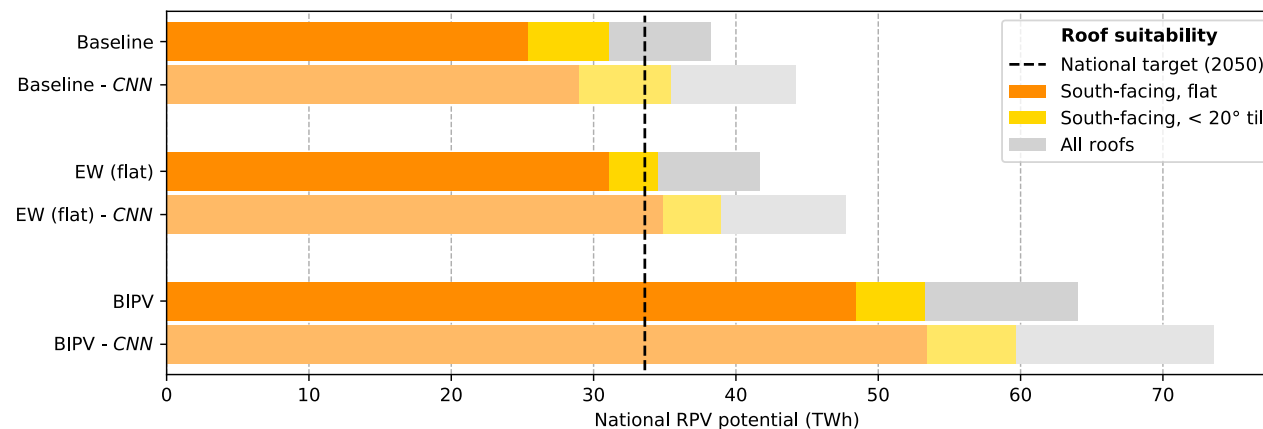
Castello et al. (2021)



Conséquences pour la Suisse

Le **potentiel national** dépend de

- L'**utilisation** des toits
- La **disposition** des toits



Stratégie énergétique (34 TWh):

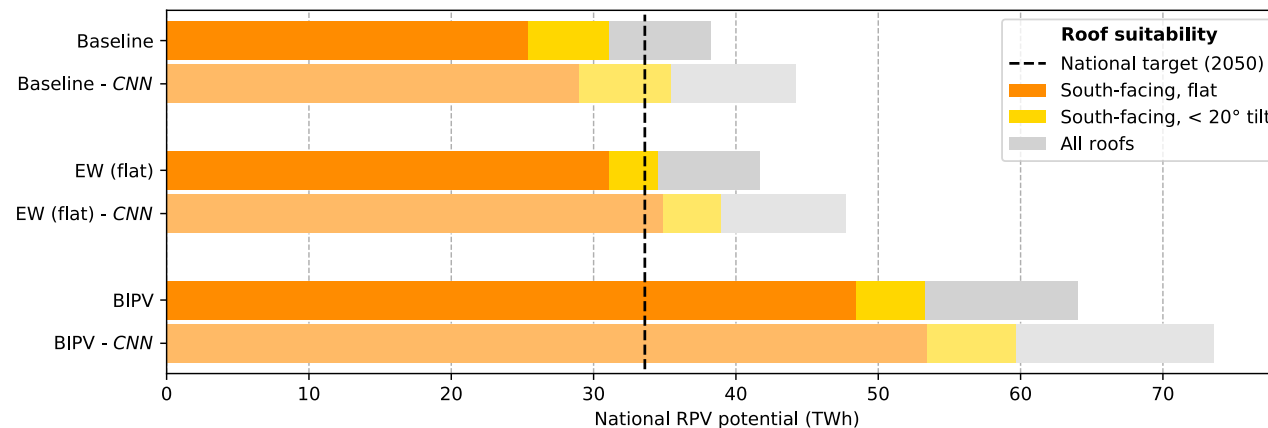
- **50-55%** des toits S/<20°

CNN: Détection des surfaces disponibles sur des images aériennes
EW: Scénario alternatif pour l'installation de PV sur des surfaces plats
BIPV: Panneaux PV intégré dans les toits (100% de surface utilisé)

Conséquences pour la Suisse

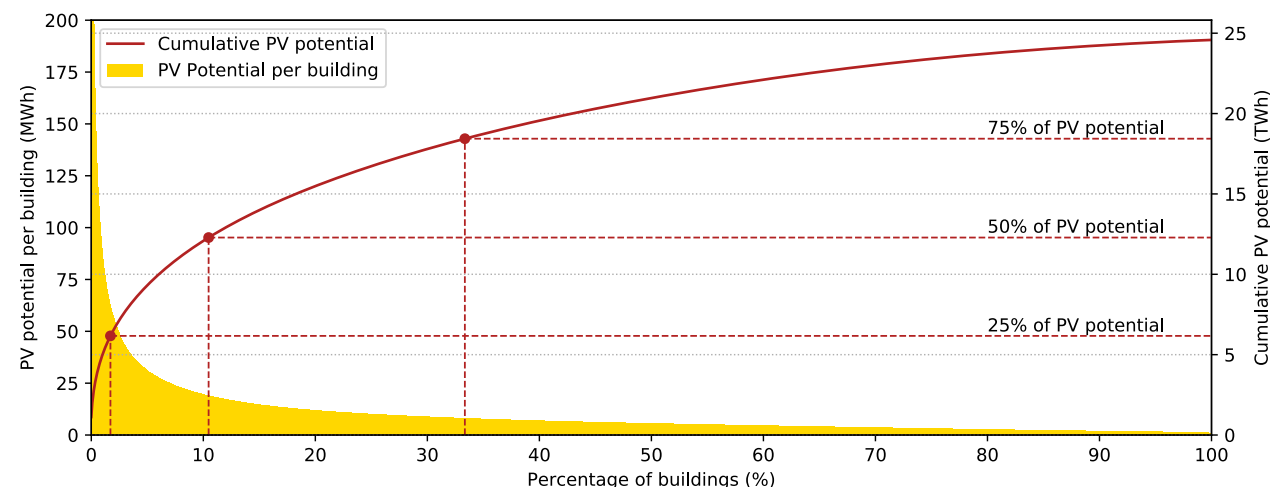
Le **potentiel national** dépend de

- L'**utilisation** des toits
- La **disposition** des toits



Stratégie énergétique (34 TWh):

