

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 120 (2022)

Heft: 9-10

Artikel: Surveillance de la dynamique de la forêt Suisse par télédétection
passive

Autor: Milani, Gillian / Psomas, Achilleas / Wegner, Jan D.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1033353>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Surveillance de la dynamique de la forêt Suisse par télédétection passive

Pour la champignonneuse amatrice ou le joggeur du dimanche, les changements se produisant dans les écosystèmes forestiers sont visibles en quelques coups d'œil depuis déjà quelques temps. L'étonnement n'est désormais plus de mise lorsque l'on lit dans les journaux quotidiens que des agriculteurs du Jura ont perdu l'intégralité de leurs récoltes, ou que les vaches, manquant d'herbe grasse en altitude, redescendent de l'alpage au milieu de l'été. Outre les faits innombrables quant à la diminution autant quantitative que qualitative des écosystèmes forestiers de part le monde dû aux impacts de l'homme, une motivation particulièrement émotionnelle à motiver l'équipe d'ExoLabs de se joindre au WSL et au laboratoire EcoVision de l'ETH pour proposer une solution complémentaire à la surveillance des forêts. Il est néanmoins utile de rappeler que les forêts sont soumises à la déforestation, à l'expansion des zones urbaines, à des changements climatiques et souvent à des asséchements locaux, ainsi qu'aux incendies, à des maladies et parasites; de plus, ces pressions sont souvent combinées voire en synergies sur la plupart des parcelles forestières tout autour du globe. Étant spécialistes de solution informatique basées sur de l'imagerie satellitaire passive, nos efforts portent ici sur le développement d'une solution basée sur cette technologie: ExoSilva.

Seit einigen Jahren sind auch für die passionierte Pilzsammlerin oder den Sonntagsjogger die Veränderungen in den Wäldern deutlich sichtbar. Deshalb ist es keine Überraschung, wenn in den Medien über die Ernteverluste der Bauern im Jura oder dem frühzeitigen Abstieg der Kühe von der Alp wegen Futtermangel berichtet wird. Neben den klimatisch bedingten Veränderungen nimmt aber auch der anthropogene Einfluss auf die Waldökosysteme immer mehr zu. Dies war die Motivation eines Konsortiums, bestehend aus der ExoLabs GmbH, dem WSL und der EcoVision Gruppe der ETHZ, um eine Plattform für ein regelmässiges Monitoring der Schweizer Wälder umzusetzen. Dieses Monitoring-System sollte nicht nur die menschlichen Aktivitäten erfassen, sondern auch die Auswirkungen von Trockenheit, Krankheiten, Waldbrände oder den Befall mit Parasiten frühzeitig erkennbar machen. Aus der Kombination von Satellitendaten und umfangreichen Geländeinformationen sowie der Erfahrung im Bereich Dateninfrastruktur und Bildverarbeitung wurde ein neues, interaktives Tool für das Waldmonitoring entwickelt: ExoSilva.

Da alcuni anni i cambiamenti intervenuti nei boschi sono risultati chiaramente evidenti anche agli appassionati cercatori di funghi o a chi si fa una corsetta la domenica. Per questo motivo non si rimane sorpresi quando i media parlano di mancati raccolti dei contadini nel Giura oppure della prematura discesa delle mucche dagli alpeggi per mancanza di foraggio. Tuttavia, accanto ai cambiamenti dovuti al clima si registra anche un influsso antropogenico sull'ecosistema delle foreste. Questo ha indotto un consorzio composto dalla ExoLabs GmbH, dal WFL e dal gruppo EcoVision del Politecnico di Zurigo a creare una piattaforma per un monitoraggio regolare delle foreste svizzere. Tale sistema di monitoraggio rileva tempestivamente non solo le attività umane ma anche gli impatti riconducibili a siccità, malattie, incendi boschivi o infestazioni di parassiti. Combinando i dati satellitari e le esaustive informazioni sul territorio nonché le esperienze raccolte nel campo dell'infrastruttura dei dati e dell'elaborazione delle immagini si è pervenuti a un nuovo tool interattivo per il monitoraggio delle foreste denominato ExoSilva.

