



## Identification de bâtiments, hors de la zone à bâtir, propices à une compensation selon le projet LAT 2

Burkhard Raphaël

**1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2024**

**DOMAINE INGÉNIERIE ET ARCHITECTURE**

MASTER CONJOINT UNIGE-HES-SO EN DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL

Orientation ingénierie géomatique

Directeur : Jens Ingensand

Co-directeur : Denis Leroy

Expert : Richard Hollenweger

Mémoire n°: 1070



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**Hes·SO**  
University of Applied Sciences  
Western Switzerland

Illustration de la page de titre : Chemin du Drouzay, aux Diablerets.  
Photographie prise le 31 mars 2023 par Raphaël Burkhard.

## Table des matières

Avant-propos .....	IV
Résumé .....	V
Remerciements .....	VI
Table des figures.....	VII
Table des tableaux .....	IX
1. Introduction.....	1
1.1 Besoin d'un inventaire .....	1
1.2 Une approche particulière .....	2
1.3 Structure du rapport.....	3
2. Contexte légal et politique .....	4
2.1 Bases légales.....	4
2.2 Révision LAT1 .....	4
2.3 Projet de révision LAT2 .....	6
3. Objet de la problématique.....	8
3.1 Objectifs de stabilisation .....	8
3.2 Rappel du cahier des charges.....	10
3.3 Méthodes de planification et de compensation.....	11
3.3.1 Approche « Selon art. 8c <i>alinéa 1</i> » .....	11
3.3.2 Approche « Selon art. 8c <i>alinéa 2</i> » .....	13
4. Etudes liées.....	14
4.1 Inventaire des bâtiments.....	14
4.2 Analyse et classification automatique par ordinateur.....	14
4.3 Monitoring .....	15
4.4 Conclusion sur les études liées.....	15
5. Bâtiments et usages agricoles .....	16
5.1 Types et fonctions des bâtiments agricoles .....	16
5.2 Notions d'usages agricoles .....	16
6. Observations sur le terrain .....	17
6.1 Objectifs .....	17
6.2 Périmètres d'application .....	17
6.3 Ormont-Dessus - Visite.....	18
6.3.1 Périmètre .....	18
6.3.2 Préparation .....	18
6.3.3 Bilan.....	20
6.3.4 Analyses.....	23

6.4	Puidoux – Visites .....	25
6.4.1	Périmètres.....	25
6.4.2	Zone de vigne.....	26
6.4.3	Zone de plaine et de collines .....	27
7	Caractérisation des bâtiments propices à une compensation .....	32
7.1	Choix des critères et d'identificateurs .....	32
7.2	Sélection de géodonnées .....	34
7.3	Données non retenues .....	35
8	Méthode de localisation des bâtiments propices à une compensation – <b>DÉFINITION</b> .	36
8.1	Méthode.....	36
9	Méthode de localisation des bâtiments propices à une compensation – <b>APPLICATION</b>	37
9.1	Description des logiciels .....	37
9.2	Accès et préparation des données.....	37
9.3	Détails de la méthode .....	40
9.3.1	Script : « Tri primaire » : .....	40
9.3.2	Scripts : « Estimation de l'aptitude à une compensation » et « Calcul des points »	42
10	Critères complémentaires.....	45
10.1	Objectif.....	45
10.2	Variation du contraste.....	45
10.2.1	concept.....	45
10.2.2	application.....	46
10.2.3	résultats obtenus.....	47
10.2.4	bilan .....	48
10.3	Détection automatique de véhicules .....	50
10.3.1	Concept .....	50
10.3.2	Application.....	50
10.3.3	Résultats obtenus .....	50
10.3.4	Bilan.....	51
10.3.5	Mise en garde:.....	52
11	Analyses.....	53
11.1	Evaluation du taux de succès .....	53
11.1.1	Ormont-dessus .....	53
11.1.2	Puidoux.....	59
11.2	Cas particuliers .....	67
11.3	Synthèse des analyses .....	69

11.3.1	Adéquation.....	69
11.3.2	Gain de temps potentiel.....	70
12	Conclusion et perspectives.....	74
12.1	Bilan.....	74
12.2	Limitations et points forts et de l'étude .....	75
12.2.1	Limitations.....	75
12.2.2	Points forts.....	76
12.3	Mise en perspectives .....	77
12.4	Mesures d'approfondissement .....	79
12.5	Recommandations pour un canton.....	80
12.5.1	Application mobile pour la récolte de données sur le terrain .....	80
12.5.2	Potentiel disponible pour compensation .....	82
13	Bilan personnel .....	83
13.1	Bilan personnel.....	83
14	Bibliographie - Webographie .....	84
15	Annexes.....	86

## AVANT-PROPOS

Ce travail de Master est la clé de voûte des trois années de formation suivie à la HES-SO, à la HEIG-VD et à l'Université de Genève. Il s'est déroulé du 22 février 2023 au 1<sup>er</sup> février 2024 sous la direction de Jens Ingensand et la codirection de Denis Leroy.

Il s'agit d'un travail de Master dit « en emploi », c'est-à-dire que l'étudiant y consacre deux jours par semaine en plus de son activité professionnelle à 60% dans un bureau de géomètres.

La révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT2) est à l'origine de ce travail. Cette révision a notamment comme objectif de stabiliser le nombre de bâtiments en territoire non-constructible.

Pour atteindre cet objectif, elle introduit des mécanismes de compensation. Cela signifie qu'à l'échelle d'un canton le nombre de nouveaux bâtiments construits hors de la zone à bâtir ne doit pas excéder celui des démolitions.

Pour mettre en œuvre de tels mécanismes, les aménagistes cantonaux auront besoin de dresser un inventaire des constructions potentiellement adaptées pour une compensation. Cet inventaire devrait contenir entre autres des bâtiments qui n'ont plus d'usages conformes à la zone d'affectation.

Le présent travail a pour but de créer une méthode et/ou un outil qui **aiderait à la mise en place d'un inventaire des bâtiments propices à une compensation.**

Quelques difficultés ont été rencontrées, notamment du fait que le travail parlementaire lié la révision de la LAT se déroulait en parallèle de la rédaction de ce mémoire et que les demandes d'accès à certaines données ont pris passablement de temps.

Ce document s'adresse aux professionnels de l'aménagement du territoire et de la géomatique.

Il est composé de :

- Rapport (document présent)
- Annexes

Remarque : les fonds de carte de certaines figures qui illustrent le rapport proviennent de Swisstopo (Office fédéral de topographie).

## RÉSUMÉ

L'introduction de mécanismes de compensation par la LAT2 pour atteindre l'objectif de stabiliser le nombre de bâtiments en territoire non-constructible, implique pour les cantons de dresser un inventaire et de localiser des constructions potentiellement adaptées pour une compensation.

Le présent travail décrit une **méthode** qui contribuerait à la mise en place d'un inventaire des bâtiments propices à une compensation.

La particularité de ce travail de recherche est qu'il mêle des observations sur le terrain et des traitements automatisés de géodonnées.

Des visites de terrain servent de base pour élaborer des méthodes de traitement informatique (scripts), puis également pour évaluer la fiabilité des résultats obtenus.

Des scripts calculent pour chaque bâtiment une note entre 0 et 10 en se basant sur 8 critères différents afin de garantir des résultats robustes. Une note basse indique que le bâtiment serait propice à compensation. Afin de tenir compte des spécificités régionales, il est possible d'adapter la pondération des critères pour le calcul de la note du bâtiment.

Des expérimentations ont été réalisées dans trois secteurs sur deux communes distinctes, à savoir Puidoux et Ormont-Dessus, afin de couvrir des territoires agricoles variés. C'est l'un des points forts de ce travail de recherche, c'est-à-dire que les développements ont été **confrontés à la réalité du terrain**. Au final, 8 km<sup>2</sup> de terrain ont été parcourus et plus de 150 bâtiments ont été photographiés. Ceci représente une réelle plus-value qui permet une analyse et une **évaluation fine des résultats**, des possibilités et des limites des processus de la classification automatisée.

L'analyse des résultats produits par les scripts démontre que l'adéquation avec les observations réalisées sur le terrain avoisine les 50% , et qu'ils ne génèrent pas ou très peu de faux-négatifs (type d'erreur: lorsqu'un bâtiment qui est en réalité propice à compensation obtient une note élevée par les scripts). Cela indique que la méthode proposée est conservatrice.

Dans le cas où un opérateur serait en charge de dresser un inventaire, les **gains de temps** potentiels avec la méthode proposée sont intéressants (de l'ordre de 49% à 77%). Les scripts peuvent lui **indiquer quels sont les bâtiments qui sembleraient a priori les plus propices à une compensation**.

Au final, la méthode développée peut être **extrapolée** sur un plus vaste territoire. Les calculs effectués sur la totalité du territoire des deux communes citées précédemment montrent que plusieurs centaines de bâtiments sont potentiellement adaptés à une compensation.

La méthode est conçue pour être facilement généralisable à l'échelle cantonale ou nationale. Le rapport décrit également des recommandations pour organiser la collecte des données sur le terrain.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement:

- Le professeur Jens Ingensand et le maître d'enseignement Denis Leroy pour leur encadrement.
- Monsieur Richard Hollenweger, expert, Directeur de la direction des autorisations de construire, Direction générale du territoire et du logement du Canton de Vaud (DGTL).
- Madame Evelyne Seppey, directrice du registre foncier du Canton de Vaud pour la mise à disposition de données.
- Madame Ana Cvetkovic, responsable de la Centrale des autorisations en matière de construction (CAMAC) pour la mise à disposition de données.
- Monsieur Frédéric Bonzon pour la mise à disposition de données sur le territoire de la commune d'Ormont-Dessus et pour ses conseils concernant les scripts FME.
- Monsieur Samuel Caillet-Bois pour la mise à disposition de données sur le territoire de la commune de Puidoux.
- Monsieur Didier Burkhard pour la relecture et les conseils rédactionnels.
- Monsieur Andreas Moser, doctorant et collaborateur sur le projet BAB de ETH Zürich, pour les échanges sur ses recherches.

## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Approche de la problématique .....	2
Figure 2 Constructions hors zone à bâtir : faits et chiffres, source : ARE .....	5
Figure 3: récapitulatif des dispositions prévues par la révision LAT2 .....	11
Figure 4: Exemple (1) tiré de la brochure DTAP et CDCA «Construire hors zone à bâtir: pourquoi de nouvelles approches sont nécessaires? ».....	12
Figure 5: Exemple (2) tiré de la brochure DTAP et CDCA «Construire hors zone à bâtir: pourquoi de nouvelles approches sont nécessaires? ».....	13
Figure 6: Ormont-Dessus et Puidoux, zones de production agricole .....	17
Figure 7: Périmètre de la visite de terrain .....	18
Figure 8 : Bâtiments retenus pour la visite de terrain .....	19
Figure 9: Carte situant les bâtiments localisés lors de la visite de terrain .....	20
Figure 10: Exemple de bâtiments, localisés lors de la visite de terrain, adaptés à une compensation (1/2) .....	21
Figure 11 : Exemple de bâtiments, localisés lors de la visite de terrain, adaptés à une compensation (2/2) .....	22
Figure 12: Valeur fiscale [CHF] des bien-fonds accueillant un bâtiment propice à une compensation .....	23
Figure 13: Puidoux zone choisies pour visite de terrain.....	25
Figure 14: Zone de vigne, bâtiments ayant passé le tri primaire.....	26
Figure 15: Zone de plaine et de collines ; bâtiments ayant passé le tri primaire .....	27
Figure 16: Zone de plaine et de collines – résultats de la visite de terrain .....	28
Figure 17: Ancienne ferme partiellement transformée en habitation.....	31
Figure 18: Ferme au lieu-dit "Le Mont".....	31
Figure 19: Village d'Ollon ; recensement architectural et ISOS .....	35
Figure 20: Méthode développée - Stratégie globale.....	36
Figure 21: logo FME .....	37
Figure 22: logo QGIS .....	37
Figure 23: Script "tri primaire", schéma conceptuel .....	40
Figure 24: Script "tri primaire", capture d'écran du logiciel FME .....	41
Figure 25: Script " Estimation de l'aptitude à une compensation " et « Calcul des points », schéma conceptuel .....	42
Figure 26: résultats du script : « ESTIMATION DE L'APTITUDE À UNE COMPENSATION » .....	43
Figure 27: Attributs créés pour compter les points .....	44
Figure 28: résultats du script : « Calcul des points» .....	44
Figure 29: échantillon de bâtiments pour calcul du contraste. ....	48

Figure 30: Variation maximale du contraste entre 2007 et 2020, triée par ordre croissant .....	49
Figure 31: détection automatique de véhicules, exemple de résultats .....	50
Figure 32: Détection automatique de véhicules, quelques erreurs. Résolution de 10cm, seuil de confiance à 0.3 .....	51
Figure 33: Détection de véhicules. Résolution à 25cm, seuil de confiance à 0.2.....	51
Figure 34: principe de la détection automatique d'images.....	52
Figure 35: Ormont-Dessus, résultats des scripts et bâtiments identifiés sur le terrain comme propices à une compensation.....	53
Figure 36: Ormont-Dessus, résultats des scripts (notes de 0 à 1.5) .....	57
Figure 37: Grange ECA 1489, raccordement EP et EU (source ormont-dessus.geocommunes.ch) .....	58
Figure 38: grange ECA 1454.....	58
Figure 39: Puidoux, zone de vignes, résultats des scripts et résultats de la visite de terrain.....	60
Figure 40: Puidoux, zone de plaine et de collines, résultats des scripts et résultats de la visite de terrain.....	63
Figure 41: Distribution des notes issues du script (Puidoux, zone de plaine et de collines).....	64
Figure 42: Bâtiment partiellement souterrain (ECA 1064a à Puidoux) .....	67
Figure 43: Bâtiment composé de trois corps de bâtiments (ECA584 à Puidoux).....	67
Figure 44: ECA978 à Puidoux, (image tirée de Google Maps).....	68
Figure 45: Adéquation, Ormont-Dessus .....	69
Figure 46: Adéquation, Puidoux, zone de vignes.....	69
Figure 47: Adéquation, Puidoux, zone de plaine et de collines.....	69
Figure 48: calcul du gain de temps potentiel (principe de calcul) .....	70
Figure 49: calcul du gain de temps, Ormont-Dessus .....	71
Figure 50: calcul du gain de temps potentiel, Puidoux, zone de vignes .....	72
Figure 51: calcul du gain de temps potentiel, Puidoux, zone de plaine et de collines .....	73
Figure 52: inventaire processus manuel versus application mobile.....	80
Figure 53: application mobile, interface .....	81
Figure 54: Ormont-Dessus, bâtiments avec une note égale à 0.0.....	82

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: synthèse de la visite de terrain .....	24
Tableau 2: différentes capites .....	27
Tableau 3: Photographies de la visite de terrain à Puidoux 1/2.....	29
Tableau 4: Photographies de la visite de terrain à Puidoux 2/2.....	30
Tableau 5: liste des critères "dur" .....	32
Tableau 6: liste des critères "mou" .....	33
Tableau 7: Géodonnées pour les critères "dur" .....	34
Tableau 8: Géodonnées pour les critères "mou" .....	34
Tableau 9: exemple de calcul du contraste .....	45
Tableau 10: calcul du contraste, extraction des valeurs RGB.....	46
Tableau 11: calcul du contraste, exemples avec orthophotos .....	47
Tableau 12: variation du contraste, exemples avec graphes .....	47
Tableau 13: influence de l'ombre d'un arbre sur le calcul du contraste .....	48
Tableau 14: Distribution des notes issues du script (Ormont-Dessus) .....	54
Tableau 15: Pondération utilisée (Ormont-Dessus) .....	54
Tableau 16: Matrice de confusion (Ormont-Dessus) .....	55
Tableau 17: Matrice de confusion (Ormont-Dessus), analyse de l'efficacité .....	56
Tableau 18: Pondération utilisée (Puidoux).....	59
Tableau 19: Distribution des notes issues du script (Puidoux, zone de vignes) .....	61
Tableau 20 : Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes) .....	61
Tableau 21: Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes), illustrations.....	62
Tableau 22: Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes), analyse de l'efficacité .....	62
Tableau 23 : Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines) .....	65
Tableau 24: Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines), analyse de l'efficacité .....	65
Tableau 25: Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines), illustrations.....	66
Tableau 26 : proposition de formulaire de terrain.....	81

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Besoin d'un inventaire

La révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT2) qui est en cours actuellement<sup>1</sup> a notamment comme objectif de stabiliser le nombre de bâtiments en territoire non constructible.

Bien que les autorisations de construire soient octroyées avec des conditions restrictives, la pression augmente sur ces territoires notamment à cause des activités de loisirs, de l'augmentation des surfaces de transport, de l'évolution structurelle de l'agriculture et par le renforcement de la reconversion des bâtiments à des fins non-agricoles.

Pour atteindre cet objectif, la révision introduit des mécanismes de compensation. Cela signifie qu'à l'échelle d'un canton le nombre de nouveaux bâtiments construits hors de la zone à bâtir ne doit pas excéder celui des démolitions.

Pour mettre en œuvre de tels mécanismes, les aménagistes cantonaux auront besoin de dresser un inventaire des constructions potentiellement adaptées pour une compensation.

Cet inventaire devrait contenir entre autres des bâtiments qui n'ont plus d'usages conformes à la zone d'affectation. L'établissement d'un tel inventaire impliquera un besoin important en ressources humaines et financières durant la phase initiale de la part des Cantons.

Le présent travail a pour but de créer une méthode et/ou un outil qui **aiderait à la mise en place d'un inventaire des bâtiments propices à une compensation**.

---

<sup>1</sup> 29 septembre 2023, le Conseil National et le Conseil des Etats se sont mis d'accord sur le contre-projet indirect à l'initiative paysage

## 1.2 Une approche particulière

La particularité de ce travail de recherche est qu'il mêle des observations sur le terrain et des traitements automatisés de géodonnées. Les visites de terrain servent de base pour élaborer des méthodes de traitement informatique.

Aujourd'hui, énormément de données spatiales sont disponibles. Des outils informatiques de géo-traitement permettent de faire des calculs et des analyses de manière automatique sur ces données. Avec l'aide d'un script, les analyses et calculs peuvent être répétés sur différents territoires ou au fil du temps selon le rythme de mise à jour des données.

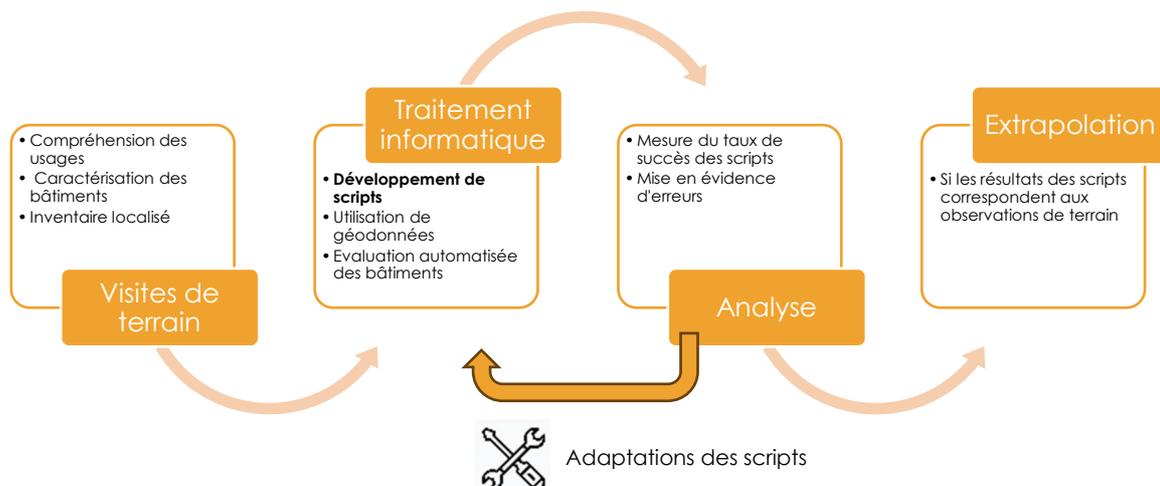


Figure 1: Approche de la problématique

Les visites de terrain ont pour but de dresser une « vérité terrain » sur des secteurs de quelques km<sup>2</sup> afin d'évaluer la fiabilité des résultats obtenus par les scripts.

Si le taux de succès est satisfaisant, c'est-à-dire que les résultats des scripts coïncident avec les observations réalisées sur le terrain, cela signifie que la méthode développée peut être extrapolée sur un plus vaste territoire.

L'objectif *in fine* serait d'avoir une méthode qui réduirait le nombre de bâtiments à visiter pour un opérateur en charge de dresser un inventaire, en lui **indiquant quels sont les bâtiments qui sembleraient a priori les plus propices à une compensation.**

Pour plus de détails, voir annexe n°1 « Cahier des charges ».

---

### 1.3 Structure du rapport

La suite du présent rapport est découpé en plusieurs chapitres qui se déroulent ainsi.

*Présentation du contexte légal et politique* : présente dans les grandes lignes le contexte légal et politique lié à l'aménagement du territoire en Suisse.

*Objet de la problématique* : explique en détails les mécanismes de compensations prévus par la révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT2).

*Etudes liées*: mentionne d'autres études en lien avec la thématique du présent rapport.

*Bâtiments et usages agricoles* : définit les fonctions et les usages liés aux différents types de bâtiments agricoles.

*Observations sur le terrain* : il s'agit d'un compte-rendu des différentes visites effectuées sur le terrain.

*Caractérisation des bâtiments propices à une compensation* : présente les critères et géodonnées utiles pour identifier des bâtiments propices à une compensation.

*Méthodes de localisation des bâtiments propices à une compensation – définition et application* : ces deux chapitres décrivent les traitements informatiques mis en place dans le cadre de ce travail de recherche.

*Critères complémentaires* : afin d'étoffer la liste de critères utilisables pour identifier des bâtiments propices à une compensation , d'autres pistes ont été explorées. Ce chapitre présente ces méthodes qui se basent sur des orthophotos.

*Analyses* : a pour but de comparer les résultats obtenus avec les scripts et les observations faites sur le terrain. L'objectif est d'évaluer l'efficacité des scripts (taux de réussite) et d'identifier leurs points faibles.

*Conclusion et perspectives* : ce chapitre clos le travail de recherche en faisant la synthèse de ce qui a bien ou mal fonctionné et mentionne les perspectives.

*Bilan personnel* : il s'agit du dernier chapitre avant la bibliographie-webographie et les annexes.

En réalité, du point de vue chronologique, les scripts ont été développés simultanément aux visites de terrain. Pour faciliter la lecture du rapport, le chapitre « Observations sur le terrain » précède les chapitres décrivant les méthodes développées.

## 2. CONTEXTE LÉGAL ET POLITIQUE

### 2.1 Bases légales

L'article 75 de la Constitution charge la Confédération de fixer les principes applicables à l'aménagement du territoire.

De cet article constitutionnel découle la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) qui est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1980.

L'un des objectifs de la LAT est de réserver à l'agriculture suffisamment de bonnes terres cultivables (Art. 3 al. 2).

L'aménagement du territoire en Suisse est caractérisé notamment par un principe de séparation fort entre les zones à bâtir qui sont constructibles et les zones agricoles ainsi que les zones à protéger qui sont inconstructibles, sauf exceptions.

### 2.2 Révision LAT1

En 2014, est entrée en vigueur la première révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT1). Cette révision avait comme objectif principal de lutter contre le mitage du territoire.

Il s'agissait notamment d'orienter le développement de l'urbanisation vers l'intérieur du milieu bâti et de créer un milieu bâti compact. Cette réforme a imposé aux cantons de revoir leurs plans directeurs.

Pour de nombreuses communes surdimensionnées, cela a impliqué un redimensionnement des zones à bâtir par une révision des plans d'affectation. La mise en œuvre au niveau communal est toujours en cours actuellement.

Après bientôt une décennie, on constate que le mitage du territoire a pu être maîtrisé. Mais en parallèle la pression sur les territoires en dehors de la zone à bâtir a augmenté.<sup>2</sup>

La pression augmente sur ces territoires notamment à cause des activités de loisirs, de l'évolution structurelle de l'agriculture et par le renforcement de la reconversion des bâtiments à des fins non agricoles.