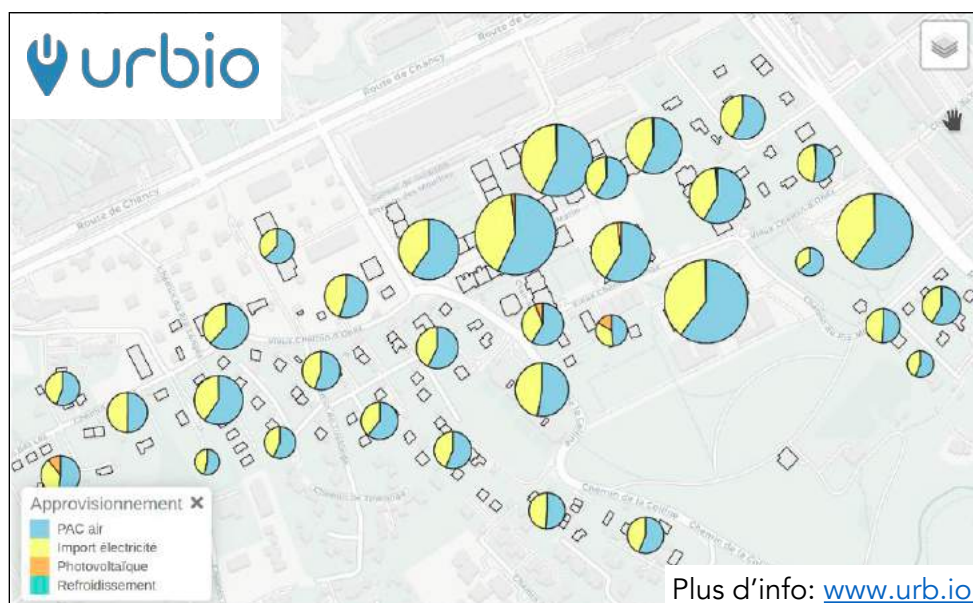
- **50-55%** des toits S/<20°
- Prioriser des bâtiments avec un **haut potentiel**



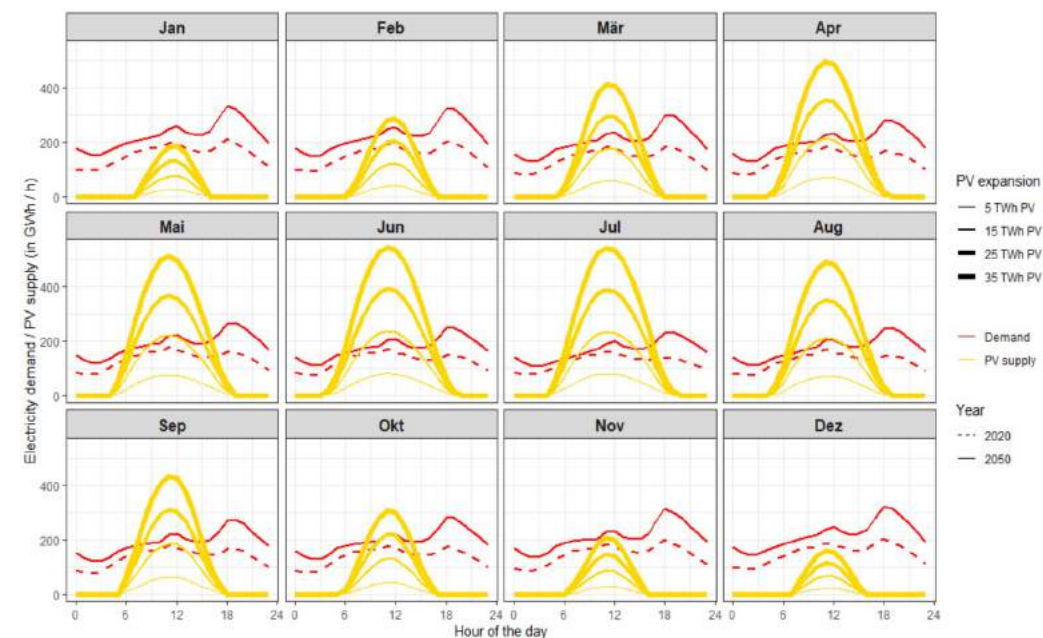
Applications de la base de données

Walch, Rüdüsüli et al.

Étude d'un quartier



Étude nationale



- Conception des systèmes énergétiques
- Visualisation & optimisation avec Urbio
- Déploiement stratégique du PV
- Autonomie et flexibilité des districts