G. Milani, A. Psomas, J. D. Wegner

Commencer par la fin

Fort de l'apprentissage que nous avons pu maçonner depuis les débuts de notre entreprise, nous nous sommes focalisés en premier lieu sur le produit final et les besoins des utilisateurs sur le terrain. Les fonctionnalités clés que nous avons donc ciblés sont: i) la génération de notification sur une sélection de parcelle définie par l'utilisateur, ii) la comparaison de l'état d'une parcelle avec son état passé, iii) la comparaison de l'état d'une parcelle avec ses régions voisines. De plus, quatre principes fondamentaux pour la construction du système de surveillance ont été définis comme nécessaire à la construction du projet: i) l'ingestion de donnée en flux continu, ii) l'interprétabilité accessible du produit, iii) la présence de métrique de précision fiable et interprétable et iv) la résilience du système à une variation des données sources. Ces quatre principes forment en quelques sortes les fondements sur lesquelles ExoLabs développe désormais ses solutions. La Figure 1 montre un extrait de carte disponible sur la plateforme exosilva.ch.

Une idée bien taillée plutôt qu'un algorithme complexe

Notre revue de la littérature scientifique sur la surveillance des forêts par télédétection nous dirige assez vite vers une publication relativement ancienne par Kogan F.N. de 1990 présentant le «Vegetation Health Index». Cet indice est cartographié chaque semaine par le NOAA STAR à une résolution de 4 km depuis 3 décennies. L'avantage de cet indice est sa définition relative dans la dimension temporelle: une VHI haute indique une bonne santé d'une parcelle, par rapport aux observations réalisées le même jour de l'an, pour une fenêtre de plusieurs années. À l'inverse, une VHI basse indique une dégradation de la santé de la parcelle par rapport à la même période de l'an des années passées.

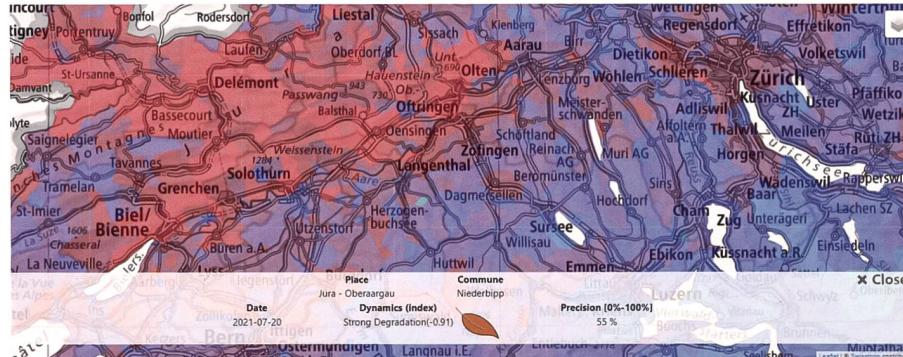


Fig. 1: Exemple d'extrait de carte, montrant l'état par région actuelle ainsi qu'un détail sur une région sélectionnée.

Les avantages d'une telle approche sont multiples. Les applications fonctionnant en temps quasi-réel (délai d'environ 1 jour entre la prise de l'image et le produit) doivent pouvoir générer un produit avec des images de très basses qualités. En effet, la plupart des images sont affectées par des nuages, de la brume, des cirrus et d'autres problèmes. Une grande partie de la dégradation des images sont en général filtrés par une sélection appropriée du catalogue d'image lorsque le produit est généré sur la base d'une archive. Dans le cas d'une application en temps quasi-réel, l'algorithme d'extraction d'information doit pouvoir extraire un maximum d'information de l'image, même, par exemple, des pixels affectés par de fins voiles nuageux. L'utilisation d'un algorithme relativement simple tel que le VHI permet l'encapsulation de son calcul dans un cadre permettant l'utilisation d'image de basse qualité, assurant une mise à jour régulière du produit.

Un autre avantage d'utilisation du VHI est son applicabilité globale. Aucune donnée d'ajustement ou de calibration n'est nécessaire pour son utilisation. Bien que le projet ExoSilva est été limité à la Suisse, la réplication du projet pour une autre aire n'importe où sur le globe est tout à fait possible. Quelques données indépendantes pour valider l'approche sont bien sûr nécessaire dans tous les cas.

Finalement, l'utilisation de l'indice VHI sur la base d'image à haute résolution nous permet d'offrir un produit nouveau donc complémentaire à ce qui existe déjà. Les produits similaires, telles que les «High-resolution Layers» de Copernicus, ne fournissent pas les mêmes informations, bien qu'une faible redondance existe naturellement. La Figure 2 montre un exemple de série temporelle du VHI pour une coordonnée où a eu lieu un grand incendie de forêt en 2003, près de Loèche en Valais.

