

DES STATISTIQUES SOLAIRES VENUES DU CIEL

En Suisse, l'énergie solaire est de plus en plus utilisée chaque année. Jusqu'à présent, le nombre réel d'installations photovoltaïques (PV) et de chaleur solaire était estimé sur la base des chiffres de vente et sujet à l'incertitude. Une équipe de chercheurs de la Haute école spécialisée du nord-ouest de la Suisse a tenté de déterminer l'inventaire des installations solaires sur les toits suisses de manière plus précise qu'auparavant en utilisant des images aériennes, les installations solaires étant automatiquement identifiées et quantifiées grâce à l'apprentissage automatique. Les résultats devraient améliorer la fiabilité des statistiques solaires. Ils pourraient en outre donner une impulsion à l'expansion souhaitée de l'énergie solaire.



Le résultat de l'apprentissage automatique: les installations solaires de la ville de Lausanne. Photo: FHNW

Article spécialisé concernant les connaissances acquises lors d'un projet de recherche dans le domaine de la photovoltaïque soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé *Commune suisse* (édition avril 2021).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN



Une photographie aérienne de swisstopo - à gauche avec l'ancienne résolution (un point d'image/pixel correspond à 50 cm), à droite avec la résolution disponible aujourd'hui (un point d'image/pixel correspond à 10 cm). Photo: SWISSIMAGE/swisstopo

Grâce aux images satellite, aux vidéos de drones et à Google Earth, nous avons pris l'habitude de regarder le monde d'en haut. Dans cette perspective, vous pouvez non seulement vous émerveiller devant des paysages et des villes fascinants, mais aussi, en regardant de plus près, suivre l'évolution de notre approvisionnement énergétique: à savoir le nombre croissant d'installations solaires, à l'aide desquelles de l'électricité photovoltaïque et de la chaleur (capteurs solaires thermiques) pour le chauffage et l'eau chaude sont produites à partir de l'énergie du soleil. Aujourd'hui déjà, les personnes intéressées peuvent utiliser le portail sonnendach.ch, co-financé par l'OFEN, afin d'examiner les surfaces de toit et de façade adaptées à la production d'énergie solaire pour chaque bâtiment en Suisse. Le portail se base sur un ensemble de données vectorielles pour les bâtiments (swissBUILDINGS3D 2.0), qui a été créé à partir de diverses images aériennes.

Jusqu'à présent, les statistiques des installations solaires suisses ne se basaient pas sur l'analyse d'images aériennes, mais plutôt sur les chiffres de vente des installations en réseau et autonomes que Swissolar collecte chaque année dans le cadre d'une enquête sectorielle réalisée sur mandat de l'OFEN. En 2019, un total de 42'774 m² de capteurs thermiques, ainsi que des modules PV d'une puissance de 326'075 kW ont été construits conformément à cet extrait de la statistique de l'énergie solaire (disponibles sur: <https://bit.ly/3qOlctj>). Cet extrait de la statistique sera ensuite intégré dans les statistiques de l'OFEN sur les énergies renouvelables. « Comme

nous ne disposons malheureusement pas de bases de données fiables sur les installations solaires, les chiffres concernant les installations photovoltaïques sont sujets à une inexactitude de dix pour cent, et même de 15 à 20 pour cent pour les installations solaires thermiques », explique Urs Kaufmann (eicher+pauli AG), qui compile chaque année les statistiques sur les énergies renouvelables sur mandat de l'OFEN.