Géothermie à faible profondeur

Pompes à chaleur géothermique

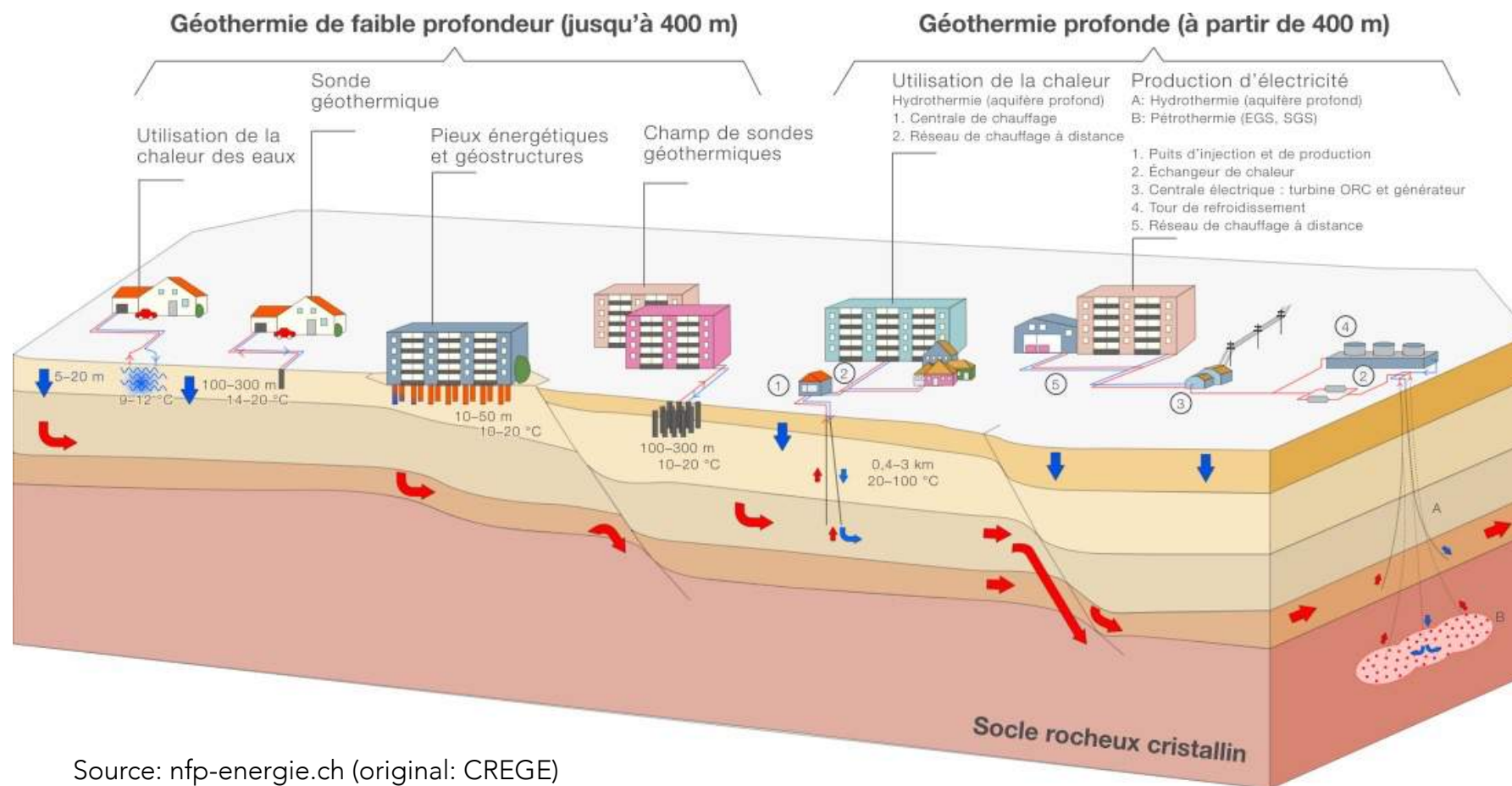
References:

Walch A., Mohajeri N., Gudmundsson A., Scartezzini, J.L. (2021). 'Quantifying the Technical Geothermal Potential from Shallow Borehole Heat Exchangers at Regional Scale'. *Renewable Energy* 165: 369–80.

Walch A., Li X., Chambers J., Mohajeri N., Yilmaz S., Patel M., Scartezzini, J.L. (2020) 'Shallow Geothermal Energy Potential for Heating and Cooling of Buildings with Regeneration under Climate Change Scenarios'. *Submitted to Energy*.

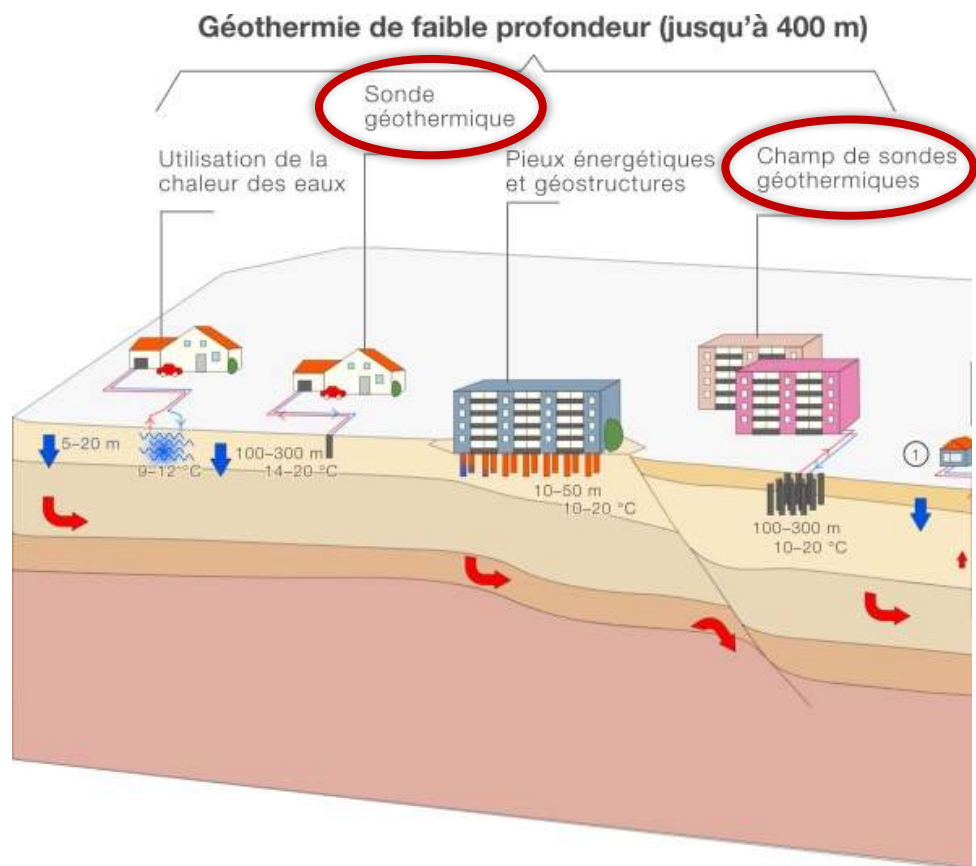
Walch, Alina (2021). 'Spatio-Temporal Estimation of Renewable Energy Potential in Built Environments Using Big Data'. PhD Thesis, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland.