La figure suivante, publiée par l'ARE<sup>3</sup> en 2020, récapitule la situation actuelle. Les chiffres et ordres de grandeurs importants à retenir sont :

- 595'000 bâtiments, soit 19% du parc immobilier est situé en dehors de la zone à bâtir.
- 37% des infrastructures et habitats (en surface) sont situés en dehors de la zone à bâtir

<sup>2</sup> Selon brochure DTAP-CDCA *Construire hors zone à bâtir: pourquoi de nouvelles approches sont nécessaires?* | LAT2, page 2

<sup>3</sup> Office fédéral du développement territorial

## Constructions hors zone à bâtir : faits et chiffres

### Constructions hors zone à bâtir

La séparation entre territoire constructible et territoire non constructible est un principe fondamental de l'aménagement du territoire en Suisse. Les constructions et installations ne peuvent être autorisées hors de la zone à bâtir **qu'à de strictes conditions**. Pourtant, le nombre de constructions situées hors de la zone à bâtir a jusqu'à présent toujours augmenté. La **surface d'habitat et d'infrastructures** calculée par l'Office fédéral de la statistique donne des informations à ce sujet. Dans la statistique de la superficie, cette surface inclut toutes les surfaces utilisées pour le travail, l'habitation, le déassement ou le transport. En font partie les surfaces de transport, les bâtiments et les terrains attenants, les surfaces d'infrastructure spéciale telles que les zones d'extraction de matériaux et les décharges, ainsi que les espaces verts et les lieux de détente. La très grande partie des surfaces situées hors de la zone à bâtir n'est pas occupée par des surfaces d'habitat et d'infrastructures mais par des surfaces agricoles, boisées ou improductives (p.ex. rochers, cours d'eau).

**119 000 ha** ou

**37%** de toutes les surfaces d'habitat et d'infrastructures en Suisse se trouvent hors de la zone à bâtir.



**8 000 ha**

**Espaces verts et lieux de détente**

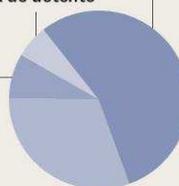
p. ex. terrains de golf, installations de loisirs  
↗ en augmentation modérée



**9 000 ha**

**Surfaces d'infrastructure spéciale**

p. ex. zones d'extraction de matériaux et décharges  
↘ en légère diminution



**64 000 ha**

**Surfaces de transport**

p. ex. routes  
↗ en augmentation modérée



**38 000 ha**

**Bâtiments et terrains attenants**

p. ex. bâtiments agricoles et terrains attenants  
↗ en augmentation

Les données relatives à l'évolution comparent les résultats de 1997 à ceux de 2009, ainsi qu'aux résultats intermédiaires du relevé 2013/2018.

### Grandes différences régionales

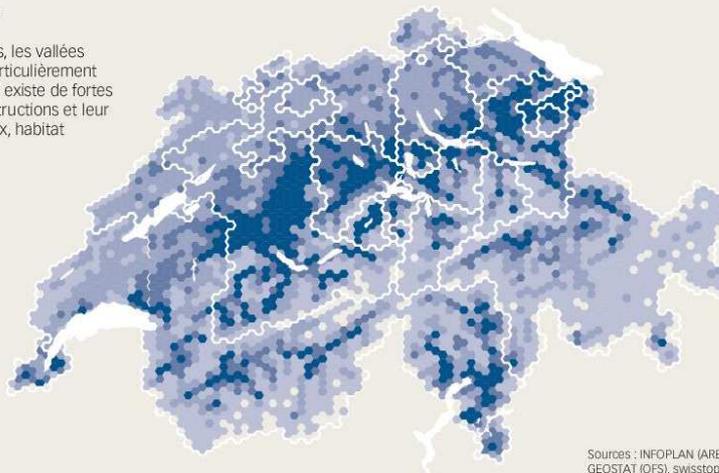
La partie supérieure du Plateau, les Préalpes, les vallées alpines et le Tessin comptent un nombre particulièrement élevé de bâtiments hors de la zone à bâtir. Il existe de fortes différences régionales dans le type de constructions et leur organisation spatiale traditionnelle (hameaux, habitat dispersé, mayens).

En Suisse, **595 000** bâtiments, soit

**19%** du total, sont situés hors de la zone à bâtir.

Bâtiments situés hors zone à bâtir, par hexagone (de 13,9 km<sup>2</sup>)

- plus de 400
- 250 à 400
- 100 à 250
- 1 à 100
- aucun bâtiment



Sources : INFOPLAN (ARE), GEOSTAT (OFS), swisstopo

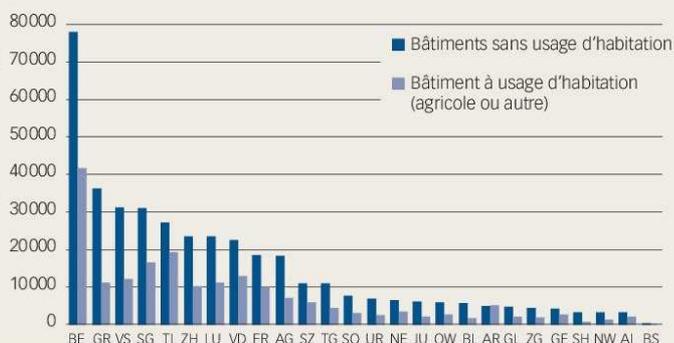
### Bâtiments avec et sans usage d'habitation

Hors de la zone à bâtir se trouvent environ

**402 000** bâtiments sans usage d'habitation et

**193 000** à usage d'habitation.

Les cantons qui comptent le plus de bâtiments situés hors de la zone à bâtir sont BE, GR, VS, SG et TI. Dans tous les cantons sauf AR, les bâtiments hors zone à bâtir sont majoritairement dépourvus d'usage d'habitation. Par rapport à leur nombre total de bâtiments, les cantons d'AI, OW, AR, UR et LU présentent les parts les plus élevées de bâtiments hors zone à bâtir. Les changements structurels dans l'agriculture posent un défi important au sort à réserver aux constructions et installations qui ne sont plus nécessaires à leur destination première.



1/2020 © ARE

Figure 2 Constructions hors zone à bâtir : faits et chiffres, source : ARE

---

### 2.3 Projet de révision LAT2

En 2014, juste après la révision LAT1, la Confédération a lancé la procédure de consultation pour la seconde révision de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT2).

L'un des objectifs de cette seconde réforme est de stabiliser le parc immobilier hors de la zone à bâtir et de renforcer le principe de séparation. Elle prévoit notamment l'introduction d'un mécanisme de compensation.

Les cantons s'y sont opposés, sans contester la nécessité d'une seconde révision, en raison de la charge de travail déjà imposée par la mise en application de LAT1. La Confédération a par conséquent temporisé.

La multiplication des constructions hors de la zone à bâtir a suscité le mécontentement de la population. Plusieurs initiatives populaires ont été lancées sur ce sujet : « Stopper le mitage – pour un développement durable du milieu bâti » (dit initiative contre le mitage) / (refusée le 10 février 2019 à 63.7%).

Et plus récemment, « Contre le bétonnage de notre paysage (dit initiative paysage) » qui a abouti le 16 octobre 2020.

Cette dernière s'oppose à la prolifération des constructions hors des zones à bâtir et veut que la Confédération et les cantons garantissent la séparation entre les parties constructibles et non constructibles du territoire.

En 2020 (Initiative paysage, 2023), peu de temps après le dépôt de l'initiative paysage, la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil des États (CEATE-E) décide d'entrer en matière sur le projet de révision de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT2) du Conseil fédéral, malgré son rejet précédent par le Conseil national.

Le 18 décembre 2020, le Conseil fédéral rejette l'initiative paysage et propose un contre-projet indirect qui vise à renforcer la séparation entre les parties constructibles et non constructibles du territoire.

Le 12 mai 2021, le Conseil fédéral annonce finalement qu'il ne proposera pas son propre contre-projet indirect, car le projet de la CEATE-E sur la LAT2, qui intègre les principales revendications de l'initiative, est suffisant. Ce projet est soumis à consultation jusqu'au 13 septembre 2021.

Après la consultation, la CEATE-E retravaille la révision partielle de la LAT2, qui est adoptée le 11 mai 2022. Bien que l'association de soutien de l'initiative paysage salue cette nouvelle version, qui reprend la principale préoccupation de l'initiative, elle exprime des réserves sur certains aspects de la révision.

Le Conseil des États vote ensuite pour la stabilisation du nombre de bâtiments hors zone à bâtir, mais accorde des exceptions supplémentaires, remettant ainsi en question la séparation entre zone constructible et zone non constructible.

En juillet 2022, la CEATE-N décide à l'unanimité d'examiner le projet du Conseil des États, et le Parlement accorde un délai supplémentaire pour le traitement de l'Initiative paysage, qui est maintenant fixé au 8 mars 2024.

En mars 2023, la CEATE-N a commencé à examiner la deuxième étape de la révision partielle de la LAT2.

Les initiates et initiants de l'initiative paysage ont salué les améliorations proposées, notamment le fait que la CEATE-N ait fixé des limites au changement d'affectation des bâtiments agricoles (contrairement aux Conseils des États).

Finalement, le 29 septembre 2023, le Conseil National et le Conseil des États se sont mis d'accord sur le contre-projet indirect à l'initiative paysage.

Peu de temps après, dans le courant du mois d'octobre 2023, le comité d'initiative a décidé de retirer conditionnellement son texte (sous réserve qu'aucun référendum ne soit lancé contre la loi) étant donné que le contre-projet reprend les objectifs principaux de l'initiative, notamment la stabilisation de l'utilisation du sol à l'extérieur des zones à bâtir (Initiative Paysage, 2023).

A présent le délai référendaire qui s'applique à la modification législative du 29 septembre 2023 expire au 15 février 2024 (Feuille fédérale, 2023). Si aucun référendum n'est déposé, le contre-projet est donc accepté et le retrait de l'Initiative sera dès lors définitif (Initiative paysage, 2023).

Suite probable des événements, si aucun référendum n'est déposé :

En avril 2024 devrait débuter la consultation de l'ordonnance ; en janvier 2025 la LAT révisée et son ordonnance devraient entrer en vigueur.

Ainsi, les cantons auront un délai jusqu'en septembre 2028 pour adapter leur plan directeur selon l'article 8d. « *Contenu du plan directeur relatif à l'objectif de stabilisation en territoire non constructible* ».

### 3. OBJET DE LA PROBLÉMATIQUE

#### 3.1 Objectifs de stabilisation

Dans les prochains paragraphes sont cités les articles de la Loi sur l'aménagement du territoire, LAT - Modification du 29 septembre 2023.

La révision de la LAT introduit deux nouveaux buts à l'*art. 1 al.2* qui sont :

#### **Art. 1 Buts**

[...]

*<sup>2</sup> Ils soutiennent par des mesures d'aménagement les efforts qui sont entrepris notamment aux fins:*

[...]

***b<sup>ter</sup>**. de stabiliser le nombre de bâtiments en territoire non constructible;*

*b<sup>quater</sup>. de stabiliser l'imperméabilisation du sol dans les zones agricoles visées à l'*art. 16* qui sont exploitées toute l'année et qui ne servent pas à l'agriculture ou au tourisme.*

[...]

Dans le cadre de ce travail, il s'agit d'étudier le but visé par l'alinéa 2 let. b<sup>ter</sup>, (voir sous le sous-chapitre 3.2 « Rappel du cahier des charges »).

Afin d'atteindre l'objectif de stabilisation du nombre de bâtiments hors de la zone à bâtir, la révision de la LAT prévoit notamment le versement par les cantons d'une prime de démolition (prévue par l'*art. 5a*).

#### **Art. 5a Prime de démolition**

*<sup>1</sup> Les propriétaires de constructions et d'installations implantées hors de la zone à bâtir reçoivent, lors de la démolition de celles-ci, une prime correspondant aux frais de démolition à l'exclusion d'éventuels frais d'élimination de déchets spéciaux et d'assainissement de sites contaminés, sauf s'il existe une autre obligation légale de prise en charge des frais de démolition. En cas de démolition de constructions et d'installations non utilisées à des fins agricoles ou touristiques, la prime n'est versée que si aucune construction de remplacement n'est réalisée.*

*<sup>2</sup> Les cantons financent la prime de démolition en premier lieu par le produit de la taxe au sens de l'*art. 5, al. 1*, puis par des moyens financiers généraux.*

*<sup>3</sup> La Confédération peut allouer des contributions aux cantons pour leurs dépenses. Le Conseil fédéral règle les modalités. Il tient compte, dans ce cadre, des différences entre les cantons, en particulier du rendement de la taxe sur la plus-value.*

Les cantons devront aussi décrire dans les études de base le nombre de bâtiments hors zones à bâtir ainsi que l'état de l'imperméabilisation du sol.

---

#### **Art. 6 Etudes de base**

[...]

<sup>3</sup> De plus, les cantons décrivent dans les études de base l'état et le développement:

d. du nombre de bâtiments hors zones à bâtir;

e. de l'imperméabilisation du sol dans les zones agricoles visées à l'art. 16 qui sont exploitées toute l'année et qui ne servent pas à l'agriculture ou au tourisme.

<sup>4</sup> Ils tiennent compte notamment des conceptions et plans sectoriels de la Confédération, des plans directeurs des cantons voisins, des inventaires fédéraux, ainsi que des programmes de développement régional et des plans d'aménagement régional en fonction de leur caractère contraignant.

---

Toujours, en lien avec l'atteinte de cet objectif les cantons devront définir un concept global dans leur plan directeur (Art. 8d, al1).

---

#### **Art. 8d Contenu du plan directeur relatif à l'objectif de stabilisation en territoire non constructible**

<sup>1</sup> Les cantons définissent, dans leur plan directeur, un concept global permettant d'atteindre les objectifs de stabilisation selon l'art. 1, al. 2, let. b<sup>ter</sup> et b<sup>quater</sup>, et donnent les mandats correspondants, en particulier en ce qui concerne le versement et le financement des primes à la démolition au sens de l'art. 5a, al. 1. La comparaison avec l'état au 29 septembre 2023 est déterminante à ce titre.

<sup>2</sup> Les bâtiments protégés et les bâtiments qui ont été classés en zone à bâtir après le 29 septembre 2023 ne doivent pas être pris en compte dans l'appréciation du degré de réalisation de l'objectif selon l'art. 1, al. 2, let. b<sup>ter</sup>. L'imperméabilisation du sol liée à des installations de production et de transport d'énergie ou à des installations de transport cantonales ou nationales ne doit pas être prise en compte dans l'appréciation du degré de réalisation de l'objectif selon l'art. 1, al. 2, let. b<sup>quater</sup>.

<sup>3</sup> La réalisation des objectifs de stabilité au sens de l'art. 1, al. 2, let. b<sup>ter</sup> et b<sup>quater</sup> sera examinée périodiquement et les contenus du plan directeur au sens de l'al. 1 seront adaptés le cas échéant.

<sup>4</sup> Si l'examen indique que les objectifs de stabilisation n'ont pas été atteints, le Conseil fédéral ordonne une application par analogie de l'art. 38b.

---

L'alinéa 2 de l'article 8d précise que les bâtiments protégés ou classés en zone à bâtir après le 29 septembre 2023 sont à exclure de cet inventaire.

---

### 3.2 Rappel du cahier des charges

Comme l'indique le titre du rapport, le présent travail de recherche a pour but d'identifier des bâtiments, hors de la zone à bâtir, propices à une compensation en phase avec la deuxième révision de la LAT.

Dans ce travail de recherche les éléments suivants ne seront pas pris en compte:

- 1) Les constructions illicites, soit des constructions sans autorisation de construire avec ordre de remise en état,
- 2) Les ruines, c'est la tâche de la commune qui doit ordonner la démolition si un danger public est avéré (par exemple, une ruine qui menace de s'effondrer sur un chemin de randonnée pédestre) ; ce type de bâtiment ne rentrerait pas dans le système de compensation,
- 3) Les autres installations qui pourraient servir de compensation (routes, remontées mécaniques,...). Etant donné qu'il est complexe d'évaluer les usages de ces infrastructures, elles ne seront pas prises en compte dans ce travail.

### 3.3 Méthodes de planification et de compensation

Afin de laisser aux cantons une certaine marge de manœuvre en matière d'aménagement en dehors de la zone à bâtir (voir l'article 8c « Contenu du plan directeur relatif aux zones prévues à l'art. 18bis »), la deuxième révision de la LAT prévoit différentes approches de planification et de compensation.

La figure ci-dessous, récapitule les différentes configurations possibles pour les territoires hors zone à bâtir (plus de détails dans les deux sous-chapitres suivants) :

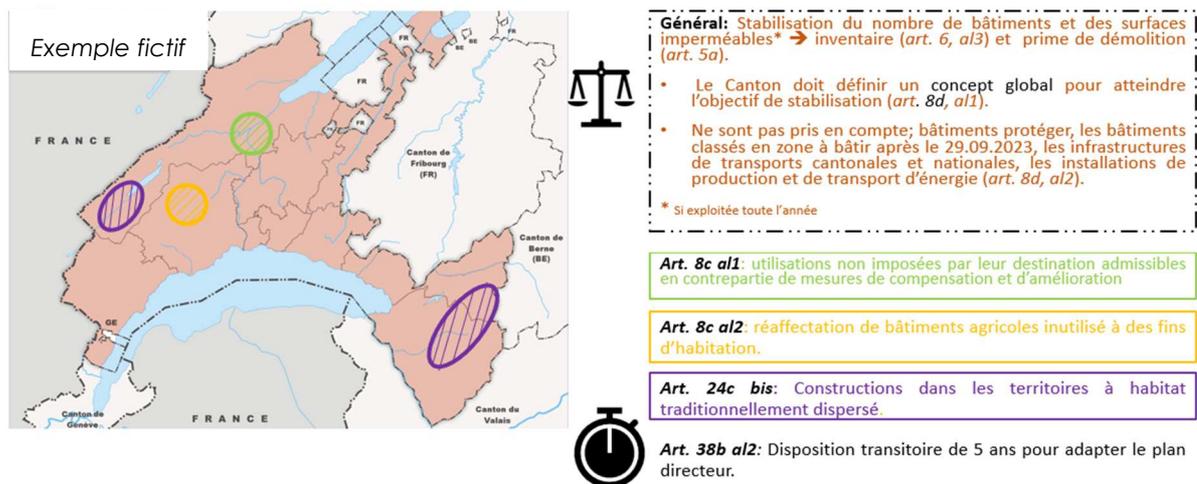


Figure 3: récapitulatif des dispositions prévues par la révision LAT2

Selon l'article 38b alinéa 2, ces nouvelles dispositions devront être intégrées au plan directeur dans un délai de 5ans (soit, a priori d'ici au mois de septembre 2028).

#### 3.3.1 APPROCHE « SELON ART. 8c alinéa 1 »

La révision de la LAT, par l'article 8c alinéa 1, autorise sur des territoires définis dans le plan directeur, des utilisations non imposées par leur destination, en contrepartie de mesures de compensation et d'amélioration.

#### **Art. 8c Contenu du plan directeur relatif aux zones prévues à l'art. 18bis**

*Les cantons peuvent, sur la base d'une conception d'ensemble du territoire, désigner dans leur plan directeur des territoires définis hors zone à bâtir dans lesquelles des zones **au sens de l'article 18bis** incluant des **utilisations soumises à compensation sont admissibles**, pour autant que les conditions suivantes soient remplies:*

- la délimitation de telles zones améliore la situation globale dans le territoire en question au regard des buts et principes de l'aménagement du territoire;*
- des mandats sont donnés à la planification d'affectation de prévoir les mesures de compensation et d'amélioration requises...[...]*

Les nouvelles utilisations doivent être compensées de manière à éviter des utilisations plus importantes et plus préjudiciables, tout en améliorant l'urbanisation, le paysage, la culture architecturale et les terres cultivables de manière globale.

L'intégration dans le territoire et la préservation du patrimoine architectural sont des facteurs déterminants. Une analyse approfondie de la zone de planification est nécessaire pour une conception d'ensemble du territoire.

---

**Art. 18<sup>bis</sup> Zones non constructibles incluant des utilisations soumises à compensation**

*<sup>1</sup> Si des zones non constructibles dans lesquelles des utilisations non imposées par leur destination sont délimitées selon l'art. 8c, il faut prévoir les conditions pour que ces utilisations:*

- a. soient assorties des mesures de compensation et d'amélioration requises, et*
- b. entraînent globalement une amélioration de la situation générale de la structure du milieu bâti, de la culture du bâti, du paysage, des terres cultivables et de la biodiversité.*

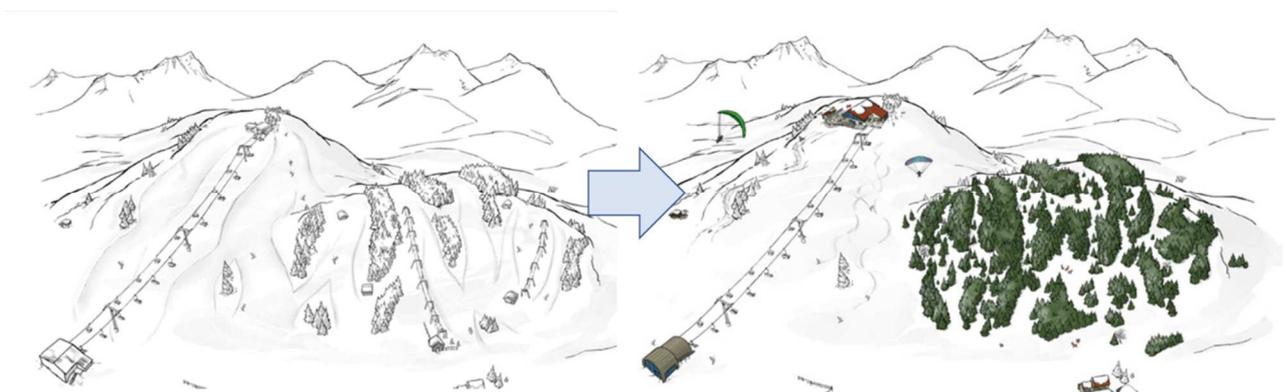
*<sup>2</sup> Aucune mesure de compensation ou d'amélioration n'est exigée lorsqu'une autorisation est susceptible d'être octroyée hors de telles zones sur la base du droit en vigueur.*

*<sup>3</sup> Dans les petites entités urbanisées dans les zones selon le présent article, les autorisations de changement d'affectation et d'extension d'affectation sont accordées sans mesures de compensation et d'amélioration.*

*<sup>4</sup> Dans le cadre de la procédure d'autorisation, il convient de vérifier et de s'assurer que les conditions prévues à l'al. 1 sont remplies.*

---

La figure ci-dessous illustre comment pourrait se concrétiser l'application de l'alinéa 1 de l'art. 8c. Dans cet exemple le développement d'un projet touristique novateur est rendu possible en contrepartie du démantèlement des téléskis de basse altitude.



**Figure 4: Exemple (1) tiré de la brochure DTAP et CDCA «Construire hors zone à bâtir: pourquoi de nouvelles approches sont nécessaires? »**

---

### 3.3.2 APPROCHE « SELON ART. 8c alinéa 2 »

L'alinéa 2 permet la réaffectation de bâtiments agricoles inutilisés, sur certains territoires définis par le plan directeur, à des fins d'habitation.

---

#### **Art. 8c Contenu du plan directeur relatif aux zones prévues à l'art. 18bis [..]**

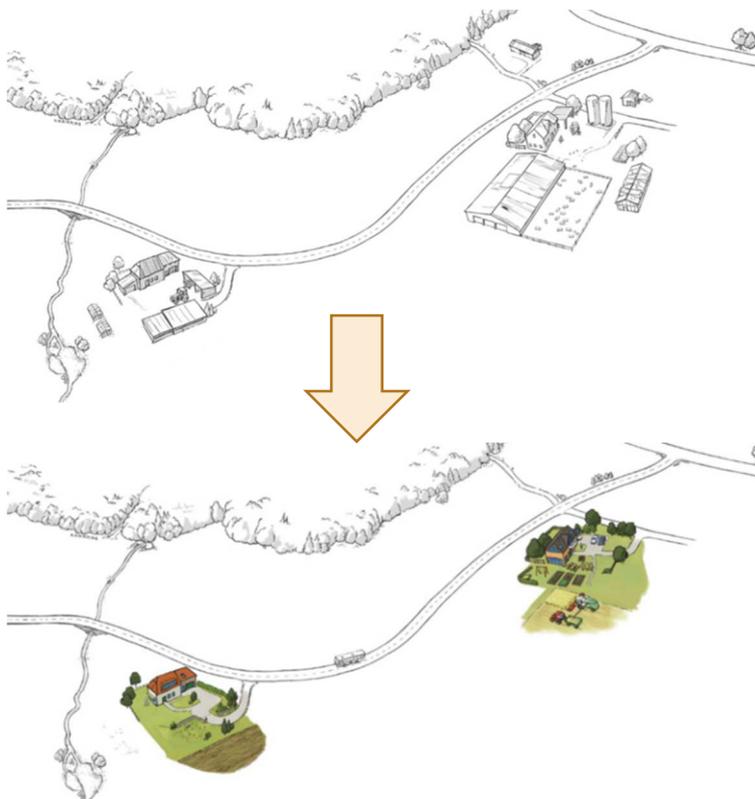
<sup>2</sup> En respectant les principes selon l'alinéa 1, les cantons peuvent, dans leur plan directeur, délimiter des territoires définis dans lesquelles ils prévoient la réaffectation de bâtiments agricoles inutilisés à des fins d'habitation.

<sup>3</sup> Le plan directeur précise au minimum:

- a. la manière dont la situation globale doit être améliorée, les objectifs supérieurs poursuivis et les raisons motivant cette amélioration;
- b. la manière dont la conception d'ensemble du territoire sera concrètement mise en œuvre dans le plan d'affectation pour le territoire concerné.