Les chercheurs de la FHNW Adrian F. Meyer, Prof. Martin Christen et Prof. Denis Jordan (de gauche à droite). Photos: FHNW

Recensement grâce aux prises de vue aériennes

Depuis plusieurs années, une équipe d'experts de l'Office fédéral de l'énergie étudie comment la numérisation peut être utilisée dans le secteur de l'énergie. « Nous voulons, entre autres, savoir comment utiliser les images aériennes à haute résolution pour améliorer les statistiques solaires », explique Martin Hertach, directeur du service d'information géographique de l'OFEN. A l'initiative de l'OFEN, la Haute école spécialisée du nord-ouest de la Suisse (FHNW) a lancé un projet de recherche pour développer un algorithme qui

détecte et quantifie automatiquement les installations solaires sur les images aériennes. Le projet a été réalisé par le professeur Martin Christen et ses collègues de l'Institut de géomatique, lesquels disposent d'une expertise dans la collecte et l'analyse de données de l'information géographique. Les résultats du projet de deux ans, financé par le programme de recherche de l'OFEN sur le photovoltaïque et le canton d'Argovie, sont désormais disponibles.

Pour repérer les installations solaires, l'équipe de chercheurs de la FHNW utilise des photographies aériennes (publiées sur: map.admin.ch) prise par l'Office fédéral de topographie (swisstopo). Les photos de la dernière génération ont une résolution de 10 cm par pixel. Cette précision permet de bien détecter les modules des installations solaires. Pour déterminer la surface d'une installation solaire à partir d'une photo



Une première étape préparatoire vers l'apprentissage automatique: une personne encadre manuellement toutes les installations solaires sur des images aériennes: les installations PV en vert, les installations solaires thermiques en jaune. Avec ces photos, l'algorithme a été formé pour reconnaître les installations solaires en tant que telles sur les images aériennes. Photos: FHNW

aérienne, il faut également connaître l'inclinaison du toit. Les scientifiques trouvent ces informations dans la base de données swisstopo mentionnée ci-dessus, laquelle contient des maquettes 3D de tous les bâtiments suisses (swissBUILDINGS3D).

Intervention de l'intelligence artificielle

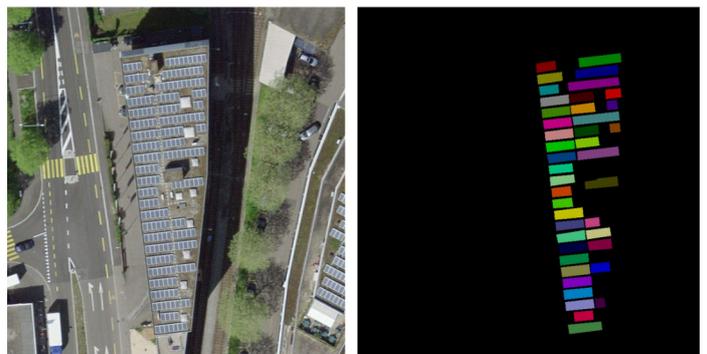
L'approche des chercheurs de la FHNW est innovante: les ordinateurs ne recherchent pas de motifs géométriques prédéfinis sur les images aériennes, mais utilisent un algorithme pour déterminer eux-mêmes comment reconnaître les installations solaires en tant que telles. L'algorithme est le résultat d'un processus d'apprentissage automatique dans lequel un ordinateur dérive un chemin de solution à partir d'exemples



En janvier 2020, des étudiants de la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse ont utilisé des outils d'infographie pour dessiner les installations solaires sur près de 8000 images aériennes sur une période de cinq jours. Photo: FHNW

de tâches, qu'il peut ensuite utiliser pour résoudre de nouvelles tâches. Il est basé sur le logiciel open source PyTorch en combinaison avec un logiciel de reconnaissance d'objets capable de détecter des objets prédéfinis sur une photo.

Pour créer un algorithme qui détecte les installations solaires, un ordinateur est alimenté par des photos aériennes sur lesquelles les installations solaires sont marquées par des mains humaines. Dans le processus d'apprentissage automatique, l'ordinateur recherche alors les points communs et les motifs sur un grand nombre de ces images, ce qui lui permet ensuite de reconnaître les installations solaires, même sur les images aériennes où elles ne sont pas marquées manuellement. Pour rendre ce processus d'apprentissage possible, dix étudiants de la FHNW ont passé cinq jours en janvier 2020 à marquer à la main des installations solaires sur près de 8000 images aériennes à l'aide d'outils d'infographie: ils ont encadré