Énergie géothermique



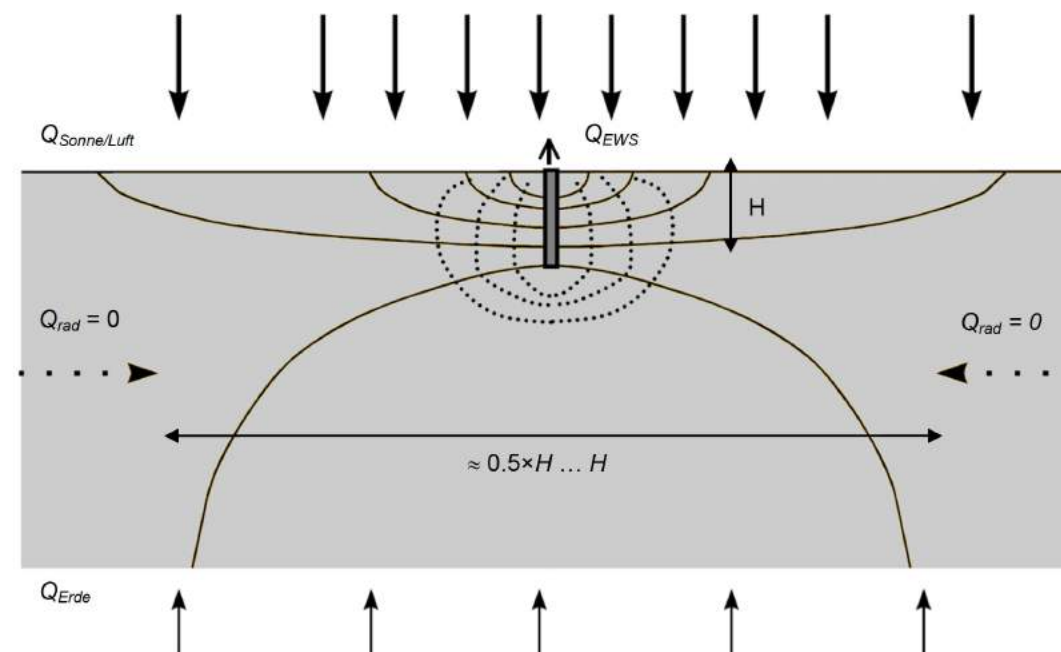
Source: nfp-energie.ch (original: CREGE)

Énergie géothermique



Source: nfp-energie.ch (original: CREGE)

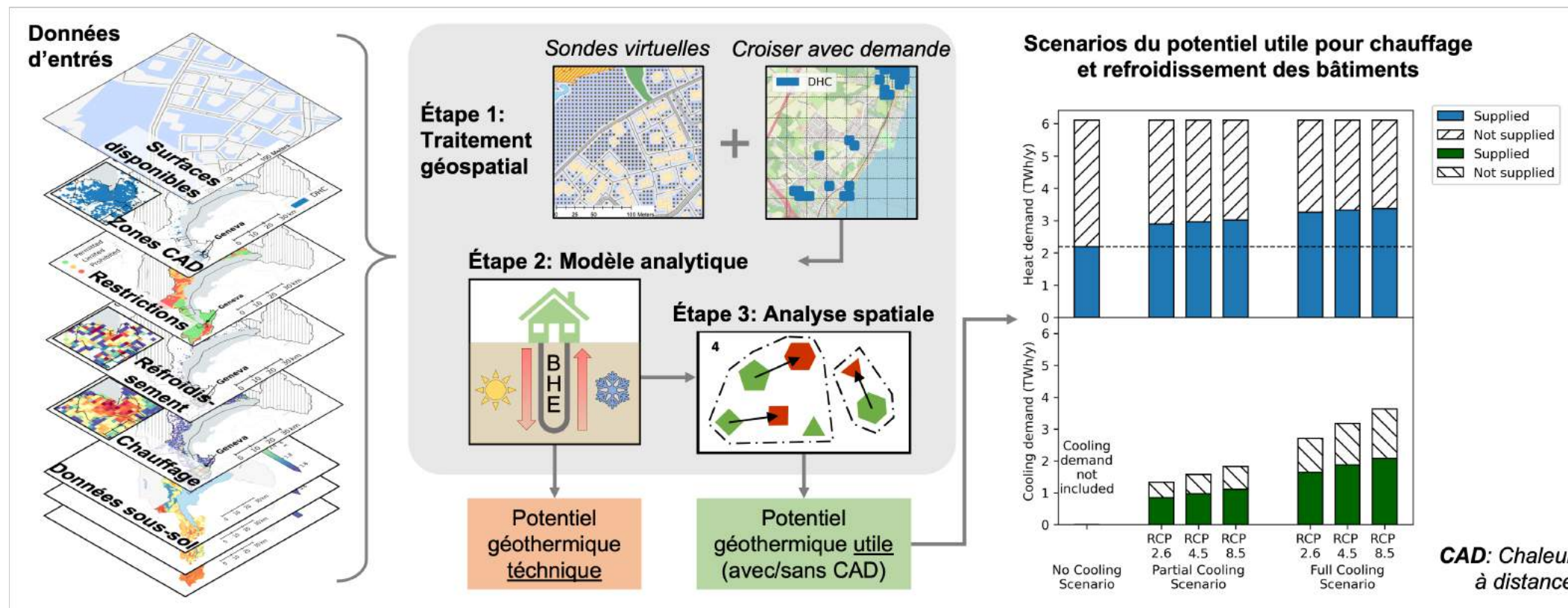
Pompes à chaleur (PAC) géothermique avec sondes géothermiques verticales



Source: Wagner and Weisskopf (2014)

Le potentiel géothermique

Chauffage, régénération saisonnière et chaleur à distance (CAD)