---

Selon l'alinéa 3, les deux approches définies aux alinéas 1 et 2 doivent être planifiées et justifiées par le plan directeur.



La figure ci-contre montre comment pourrait se concrétiser l'application de l'alinéa 2 de l'art. 8c.

Dans cet exemple des bâtiments agricoles inutilisés sont transformés à des fins d'habitation. Certains bâtiments d'exploitation ont été démolis. Les propriétaires peuvent recevoir une prime de démolition (selon l'art. 5) qui correspond aux frais de démolition.

**Figure 5: Exemple (2) tiré de la brochure DTAP et CDCA «Construire hors zone à bâtir: pourquoi de nouvelles approches sont nécessaires? »**

## 4. ETUDES LIÉES

### 4.1 Inventaire des bâtiments

(ETH, 2019) Une étude de l'ETH intitulée : « *Étude de la faisabilité de la compensation dans le cadre de la méthode de planification & de compensation en conformité avec le P-LAT* », dirigée par la professeure Dr. Adrienne Grêt-Regamey a été consacrée aux aspects de mise en œuvre opérationnelle et de faisabilité d'un mécanisme de compensation dans le cadre du projet de révision de la LAT.

Cette même étude, met en avant **l'importance d'établir un inventaire** (voir extrait ci-dessous) des constructions ou types de constructions potentiellement adaptées à une compensation. Il est intéressant de souligner **qu'à l'époque** cet élément important ne figurait ni dans le projet de loi ni dans le message.

---

*(ETH, 2019) En résumé les aménagistes cantonaux consultés considèrent que l'établissement d'un inventaire des objets est important, mais qu'il mobilisera des ressources non négligeables, notamment durant la phase initiale. Il est envisagé que les cantons endossent une fonction importante de direction et de coordination – ce qui implique toutefois de disposer des ressources nécessaires en termes de finances et de personne (p.44).*

---

C'est à cet enjeu que le présent travail de recherche va essayer d'apporter des éléments de réponse.

### 4.2 Analyse et classification automatique par ordinateur

(Koch, 2018) une étude autrichienne intitulée : « *Visual Estimation of Building Condition with Patch-level ConvNets* » présente une méthodologie novatrice pour évaluer l'état des bâtiments en se basant sur des photographies extérieures (1 image par bâtiment).

L'objectif est de fournir une alternative objective aux évaluations des experts immobiliers.

Le modèle propose une approche basée sur l'extraction de motifs à partir de patches (extraits de la photographie du bâtiment) à plusieurs échelles, combinée à l'utilisation de réseaux neuronaux convolutionnels. Les résultats obtenus indiquent une précision de classification de **65%**.

L'analyse qualitative montre une corrélation forte de 0,616 entre l'âge du bâtiment et la condition prédite. Cette corrélation est raisonnable, car les bâtiments plus anciens sont plus susceptibles de présenter une condition plus médiocre que les nouveaux bâtiments.

---

### 4.3 Monitoring

La chaire PLUS (Planning of Landscape and Urban System) de L'ETH de Zurich en partenariat avec les autorités fédérales (ARE, OFAG et OFEV) et les cantons de Berne, Vaud, Saint-Gall, Appenzell Rhodes-Intérieures, Appenzell Rhodes-Extérieures et Glaris, gère un projet de surveillance intercantonale coordonnée des constructions hors zones à bâtir. (BAB - Interkantonal koordiniertes Monitoring Bauen ausserhalb Bauzonen<sup>4</sup>)

Ce projet a pour buts de développer un monitoring et un ensemble d'indicateurs pour les constructions hors de la zone à bâtir en se basant sur des données nationales et cantonales existantes, tout en tenant compte des singularités régionales. Ces recherches permettent de mieux comprendre les principaux moteurs de développement et de changement de l'évolution de ces territoires.

Au cours de ce travail de recherche, j'ai eu la possibilité d'échanger avec le doctorant Andreas Moser qui travaille sur le projet BAB. Il en ressort que leurs travaux ne permettent pas de distinguer si un bâtiment est toujours ou non utilisé à des fins agricoles.

Andreas Moser a aussi travaillé sur l'entraînement d'un algorithme capable de classer automatiquement les différents types de bâtiments agricoles (serres, étable, chalet d'alpage, grange, etc.) à partir d'orthophoto. Après l'entraînement de l'algorithme, les tests de validation ont montré que dans **74 %** des cas, les bâtiments ont été correctement catégorisés.

---

### 4.4 Conclusion sur les études liées

On constate que ces méthodes pour effectuer des analyses automatiques basées sur l'entraînement d'algorithme offre des perspective intéressantes, mais que les résultats sont corrects dans seulement 65 et 74 pourcent des cas.

Comme le confirme (Starzyńska and Roussel, 2022), la vision par ordinateur dans l'analyse architecturale est une discipline encore très exploratoire. Cette étude identifie différents pièges à éviter pour améliorer les résultats. Il s'agit notamment de s'assurer que les échantillons utilisés pour l'entraînement soient correctement étiquetés ; ce qui est difficile au vu de la diversité de l'environnement construit et des styles architecturaux.

Dans le cadre du sujet étudié, c'est à dire la classification de bâtiments agricoles, si la fiabilité de ces méthodes s'améliorait à l'avenir, elles pourraient apporter une aide intéressante.

---

<sup>4</sup> [https://www.bab-monitoring.ethz.ch/index\\_de.php?page=home\\_de](https://www.bab-monitoring.ethz.ch/index_de.php?page=home_de)

## 5. BÂTIMENTS ET USAGES AGRICOLES

### 5.1 Types et fonctions des bâtiments agricoles

Ce chapitre est un petit rappel à propos des types de bâtiments agricoles qu'on l'on peut rencontrer et de leurs fonctions. L'objectif est de définir clairement les types de bâtiments qui seront recherchés par la suite et de faciliter la lecture des prochains chapitres.

On peut distinguer trois fonctions principales des bâtiments agricoles :

1. Élevage
2. Stockage (denrées ou véhicules et matériels agricoles)
3. Production végétale

Il y a la fonction d'habitation qu'il ne faut pas oublier. Cette dernière, par le passé, était souvent intégrée à un bâtiment ayant une fonction d'élevage ou de stockage.

Ces dernières années, une cinquième fonction s'est développée liée à la commercialisation en vente direct des produits de l'exploitation (par exemple, un marché à la ferme ou une buvette d'alpage).

Types de bâtiments agricoles:

Élevage	Stockage	Production végétale
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiments d'élevage (écurie, étable, bergerie, porcherie, poulailler, etc)</li> <li>• Chalet d'alpage (fonction de transformation et commercialisation possible)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grange</li> <li>• Garage</li> <li>• Hangar</li> <li>• Couvert</li> <li>• Silo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serres ou tunnels</li> </ul>

Il s'agit d'une liste non exhaustive.

### 5.2 Notions d'usages agricoles

Cette notion est importante pour la suite du présent travail de recherche. Il s'agit de définir :

#### **Qu'est-ce qu'un bâtiment qui n'a plus d'usage agricole ?**

La réponse à cette question n'est pas forcément binaire. Il est possible qu'un bâtiment d'exploitation ne soit pas exploité efficacement. Par exemple, un exploitant qui renonce à élever des vaches pour se concentrer sur la culture de céréales, l'étable devenant un local de rangement.

Il se peut aussi qu'un bâtiment prenne une fonction autre qu'agricole; on peut imaginer qu'un agriculteur mette en location l'une de ses granges pour l'hivernage de camping-cars.

La suite de ce rapport va décrire des méthodes pour identifier des bâtiments qui seraient propices à une compensation. Il faut garder à l'esprit, que les résultats qui en résulteront contiendront forcément une incertitude et qu'une vérification sur le terrain restera indispensable.

## 6. OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN

### 6.1 Objectifs

Des visites sur le terrain (reportage photographique) ont été effectuées pour répondre à deux objectifs.

Le premier est d'identifier des bâtiments qui apparemment n'ont plus d'usage agricole et qui seraient propices à une compensation.

Grâce à la « vérité terrain » obtenue par le reportage photographique, le second objectif est de vérifier l'efficacité des méthodes d'identification mises en place.

Si le **taux de succès** est satisfaisant, c'est-à-dire que les résultats des scripts coïncident avec les observations réalisées sur le terrain, cela signifie que la méthode développée peut être extrapolée sur un plus vaste territoire.

### 6.2 Périmètres d'application

Dans le cadre de ce travail de recherche, un périmètre restreint d'application a été choisi.

Il s'agit de deux communes vaudoises ; **Ormont-Dessus et Puidoux**. Ces deux communes ont été choisies afin d'analyser des territoires agricoles variés.

La commune de Puidoux s'étend entre le Léman (372m) et Palézieux. Elle culmine à une altitude de 980m. On y trouve à la fois des vignes, des grandes cultures de plaine et des pâtures.

Le territoire d'Ormont-Dessus commence à un peu plus de 1000m et culmine à plus de 3000m. L'agriculture qui y est pratiquée est emblématique de l'agriculture de montagne avec notamment de vastes surfaces destinées à l'estivage.

Le choix de ces deux communes permet de couvrir un intervalle conséquent d'un point de vue de l'altitude et des conditions climatiques. Par ce choix, on couvre cinq des six zones de production agricole et la région d'estivage (seule la zone de montagne II n'est pas représentée).

#### Légende

- Zone de plaine (31)
- Zone des collines (41)
- Zone de montagne I (51)
- Zone de montagne II (52)
- Zone de montagne III (53)
- Zone de montagne IV (54)
- ▨ Région d'estivage (61)

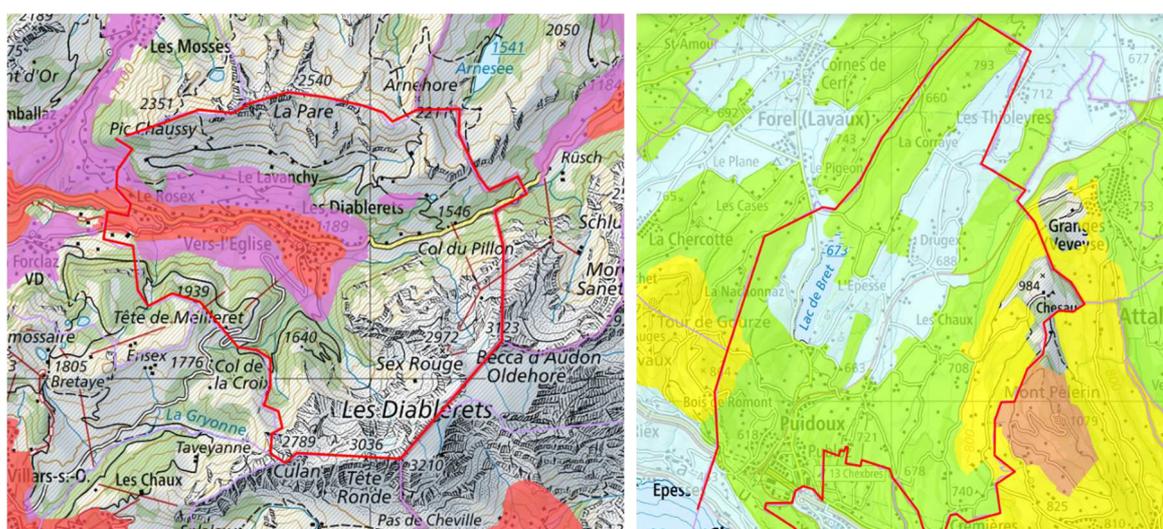


Figure 6: Ormont-Dessus et Puidoux, zones de production agricole

## 6.3 Ormont-Dessus - Visite

### 6.3.1 PÉRIMÈTRE

Afin de percevoir et de comprendre les caractéristiques générales des bâtiments qui n'ont plus d'usage agricole, il a été décidé d'effectuer une visite de terrain en région de montagne. Le périmètre suivant (surface = 1km<sup>2</sup>) a été sélectionné sur la commune d'Ormont-Dessus. Cette zone a été choisie en raison de sa familiarité, résultant d'une l'expérience professionnelle antérieure (entreprise de mensuration cadastrale).

Le but de la visite (effectuée le 31 mars 2023) était de prendre des photographies des bâtiments existants afin d'avoir une base de réflexion<sup>5</sup> pour mettre en place une méthode de sélection.

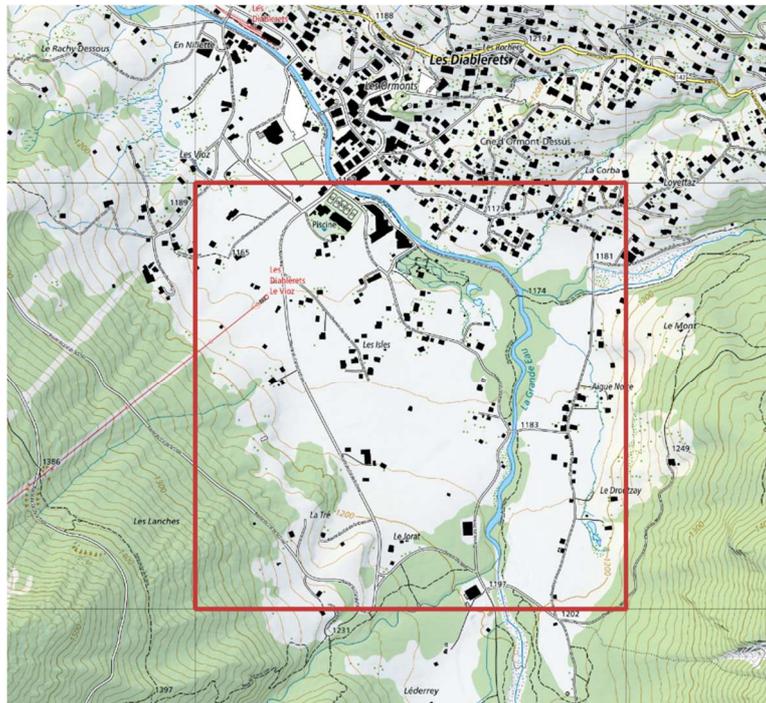


Figure 7: Périmètre de la visite de terrain

### 6.3.2 PRÉPARATION

Afin de réduire le nombre de bâtiments à photographier, les trois critères de sélection, décrits ci-dessous, ont été appliqués.

1) Affectation: le périmètre choisi est partiellement en zone à bâtir, donc seulement les bâtiments qui se situent en dehors ont été retenus.

→ C'est-à-dire 121 bâtiments.

<sup>5</sup> Le résultat de la visite de terrain n'est pas considéré comme une vérité absolue.

2) Patrimoine : Il a été vérifié sur les 121 bâtiments retenus qu'aucun ne soit classé au recensement architectural<sup>6</sup> avec une note  $\leq 3$ .

La raison étant que le *Règlement communal sur le plan d'extension et la police des constructions* du 1<sup>er</sup> novembre 1995, à l'article 50, autorise la démolition de bâtiments bien intégrés (soit une note de 4 au recensement architectural).

Art. 50 Bâtiments à protéger (Règlement communal sur le plan d'extension et la police des constructions)

[...]

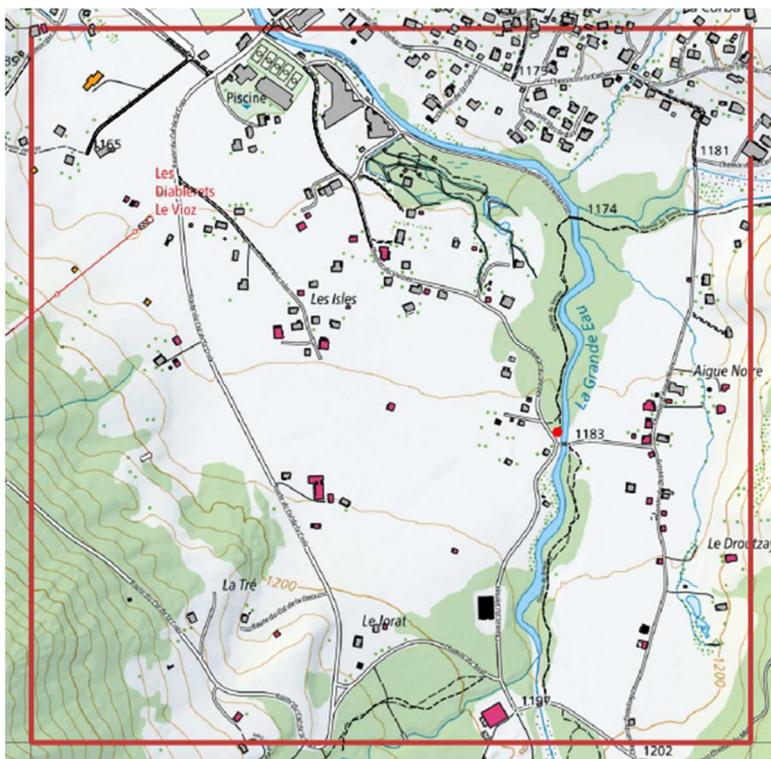
*Les bâtiments ou parties de bâtiments remarquables ou intéressants du point de vue architectural ou historique doivent être en principe conservés. Des transformations, de modestes agrandissements, un changement d'affectation sont toutefois possibles si ces modifications sont objectivement fondées et si elles sont compatibles avec la conservation et la mise en valeur du bâtiment.*

*Les bâtiments bien intégrés peuvent être modifiés et, le cas échéant, faire l'objet de démolition et de reconstruction pour des besoins objectivement fondés et pour autant que soit respectés le caractère spécifique de leur intégration et l'harmonie des lieux. La Municipalité peut refuser le permis de construire pour un projet qui compromettrait le caractère architectural du bâtiment, notamment par une occupation excessive du volume existant.*

[...]

3) Présence d'un logement : les bâtiments désignés comme habitation ou bâtiment public selon la mensuration officielle ont été écartés de la sélection. *In fine*, **54 bâtiments** ont été retenus pour la visite de terrain (teinté en rouge sur la carte ci-contre).

**Figure 8 : Bâtiments retenus pour la visite de terrain**



<sup>6</sup> Plus d'explications sur le recensement architectural au chapitre suivant.

### 6.3.3 BILAN

Suite à la visite sur le terrain, **16 bâtiments** qui ne semblent plus être utilisés à des fins agricoles et par conséquent adaptés à compensation ont été localisés dans ce secteur de 1km<sup>2</sup>. La carte ci-dessous permet de les situer:

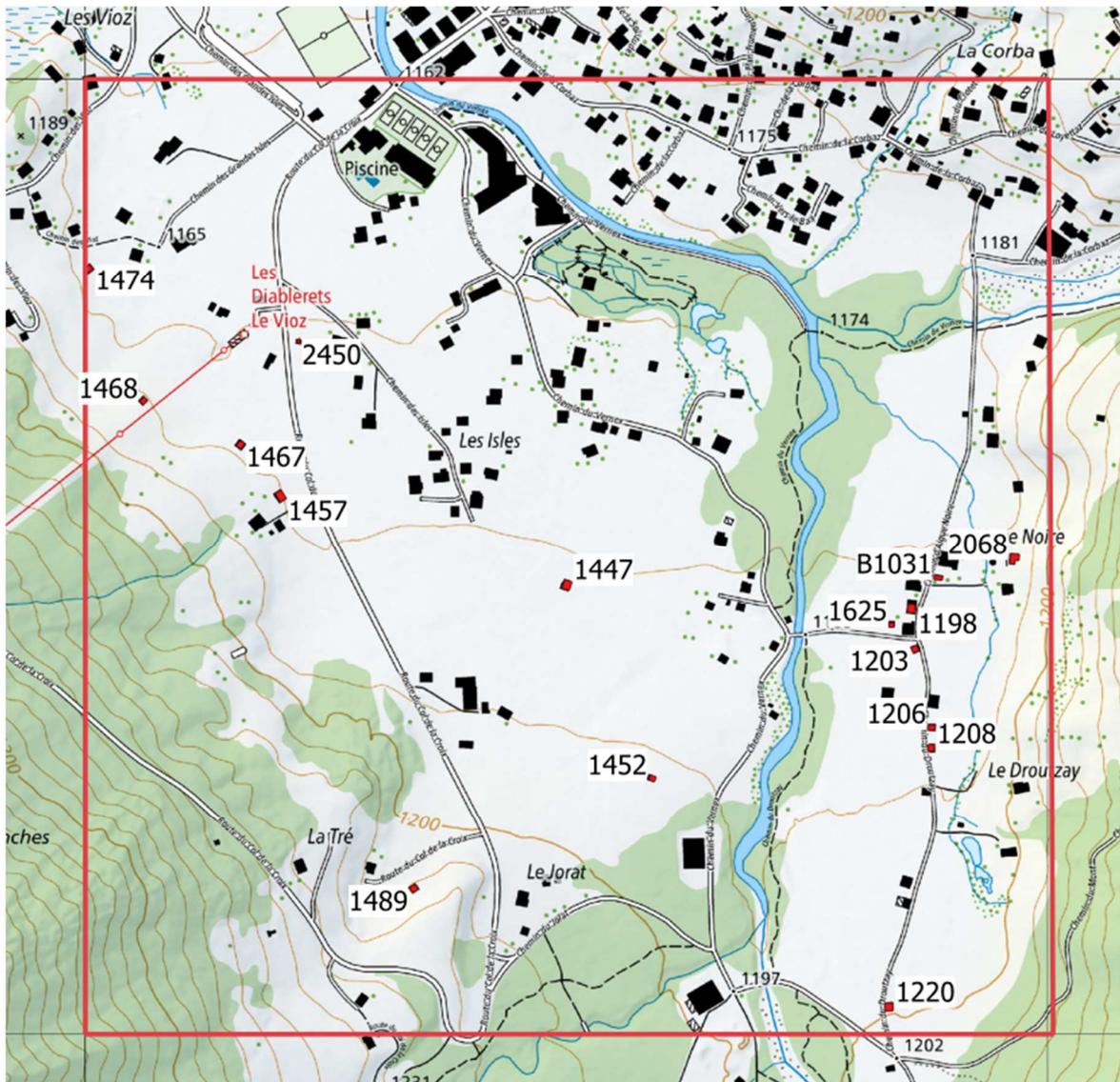


Figure 9: Carte situant les bâtiments localisés lors de la visite de terrain

Quelques exemples avec leur numéro ECA, sur la rive droite de la Grande Eau:



N° ECA	OBSERVATIONS / REMARQUES
1203	Grange / étable inutilisée
1198	Grange / étable inutilisée
2068	Grange / étable utilisée pour stocker du mobilier de jardin
1206	Grange inutilisée
B1031	Petit mazot, utilisé comme abri de jardin
1625	Petit mazot, utilisé comme abri de jardin

Figure 10: Exemple de bâtiments, localisés lors de la visite de terrain, adaptés à une compensation (1/2)

Quelques exemples avec leur numéro ECA, sur la rive gauche de la Grande Eau:



N° ECA	OBSERVATIONS / REMARQUES
1457	Grange / étable inutilisée
1474	Grange / étable inutilisée, citerne pour épandage bâchée
1452	Grange utilisée pour stocker des plaque d'isolant
1489	Grange utilisée pour stocker du mobilier de jardin
1447	Grange inutilisée, abritant un char à foin
2450	Petit mazot, utilisé comme bûcher

Figure 11 : Exemple de bâtiments, localisés lors de la visite de terrain, adaptés à une compensation (2/2)

#### 6.3.4 ANALYSES

Les résultats obtenus ont été analysés (voir le prochain tableau « synthèse de la visite de terrain ») afin d'identifier d'éventuelles caractéristiques communes entre les bâtiments. Ce qui en ressort est :

- Selon le RegBL (registre fédéral des bâtiments et des logements) aucun des 16 bâtiments identifiés ne comprend de **logement**.
- Aucun bâtiment d'une **surface** supérieure à 80 m<sup>2</sup> ne semble convenir à une compensation. La surface moyenne des bâtiments est de 44 m<sup>2</sup>, avec un écart-type de 19 m<sup>2</sup>.
- La **valeur fiscale** du bien-fonds est généralement faible. C'est-à-dire, moins d'environ CHF100'000 dans  $\frac{3}{4}$  des cas. Pour les occurrences 14, 15 et 16 (voir la prochaine figure), la valeur fiscale est plus élevée car le bien-fonds accueille plusieurs bâtiments.

