

Cartographie et causes du dépérissement des arbres dans les arrondissements forestier 9&20

Étudiantes :
Charlotte WANG, Miyuka LAURENSEN

Superviseur EPFL :
Devis TUIA

Superviseurs DGE :
Pascal CROISIER, David ROY, Rocio AMAUDRUZ

Introduction

Face aux effets croissants du changement climatique et l'apparition de sécheresses plus intenses ou l'accroissement de populations d'insectes ravageurs, le dépérissement entraîné des arbres devient une préoccupation majeure en sylviculture. Mieux cartographier ces phénomènes et comprendre les facteurs en jeu pourraient permettre d'adapter les stratégies actuelles de gestion forestière.

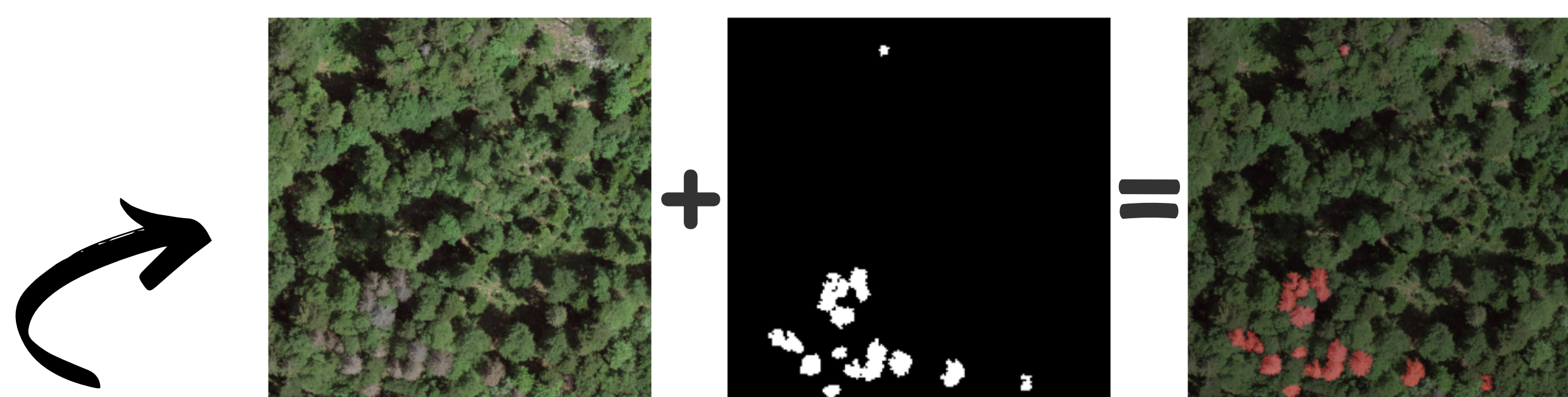
Objectifs

Cartographie des arbres dépéris et identification des facteurs associés

Entraînement du modèle U-Net

Méthode

Les GroundTruths furent fournis par Mr. Roy du DGE, et sont issus des prédictions d'un modèle RandomForest en partie complétés à la main. Les orthophotos sont issues de l'Office fédéral de topographie swisstopo de résolution **10 cm**.