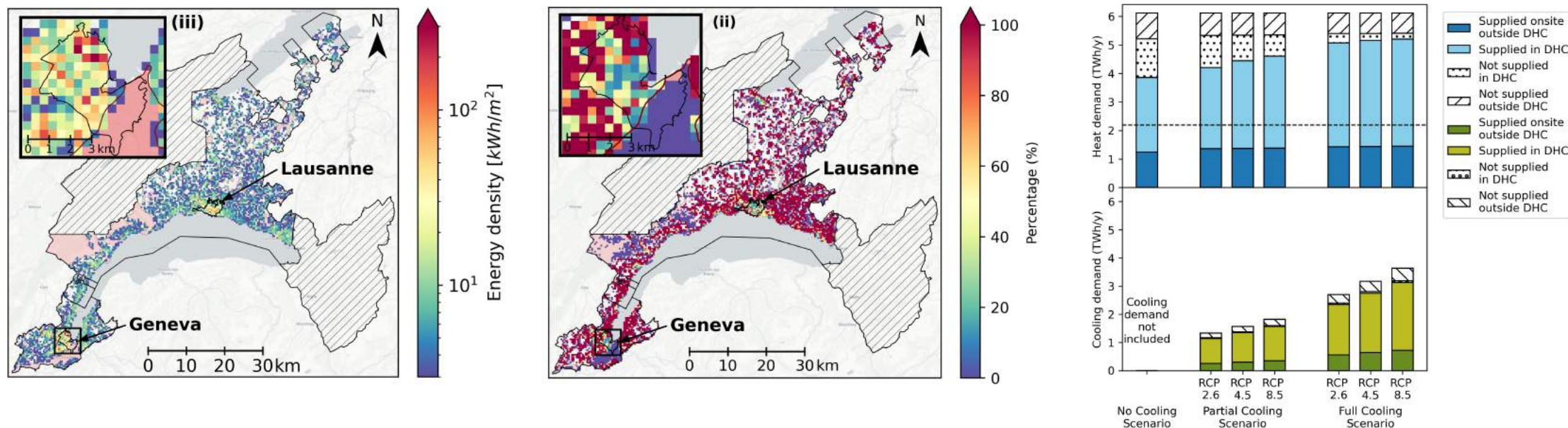


Walch, Li et al.

Étude de cas: Vaud + Genève

Walch, Li et al.

Potentiel technique \longrightarrow Potentiel utile \longrightarrow Chaleur à distance

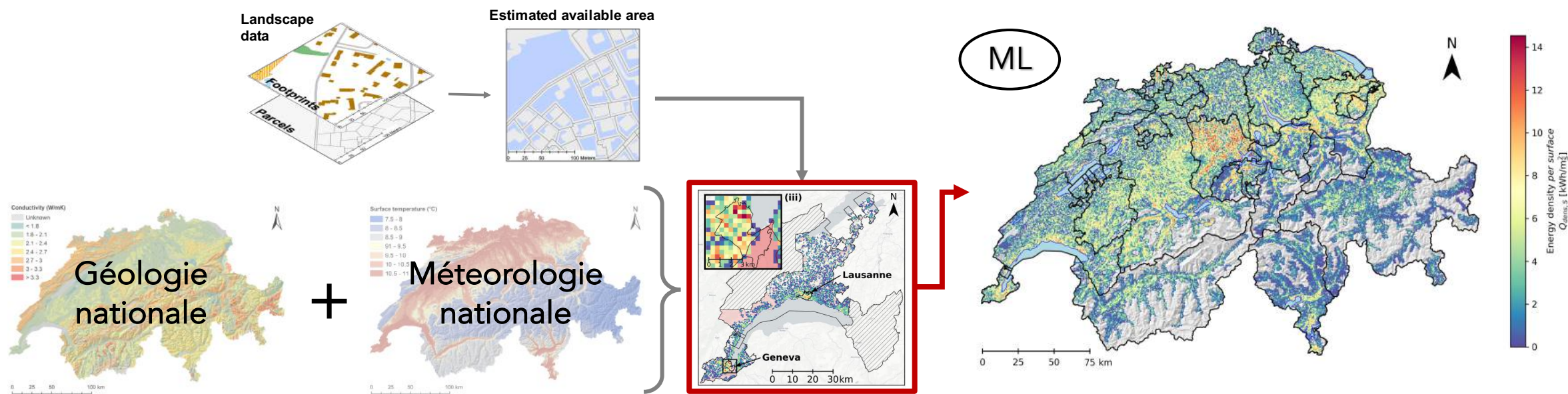


➤ Sans régénération: $\leq 15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
Avec régénération $> 300 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$

➤ max. 55% de chaleur (vs. 35%)
avec 57% de refroidissement

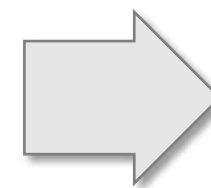
➤ Augmentation de max. 75%
(85% des besoins d'énergie)

Extension à l'échelle nationale



Défis

- **Propriétés thermiques** approximées
- **Eaux souterraines** non considérées
- **Restrictions** différentes selon les cantons



Appel

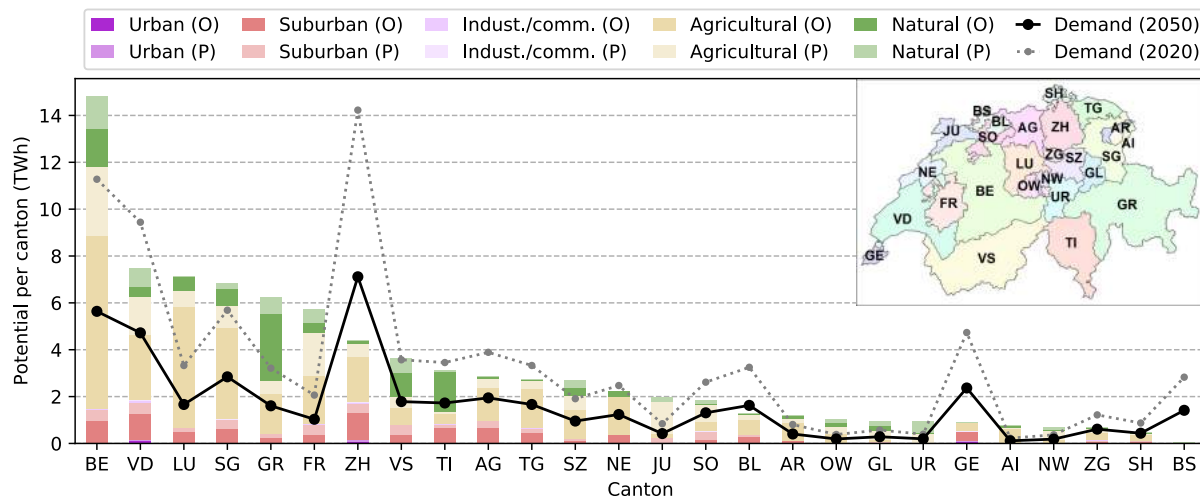
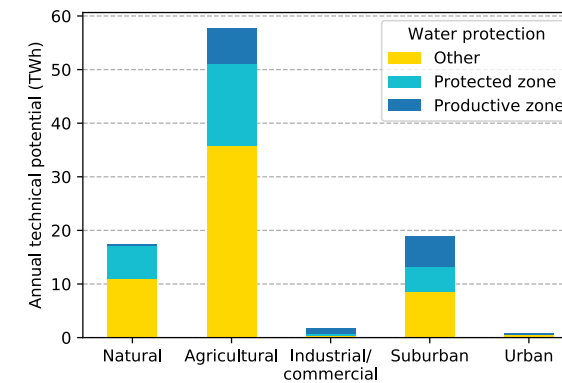
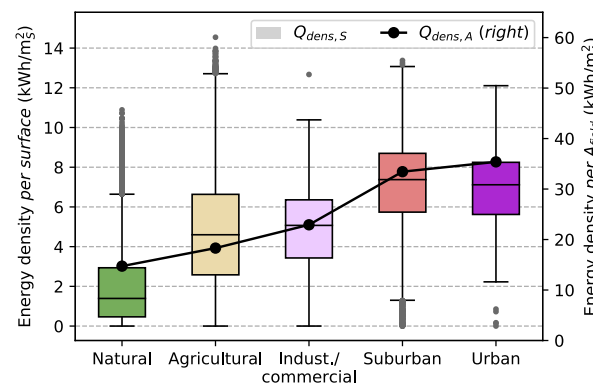
Cadastre national
de géothermie