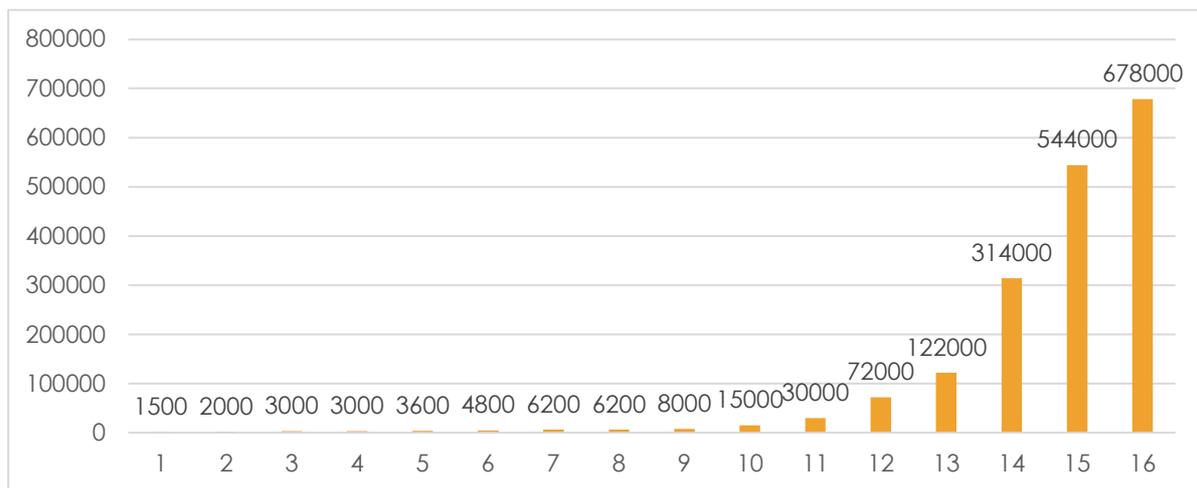


Figure 12: Valeur fiscale [CHF] des bien-fonds accueillant un bâtiment propice à une compensation

- En général, on constate une **absence de conduites** d'eau potable ou d'eaux usées à proximité<sup>7</sup> des bâtiments.  
C'est-à-dire, que seulement 4/16 bâtiments sont situés à proximité d'une conduite d'eau potable et 3/16 à proximité d'une conduite d'eaux usées.  
L'absence de conduites est un indicateur intéressant pour localiser les granges isolées.
- Selon le RegBL, aucun des 16 bâtiments identifiés ne dispose d'un système de **chauffage**.
- Selon le RegBL, les bâtiments identifiés sont **anciens**<sup>8</sup>. (année de construction antérieure à l'introduction de la LAT).

<sup>7</sup> C'est-à-dire moins de 5m (valeur choisie arbitrairement dans le cadre de cette analyse).

<sup>8</sup> L'année ou la période de construction n'est pas mentionnée de manière systématique dans le RegBL. Et il n'y a pas de certitude sur la fiabilité de cet attribut.

Le tableau ci-dessous est la synthèse des bâtiments identifier comme propices à compensation suite à la visite du 31 mars 2023 à Ormont-Dessus :

Numero ECA	N° parcelle	Logement	Surface [m <sup>2</sup> ]	Valeurs fiscales [CHF]
1206	2834	non	33	1500
1220	2884	non	52	30000
1468	3325	non	30	2000
1452	3535	non	33	3000
1203	2840	non	38	3000
1208	2833	non	43	3600
1489	3422	non	39	4800
1467	3322	non	37	6200
1198	2844	non	64	6200
1447	3522	non	72	8000
1457	3436	non	71	15000
2068	2872	non	78	72000
1474	3327	non	40	122000
1625	2843	non	23	314000
2450	2450	non	13	544000
B1031	2846	non	35	678000

Numero ECA	Eaux usées	Eau potable	Chauffage	Année de construction
1206	non	non	non	1905
1220	non	non	non	-
1468	non	non	non	1830
1452	non	non	non	-
1203	oui	non	non	-
1208	non	non	non	1780
1489	oui	oui	non	1850
1467	non	oui	non	1850
1198	oui	non	non	1941
1447	non	non	non	1850
1457	non	non	non	1870
2068	non	oui	non	1975
1474	non	non	non	1900
1625	non	non	non	1941
2450	non	non	non	-
B1031	non	oui	non	-

Tableau 1: synthèse de la visite de terrain

## 6.4 Puidoux – Visites

### 6.4.1 PÉRIMÈTRES

Les secteurs suivants ont été choisis sur la commune de Puidoux afin de couvrir différentes zones de production agricole :

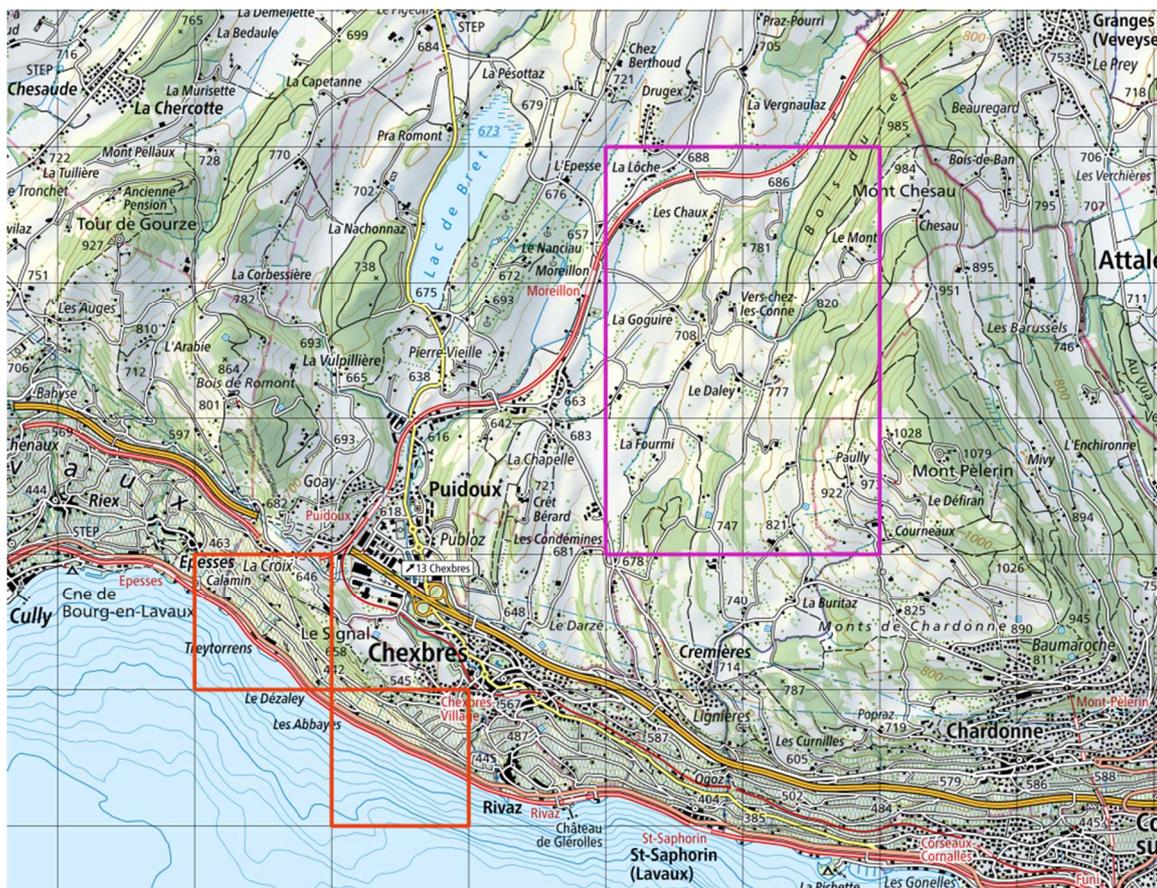


Figure 13: Puidoux zone choisies pour visite de terrain

Il s'agit d'une zone de vigne en orange et d'une zone de plaine et de collines en violet. Préalablement à la visite, le tri primaire<sup>9</sup> a été effectué, puis les bâtiments ainsi conservés ont été photographiés.

*Définition « tri primaire » : sélection des bâtiments situés hors de la zone à bâtir puis mise à l'écart des bâtiments désignés comme habitation et ou protégés ou construits après l'introduction de la LAT.*

<sup>9</sup> (voir chapitre 8.1, figure « Méthode développée - Stratégie globale »)

#### 6.4.2 ZONE DE VIGNE

La zone étudiée correspond au total à une surface d'environ 1.1Km<sup>2</sup>. Elle comprend 44 bâtiments qui ont passé le tri primaire (entourés sur la carte ci-contre). La visite a été effectuée le 13 juillet 2023.

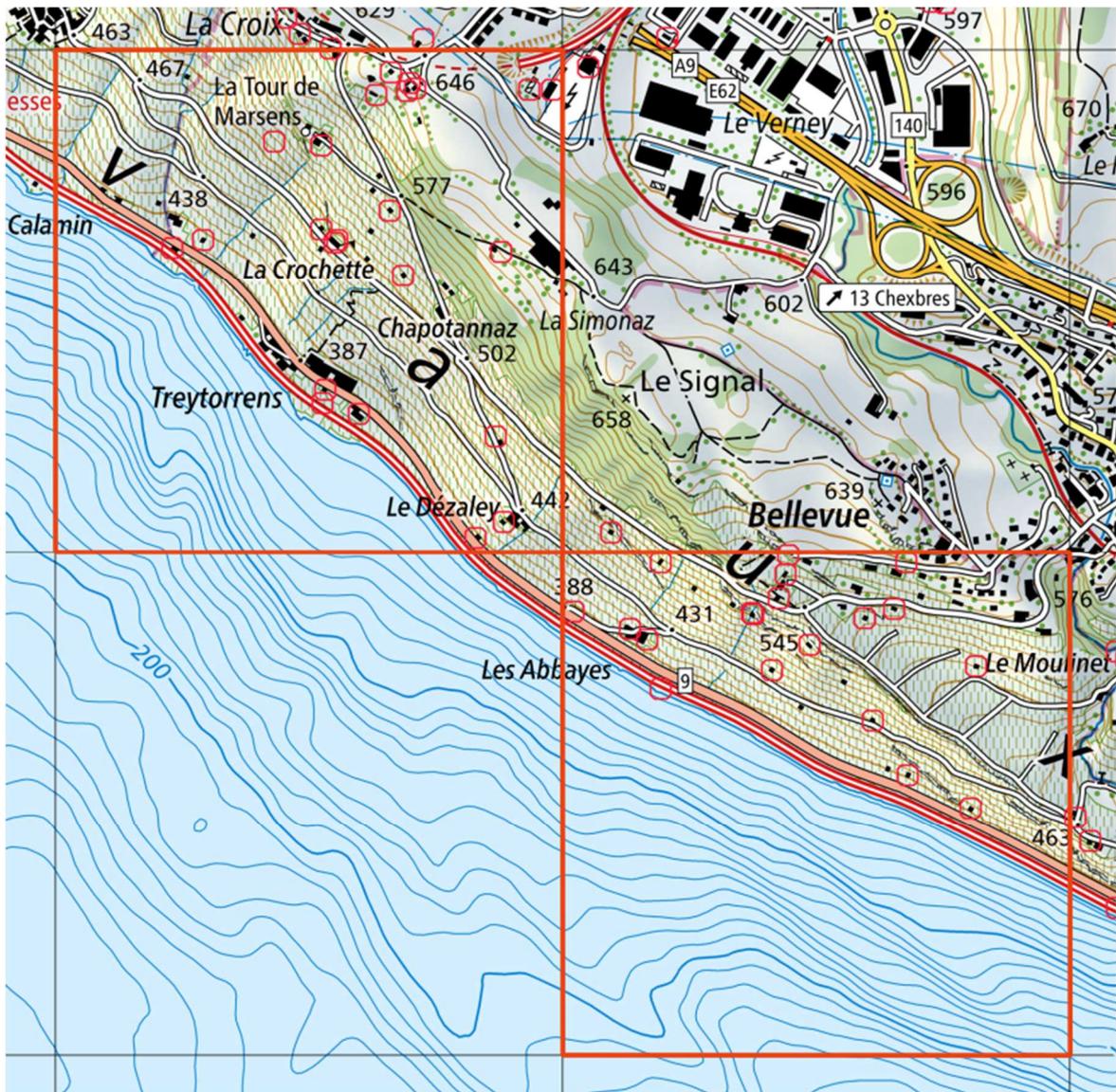


Figure 14: Zone de vigne, bâtiments ayant passé le tri primaire

Zone de vigne – résultats de la visite de terrain

Parmi les bâtiments photographiés dans les vignes, plus de la moitié sont des capites. Il est difficile de distinguer si elles sont toujours utilisées par les viticulteurs.

Leur état de conservation est très variable et l'usage qui en est fait le semble aussi.

Certaines semblent avoir d'autres usage que la viticulture ; certaines servent d'abris de jardin ou de carnotzets.

		
ECA 665, une capite transformée en carnotzet, table et chaises à l'intérieur	Bâtiment B33, capite à usage "touristique" (promotion des vins locaux).	ECA 726, capite de grande taille, potentiellement toujours utilisée par les viticulteurs.

**Tableau 2: différentes capites**

Hormis les capites, ce secteur contient peu de bâtiments de grandes dimensions. Seul quelques bâtiments semblent ne plus être utilisés.

**6.4.3 ZONE DE PLAINE ET DE COLLINES**

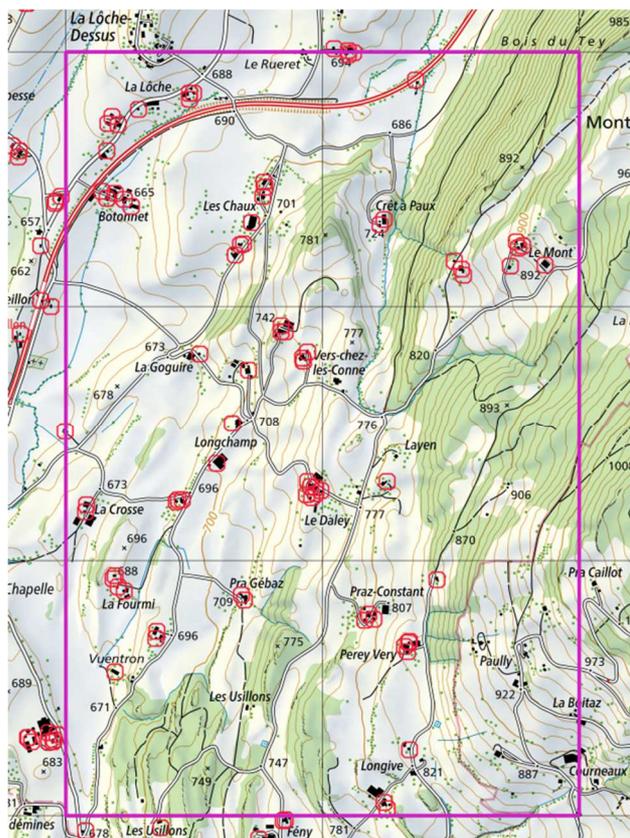
La zone étudiée a une surface de 6 km<sup>2</sup> ; selon le RegBL on y trouve un total de 151 bâtiments, dont 143 hors de la zone à bâtir.

Elle comprend **75** bâtiments qui ont passé le tri primaire (première étape de sélection). Ces bâtiments sont entourés sur la carte ci-contre.

Cela représente une densité moyenne de 12.5 bâtiments par km<sup>2</sup>.

La visite a eu lieu le 21 juillet 2023.

**Figure 15: Zone de plaine et de collines ; bâtiments ayant passé le tri primaire**



Zone de plaine et de collines – résultats de la visite de terrain

La classification ci-dessous a été réalisée grâce aux observations faites sur le terrain. Les bâtiments entourés en rouge montrent des signes évidents qu'ils n'ont plus d'usages agricoles. Quand l'interprétation devient plus incertaine, ils ont été entourés en orange.

Suite à la visite de terrain, 22 bâtiments (en rouge) paraissent propices à une compensation et 14 paraissent (en orange) partiellement propices, sur un total de 75.

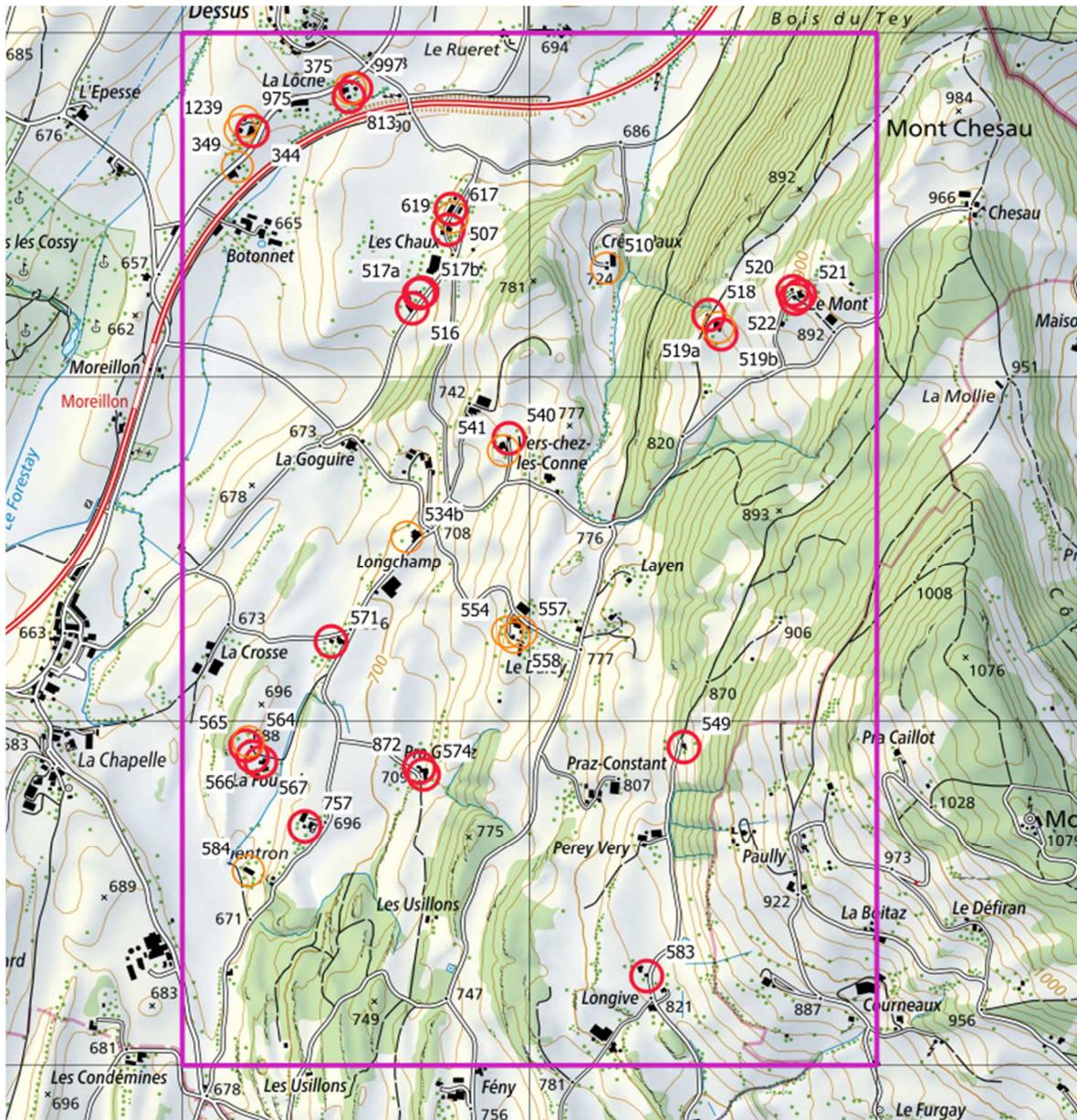


Figure 16: Zone de plaine et de collines – résultats de la visite de terrain

Quelques exemples avec leur numéro ECA :



N° ECA	Observations / Remarques
997	Dépendance d'une ancienne ferme servant d'atelier
813	Dépendance d'une ancienne ferme transformée en maisonnette de jardin
344	Ferme inhabitée, apparemment l'exploitation agricole a cessé récemment
507	Bâtiment agricole vide; quelques chevaux à titre de loisir
517	Grange n'étant plus utilisée

Tableau 3: Photographies de la visite de terrain à Puidoux 1/2

Quelques exemples avec leur numéro ECA



N° ECA	Observations / Remarques
540	Grange sans usage agricole
567	À gauche (ECA568) transformé en habitation. Grange (ECA567) à l'abandon
574 et 872	Ferme en ruine
522	Dépendance d'une ancienne ferme
549	Grange sans usage agricole
518	Ancienne dépendance, aménagée avec une cheminée

Tableau 4: Photographies de la visite de terrain à Puidoux 2/2

### Zone de plaine et de collines – analyse

Le secteur contient selon le RegBL 153 bâtiments et le tri primaire en conserve 79. Le premier aspect positif est qu'une **vingtaine de bâtiments** paraissent propices à une compensation. Le tri primaire permet déjà de réduire efficacement le champ de recherche.

Une des particularités de cette zone est que qu'un certain nombre d'anciennes fermes non exploitées ne sont **transformées que partiellement en habitations** (voir exemple ci-dessous) :

La partie habitable a été rénovée.

La grange est conservée dans son état d'origine et sert de garage, atelier ou dépôt.

On remarque qu'elle représente une surface et un volume non négligeable.

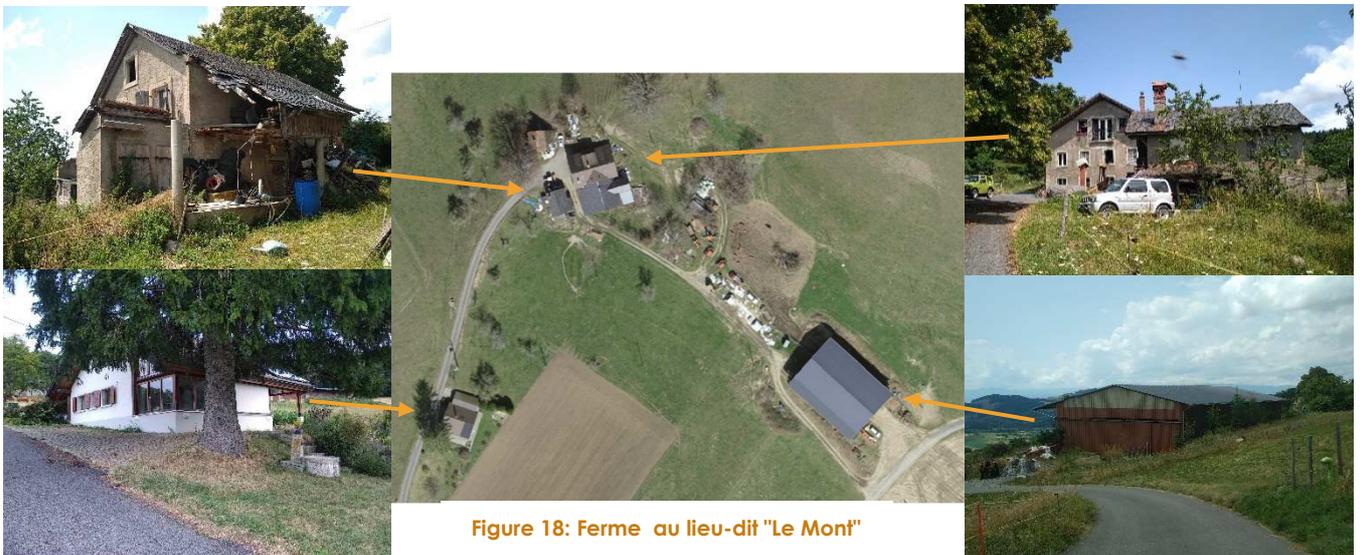
Il en va de même avec certaines dépendances.



**Figure 17: Ancienne ferme partiellement transformée en habitation**

Une autre particularité récurrente de cette zone, est que certains anciens bâtiments d'exploitation **paraissent sous-exploités**.

Une exploitation agricole située au lieu-dit « Le Mont » en est un exemple typique. Un grand hangar et un logement modernes ont été construits non loin de la ferme d'origine. Bien que les bâtiments d'origine ne servent plus à des fins agricoles, ils ont été conservés en l'état.



## 7 CARACTÉRISATION DES BÂTIMENTS PROPICES À UNE COMPENSATION

### 7.1 Choix des critères et d'identificateurs

Les visites de terrain ont permis de mettre en évidence une série de critères qui *a priori* seraient intéressants pour identifier des bâtiments qui n'ont plus d'usage agricole et qui seraient propices à une compensation.

La première étape de sélection consiste évidemment à conserver seulement les bâtiments situés hors de la zone à bâtir, c'est-à-dire, les zones prévues par les articles 16 à 18 LAT.

Les deux tableaux ci-dessous énumèrent les critères et les identificateurs qui pourraient être utilisés. Ces critères peuvent être séparés en deux groupes.

Le premier tableau contient des **critères dits « dur »**, la non-satisfaction de l'un des critères implique une exclusion du processus de sélection.

La présence d'un ou de plusieurs logements est un critère d'exclusion; il serait aberrant d'utiliser des bâtiments servant d'habitation comme compensation.

Le recensement architectural est également un critère d'exclusion si la note du bâtiment est comprise entre 1 et 3 (ou 4, selon certaines communes); il est interdit de les démolir. Pour rappel, le recensement architectural décrit les bâtiments qui méritent d'être protégés en leur attribuant une note allant de 1 à 7 (1 étant la note la plus élevée → monument d'intérêt national).

À relever que certains bâtiments du XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècle identifiés lors des visites comme propices pour une compensation mais non recensés pourraient susciter un intérêt de la part des défenseurs du patrimoine.