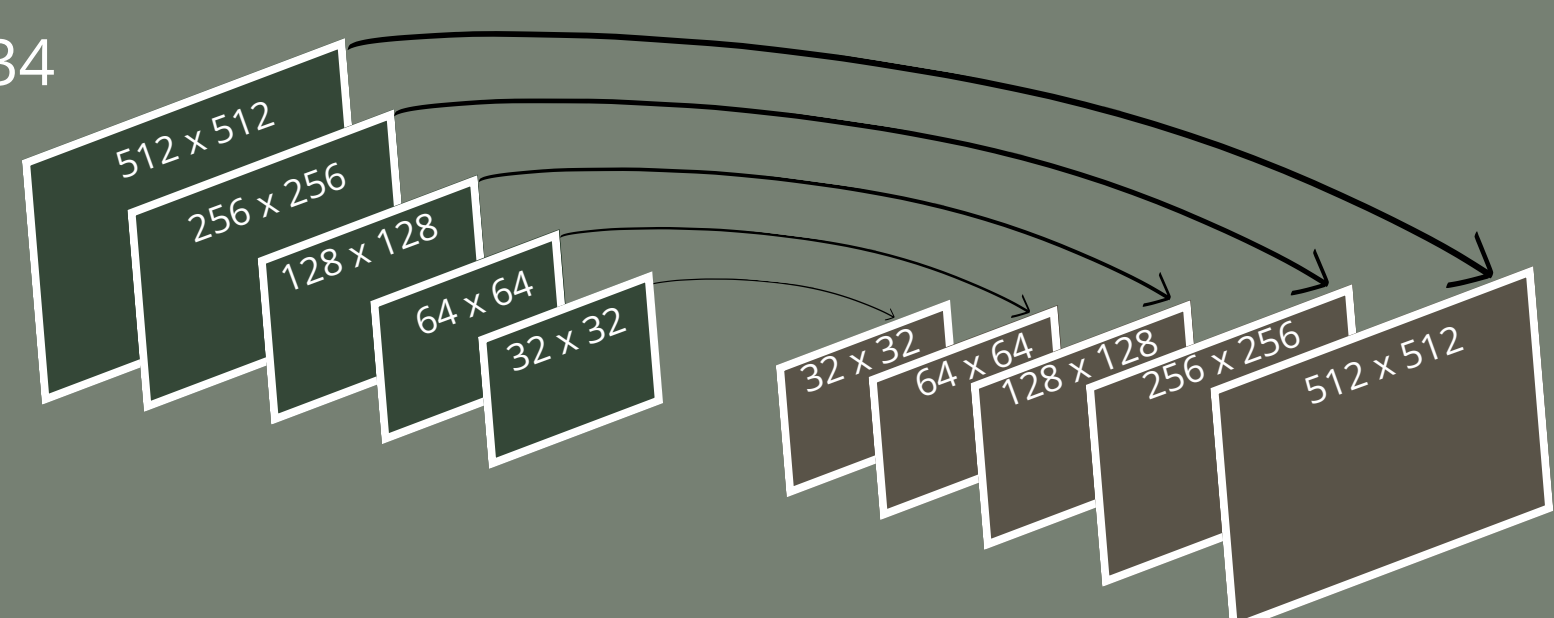


Préparation des données:

- Sélection de la zone aux **GroundTruths** les plus complets
- Découpage des images : **superposition de 20%** pour conserver les infos aux bords
- Sélection des zones d'**entraînement**, **validation** et de **test** en 3 zones distinctes afin de conserver l'autocorrélation spatiale
- Assignation des **masks** binaires aux images **RGB**

Entraînement du modèle U-Net :

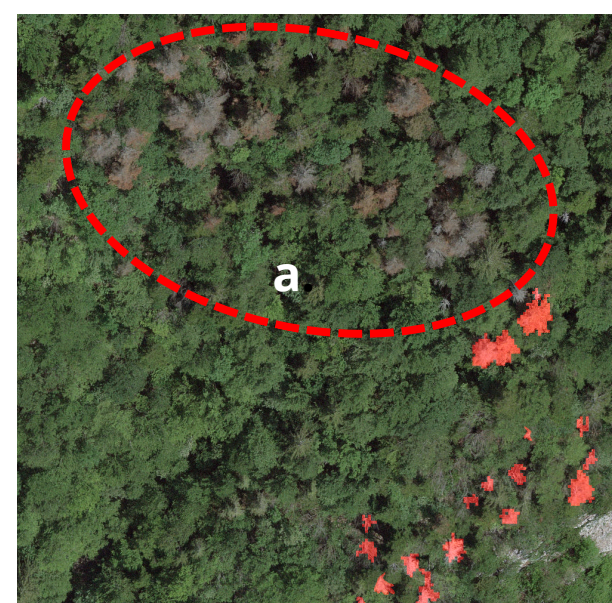
Encoder: ResNet34
- Comprime l'image en caractéristiques sémantiquement intéressantes



Decoder : Récupère les détails spatiaux par suréchantillonnage

Résultats

métrique	zone dense	zone épars
score F1	0,665	0,549
précision	0,662	0,692
rappel	0,681	0,464
IoU	0,506	0,386