Conséquence pour la Suisse

- Haute **densité d'énergie** dans les zones urbaines
- **Max. 97 TWh** (20% en ville)
- 40% avec **restrictions probables**
- **Décalage** avec demande

Stratégie énergétique:

- Fournir 30-70% des besoins PAC
- Contribution importante aux CAD



Conclusion



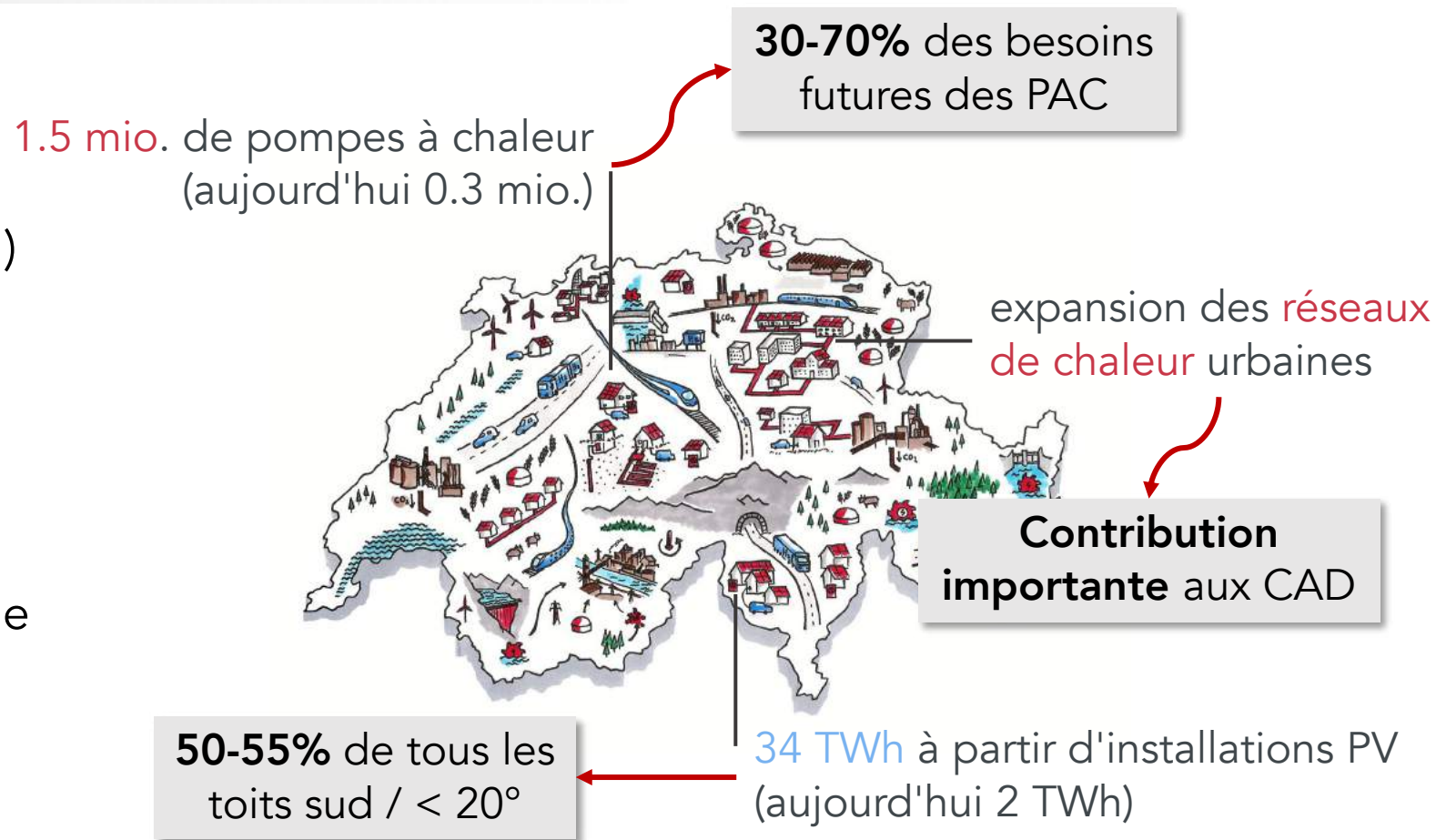
Résumé

Méthodologie

- Modèles analytiques
- Méthodes géospatiales (SIG)
- Apprentissage automatique

Résultats

- **Énergie solaire**
 - Potentiel photovoltaïque
- **Énergie géothermique**
 - PAC géothermique
 - Régénération et CAD



Adapté des Perspectives Énergétiques 2050+, OFEN (2020)

Réflexions et perspectives

Les potentiels renouvelables

- **Solaire** – domaine de recherche bien développé → stratégies d'intégration
- **Géothermie** – défis à l'échelle nationale → coordination entre cantons

Défis liés aux données

- **Qualité** des données – 'garbage in, garbage out'
- **Accessibilité** – Données ouvertes
- **Géodonnées** sont **indispensables** pour des **stratégies de décarbonisation**

Merci de votre attention.

alina.walch@epfl.ch

Questions ?