L'année ou la période de construction est un critère important. Il a été choisi d'exclure les bâtiments construits après 1980 (l'entrée en vigueur de la LAT, le 1<sup>er</sup> janvier 1980) pour deux raisons.

À partir de cette date, toutes les demandes de permis de construire en dehors de la zone à bâtir sont passées par le Canton.

Ce critère permet en même temps d'exclure les bâtiments récents et l'on peut raisonnablement imaginer que la durée d'exploitation (Administration fédérale des contributions AFC, 2023) notamment pour amortir les coûts de la construction d'un bâtiment agricole atteint environ 30-40 ans.

<b>Critère / Indicateur « dur »</b>	<b>Traitement</b>
Situé hors de la zone à bâtir	Conserver les bâtiments situés hors de la zone à bâtir
Présence d'un logement	Exclure les bâtiments avec un/des logements
Recensement architectural	Exclure les bâtiments avec une note ≤ 3 ou 4 (selon règlement communal)
Période de construction (ancienneté)	Exclure les bâtiments postérieurs à l'entrée en vigueur de la LAT (1 <sup>er</sup> janvier 1980)

**Tableau 5: liste des critères "dur"**

Le second tableau contient des **critères dits « mou »**. Ces critères donnent des indices sur l'état et les usages qui pourraient être faits d'un bâtiment.

L'absence de raccordement au réseau d'eau potable et/ou d'eaux usées ou encore l'absence de système de chauffage / production d'eau chaude peuvent être des indices de vétusté. Sans ces éléments, les usages possibles d'un bâtiments sont également limités.

Suite à la visite de terrain effectuée à Ormont-Dessus, il apparaît que la valeur fiscale (même si elle est attribuée au biens-fonds et non au bâtiment), serait un indicateur intéressant.

Si un permis de construire a été délivré au cours des dernières années (par exemple pour des rénovations ou des modifications), cela indique probablement que le bâtiment concerné est toujours utilisé.

<b>Critère / Indicateur « mou »</b>	<b>Traitement</b>
Proximité avec une conduite d'eau potable	Tri oui /non. =Non, si aucune conduite ne passe à moins de 5 mètres autour du dit bâtiment (zone tampon).
Proximité avec une conduite d'eaux usées	
Présence d'un système de chauffage	Tri oui /non
Présence d'un système de production d'eau chaude	Tri oui /non
Valeur fiscale faible	Tri selon la valeur CHF
Transformation / rénovation récente	Permis de construire délivré ? Tri oui /non

**Tableau 6: liste des critères "mou"**

## 7.2 Sélection de géodonnées

Sur la base des listes de critères et d'identificateurs présentées précédemment, une recherche a été effectuée pour trouver quels jeux de géodonnées permettent d'y répondre (voir les tableaux ci-dessous).

A partir de ces données, l'objectif est de mettre en place une méthodologie (voir chapitre suivant) qui pourrait être généralisée sur l'ensemble du Canton de Vaud, voire à l'ensemble de la Suisse.

Critère / Indicateur « dur »	Fournisseur / Géodonnée
Présence d'un logement	RegBL
Recensement architectural	Administration cantonale vaudoise
Période de construction (ancienneté)	RegBL

**Tableau 7: Géodonnées pour les critères "dur"**

Critère / Indicateur « mou »	Fournisseur / Géodonnée
Proximité avec une conduite d'eau potable	Commune
Proximité avec une conduite d'eaux usées	Commune
Présence d'un système de chauffage	RegBL
Présence d'un système de production d'eau chaude	RegBL
Valeur fiscale faible	BDRF <sup>10</sup>
Permis de construire délivrés	CAMAC <sup>11</sup>

**Tableau 8: Géodonnées pour les critères "mou"**

La valeur fiscale des biens-fonds n'est pas une donnée disponible pour le grand public. Pour pouvoir la consulter, il est nécessaire d'avoir un accès aux données du registre foncier. Dans le cadre de ce travail, une demande spécifique a été adressée à la direction du registre foncier, afin d'obtenir des extraits.

Il en a été de même pour les données de la CAMAC.

Concernant les zones d'affectation, la Conférence des services cantonaux de la Géoinformation et du Cadastre (CGC), publie sur son site internet<sup>12</sup> un jeu de données appelé : « Zones à bâtir de Suisse (harmonisées) ».

Ce jeu de données qui couvre l'ensemble de la Suisse se base sur les géodonnées cantonales relatives aux zones à bâtir et mises à disposition par les offices cantonaux d'aménagement du territoire. Par conséquent, il convient parfaitement pour le présent travail de recherche.

<sup>10</sup> Base de donnée du registre foncier

<sup>11</sup> Centrale des autorisations en matière de construction du Canton de Vaud

<sup>12</sup> <https://www.kgk-cgc.ch/fr/geodonnees/geodonnees-des-zones-batir-de-suisse>

### 7.3 Données non retenues

Au cours de ce travail de recherche, d'autres données ont été étudiées afin d'estimer si elles pourraient donner des indices sur l'état et les usages qui pourraient être faits d'un bâtiment.

Il s'agit notamment des données liées au réseau électrique. Dans le canton de Vaud, le plan du réseau électrique est une géodonnée mise à disposition par Romande Energie SA.

Après analyse, il s'avère que les conduites électriques sont souvent posées en parallèle des autres réseaux de conduites. C'est pour cette raison que les données du réseau électrique n'ont pas été retenues, bien que, par exemple, certains d'alpages pourraient être raccordés au réseau électrique tout en étant autonomes en eau grâce à une source.

L'inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS) n'a pas été retenu dans le cadre de ce travail parce qu'il répertorie des agglomérations et non des bâtiments isolés.

Ci-dessous, une carte du village d'Ollon. Chaque bâtiment figure, ou non, individuellement au recensement architectural avec sa propre note. Tandis que l'ISOS a pour but de protéger le centre historique dans son ensemble.

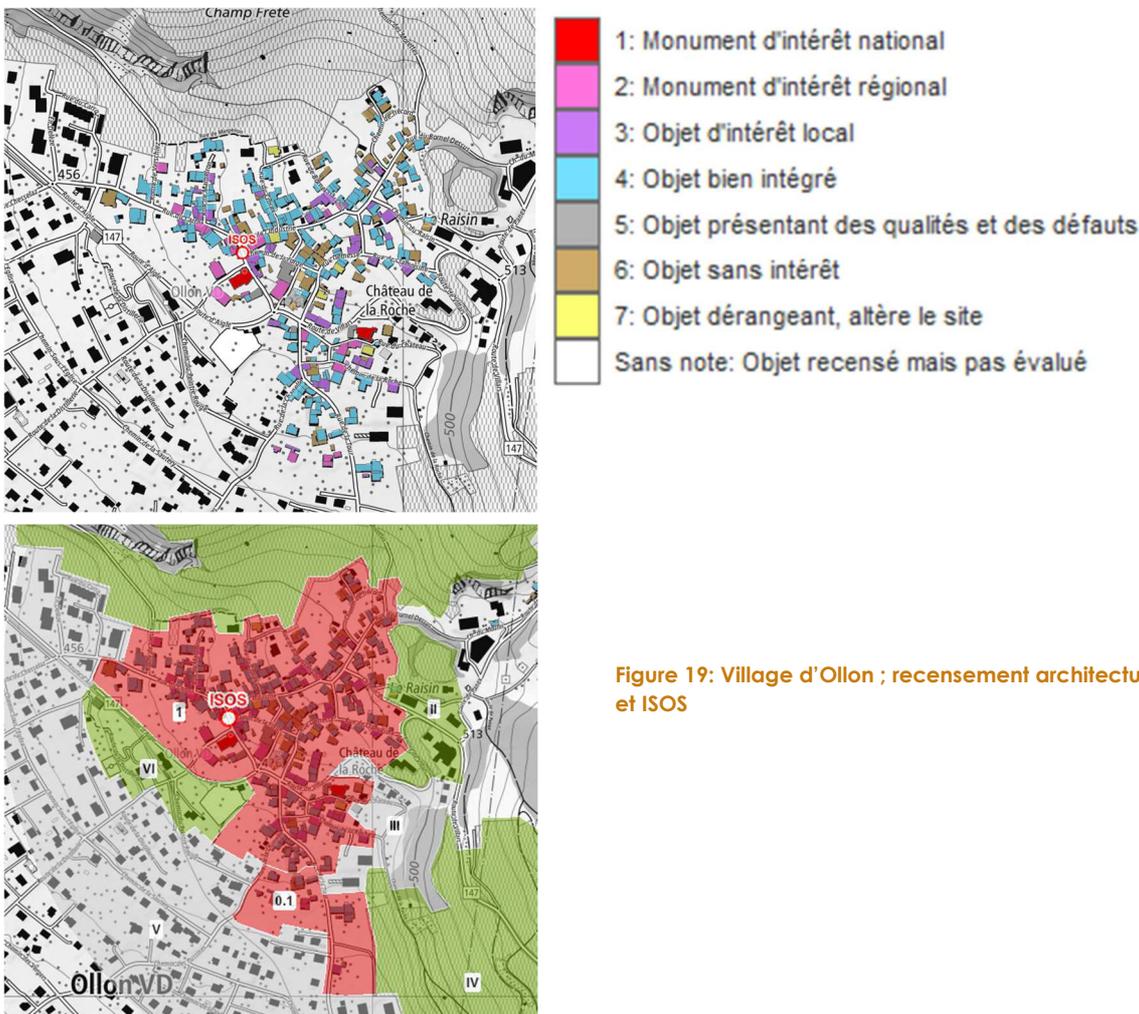


Figure 19: Village d'Ollon ; recensement architectural et ISOS

## 8 MÉTHODE DE LOCALISATION DES BÂTIMENTS PROPICES À UNE COMPENSATION – DÉFINITION

### 8.1 Méthode

Suite aux visites de terrain, la stratégie mise en place pour localiser de manière la plus automatisée possible des bâtiments propices à une compensation se déroule en trois phases.

La première phase dite du « tri primaire » exploite les critères et indicateurs dit « durs ». Si un bâtiment ne satisfait pas l'un de ces critères, il est exclu du processus de sélection.

Ensuite, « Estimation de l'aptitude à une compensation » peut commencer en observant si un bâtiment précédemment sélectionné répond favorablement à un critère ou indicateur dit "mou". Exemple : *il y a-t-il une conduite d'eau potable à moins de 5m du bâtiment ?* → Oui/Non.

La troisième étape consiste à attribuer des points à chaque fois qu'un bâtiment répond favorablement à un critère ou indicateur "mou".

Puis, les points sont additionnés, avec une pondération adaptée au type d'agriculture pratiquée afin d'obtenir un note. En effet la typologie des bâtiments et les équipements nécessaires à une agriculture de montagne ou de plaines sont différents, il est nécessaire de pouvoir adapter la pondération des différents critères.

L'état final recherché est d'avoir une liste de bâtiments classés en fonction de la note obtenue afin d'optimiser la visite sur le terrain.

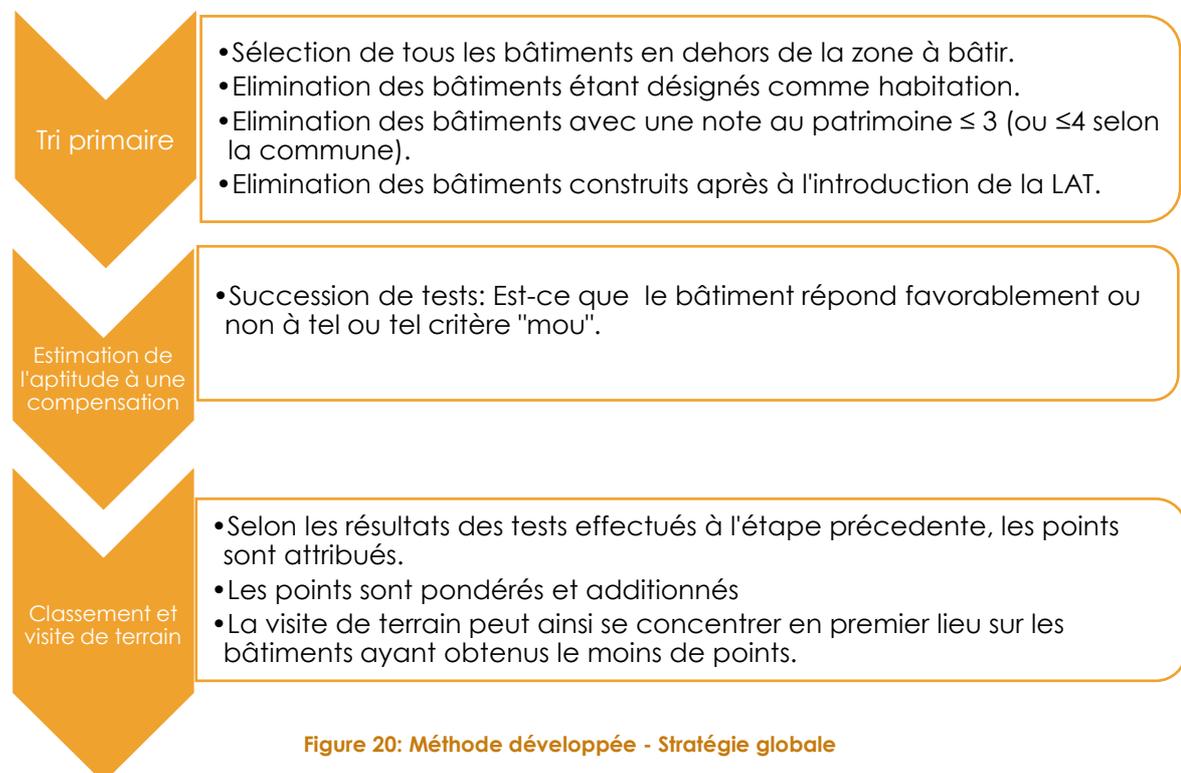


Figure 20: Méthode développée - Stratégie globale

## 9 MÉTHODE DE LOCALISATION DES BÂTIMENTS PROPICES À UNE COMPENSATION – APPLICATION

### 9.1 Description des logiciels

#### FME Workbench 2022.1.2 :

*Feature Manipulation Engine* (FME), il s'agit d'un logiciel développé par SAFE software<sup>13</sup> (Canada). Il permet la manipulation de données géographiques vectorielles et images.



Des scripts ont été créés avec cet outil pour automatiser le traitement des données.

Figure 21: logo FME

#### QGIS 3.26:

Il s'agit d'un logiciel SIG (système d'information géographique) libre et gratuit. Il a été utilisé dans le cadre de ce travail pour visualiser des données géographiques et préparer des rendus.



Figure 22: logo QGIS

### 9.2 Accès et préparation des données

#### RegBL :

Les données concernant le Canton de Vaud ont été téléchargées sur le site de l'office fédéral de la statistique (<https://www.housing-stat.ch/fr/madd/public.html>).

Ces données se présentent sous la forme de fichiers de points au format GeoJSON<sup>14</sup> et de fichiers CSV<sup>15</sup> contenant pour chaque bâtiment, entrée ou logement les attributs du RegBL sous la forme de codes numériques.

Pour exploiter ces données avec FME, une jointure a été réalisée entre le fichier *buildings.geojson* et le fichier *gebaeude\_batiment\_edificio.csv* en utilisant l'attribut EGID<sup>16</sup>. Puis, la couche ainsi créée, a été exportée au format GeoPackage (GPKG)<sup>17</sup>

<sup>13</sup> <https://fme.safe.com/>

<sup>14</sup> Format ouvert d'encodage d'ensemble de données géospatiales simples utilisant la norme JSON (JavaScript Object Notation). (<https://fr.wikipedia.org/wiki/GeoJSON>)

<sup>15</sup> Comma-separated values, est un format texte ouvert représentant des données tabulaires sous forme de valeurs séparées par des virgules. ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Comma-separated\\_values](https://fr.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values))

<sup>16</sup> EGID : identificateur de bâtiments univoque dans toute la Suisse.

<sup>17</sup> GeoPackage (GPKG) est un format de données géospatiales (ou géomatiques ou SIG) raster ou vecteur, ouvert, non-propriétaire, non lié à un système d'exploitation, et défini le plus possible sur la base de standards OGC. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Geopackage>)

Zones à bâtir :

Cette données est directement téléchargeable (actualisation du 1<sup>er</sup> janvier 2022) sur le site internet de la Conférence des services cantonaux de la Géoinformation et du Cadastre (CGC) au format GPKG.

Recensement architectural :

Les bâtiments recensés sont diffusés au format Shapefile<sup>18</sup> par la Direction générale des immeubles et du patrimoine (DGIP).

Données communales ; réseaux d'eau potable et d'eaux usées:

La collecte et la mise à jour de ce type de données sont du ressort des communes. Dans le cadre de ce travail, ces données ont été transmises par les bureaux de géomètres mandatés par les communes concernées.

Valeurs fiscales :

Un contrat de confidentialité a été signée avec la Direction du registre foncier du Canton de Vaud pour obtenir un extrait de leur base de données.

Ces données se présentent sous la forme d'un fichier Excel. Elles contiennent entre autres les informations suivantes pour chaque biens-fonds:

- N° de l'immeuble
- Surface
- Valeur fiscale
- Nom local
- Propriétaire(s)
- Un état descriptif
- ...

---

<sup>18</sup> Le shapefile, ou « fichier de formes » est un format de fichier pour les systèmes d'informations géographiques (SIG). Initialement développé par ESRI pour ses logiciels commerciaux, ce format est désormais devenu un standard de facto. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Shapefile>)

Permis de construire :

Une convention a été conclue avec la CAMAC pour obtenir des données sur tous les permis délivrés en dehors de la zone à bâtir.

Ces données se présentent sous la forme d'un fichier Excel. Elles contiennent entre autres les informations suivantes :

- No CAMAC
- Commune
- Adresse
- Coordonnées (E/N)
- N° parcelle
- N° ECA
- Description de l'ouvrage (question 10 du QG<sup>19</sup>)
- Nature principale des travaux (question 9 du QG)
- Le genre de constructions du QG (bâtiment ou ouvrage de génie civil, aménagement extérieur)
- Date du permis de construire
- Date du permis d'habiter/utiliser

---

<sup>19</sup> Questionnaire général pour la demande de permis de construire

### 9.3 Détails de la méthode

La méthode définie au chapitre précédent se déroule en trois phases; il en va de même pour son application technique. C'est-à-dire quelle se déroule en trois scripts FME distincts. Les différents scripts sont disponibles en annexe.

#### 9.3.1 SCRIPT : « TRI PRIMAIRE » :

Il s'agit de la première phase de sélection.

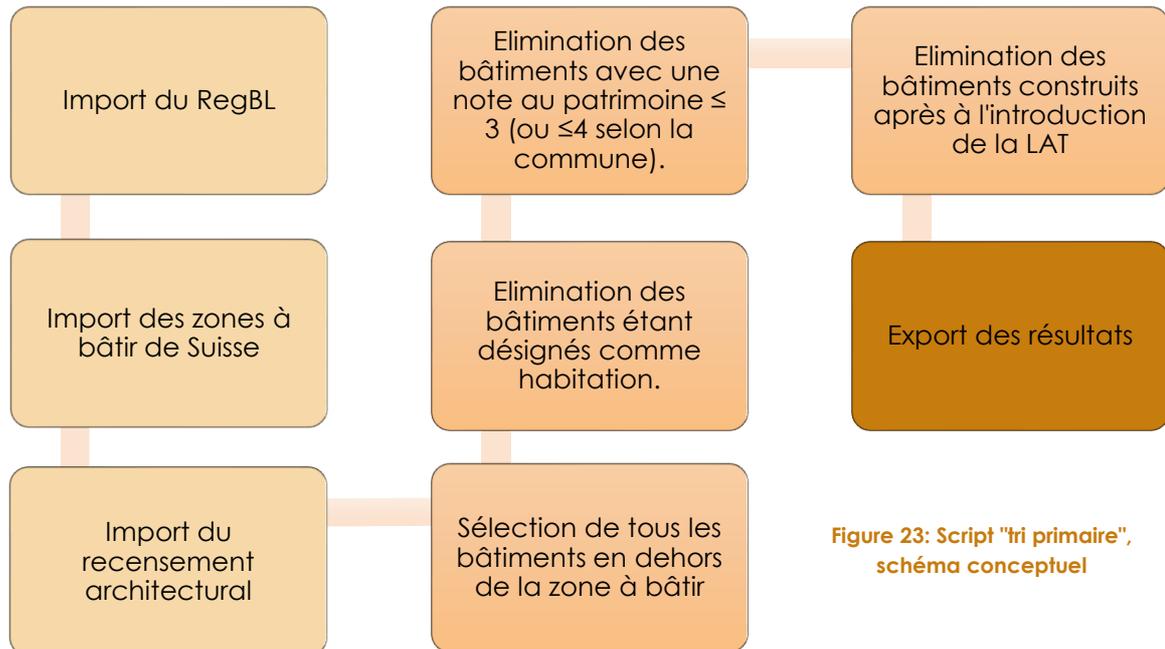


Figure 23: Script "tri primaire", schéma conceptuel

Les données en entrée sont :

- Le RegBL
- Les zones à bâtir de Suisse (harmonisées)
- Le recensement architectural

Les étapes du script se déroulent ainsi :

1. Import des zones à bâtir de Suisse (harmonisées) et du RegBL
2. Conservation uniquement des bâtiments situés en dehors de la zone à bâtir, par une sélection spatiale.
3. Import des données du recensement architectural
4. Elimination des bâtiments avec une note au patrimoine  $\leq 3$  (ou  $\leq 4$  selon le règlement de police des constructions de la commune concernée), par sélection attributaire.
5. Elimination des bâtiments étant désignés comme habitation, par sélection attributaire (si l'attribut du RegBL « GKAT » est égal au code 1020).
6. Elimination des bâtiments construits après l'introduction de la LAT, par sélection attributaire (le bâtiment passe le test si l'attribut du RegBL « GBAUJ » est non renseigné ou <1980).

Résultats :

Les bâtiments ayant passés ces différents tests sont exportés dans un fichier GPKG qui sera utilisé pour le prochain script.

A titre illustratif, voici comment se présente ce script créé grâce au logiciel FME :

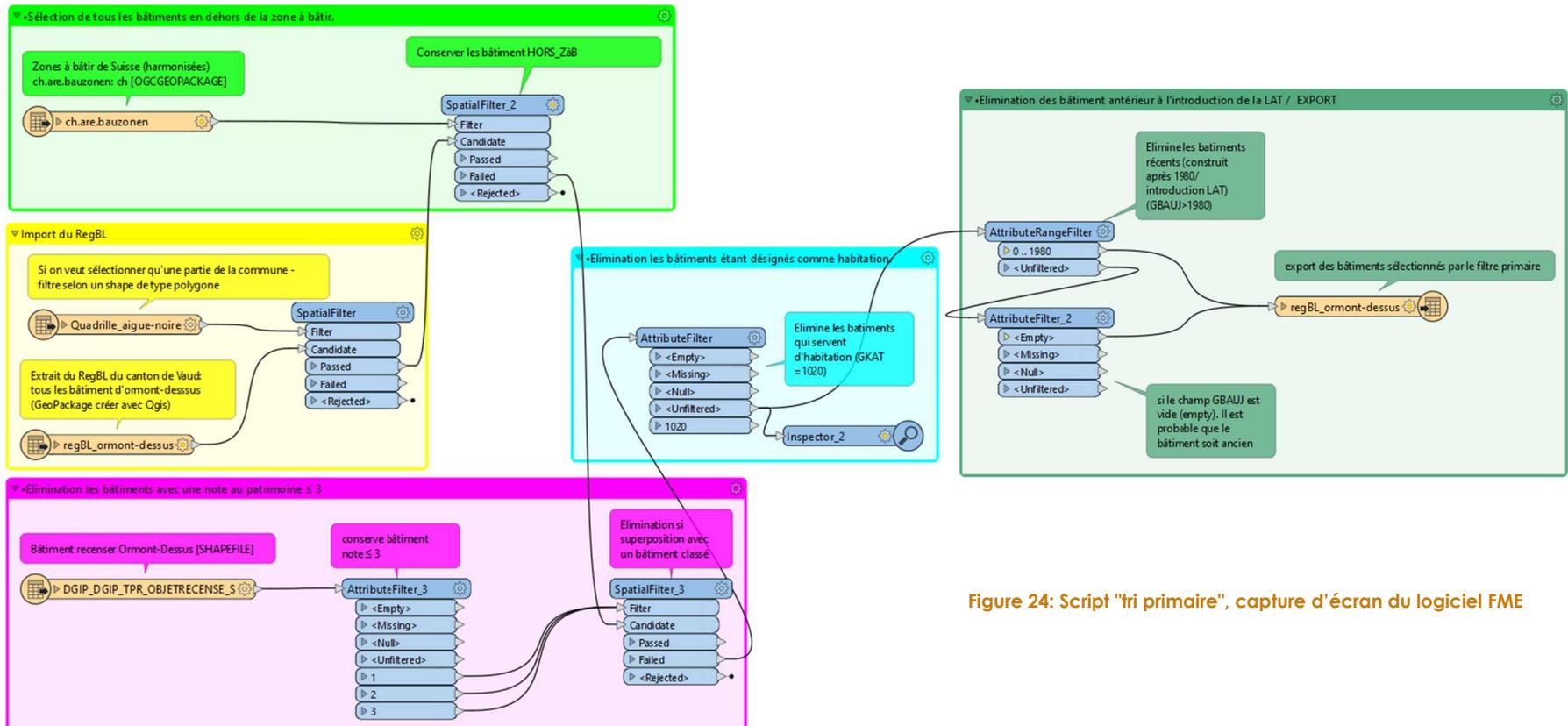


Figure 24: Script "tri primaire", capture d'écran du logiciel FME

### 9.3.2 SCRIPTS : « ESTIMATION DE L'APTITUDE À UNE COMPENSATION » ET « CALCUL DES POINTS »

Deux scripts FME s'enchaînent ; le premier effectue une série de tests pour vérifier si un bâtiment précédemment sélectionné par le tri primaire répond favorablement à un critère ou indicateur dit "mou". Exemple : *Est-ce qu'il y a une conduite d'eau potable à moins de 5m du bâtiment ?* → *Oui/Non*.