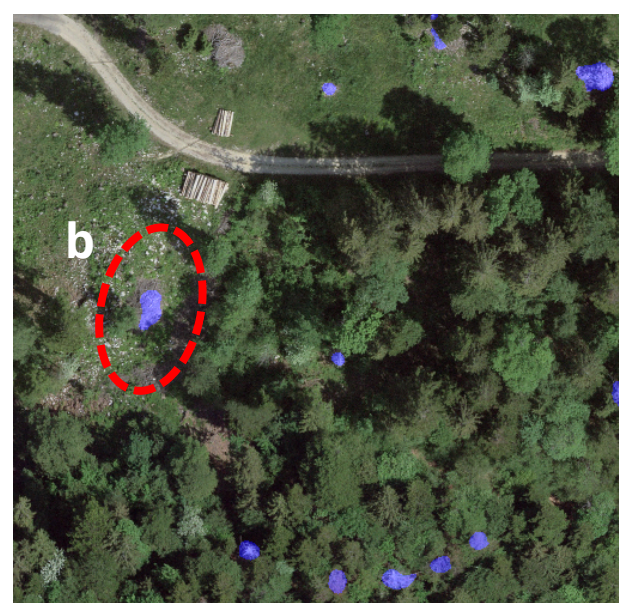
GroundTruth



Prédiction



GroundTruth



Prédiction

Groundtruth imparfait : le Groundtruth comporte des faux négatifs (a). La métrique que nous avons donc considéré comme la plus importante est le **Rappel** (quantité de vrais positifs détectés).

Améliorations nécessaires :

- Modèle moins bon pour les zones à faible densité d'arbres dépéris.
- Détecte des zones de terre ou de branchage au sol comme arbres dépéris (b).
- Idée : tester d'autres zones d'entraînements avec plus de variations de situations

Point positif :

- Identifie des faux négatifs du GroundTruth comme arbres dépéris

Surface totale dépérie prédite :
690 000 m²

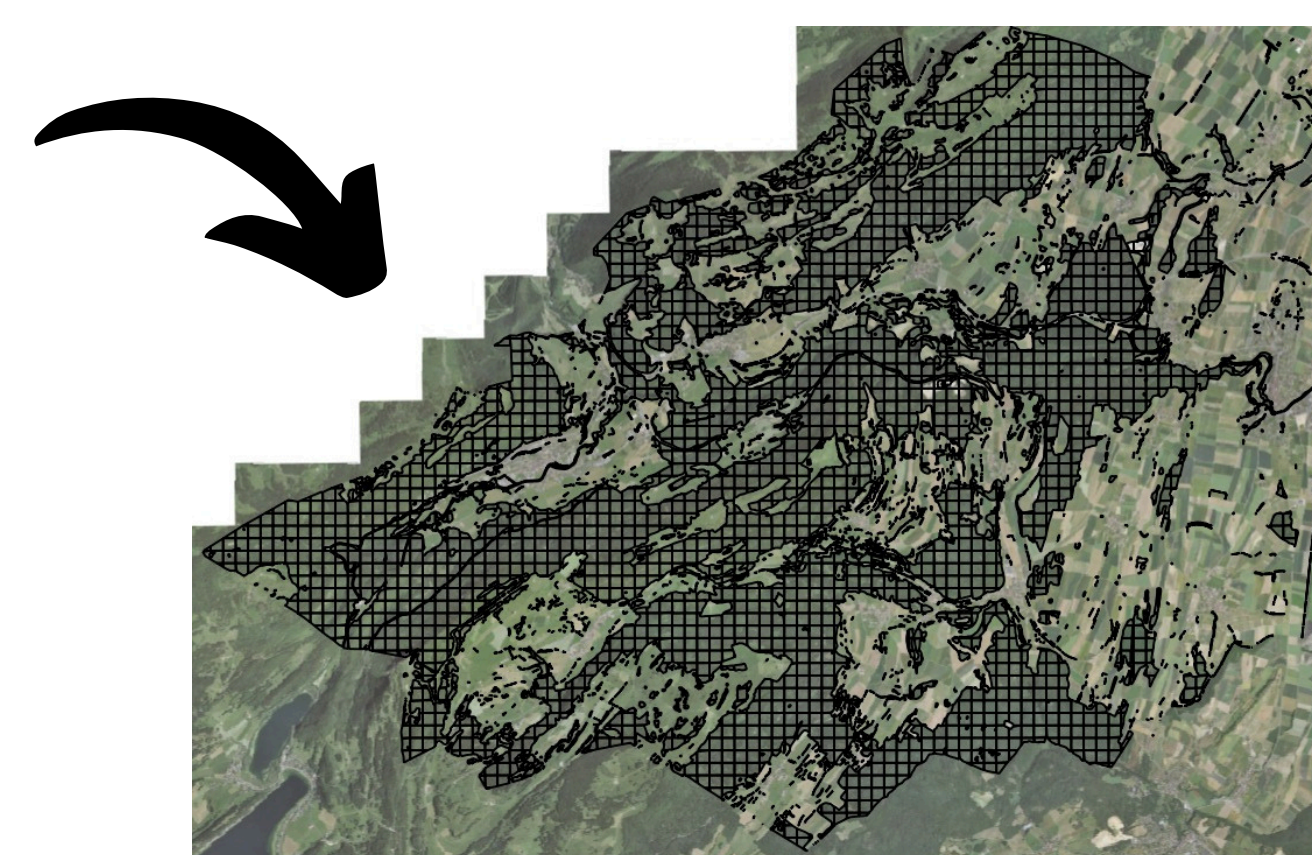
Soit **~0.01 %** des arbres de la forêt étudiée