Présentation du poster

„Quand IA et SIG explorent le potentiel des énergies renouvelables“

Stand EPFL ENAC

Présence: 10h30-11h, 13h30-14h

Financement

Fonds National Suisse
Programme National de Recherche
PNR 75 “Big Data”
Projet “HyEnergy”



Big Data
Programme national de recherche



**FONDS NATIONAL SUISSE
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



Big Data
Programme national de recherche

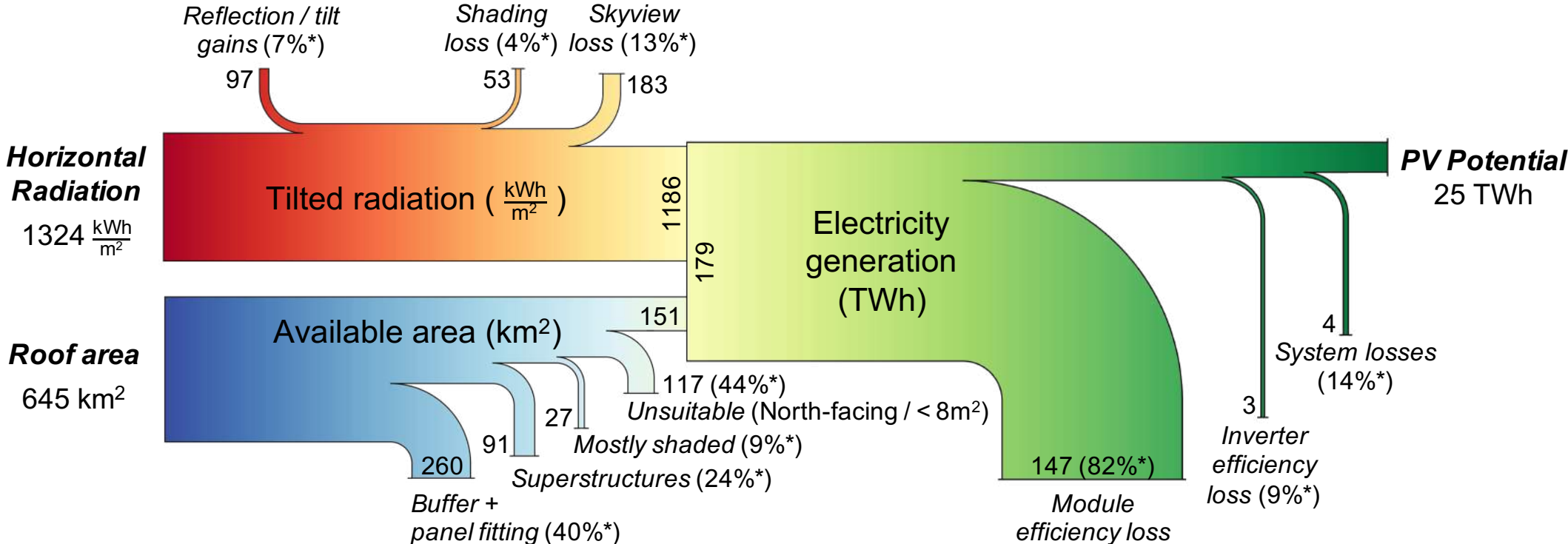
Journée romande de la géoinformation 2021



