

TÉLÉDÉTECTION ET ÉVALUATION DES PRAIRIES EXTENSIVES

DES OUTILS INTELLIGENTS POUR DES CONTRÔLES EFFICACES

Clarisse Ollivier & Clara Cornet | Superviseur : Prof. Devis Tuia | Partenaires : Marie Zufferey, Caroline Duc | EPFL - Canton du Valais - 2026

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS



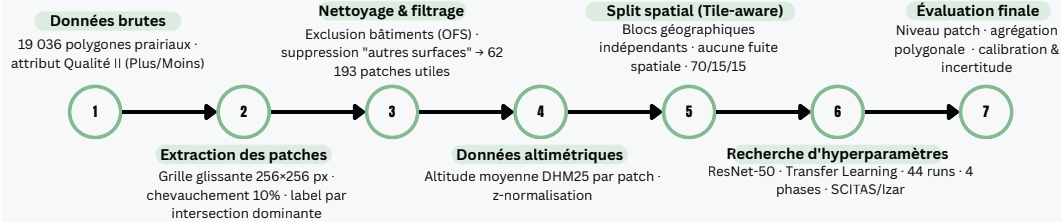
INTRODUCTION

Le Service de l'Agriculture du canton du Valais certifie annuellement le niveau « **Qualité II** » des prairies extensives, condition pour les paiements directs fédéraux (OPD) [1]. Pour l'obtenir, **une parcelle doit présenter ≥ 6 espèces indicatrices**. Les contrôles botaniques terrain sont précis mais chronophages, coûteux et structurellement non exhaustifs à l'échelle cantonale.



Objectif : Entraîner un modèle de deep learning capable de classifier automatiquement chaque parcelle (« Plus » / « Moins ») à partir d'imagerie aérienne Swisstopo haute résolution [2] et de données altimétriques DHM25, pour cibler et optimiser les campagnes de vérification terrain.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL



DONNÉES



Figure 1: Extraction de patches de 256 x 256 pixels

19 036 Polygones Prairiaux	62 193 Patches Extraits	2,27:1 Déséquilibre Plus/Moins	256 PX Taille des patches (25,6 m)
--------------------------------------	-----------------------------------	--	--

62 193 patches de 256x256 px extraits par grille glissante depuis les orthophotos Swisstopo à 10 cm. Découpage spatial par tuiles géographiques indépendantes (70/15/15%) pour éviter toute fuite de données entre parcelles voisines. L'altitude moyenne (DHM25) est extraite pour chaque patch et injectée en variable tabulaire.

MODÈLE

Architecture **hybride** à fusion tardive (CNN + MLP). Le patch RGB traverse un **ResNet-50** [3] pré-entraîné (ImageNet V2) dont les deux derniers blocs sont affinés. En parallèle, l'altitude moyenne (normalisée en Z-score) est traitée par un petit réseau dense. Les deux vecteurs sont concaténés (2049 dim) puis classifiés par un MLP de fusion.

Table 1 – Paramètres-clés

Paramètre	Valeur
Backbone	ResNet-50 (ImageNet V2)
Couches dégelées	Layer 3 + Layer 4
Optimiseur	Adam, LR = 8×10^{-5}
Scheduler	CosineAnnealingLR
Gestion déséquilibre	CrossEntropyLoss pondérée
Augmentations	Flips, rotations 90°, ColorJitter