Analyse des facteurs environnementaux

Méthode

Préparation des données:

- Les pixels prédits regroupés en polygones sont convertis en **GeoPackage** pour **Qgis**
- Sélection uniquement des **zones forêt** dans les **arrondissements** 9 et 20
- Division en cellules de **200 x 200 m**
- Conversion du nombre d'arbre dépéris par cellule en **log densité**
- Sélection des facteurs à tester : **couches raster** ou **véctorielles**



- Analyse de **corrélations** des variables quantitatives entre elles et les arbres dépéris.
- Test **ANOVA** et **Tukey** sur les données pédologiques pour déterminer les variables significativement associées à la densité du dépérissement et les différences entre classes.
- Modèle **RandomForest** sur l'ensemble des données pour déterminer l'importance des variables non-corrélées dans le dépérissement.

Résultats

Résultats du test ANOVA et Tukey :

Effets des facteurs pédologiques sur le dépérissement des arbres



Acidité	Alcalin	Neutre / Faiblement acide	Acide
Hydrologie	Humide	Sans excès d'eau	Hydromorphie faible
Profondeur	Superficiel		Profond
Pierrosité	Faiblement pierreux	Caillouteux	Très caillouteux
Roche-mère	Alluvions fluviales	Morraine Rhodanienne	Calcaire Jaune
Type de sol	Gray réduit/fluviosol	Rendzine/Sol brun	Sol brun lessivé