Données sources: place à la jeunesse

Les données sources utilisées dans ExoSilva ont été sélectionnées sur la base de deux conditions principales: i) la possibilité du système d'opérer intégralement avec l'ensemble de données restreint, et ii) la facilité d'accès aux données, comprenant la stabilité des points de téléchargement, l'effort nécessaire dans le développement et la maintenance du module de récupération des données. D'un point de vue scientifique la priorisation du second point peut paraître peut rationnelle, mais d'un point de vue industriel, un produit stable est meilleur qu'un produit instable tant que la qualité du produit reste au-dessus d'un seuil acceptable. Un résumé des données peut être trouvé dans le Tableau 1.

Les satellites MODIS Aqua et Terra ont été sélectionnées pour former l'archive d'ExoSilva, pour les images visibles/proche-infrarouge comme pour les données de température de surface. Les satellites Sentinel 2 ont été sélectionnés pour fournir les images visibles/proches-infrarouge à haute résolution pour l'application en temps quasi-réel. Les satellites Sentinel 3 ont été sélectionnés pour fournir les images de température de surface pour l'application en temps quasi-réel. Les images visibles/proche-infrarouge fournies par les satellites Sentinel 3 sont également utilisées en complément. Un effort intense a été nécessaire pour l'inter-calibration des données fournies par Sentinel 2, Sentinel 3 et MODIS.

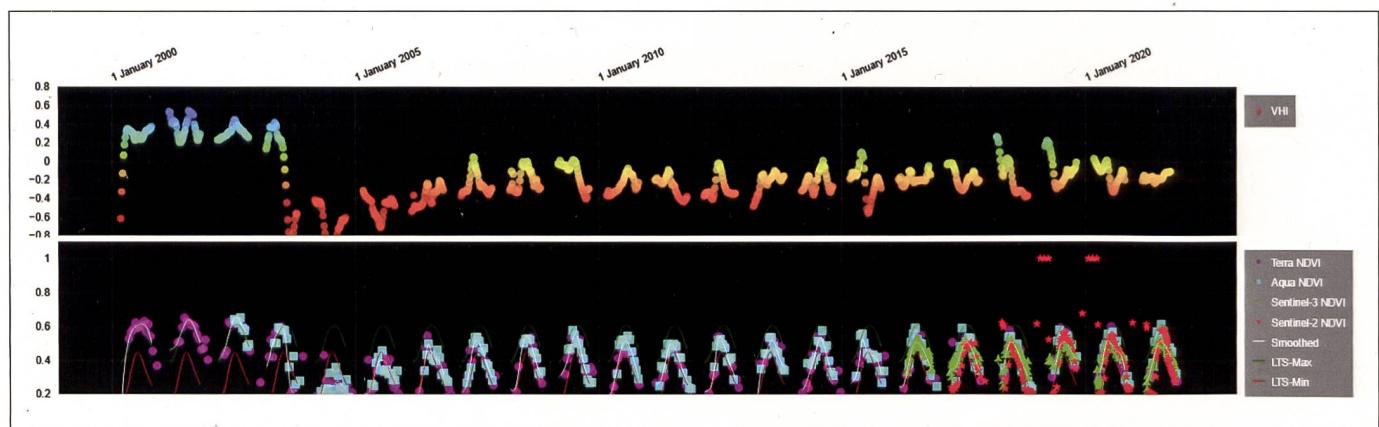


Fig. 2: Exemple d'archive de VHI, localisation du feu de forêt de Loèche de 2003.

Product	Sensor	Level	Description
MXD13Q1	MODIS	Level 3	Surface reflectance and vegetation indices, best in 16 days interval
MXD21A1D	MODIS	Level 3	Land surface temperature, day-time
MXD21A1N	MODIS	Level 3	Land surface temperature, night-time
S3 OL LFR	OLCI	Level 2	Rectified reflectance RC681 and RC865
S3 LST	SLSTR	Level 2	Land surface temperature
S2MSI2A	MSI	Level 2	Surface reflectance

Product	Frequency	Resolution	Time (used)
MXD13Q1	16 days	Gridded 250 m	2000 to 2020
MXD21A1D	1 day	Gridded 1 km	2000 to 2020
MXD21A1N	1 day	Gridded 1 km	2000 to 2020
S3 OL LFR	1 day	Swath ~300 m	2017 – current
S3 LST	1 day	Swath ~1 km	2017 – current
S2MSI2A	2–3 days	Gridded, 10 m	2016 – current