Ensuite, le second script effectue une somme pondérée en fonction des résultats du premier script afin de calculer une note pour chaque bâtiment.

Les deux prochaines pages détaillent ces deux processus.

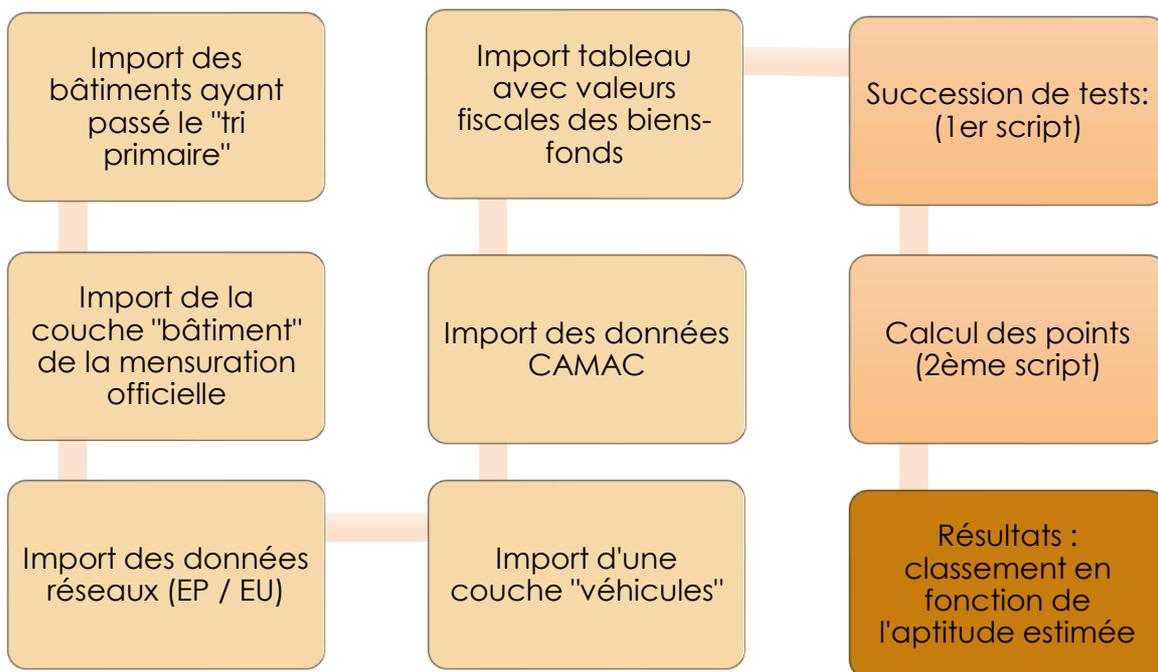


Figure 25: Script " Estimation de l'aptitude à une compensation " et « Calcul des points », schéma conceptuel

Les données en entrée (import) sont :

- Les bâtiments ayant passé les différents tests du script précédent: « TRI PRIMAIRE »
- La couche couverture du sol « bâtiments » de la mensuration officielle
- Les réseaux d'eaux usées et d'eau potable
- Une couche contenant tous les véhicules détectés
- Données CAMAC (permis de construire)
- Un tableau EXCEL contenant le N ° de parcelle et sa valeur fiscale

Les étapes du premier script se déroulent ainsi :

- 1 Import des données
- 2 Succession de tests :

Est-ce que le bâtiment est situé à moins de 5m d'une conduite d'eaux usées ?

Est-ce que le bâtiment est situé à moins de 5m d'une conduite d'eau potable ?

Est-ce qu'il y a un ou des véhicules<sup>20</sup> dans un rayon de 5m autour du bâtiment ?

Est-ce qu'un permis de construire a été délivré ?

Calcul de la surface du bâtiment.

Résultats :

Les résultats du script se présentent sous la forme d'une simple table qui récapitule pour chaque bâtiment (attribut « numero\_ECA ») les résultats des différents tests. Ces éléments seront repris par le prochain script pour le calcul des points et l'attribution de la note.

numero_ECA	EU_a_proximite	EP_a_proximite	Vehicule_a_proximite	permis_construire_à_proximite	surface_batiment
1682	non	oui	non	non	391.5838340014733
1565	non	non	oui	oui	197.3283074988635
1409	non	oui	non	non	30.33115000028154
1545	non	non	non	oui	165.29291100045023
2236a	non	oui	oui	oui	287.5479748467072

**Figure 26: résultats du script : « ESTIMATION DE L'APTITUDE À UNE COMPENSATION »**

<sup>20</sup> Explication sur la détection de véhicules au chapitre suivant « Critères complémentaires ».

Les étapes du deuxième script « Calcul des points » :

1) Création des attributs « points\_XXX »

Puis, ces attributs sont remplis par des tests conditionnels.  
Un point est attribué si :

- Dans le RegBL, l'attribut qui correspond au type de chauffage est non-nul ;
- Dans le RegBL, l'attribut qui correspond au type de à la production d'eau chaude est non-nul ;
- L'attribut EU\_a\_proximité = oui ;
- L'attribut EU\_a\_proximité = oui ;
- La surface du bâtiment est supérieure à 80 m<sup>2</sup> ;
- L'attribut Vehicule\_a\_proximite = oui ;
- La valeur fiscale > 100'000CHF ;
- L'attribut permis\_construire\_à\_proximite = oui.

Point_chauffage
Point_eau_chaude
Point_EU
Point_EP
Point_surface-modeste
Point_Vehicule_a_proximite
Point_valeur_EF
Point_permis_de_construire

Figure 27: Attributs créés pour compter les points

2) Création des attributs « poids\_XXX » : pour chacun des attributs remplis à l'étape 1, il est possible de lui attribuer un poids (en bleu sur la figure suivante). Par exemple dans la figure ci-dessous, un poids de 2 a été attribué au critère « permis de construire ». Au fil des expérimentations, il s'est avéré que ce critère était un indicateur particulièrement fiable et pertinent.

3) Calcul de la note en fonction des points obtenus et des poids attribués :

La note est simplement calculée ainsi :

$$(point\ du\ critère\ X * poids\ du\ critère\ X) + (point\ du\ critère\ Y * poids\ du\ critère\ Y) + (point\ du\ critère\ i * poids\ du\ critère\ i) = Note$$

Résultats :

Le résultat du script se présente sous la forme d'une simple table qui pourra ensuite être exportée. La visite de terrain pouvant se concentrer sur les bâtiments ayant **obtenus le moins de points** (attribut « **Note\_OBTENUE** »).

numero_ECA	Note_OBTENUE	Note_MAXIMALE	Poid_chauffage	Poid_EP	Poid_eau_chaude	Poid_EU	Poid_permis_de_construire	Poid_surface-modeste	Poid_valeur_EF
1682	5.5	10	1	1	1	1	2	2	0.5
1565	8	10	1	1	1	1	2	2	0.5
1409	1	10	1	1	1	1	2	2	0.5
1545	6.5	10	1	1	1	1	2	2	0.5
2236a	7.5	10	1	1	1	1	2	2	0.5
2620	3.5	10	1	1	1	1	2	2	0.5

Figure 28: résultats du script : « Calcul des points»

Remarque :

l'annexe n° 4 « 4-Processus\_schema.pdf » permet de visualiser de manière schématique l'ensemble des processus décrits dans ce chapitre.

## 10 CRITÈRES COMPLÉMENTAIRES

### 10.1 Objectif

Afin d'étoffer la liste de critères dits « mou », d'autres pistes ont été explorées en utilisant des orthophotos produites par Swisstopo<sup>21</sup>.

L'objectif recherché par ces méthodes indirectes est d'obtenir des indications complémentaires sur l'usage ou l'état des bâtiments.

La première méthode testée se base sur l'analyse des variations de contraste, afin de détecter automatiquement des changements ou des travaux de rénovations sur les toitures au fil du temps. La deuxième méthode permet de détecter de manière automatique la présence de véhicules.

### 10.2 Variation du contraste

#### 10.2.1 CONCEPT

Swisstopo produit des images aériennes numériques en couleurs sur l'ensemble de la Suisse selon un cycle de 3 ans.

L'idée de cette méthode est de détecter de manière automatique des changements ou des travaux de rénovations sur les toitures au fil du temps.

**L'hypothèse** derrière cette méthode est la suivante : si une rénovation ou modification a eu lieu récemment, cela indique *a priori* que le bâtiment est toujours entretenu ou utilisé.

Une modification apportée à un toit peut être décelée en comparant la valeur du contraste entre deux images.

Valeur du contraste selon l'année				
2007	2010	2013	2017	2020
				
1.035	1.016	1.007	1.036	1.031

**Tableau 9: exemple de calcul du contraste**

Dans l'exemple ci-dessus, on peut observer un saut dans la valeur du contraste durant les travaux.

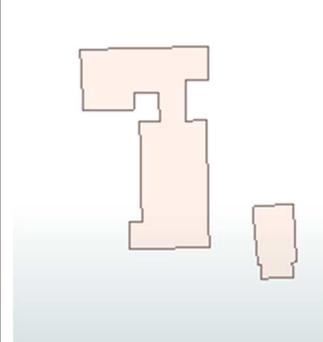
<sup>21</sup> Office fédéral de topographie

### 10.2.2 APPLICATION

Le calcul de la valeur contraste est exécuté par un script FME. Un script basé sur les travaux de Peter J. Bex and Walter Makous <sup>22</sup> a été adapté au contexte de l'étude.

Etapas du calcul :

- Découpe de l'orthophoto selon l'emprise cadastrale du bâtiment.
- Pour tous les pixels conservés (à l'intérieur de l'emprise cadastrale), les valeurs RGB (rouge, vert & bleu) sont extraites.

Orthophoto	Emprise cadastrale	extraction des valeurs RGB
		

**Tableau 10: calcul du contraste, extraction des valeurs RGB**

- Conversion de la valeur de tous les pixels en échelle de gris avec la formule :

$$0.2989 * (\text{valeur rouge}) + 0.5870 * (\text{valeur verte}) + 0.1140 * (\text{valeur bleu}) = \text{Valeur en échelle de gris}$$

- Calcul du **RMS** (*Root Mean Square, ou en français : la racine carrée de la moyenne des carrés*) des valeurs en échelle de gris.
- Calcul de la **moyenne** des valeurs en échelle de gris
- Calcul de la valeur du **contraste**  $\text{contraste} = \frac{RMS}{moyenne}$

Puis ce procédé est répété avec des orthophotos de différentes années.

<sup>22</sup> Spatial frequency, phase, and the contrast of natural images. <https://psycnet.apa.org/record/2002-15201-005>

### 10.2.3 RÉSULTATS OBTENUS

Les résultats des calculs sont écrits dans un tableau Excel. Il devient possible d'analyser les variations de contraste au fil des années.

Exemples (bâtiments situés sur la commune d'Ormont-Dessus):

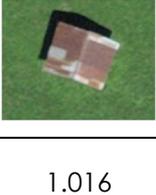
N° ECA	remarque	Valeur du contraste selon l'année				
		2007	2010	2013	2017	2020
1198	Étable, sans transformation, le toit rouille un peu avec le temps					
		1.007	1.000	1.001	1.002	1.006
1962	Bât. d'habitation, le toit en taveillons a été rénové + pose de panneaux solaires vers 2010					
		1.035	1.016	1.007	1.036	1.031
1452	Petite grange avec toit rouillé. Une tôle a été changée sur le pan ouest entre 2013 et 2017					
		1.030	1.032	1.041	1.014	1.016

Tableau 11: calcul du contraste, exemples avec orthophotos

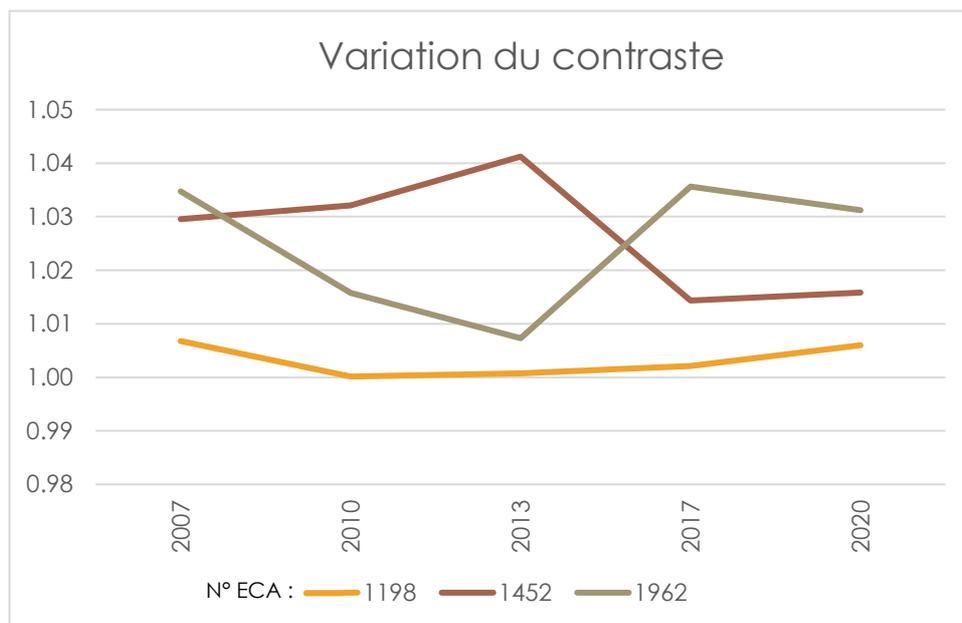


Tableau 12: variation du contraste, exemples avec graphes

### 10.2.4 BILAN

Les trois exemples du tableau précédent montrent que la méthode est efficace pour déceler des changements sur les toitures. Des sauts dans les valeurs de contraste sont bien visibles sur les graphes.

Malheureusement, un certain nombre de faux positifs peuvent apparaître à cause des ombres portées (souvent par des arbres).

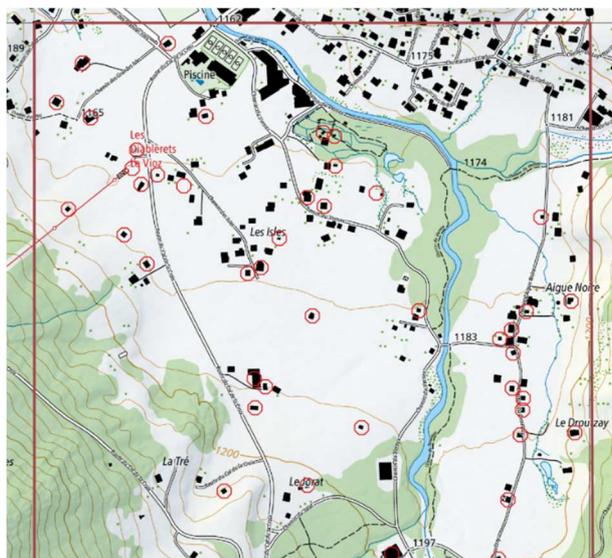
L'exemple ci-dessous montre l'effet de l'ombre d'un arbre sur une toiture. Cela influence sensiblement le calcul de la valeur du contraste.

N° ECA	2007	2010	2013
1625			
<b>Contraste</b>	1.053	1.028	1.001

**Tableau 13: influence de l'ombre d'un arbre sur le calcul du contraste**

Les effets dus aux ombres portées rend l'interprétation des résultats difficile. L'importance de ces ombres peut fortement varier en fonction de l'heure ou de la saison de la prise de vue.

Afin, d'évaluer la fiabilité de la méthode, un test a été effectué sur un échantillon de 44 bâtiments (ayant préalablement passé le *tri primaire*).



**Figure 29: échantillon de bâtiments pour calcul du contraste.**

Les valeurs de contraste ont été calculées pour chacune des toitures sélectionnées avec les orthophotos de 2007, 2010, 2013, 2017 et 2020. Les résultats des calculs ont été compilés dans l'annexe n°10.1 « 10\_1-contraste\_resultat\_aigue-noire-analyse.xlsx ».

La figure ci-dessous, illustre la distribution des résultats :

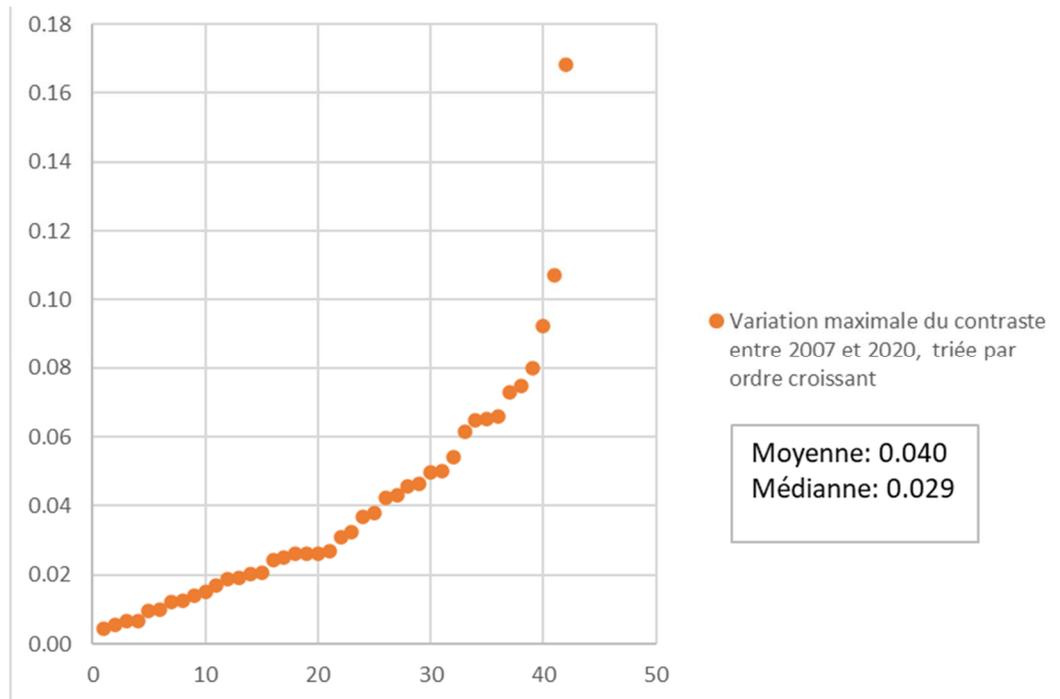


Figure 30: Variation maximale du contraste entre 2007 et 2020, triée par ordre croissant

Ensuite, pour les bâtiments dont la variation de contraste se situe au-dessus de la moyenne (soit 18 éléments dont la variation du contraste est supérieur à 0.040), une analyse visuelle des orthophotos a été effectuée pour en comprendre la cause.

Il en résulte que :

- Dans 6 cas, des modifications ou rénovations ont bel et bien été réalisés.
- Dans 1 cas, le bâtiment a été partiellement démoli.
- Dans 1 cas, un arbre en porte-à-faux sur le bâtiment a été abattu.
- Dans 4 cas, des effets dus aux ombres portées sont visibles.
- Dans 6 cas, il est difficile d'identifier avec certitude la cause de la variation du contraste.

En résumé, on constate que la méthode est capable de détecter des changements sur les toitures.

Cependant, dans le cas présent, soit un secteur passablement boisé et comprenant des bâtiments généralement de faible hauteur, la méthode n'est pas capable de **confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ** avec certitude (efficacité d'environ seulement **40%**). *In fine* dans le cadre de ce travail de recherche, les données issues de la CAMAC ont été privilégiées. Car elles ont l'avantage de concerner tous les types de travaux, notamment des travaux intérieurs ou en façades qui ne seraient pas détectables avec des orthophotos.

---

### 10.3 Détection automatique de véhicules

---

#### 10.3.1 CONCEPT

Cette méthode permet de détecter de manière automatique la présence de véhicules sur des orthophotos.

**L'hypothèse** derrière cette méthode est la suivante : si un ou des véhicules sont détectés à proximité d'un bâtiment cela indique *a priori* qu'il est toujours utilisé ou habité. Bien-entendu, sans pouvoir distinguer s'il s'agit d'une activité agricole ou autre.

---

#### 10.3.2 APPLICATION

Pour effectuer la détection automatique de véhicules le plugin QGIS *Deepness*<sup>23</sup> (Deep neural remote sensing ) a été utilisé.

L'avantage de ce plugin est qu'il permet de traiter, avec un interface simple d'utilisation, des données en utilisant la technologie des réseaux de neurones profonds.

Pour fonctionner, ce plugin a besoin d'un modèle déjà entraîné. Dans le cas présent, il s'agit du modèle *YOLOv7 cars detection*.<sup>24</sup>

Ce modèle a été entraîné avec un jeu de données ayant une **résolution de 10cm/pixel**. Les calculs de détection sont effectués en local, par la machine de l'utilisateur. Le temps de calcul nécessaire pour traiter l'ensemble de la commune de Puidoux fut de 1.5h et d' environ 4h pour la commune d'Ormont-Dessus (avec un PC portable équipé d'un processeur *Intel Core i7*). En moyenne, il faut donc compter **4 minutes** de calcul **par kilomètre carré**. Si on souhaiterait traiter l'ensemble du Canton de Vaud le calcul durerait environ 9 jours.

---

#### 10.3.3 RÉSULTATS OBTENUS

Des calculs ont été effectués avec des orthophotos *swissimage* récentes (depuis 2017 la résolution est de 10cm/pixels).

La figure ci-contre, illustre les résultats du calcul. Tous les véhicules ont été détectés. Une pile de balles de foin a été également prise pour un véhicule. Cette erreur d'interprétation n'est pas gênante dans le cadre du présent travail de recherche.



**Figure 31: détection automatique de véhicules, exemple de résultats**

---

<sup>23</sup> <https://qgis-plugin-deepness.readthedocs.io/en/latest/index.html>

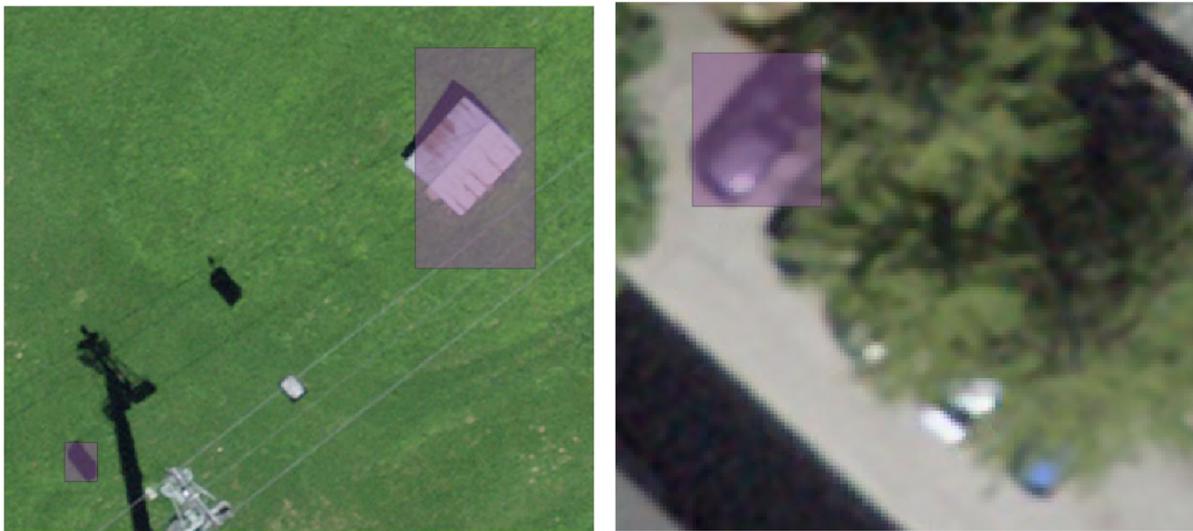
<sup>24</sup> ITCVD (ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente & Institute of Information Processing, Leibniz University Hannover). <https://arxiv.org/pdf/1801.07339.pdf>

#### 10.3.4 BILAN

Comme le montre la figure précédente, les résultats sont **très généralement corrects** avec les orthophotos à 10cm.