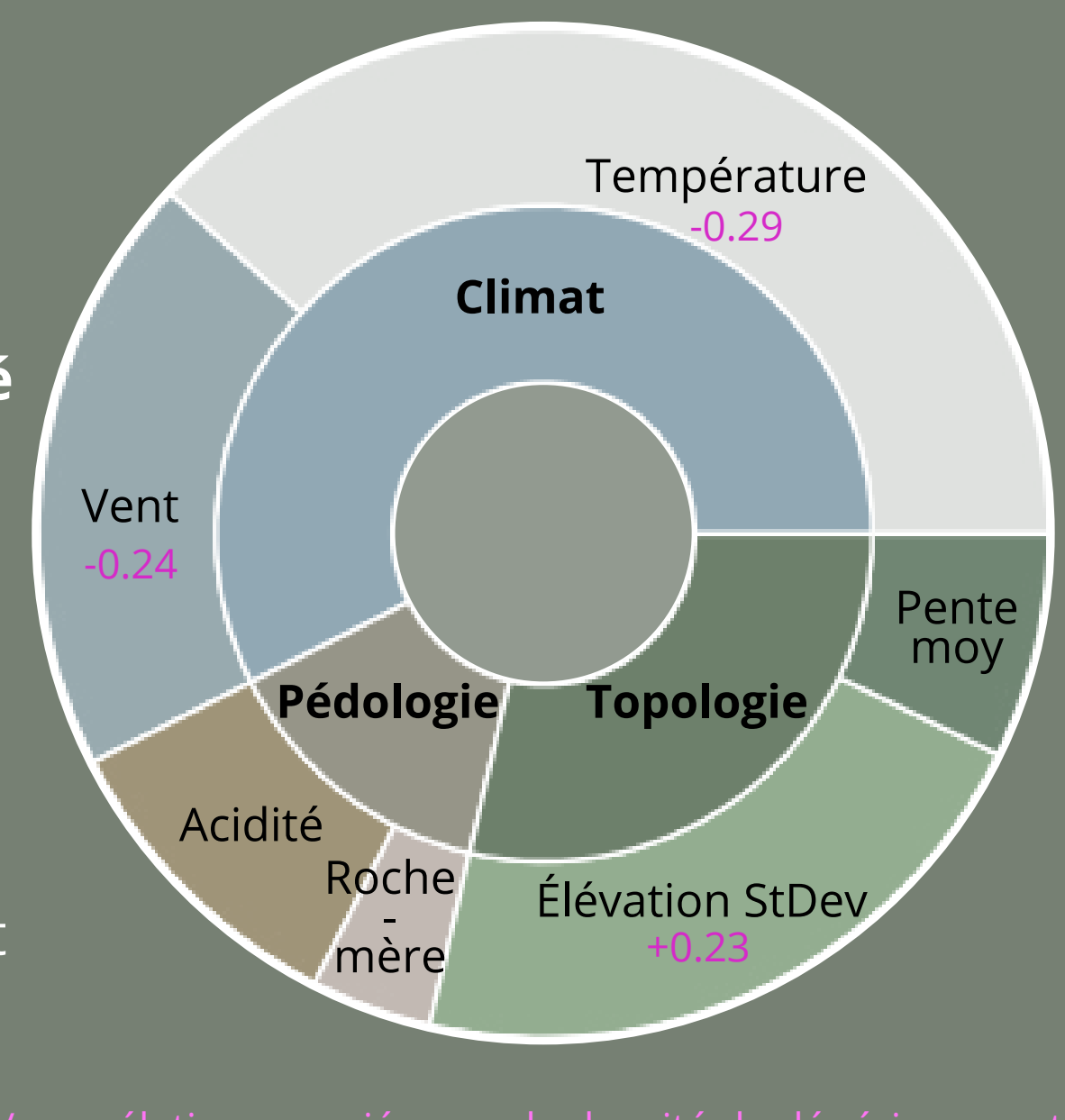
Tous les tests ANOVA ont montré des **différences significatives** entre chaque sous classes pour chaque classes, soulignant l'**importance** de certaines d'entre elles dans le dépérissement.

Tandis que les résultats concernant l'**acidité** ou le type de **Roche-mère** concordent avec la **littérature**, d'autres comme la **profondeur du sol** sont plus inattendus, suggérant des effets plus **complexes** ou spécifiques au contexte local.

Résultats du modèle RandomForest :

Importance des facteurs environnementaux dans le dépérissement des arbres

Le modèle RandomForest, intégrant l'ensemble des variables, atteint un **R² = 0.37** et un **RMSE = 0.008**. Ces variables environnementales ont sans doute des effets indirects, en influençant la **rétenion d'eau** ou la **disponibilité en nutriments**, et donc la **sensibilité** des arbres aux **changements du climat**. La variable la plus importante est la température dont l'analyse des corrélations montre une influence négative sur le dépérissement. Une hypothèse serait que les arbres situés dans les zones plus froides seraient plus sensibles au changement climatique. Il aurait donc été intéressant de pouvoir étudier l'importance de la **variation de température** sur ces arbres.



+/- corrélation associée avec la densité de dépérissement

Conclusion

Les résultats de ce projet montrent d'une part les voies d'améliorations du modèle U-Net de prédiction de la cartographie des arbres dépérissants, avec notamment une différente répartition des zones d'entraînement de validation et de test, mais aussi avec l'utilisation d'un GroundTruth plus précis afin de mieux interpréter les métriques. Concernant l'analyse des facteurs environnementaux, les différents test ANOVA et Tukey ont permis de mettre en avant l'influence des variables pédologiques et de s'aligner en grande partie avec la littérature. Le modèle RandomForest quant à lui a pu mettre en évidence les variables les plus influentes sur le dépérissement. L'étude de certaines autres variables telle que les variations locales de température pourrait apporter une autre perspective aux résultats.