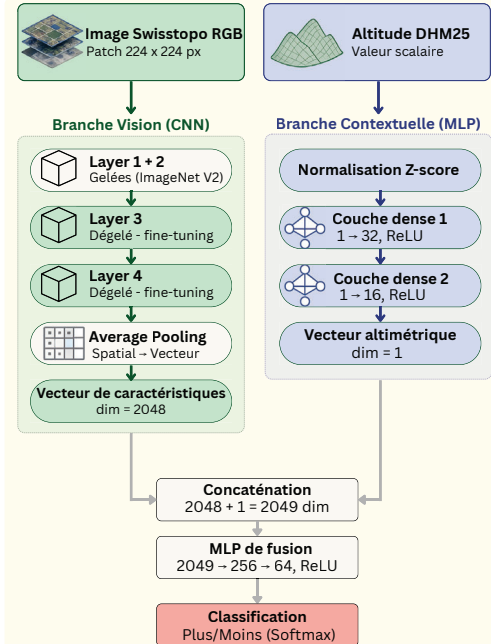


Figure 2 – Pipeline du Modèle

RÉSULTATS

Le modèle identifie correctement **83% des prairies conformes Plus au niveau polygone**. L'agrégation spatiale (DBSCAN) [4] compense les erreurs sur des patches isolés (chemins, lisières) et produit une décision robuste à l'échelle de la parcelle, l'unité opérationnelle réelle du service cantonal.

Table 2 – Analyse Détaillée par Classe

Classe	Précision	Rappel	F1-score	Support
Moins (0)	0.55	0.57	0.56	2534
Plus (1)	0.82	0.81	0.82	6227
Moyenne pondérée	0.75	0.74	0.74	8750

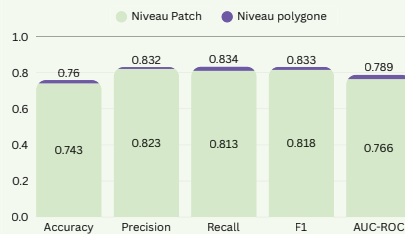


Figure 3 – Comparaison des résultats au niveau du patch vs polygone



Figure 4 – Exemple de prairie avec la qualité positive



Figure 5 – Exemple de prairie avec la qualité négative

DISCUSSION

- Le modèle atteint un F1 de 0,818 au niveau patch et 0,833 au niveau polygone, **(+1,2 point de F1 par rapport à un CNN seul)**.
- Le défi de la classe « **Moins** » (F1 = 0.56) : Les prairies non conformes n'ont pas de signature visuelle unique ; elles forment un ensemble hétérogène (friche, sol nu, transition) difficile à discriminer par l'image seule.

QUANTIFICATION DE L'INCERTITUDE ET DÉPLOIEMENT

- Surconfiance modérée** (ECE de 0,114) ; 6,1% des patches prédits avec une forte confiance (0,7) mais erronés
- Pour sécuriser le déploiement, nous utilisons des augmentations au moment du test (TTA, n=8) où l'écart-type (σ) sert d'indicateur d'incertitude :
 - $\sigma_{TTA} < 0.1$ (**96.8%** des cas) : Validation ou rejet automatique (**forte certitude**).
 - $\sigma_{TTA} > 0.1$ (**3.2%** des cas) : Envoi systématique aux **inspecteurs de terrain** (lisières, zones complexes).

LIMITATIONS

- Imagerie RGB uniquement : absence de bande infrarouge (NIR), limitant la distinction végétation sénescente / sol nu.
- Déséquilibre résiduel : la classe « Moins » (27,9% du dataset) reste difficile à classifier malgré la pondération de la perte.
- Erreurs silencieuses : 6,1% des patches sont prédits avec confiance $\geq 0,7$ mais incorrectement classés – principalement des prairies de transition.
 - Généralisation géographique : modèle entraîné exclusivement sur le Valais ; adaptation nécessaire pour d'autres cantons.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

- Données multispectrales** : Intégrer Sentinel-2 (NIR, Red Edge) pour mieux capturer l'activité chlorophyllienne.
- Variables microclimatiques** : Ajouter le rayonnement solaire (MeteoSuisse) et des variables topographiques/hydriques, certaines configurations pouvant favoriser l'accumulation de résidus de pesticides et influencer la présence d'espèces de qualité 2.
- Généralisation** : Adapter et tester le modèle (actuellement 100% Valaisan) à d'autres cantons suisses.