Parfois, quelques erreurs peuvent survenir, comme le montre l'exemple ci-dessous, une toiture de couleur grise métallique ou une télécabine peuvent être interprétées comme étant un véhicule ou au contraire si des véhicules sont partiellement masqués par des arbres, ils ne seront pas détectés.

Pour réduire le nombre d'erreurs, il est possible de varier dans l'interface d'utilisation du plugin *Deepness* le seuil de confiance minimal pour que la détection soit considérée.



**Figure 32: Détection automatique de véhicules, quelques erreurs. Résolution de 10cm, seuil de confiance à 0.3**

Des tests ont également été effectués avec des orthophotos plus anciennes (entre 2005 et 2016 la résolution était de 25cm/pixel). Même en abaissant le seuil de confiance, une grande partie des véhicules ne sont pas détectés.



**Figure 33: Détection de véhicules. Résolution à 25cm, seuil de confiance à 0.2**

### 10.3.5 MISE EN GARDE:

Cette technologie est performante pour détecter des objets (dans le cas présent, des véhicules) dans des images. Les applications sont nombreuses ; classification de la couverture du sol, détection de bâtiments, etc.

Cependant, quand on utilise ce genre de technologie, il faut garder à l'esprit deux aspects fondamentaux :

- 1) (Baretosz Brozek, 2023) On ne connaît pas forcément comment a été fait l'entraînement ou l'apprentissage du modèle.  
 Dans le cas présent, on sait que le jeu de données qui a été utilisé contient des images avec une résolution de 10cm/pixel (Michael Ying Yanga, 2018).  
 Ainsi, pour que les résultats soient fiables, on est obligé d'utiliser des données en entrée similaires. Par chance, les SWISSIMAGE les plus récentes ont exactement la même résolution.
- 2) (Louapre, 2016) En phase de prédiction, les caractéristiques que l'algorithme de Deep Learning utilise pour reconnaître tel ou tel élément ne sont pas connues.

En résumé, on peut comparer ce type d'algorithme à une fonction mathématique. La particularité étant qu'elle est composée d'énormément de paramètres (chaque neurone est en soit une fonction mathématique simple comprenant plusieurs paramètres). La valeur des paramètres est définie pendant la phase d'apprentissage.

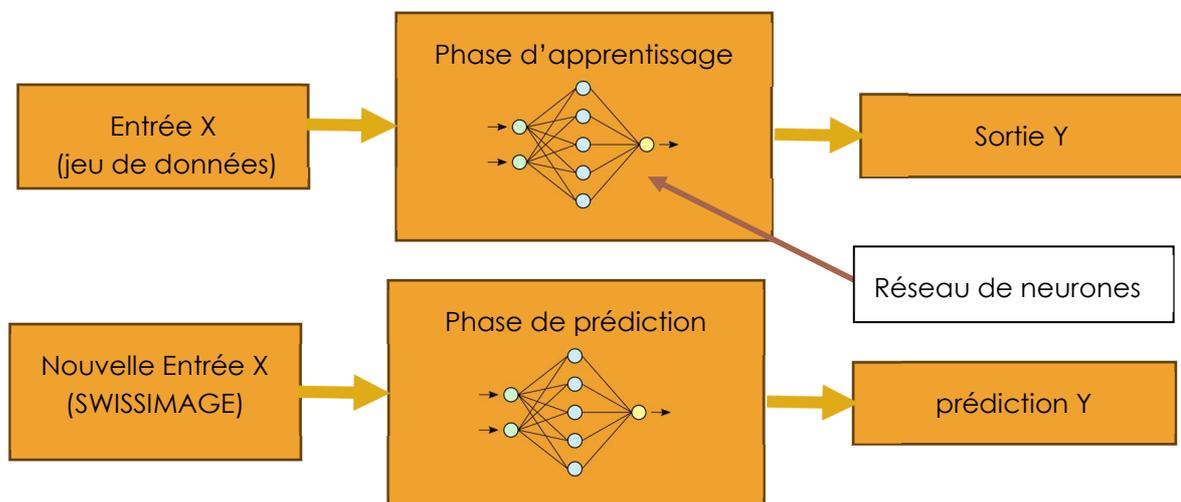


Figure 34: principe de la détection automatique d'images

## 11 ANALYSES

Le présent chapitre a pour but de **comparer** les résultats obtenus avec les scripts FME (notes) et les observations faites sur le terrain. L'objectif est d'évaluer l'efficacité des scripts (taux de réussite ou adéquation) et d'identifier leurs points faibles.

### 11.1 Evaluation du taux de succès

#### 11.1.1 ORMONT-DESSUS

Résultats : Sur la carte ci-dessous, sont affichés les N° ECA des 16 bâtiments qui ont été identifiés lors de la visite sur le terrain comme propices à une compensation.

Les points en dégradé de bordeaux à blanc correspondent aux bâtiments avec leur note pondérée calculée par le script. Ces dernières peuvent varier de 0 à 10<sup>25</sup>.

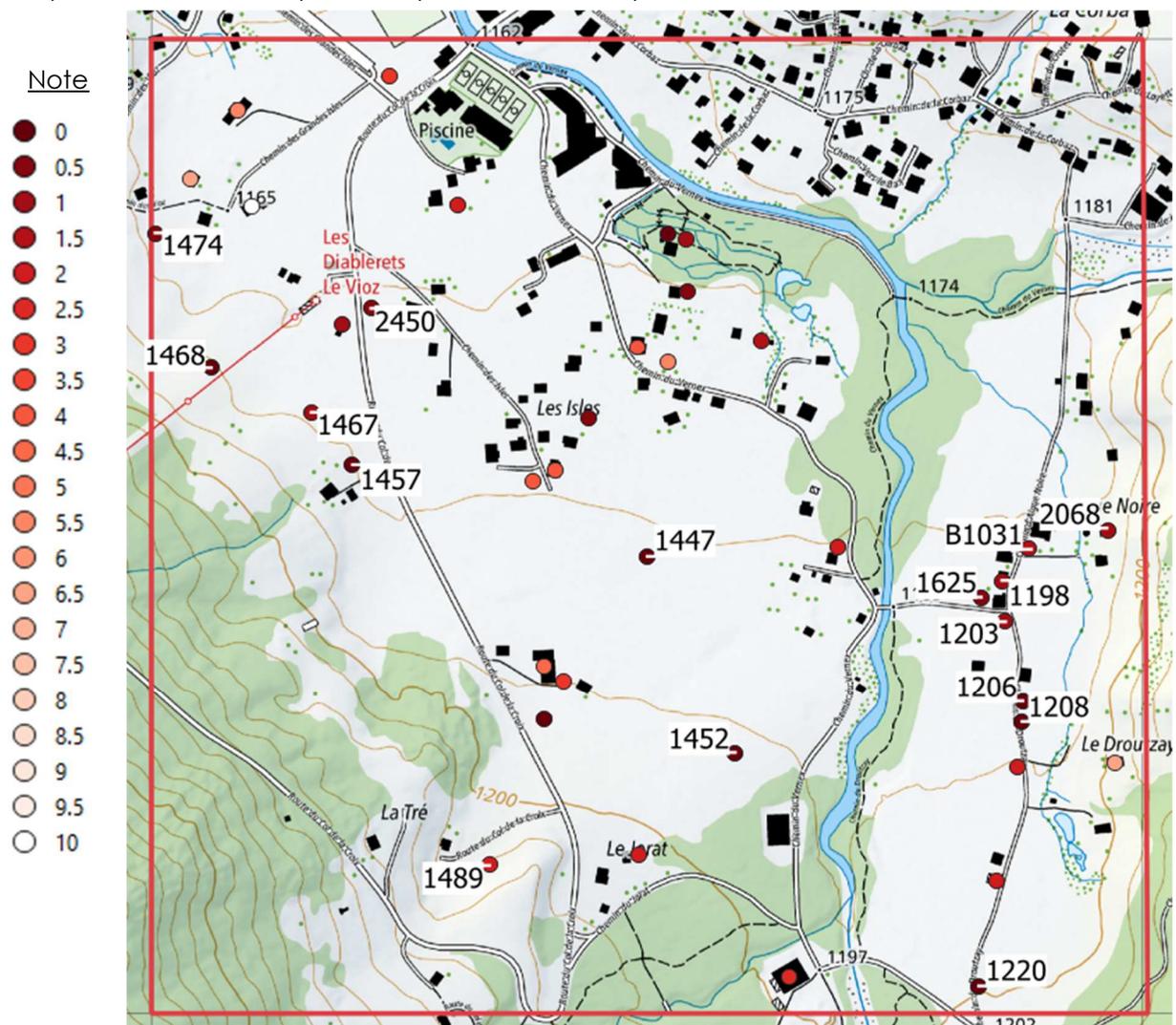
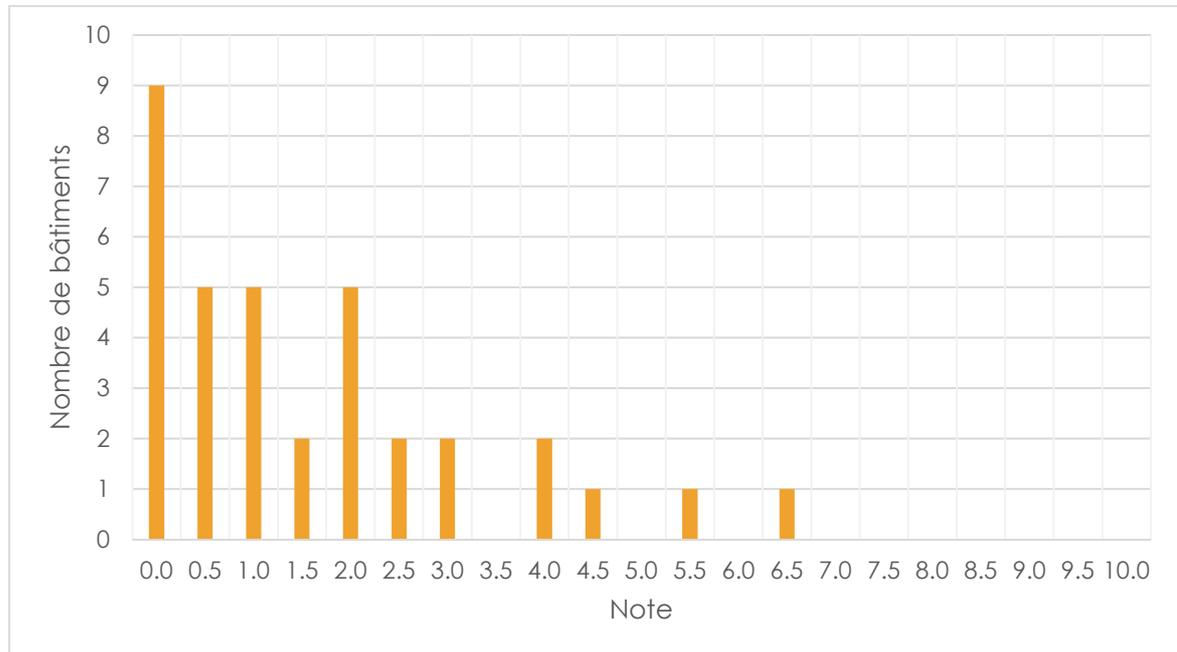


Figure 35: Ormont-Dessus, résultats des scripts et bâtiments identifiés sur le terrain comme propices à une compensation

<sup>25</sup> Pour rappel : 0 = propice à une compensation // 10 = Non propice à une compensation

Distribution des notes :



**Tableau 14: Distribution des notes issues du script (Ormont-Dessus)**

Le tableau ci-dessus illustre la distribution des notes calculées par le script sur le secteur figurant sur la carte précédente. On constate que 80% (soit 28/35 bâtiments) de l'échantillon ont une note faible ( $\leq 2.5$ ) et même que 60% (soit 21/35 bâtiments) ont une note très faible ( $\leq 1.5$ ).

Pondération utilisée:

Dans le cas présent, la pondération qui a été appliquée à chaque critère est la suivante :

Véhicule à proximité	1.5
Valeur fiscale supérieure à CHF100'000	0.5
Surface supérieure à 80m <sup>2</sup>	2
Raccordement eaux usées	1
Raccordement eau potable	1
Permis de construire	2
Présence d'un système de chauffage	1
Présence d'un système de production d'eau chaude	1

**Tableau 15: Pondération utilisée (Ormont-Dessus)**

**Pour aboutir à cette pondération**, la démarche fut la suivante : les 8 critères ont par défaut un poids égal à 1. Puis, certains ont été **légèrement** augmenté ou réduit de manière à ce que la somme des poids soit égale à 10. Par conséquent, les bâtiments peuvent obtenir une note allant de 0 à 10. Grâce aux observations faites sur le terrain et par une série d'itérations la pondération proposée ci-dessus semble **efficace pour obtenir par les scripts des résultats en adéquation avec la visite de terrain** (voir les deux prochaines pages).

Matrice de confusion

Pour mesurer et visualiser facilement la qualité de la classification, il est intéressant d'utiliser une matrice de confusion (Koch, 2018).

Les lignes correspondent à la « réalité » (selon la visite de terrain). Les colonnes correspondent à la « prédiction » (note calculée par les scripts).

Dans un cas idéal, c'est-à-dire où les scripts produiraient des résultats en parfaite adéquation avec la réalité, nous obtiendrions une matrice diagonale. C'est-à-dire une matrice dont les coefficients en dehors de **la diagonale principale**<sup>26</sup> sont nuls.

Ce genre de matrice permet également d'illustrer le nombre de faux négatifs et de faux positifs.



Mazot inutilisé



Grange-étable inutilisée

Matrice de confusion		Note selon script			Σ
		propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)	
selon visite de terrain	propice (3)	16 <b>(vrais positifs)</b>	0	0 <b>(faux négatifs)</b>	<b>16</b>
	peut-être (2)	3	1	1	5
	pas propice (1)	<b>(faux positifs)</b> 9	5	0	<b>14</b>
Σ		<b>28</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	



Tableau 16: Matrice de confusion (Ormont-Dessus)



<sup>26</sup> D'en haut à gauche vers en bas à droite

Dans le cas présent, on remarque une parfaite adéquation sur les vrais positifs et l'absence de faux négatifs. **Cela signifie qu'aucun bâtiment propice à une compensation n'échappe au processus.**

Il y a 9 faux positifs; ces bâtiments sont identifiés à tort par le script comme étant propices à une compensation.

En soit, il n'est pas très gênant d'avoir des faux positifs. Dans le cas où un opérateur se baserait sur les résultats des scripts pour planifier une tournée de terrain, ceux-ci rallongeraient simplement la durée de la visite.

Matrice de confusion		Note selon script			Σ
		propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)	
selon visite de terrain	propice (3)	16	0	0	16
	peut-être (2)	3	1	1	5
	pas propice (1)	9	5	0	14
Σ		28	6	1	

Analyse de la matrice	
49%	Adéquation
26%	Incertitude
0%	Faux négatifs
26%	Faux positifs

**Tableau 17: Matrice de confusion (Ormont-Dessus), analyse de l'efficacité**

*In fine :*

Dans 49% des cas les résultats des scripts correspondent parfaitement aux observations de terrain. Dans un quart des cas règne l'incertitude, que ce soit sur le terrain ou par les résultats des scripts. Et dans un quart il s'agit de faux positifs.

Pour rappel, le secteur étudié comprend 121 bâtiments hors de la zone à bâtir. Si un opérateur effectuait une visite de terrain en n'allant voir que les bâtiments ayant obtenu par les scripts une note comprise entre 0 et 2.5. **Il devrait aller voir seulement 28 bâtiments**, pour localiser tous les bâtiments (16) considérés comme propices à une compensation. Le gain de temps est réellement intéressant.

Remarque :

Au chapitre 6.3.2 « Préparation de la visite », il est dit que 54 bâtiments ont été retenus pour la visite. Cependant, la matrice de confusion, ci-dessus, ne contient que 35 entités. Cela vient du fait que lors de la préparation de la visite

- Les bâtiments construits après 1980 n'avaient pas été écartés.
- Les désignations du type de bâtiment de la mensuration officielle avaient été utilisées pour écarter les bâtiments d'habitation. Or, la mensuration dans ce secteur est ancienne (une nouvelle mensuration numérique est en cours de réalisation). Certains bâtiments qui ne servent actuellement qu'à l'habitation étaient encore désignés par la mensuration officielle comme « *habitation et rural* » ou simplement comme « *bâtiment* ».

Analyse détaillée :

Sur la carte ci-dessous, sont affichés les N° ECA des bâtiments qui ont été identifiés lors de la visite sur le terrain comme propices à une compensation.

Les points en bordeaux correspondent aux bâtiments avec une note comprise **entre 0 et 1.5** sur 10, c'est-à-dire 21/35 bâtiments.

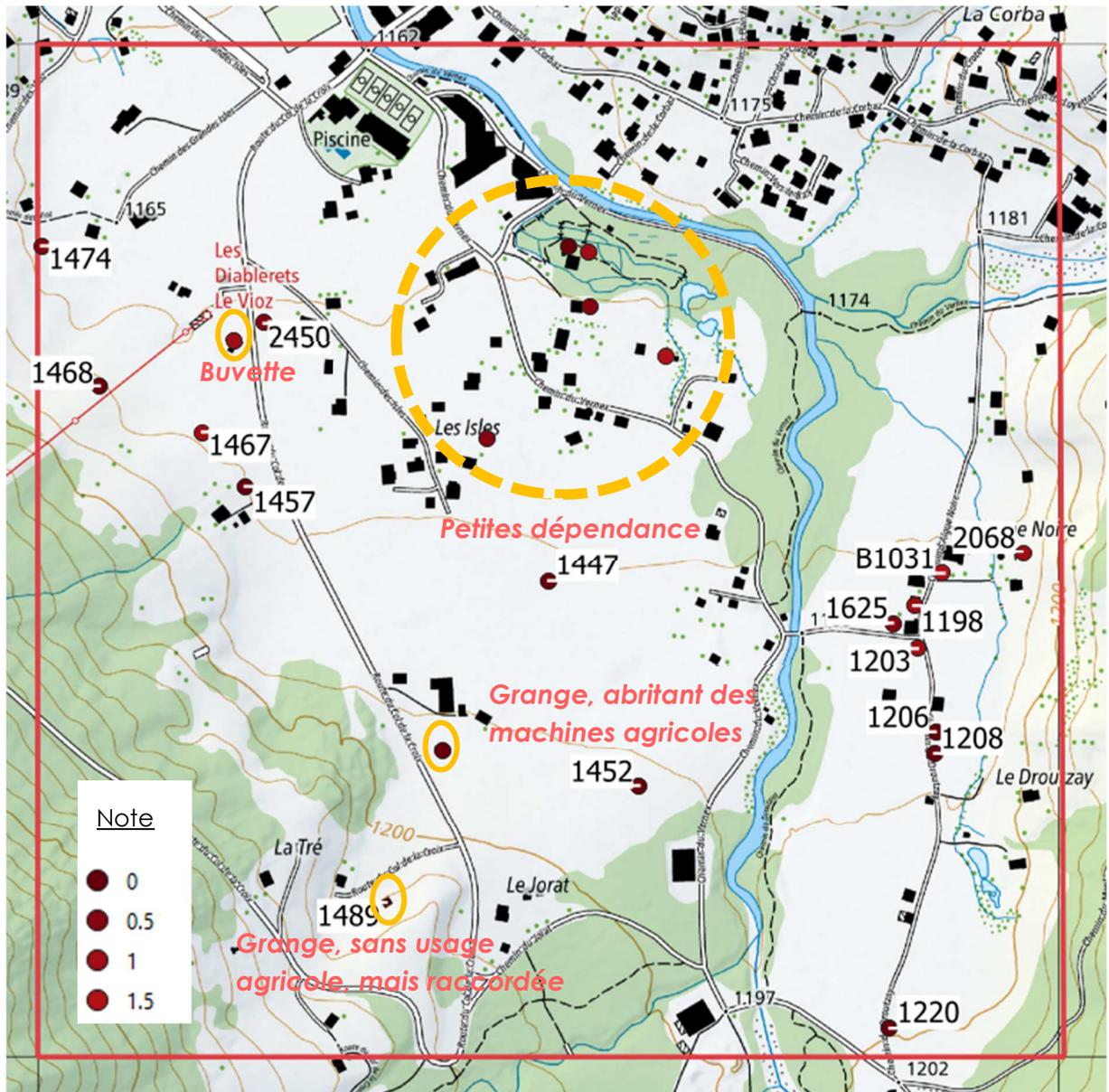


Figure 36: Ormont-Dessus, résultats des scripts (notes de 0 à 1.5)

Si l'on affiche sur la carte les bâtiments avec une note comprise entre 0 et 1.5 on retrouve tous les bâtiments identifiés sur le terrain comme propices pour une compensation (16 bâtiments). A l'exception de la grange n°ECA 1489 qui obtient une note de 2/10, car elle a été raccordée aux réseaux d'eau potable et d'eaux usées.



**Figure 37: Grange ECA 1489, raccordement EP et EU (source ormont-dessus.geocommunes.ch)**

Quelques faux positifs :

- Une grange « Buvette » obtient une note de 1. Il s'agit d'une grange qui n'a plus d'usage agricole mais qui sert de buvette en hiver. C'est pour cela que suite à la visite elle n'a pas été retenue.
- La grange ci-dessous a obtenu une note de 1/10, cependant elle est toujours utilisée pour abriter des remorques agricoles et du bois de feu.



**Figure 38: grange ECA 1454**

- Au lieu-dit « Les Isles », les scripts mettent en évidence 5 petites dépendances. Il s'agit de petits mazots ou cabanons privés.

### 11.1.2 PUIDOUX

#### Pondération utilisée :

Dans le cas présent, la pondération qui a été appliquée à chaque critère est la suivante :

Véhicule à proximité	<b>2.5</b>
Valeur fiscale supérieure à CHF100'000	0.5
Surface supérieure à 80m <sup>2</sup>	<b>1</b>
Raccordement eaux usées	1
Raccordement eau potable	1
Permis de construire	2
Présence d'un système de chauffage	1
Présence d'un système de production d'eau chaude	1

**Tableau 18: Pondération utilisée (Puidoux)**

Lors du calcul du 05.10.2023 sur Puidoux, la pondération a été adaptée par rapport aux calculs précédents relatifs à Ormont-Dessus.

Selon les observations sur le terrain, les surfaces occupées par les bâtiments à Puidoux (dimensions moyennes des bâtiments), semblent être en général bien supérieures à celles des bâtiments d'Ormont-Dessus.

C'est pour cela que le poids du critère lié à la surface a été réduit de 2 à 1.

En contrepartie, le critère lié à la présence d'un véhicule à proximité a été augmenté de 1.5 à 2.5.