Backup



Resultats – solaire PV



* Percentages refer to the **remaining** radiation / area / electricity

Données d'entrée

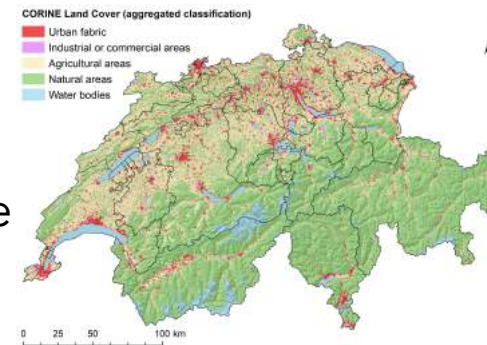
Bâtiments

- Bâtiments & parcelles
- Toits & superstructures
- Objets du paysage



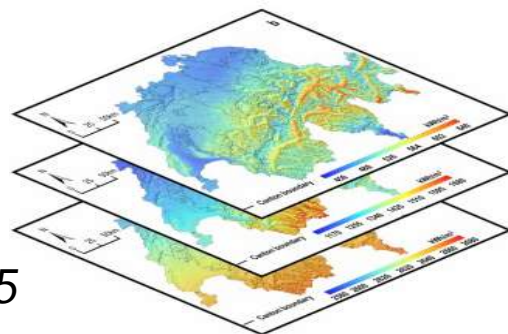
Paysage

- Typologies
- Modèles de surface
- *MNS 2m / 50cm*



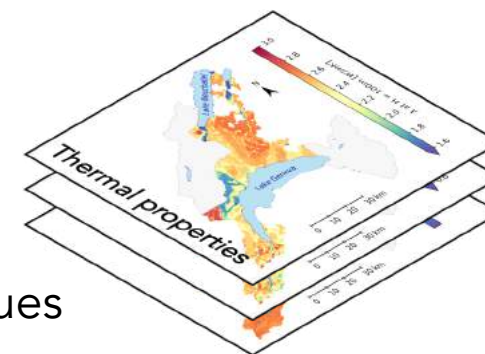
Météorologie

- Radiation solaire
- Température
- *Horaire, 2004-2015*

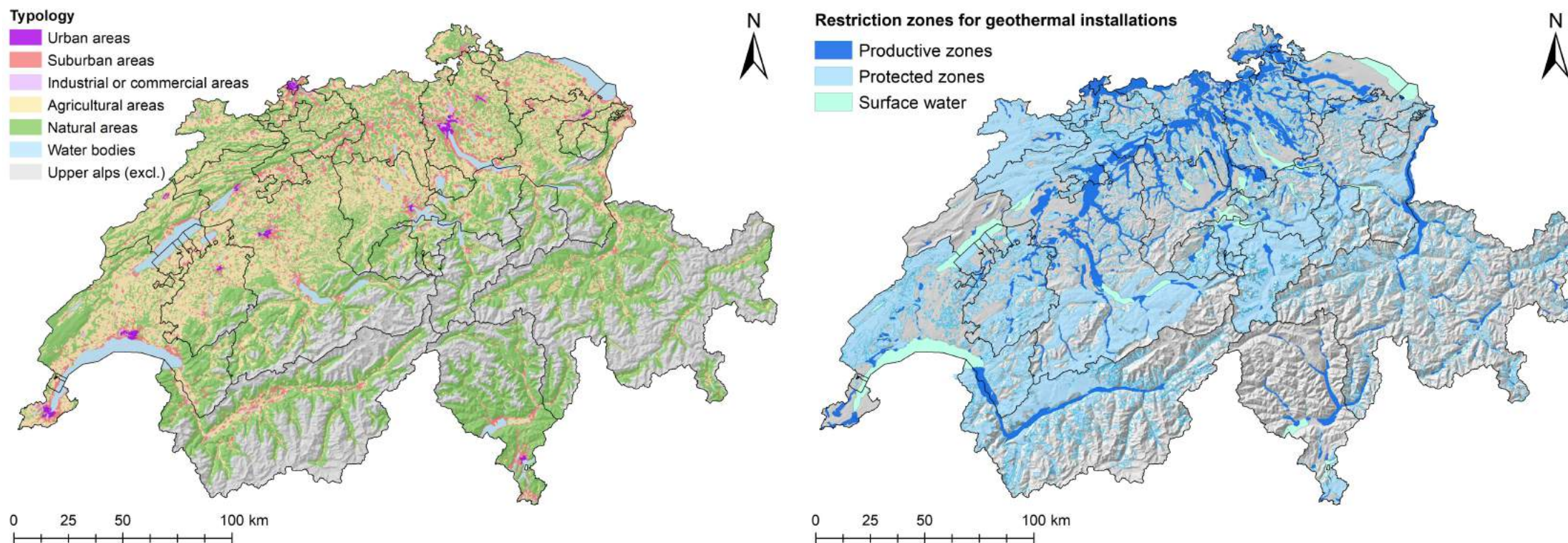


Sous-sol

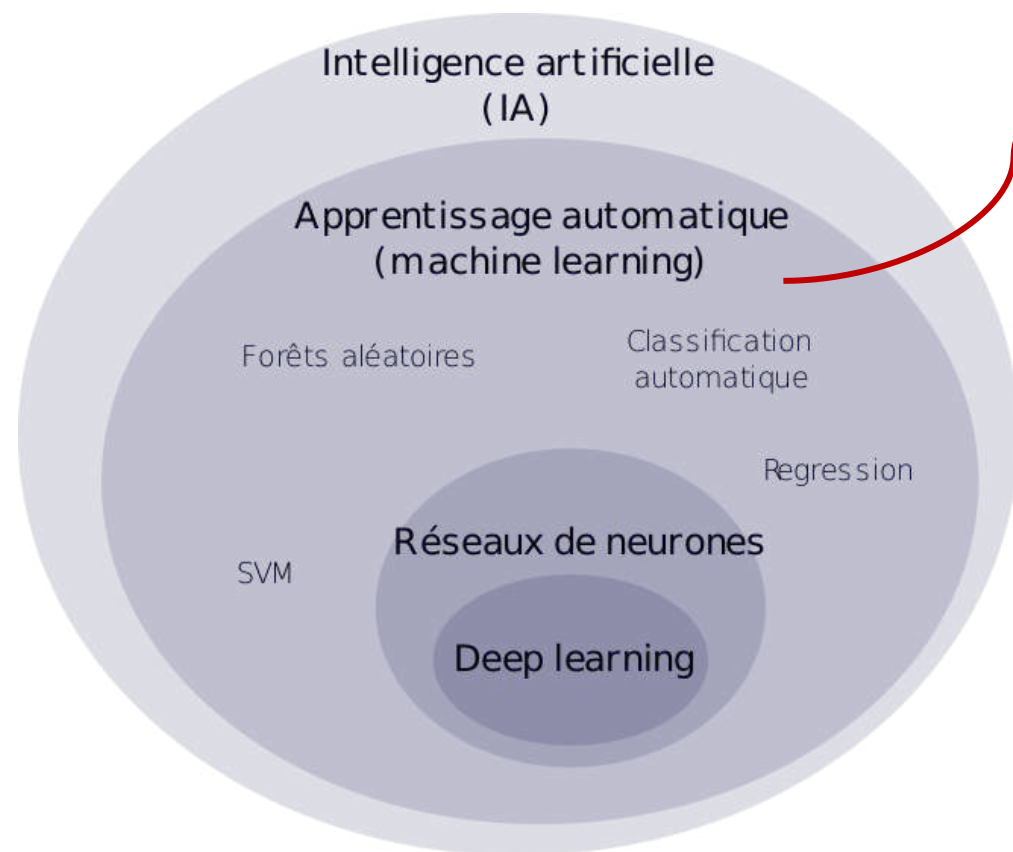
- Géologie
- Protection sous-sol
- Propriétés thermiques



Typologies & zones protégées



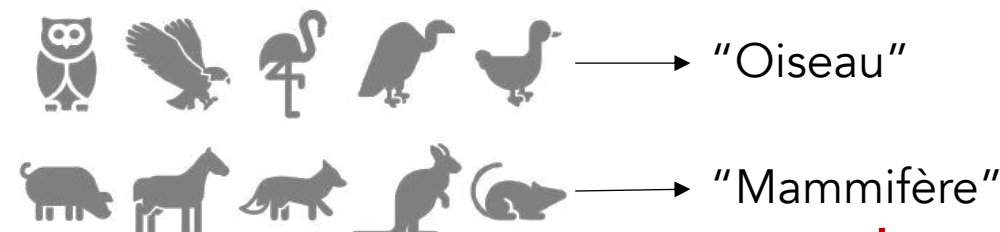
L'apprentissage automatique (ML)



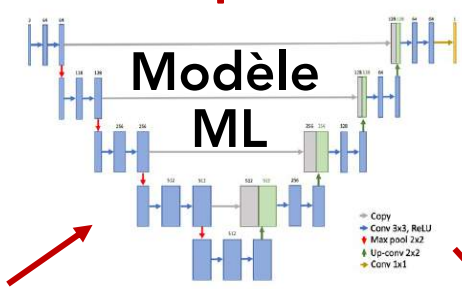
L'apprentissage supervisé

Features

Labels



Entraînement
Déploiement



"Mammifère"