A gauche de l'image aérienne, à droite la surface partielle de l'installation solaire, chacune représentée dans une couleur différente. Photos: FHNW

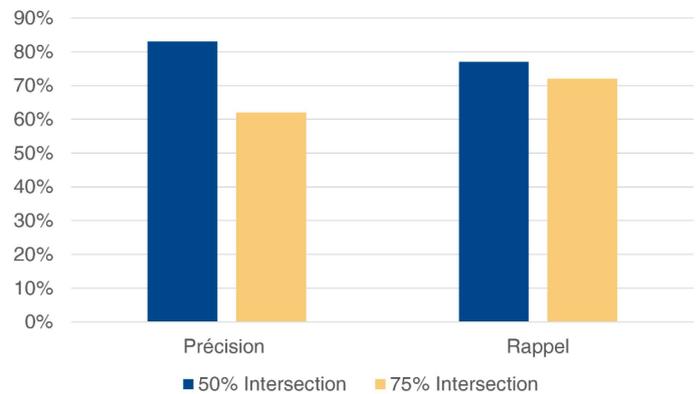
chaque installation solaire, repassé les différents modules et déterminé, selon leur apparence, s'il s'agissait d'une installation photovoltaïque ou solaire thermique (cf. photos p. 3). Sur la base des images traitées, un ordinateur à haute performance, doté de la puissance de calcul de 400 ordinateurs personnels, a appris à reconnaître les installations solaires de manière autonome.

Reconnaissance du type et de la superficie des installations

Nous savons aujourd'hui avec quelle fiabilité l'algorithme peut détecter les installations solaires: pour 92 % des objets encadrés, que l'algorithme identifie comme installations photovoltaïques, il s'agissait effectivement d'installations photovoltaïques. Concernant les installations solaires thermiques, l'identification était correcte dans 62 % des cas. Le taux de reconnaissance était plus faible car, dans 30 % des cas, l'algorithme a identifié les installations PV comme étant des installations solaires thermiques. « Ces résultats correspondent aux normes de performance actuelles de l'intelligence artificielle (IA) », déclare le géoinformaticien Martin Christen.

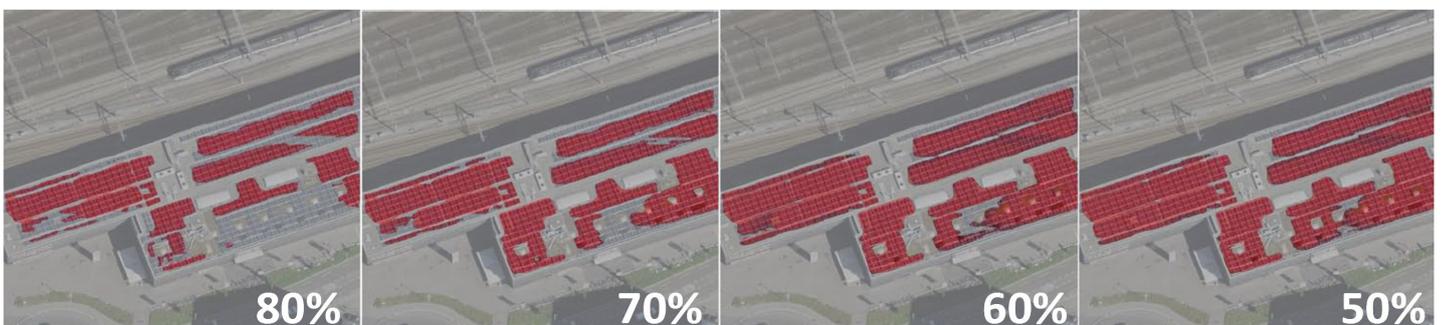
Cette déclaration s'applique également à la deuxième étape, à savoir la détermination de la surface du système, laquelle résulte de la somme des différents segments (module PV ou collecteur de chaleur solaire) (cf. graphique à droite). L'algorithme détermine correctement la surface des installations solaires dans 82 % des cas, dans la mesure où on se satisfait d'une précision limitée. Avec une précision supérieure, le taux de reconnaissance passe à 62 %. Ces valeurs s'appliquent alors lorsque l'algorithme ne doit pas différencier les installations PV des installations solaires thermiques. Si le type d'installation doit être identifié en plus de la superficie, le taux de