Product	Bands*
MXD13Q1	B1 (620 nm–670 nm), B2 (841 nm–871 nm)
MXD21A1D	B29 (8.4 µm–8.7 µm), B31 (10.78 µm–11.28 µm), B32 (11.77 µm–12.27 µm)
MXD21A1N	B29 (8.4 µm–8.7 µm), B31 (10.78 µm–11.28 µm), B32 (11.77 µm–12.27 µm)
S3 OL LFR	Oa10 (670 nm–678 nm), Oa17 (855 nm–875 nm)
S3 LST	S7 (3.7 µm), S8 (10.85 µm), S9 (12 µm)
S2MSI2A	B4 (650 nm–680 nm), B8 (785 nm–899 nm), B2 (458 nm–523 nm), B8A (855 nm–875 nm)

Tab. 1: Résumé des produits de base utilisé

Validation des résultats

Pour évaluer la sensibilité de différents indices de végétation dans le but de caractériser l'état des forêts, il est nécessaire de disposer d'un vaste ensemble de données de mesures in situ. Pour ce projet, nous avons assemblé des données de

vérité terrain sur certaines des principales perturbations abiotiques (feu, chablis, sécheresse) et biotiques (scolytes) dans les habitats forestiers de Suisse. Les données de référence sont une collection de mesures in-situ basées sur des projets, des produits de perturbation par satellite, des rapports cantonaux de gestion forestière

et des bases de données de référence basées sur la recherche.

L'harmonisation des données de références à demander des efforts conséquents. Des corrections de géométries ou d'attributs ne pouvaient pas être accomplies automatiquement. Les formats, les attributs et les dates ont été uniformisés. La Figure 1 présente des données après leur harmonisation. Malgré ces travaux, des obstacles ont encore compliqué l'utilisation des données de validation à des fins statistiques, telles que des entrées de dates ou des géoréférencement peut précis ou le manque de standardisation dans la dénomination de dommages.

Un portail ouvert

Au-delà des notifications et cartes focalisées sur la surveillance de la santé de la forêt, des cartes complémentaires sont intégrés dans le portail, telles que le produit de hauteur de végétation du laboratoire EcoVision de l'ETH ainsi que le masque des zones forestière produit par le WSL. De plus, il est possible d'accéder au portail par une API web, le tout documenter en ligne. Le futur de la plateforme ExoSilva est encore à écrire; les choix des possibilités de développements ne sont pas encore fixe, parmi l'ajout de nouveaux senseurs, l'intégration d'indices complémentaire ou le développement de nouveaux service comme la mise à disposition des archives-images.

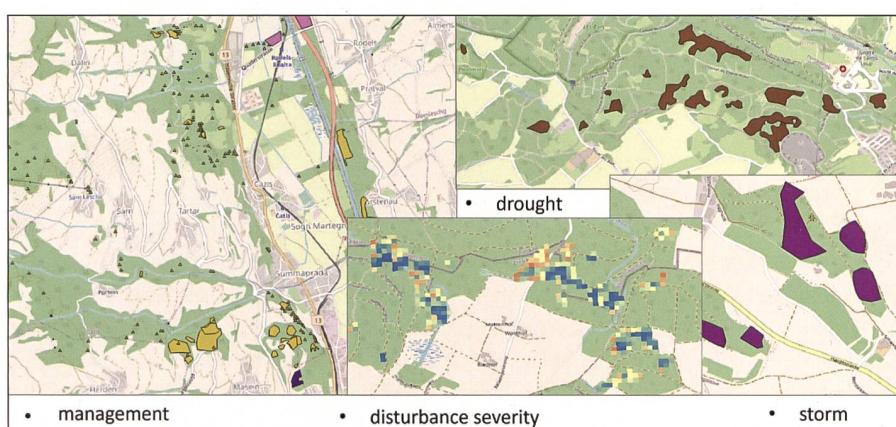


Fig. 3: Les données de références sont hétérogènes, différant dans leurs formats, leur contenu thématique ou leur validité temporelle.

Gillian Milani
ExoLabs GmbH
Hegibachstrasse 48
CH-8032 Zürich

Achilleas Psomas
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

Jan D. Wegner
ETH Zürich
Stefano-Francini-Platz 5
CH-8093 Zürich