Estimation du contour des installations solaires



Les deux colonnes à gauche indiquent avec quelle précision l'algorithme détecte les installations solaires sur des images aériennes. L'algorithme détermine correctement la superficie des installations solaires dans 82 % des cas, dans la mesure où on se satisfait d'une précision limitée (colonne bleue). Une précision limitée signifie que la surface détectée par l'algorithme et la surface réelle se chevauchent d'au moins 50%. Si l'on souhaite une plus grande précision - le chevauchement est d'au moins 75 % - le taux de reconnaissance passe à 62 % (colonne orange). Les colonnes de droite illustrent le taux de réussite de l'algorithme: il s'agit de la proportion d'affectations correctes par rapport au total des résultats corrects et incorrects. Lorsque le taux de réussite est élevé, cela signifie que l'algorithme a détecté un grand nombre d'installations solaires. Graphique: FHNW.

réussite est plus faible. « Nous espérons améliorer encore la qualité de la détection, par exemple grâce à de nouvelles mises à jour du logiciel de détection ainsi qu'à l'intégration d'images dans l'infrarouge proche et de données supplémentaires », déclare Adrian Meyer, scientifique de la FHNW, avant d'ajouter: « L'IA ne pourra jamais être plus fiable que les humains. Cependant, et nous le savons par les humains, lorsqu'ils analysent les images aériennes, ils font des erreurs de



Quatre fois la même installation solaire: l'illustration de gauche montre tous les pixels d'image (en rouge) pour lesquels l'IA suppose avec une probabilité de 80% (et plus) que les pixels appartiennent à une installation solaire. L'illustration de gauche montre tous les pixels d'image (en rouge) pour lesquels l'IA suppose avec une probabilité de 50% (et plus) que les pixels font partie d'une installation solaire. Ainsi, les différentes figures illustrent la fiabilité avec laquelle l'algorithme détecte les installations solaires. Graphique: FHNW.

classification sur environ 10% des segments: des erreurs telles que confondre un module PV et une lucarne ou un collecteur d'eau chaude et une benne. »

Association avec les données du bâtiment

L'algorithme de la FHNW devrait être appliqué aux photographies aériennes de l'ensemble du territoire suisse d'ici le début de l'année 2021. L'OFEN associera ensuite les résultats à une base de données des bâtiments et, sur cette base, pourra déterminer combien d'installations solaires avec quelle surface la Suisse possède. « Les résultats de la FHNW ne nous permettront pas de déterminer le nombre exact et la superficie des installations solaires, mais ils nous aideront à valider les statistiques existantes, c'est-à-dire à améliorer leur validité », déclare Martin Hertach. « Ce faisant, nous devons faire avec le fait que les photographies aériennes ne peuvent pas détecter les installations solaires posées sur des façades ».

Selon l'estimation des experts de l'OFEN, les données récemment acquises pourraient fournir aux communes et aux cantons une base de décision sur la manière d'atteindre les objectifs d'expansion des installations solaires, et elles pourraient aider la Confédération à surveiller la Stratégie énergétique 2050. A l'heure actuelle, il n'est pas encore clair si le public aura un accès direct au nouveau fichier de toutes les installations solaires suisses. La question de la protection des données doit encore être clarifiée.

- Le **rapport final** du projet « SOLAI - Détection automatisée des installations solaires avec Deep Convolutional Neural Networks » sera bientôt disponible sur:
www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=41796
- Dr Stefan Oberholzer, directeur du programme de recherche de l'OFEN sur le photovoltaïque, communique des **informations** sur le projet:
stefan.oberholzer@bfe.admin.ch
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine du photovoltaïque sur
www.bfe.admin.ch/ec-pv.