ZONE DE VIGNES

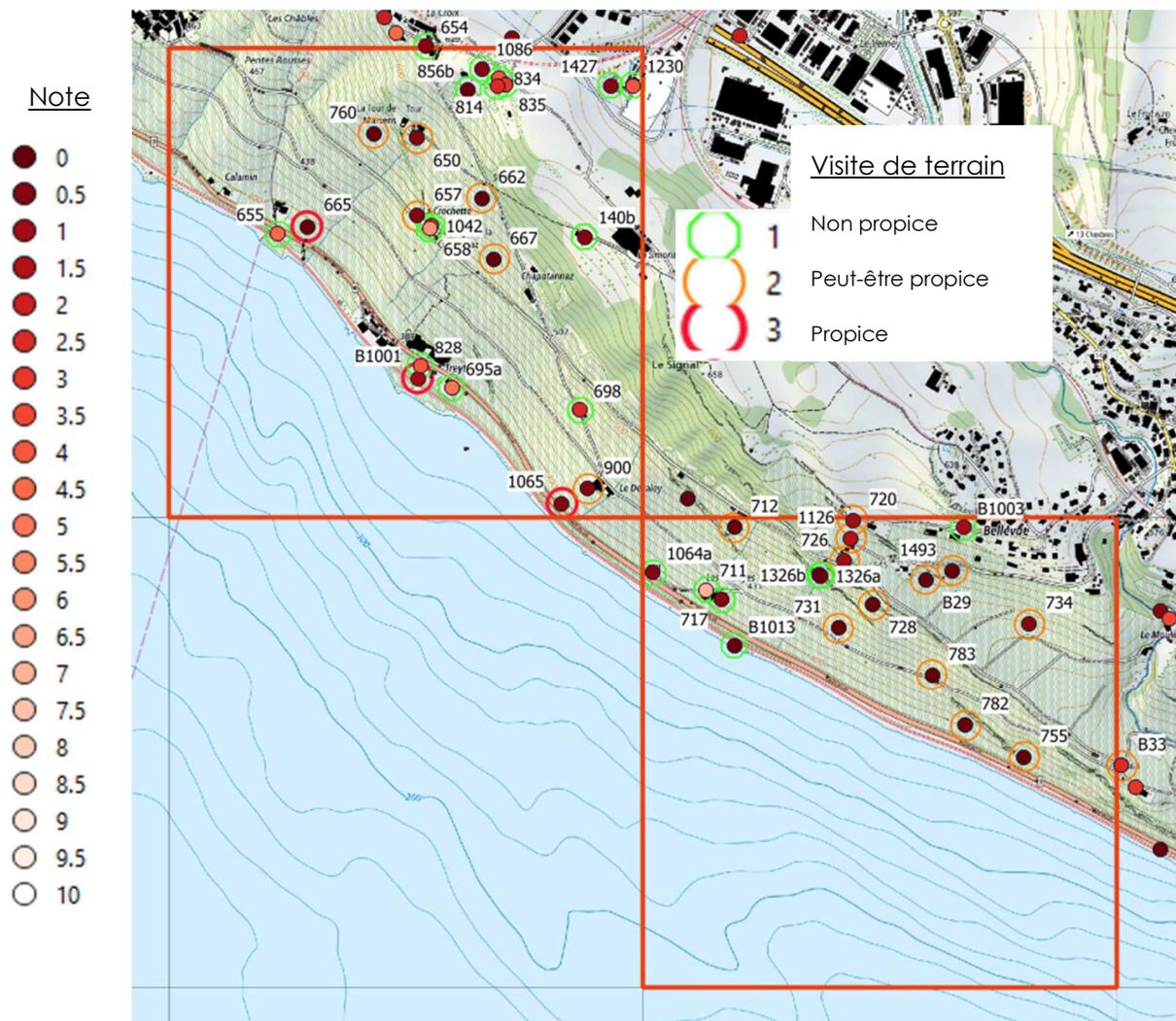
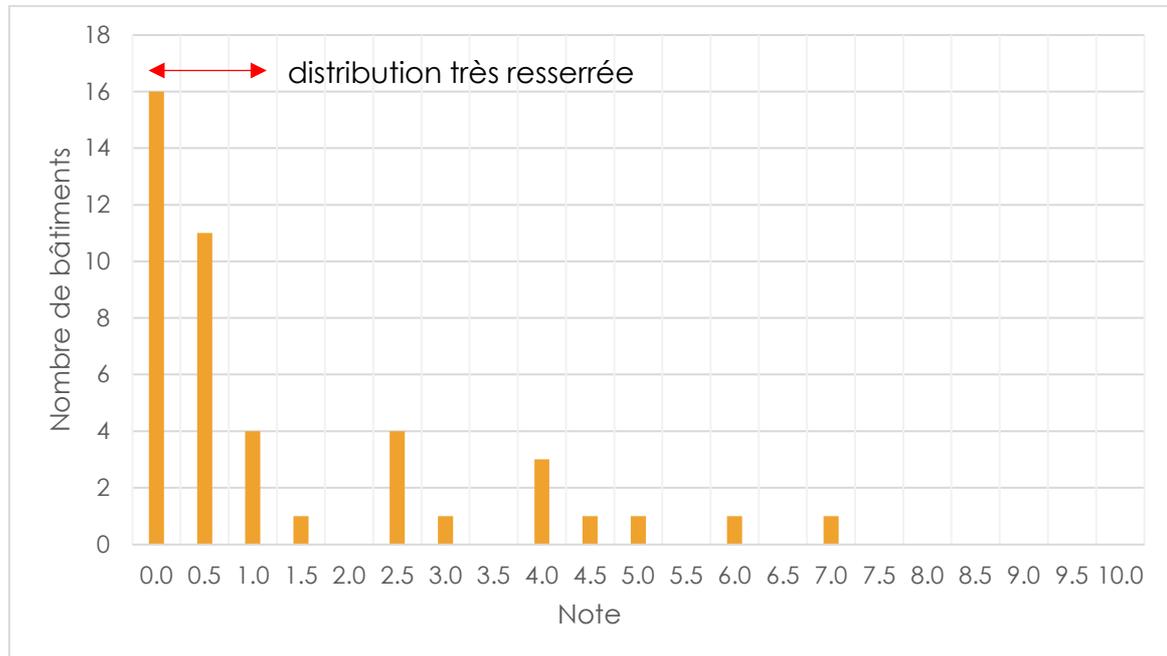


Figure 39: Puidoux, zone de vignes, résultats des scripts et résultats de la visite de terrain

Suite à la visite sur le terrain, les capites de vignes ont été classées comme étant « peut-être » propices à une compensation. Car, il est difficile de distinguer si elles sont toujours utilisées par les viticulteurs.

Leur état de conservation est très variable et l'usage qui en est fait le semble aussi. Certaines semblent avoir d'autres usages que la viticulture ; certaines servent d'abris de jardin ou de carnotzets.

Distribution des notes :



**Tableau 19: Distribution des notes issues du script (Puidoux, zone de vignes)**

Le tableau ci-dessus illustre la distribution des notes calculées par les scripts sur le secteur figurant sur la carte précédente. On constate que la distribution est très resserrée entre les notes allant de 0.0 à 1.5. Cet intervalle contient 73% (soit 32/44 bâtiments) de l'échantillon.

Matrice de confusion :

Matrice de confusion		Note selon script			$\Sigma$
		propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)	
selon visite de terrain	propice (3)	3	0	0	3
	peut-être (2)	19	0	0	19
	pas propice (1)	14	6	2	22
	$\Sigma$	36	6	2	

**Tableau 20 : Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes)**

- Premièrement, on constate une absence de faux négatifs. **Cela signifie qu'aucun bâtiment propice à une compensation n'échappe au processus.**

La figure suivante illustre les résultats de la précédente matrice par quelques exemples.

	propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)
propice (3)	 ECA1065	Bâtiment passablement délabré (à l'intérieur notamment) et apparemment non utilisé.  Selon les scripts, les capites de vignes sont propices à une compensation ; sur le terrain il est difficile d'identifier si elles sont toujours utiles à la viticulture. Dans le doute, elles ont été classées comme « peut-être » propices.	
peut-être (2)	 ECA734	Cas particulier : La démolition de ce bâtiment souterrain ne permettrait pas de libérer de la surface agricole.  Garage à voiture      Restaurant	
pas propice (1)	 ECA1064a	 ECA835	 ECA658

Tableau 21: Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes), illustrations

Analyse détaillée :

Analyse de la matrice	
11% (55%)	Adéquation
57% (14%)	Incertitude
0%	Faux négatifs
32%	Faux positifs

Sur les 44 bâtiments visités, seuls 3 paraissent propices à une compensation; les scripts leur attribuent une note entre 0 et 2.5, cela est donc satisfaisant.

Les capites de vigne obtiennent également des notes faibles. Si on considère les capites de vigne comme étant propices à une compensation, les pourcentages des deux premières catégories du tableau ci-contre seraient respectivement de 55% et 14%.

L'absence de faux négatifs est un point satisfaisant. On ne compte un tiers de faux positifs.

En conclusion, ce type de territoire n'est pas très intéressant pour trouver des bâtiments propices à une compensation.

Tableau 22: Matrice de confusion (Puidoux, zone de vignes), analyse de l'efficacité

ZONE DE PLAINE ET DE COLLINES

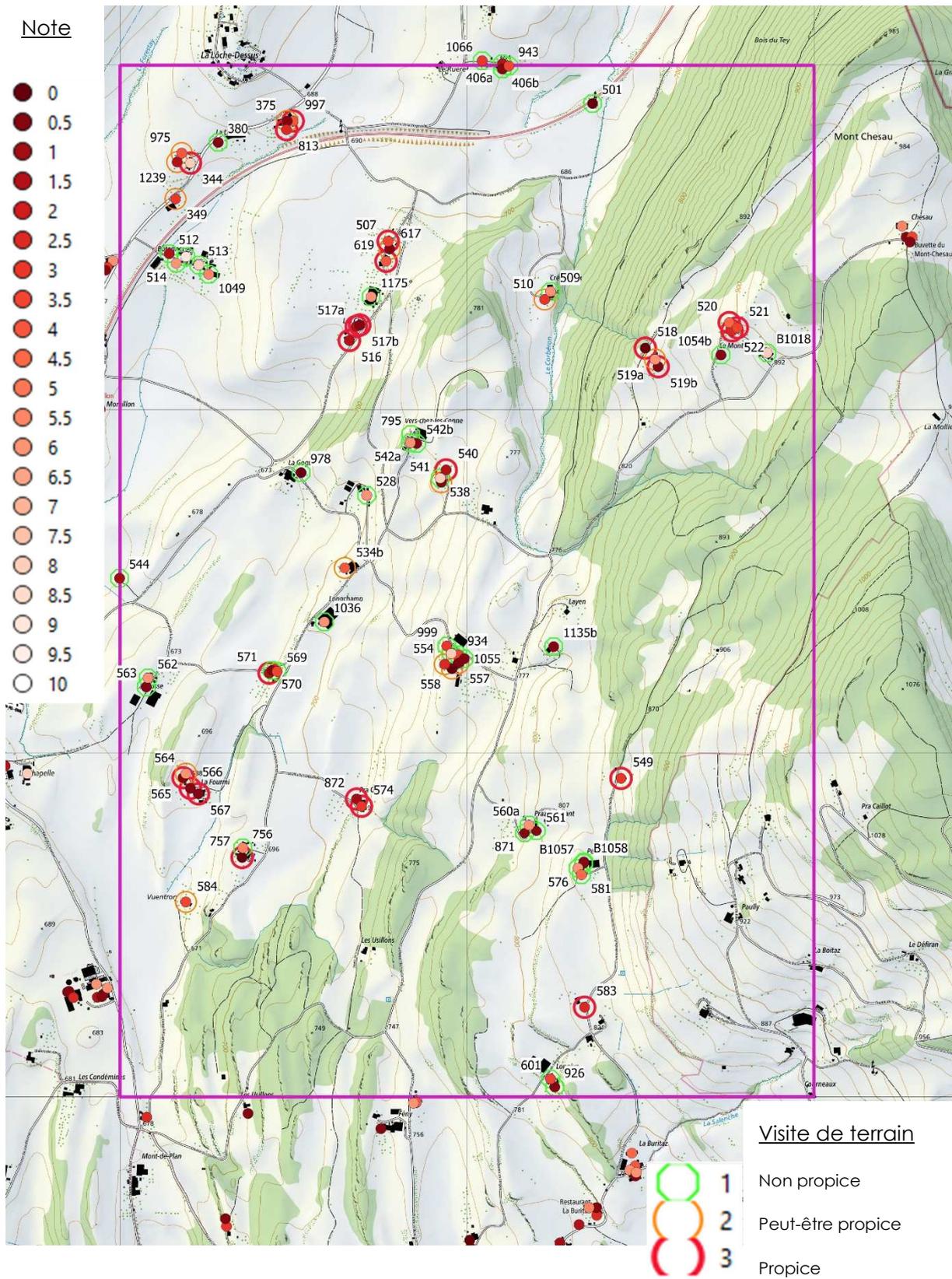


Figure 40: Puidoux, zone de plaine et de collines, résultats des scripts et résultats de la visite de terrain

Distribution des notes :

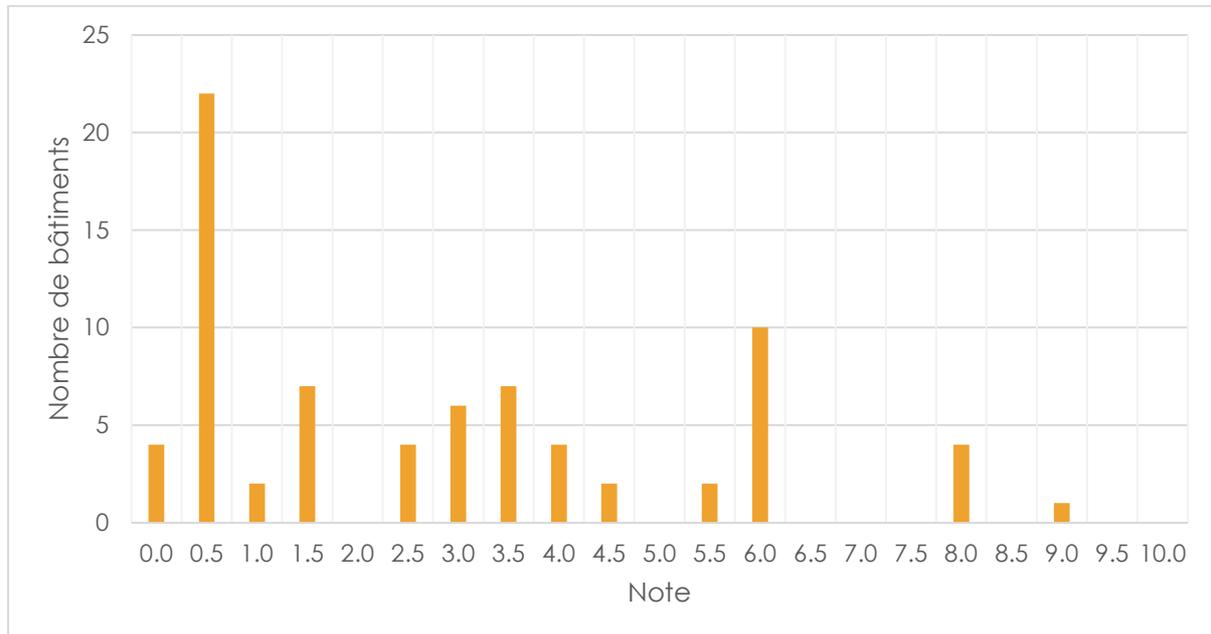


Figure 41: Distribution des notes issues du script (Puidoux, zone de plaine et de collines)

Contrairement aux deux cas précédents, la **distribution** des notes est assez **étalée**. On constate un pic de 22 bâtiments ayant eu la note de 0.5. Il est intéressant de constater que tous ces bâtiments ont comme point commun de répondre favorablement uniquement au test « estimation fiscale  $\geq$  CHF100'000 ».

Matrice de confusion

Matrice de confusion		Note selon script			Σ
		propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)	
selon visite de terrain	propice (3)	14	7	1	22
	peut-être (2)	7	5	2	14
	pas propice (1)	18	9	12	39
Σ		39	21	15	

**Tableau 23 : Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines)**

Analyse de la matrice	
41%	Adéquation
33%	Incertitude
1%	Faux négatifs
24%	Faux positifs

Analyse détaillée :

Dans 41% (31/75) des cas les résultats des scripts correspondent parfaitement aux observations de terrain.

Dans un tiers des cas règne l'incertitude, que ce soit sur le terrain ou par le résultat des scripts.

Il y a un seul cas de faux négatif (voir à la page suivante ECA344) .

Les faux positifs représentent un quart des cas (18/75).

**Tableau 24: Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines), analyse de l'efficacité**

Quelques cas emblématiques :

	propice (0 à 2.5)	peut-être (3 à 5.5)	pas propice (6 à 10)
propice (3)	 ECA574	 ECA520	 ECA344
peut-être (2)	 ECA617	 ECA584	 ECA519a
pas propice (1)	 ECA563	 ECA581	 ECA 511, 513, 514 et 1049
N°	Commentaires :		
ECA574	Ferme inhabitée et qui tombe en ruine		
ECA520	Petite dépendance avec système de chauffage, délabrée		
ECA344	Cas particulier, le bâtiment semble inhabité depuis peu de temps. Volets fermés, mais présence de véhicules. (Suite à la visite de terrain, ce bâtiment aurait pu être aussi classé comme étant peut-être propice à une compensation )		
ECA617	Garage à voiture en zone agricole		
ECA584	Ancienne ferme partiellement transformée en habitation		
ECA519a	Ancienne ferme partiellement transformée en habitation		
ECA563	Garage à voitures, servant d'atelier pour l'agriculteur		
ECA581	Maison paysanne en cours de rénovation		
ECA 511, 513, 514 et 1049	Exploitation agricole en activité		

**Tableau 25: Matrice de confusion (Puidoux, zone de plaine et de collines), illustrations**

## 11.2 Cas particuliers

Après analyses, on constate que globalement les scripts donnent des résultats en adéquation avec la réalité. Mais on constate également quelques erreurs pour certaines catégories de bâtiments ou pour certains bâtiments avec une architecture particulière :

1. À Ormont-Dessus, certaines **petites dépendances privées**, (cabanon ou mazots) qui n'ont jamais servi à l'agriculture, sont affichées par les scripts comme étant propices à une compensation. Il faut savoir que ces petites constructions d'agrément sont très fréquentes sur le territoire de cette commune.
2. Les **bâtiments souterrains** ou partiellement souterrains (voir exemple ci-dessous). Ce genre de constructions sont certes rares en dehors de la zone à bâtir, mais ils peuvent être affichés par les scripts comme propices à une compensation. Cependant, leur éventuelle démolition même si le bâtiment n'a plus d'usage agricole, n'est pas forcément pertinente. En effet, elle ne permettrait pas de libérer de surface supplémentaire pour l'agriculture.



Figure 42: Bâtiment partiellement souterrain (ECA 1064a à Puidoux)

3. À Puidoux, on rencontre fréquemment des **bâtiments avec plusieurs fonctions** (ci-dessous l'exemple d'une ancienne ferme partiellement rénovée en habitation). Cadastralement, ce bâtiment qui est composé de différents corps de bâtiments ne représente qu'une seule entité.



Figure 43: Bâtiment composé de trois corps de bâtiments (ECA584 à Puidoux)

4. De manière générale, les garages à voitures n'obtiennent souvent que peu de points par les scripts, car ils sont dépourvus de raccordement, de chauffage, d'un système de production d'eau chaude et ont une surface modeste. Ils sont donc affichés par les scripts comme propices à une compensation. Cependant, dans certains cas ces garages servent d'atelier pour un agriculteur. Il est évident que seule une visite sur le terrain permet d'avoir cette information.



**Figure 44: ECA978 à Puidoux, (image tirée de Google Maps)**

En conclusion, il faut bien garder à l'esprit que quand on élabore des processus de classification automatisée. Il est très difficile voire impossible de tenir compte de toutes les diversités ou des cas particuliers que l'on peut rencontrer sur le terrain.

## 11.3 Synthèse des analyses

### 11.3.1 ADÉQUATION

**L'adéquation** entre les visites de terrain et les résultats obtenus par les scripts avoisine les 50%

On constate qu'il n'y pas ou très peu de faux-négatif.

Il s'agit d'un point très satisfaisant. Car, cela signifie qu'aucun bâtiment propice à une compensation n'échappe au processus. On peut donc qualifier la méthode proposée de **conservatrice** (ou prudente).

Les faux positifs représentent entre un quart et un tiers des cas. Ce pourcentage pourrait paraître important. Mais en soit ceci n'est pas très gênant.

La seule conséquence est qu'une tournée sur le terrain organisée selon les résultats des scripts se verrait juste rallongée.

(explications complémentaires à la page suivante).

Et pour terminer, dans un quart à un tiers des cas règne l'incertitude. Cela peut provenir des résultats des scripts, comme de la classification effectuée suite à la visite de terrain.

En effet, parfois, sur le terrain, il est difficile de trancher si un bâtiment est toujours utile à l'agriculture en l'observant seulement de l'extérieur.

Pour conclure sur cet aspect « d'adéquation » **les résultats sont globalement satisfaisants**

Analyse de la matrice Ormont-Dessus

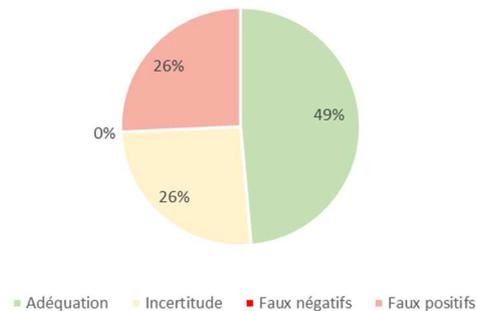


Figure 45: Adéquation, Ormont-Dessus

Analyse de la matrice Vigne

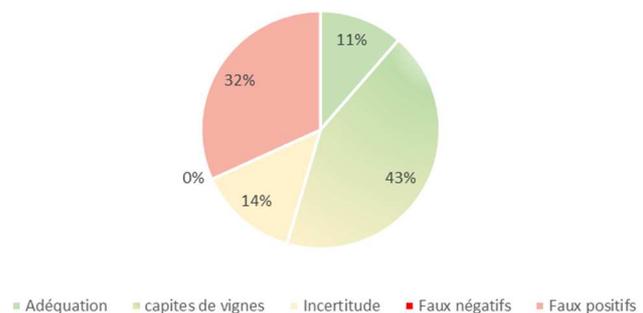


Figure 46: Adéquation, Puidoux, zone de vignes

Analyse de la matrice Collines

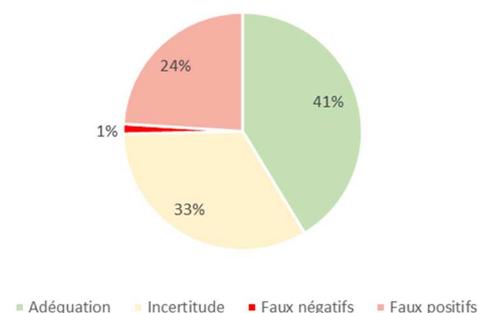


Figure 47: Adéquation, Puidoux, zone de plaine et de collines

### 11.3.2 GAIN DE TEMPS POTENTIEL

Le but du présent sous-chapitre est d'évaluer le **gain de temps potentiel** que pourrait obtenir un opérateur qui organiserait une visite de terrain **en se basant sur les résultats générés** par les scripts. Cette évaluation est rendue possible grâce aux matrices de confusion présentées précédemment.

Principe de calcul et explications sur le schéma en barre ci-dessous:

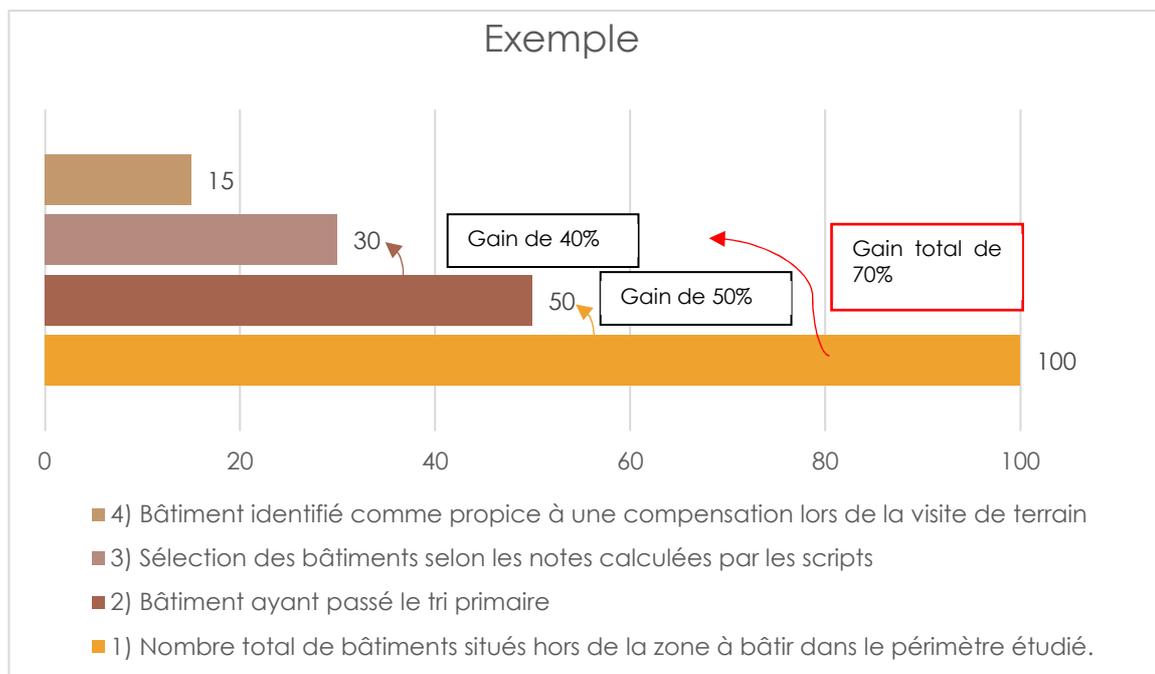
Le diagramme en exemple ci-dessous illustre le nombre de bâtiments qu'un opérateur devrait visiter selon 3 scénarios et les compare avec le nombre de bâtiments identifiés comme propices à une compensation lors de la visite de terrain (4).

Premier scénario (1) : un opérateur va simplement visiter tous les bâtiments situés hors de la zone à bâtir dans un secteur défini. Dans l'exemple ci-dessous, cela correspond à 100 bâtiments à visiter.

Second scénario (2) : dans le même secteur un opérateur organise sa visite en n'allant visiter que les bâtiments ayant passé « le tri primaire ». Il reste seulement 50 bâtiments à visiter. Le gain de temps par rapport au premier scénario est de 50%

Troisième scénario (3) : toujours dans le même secteur un opérateur organise sa visite en n'allant voir que les bâtiments ayant passé « le tri primaire » et obtenu une note faible<sup>27</sup> (par exemple entre 0.0 et 2.5). Ainsi il n'y a plus que 30 bâtiments à visiter. Le gain de temps par rapport au deuxième scénario est encore de 40%.

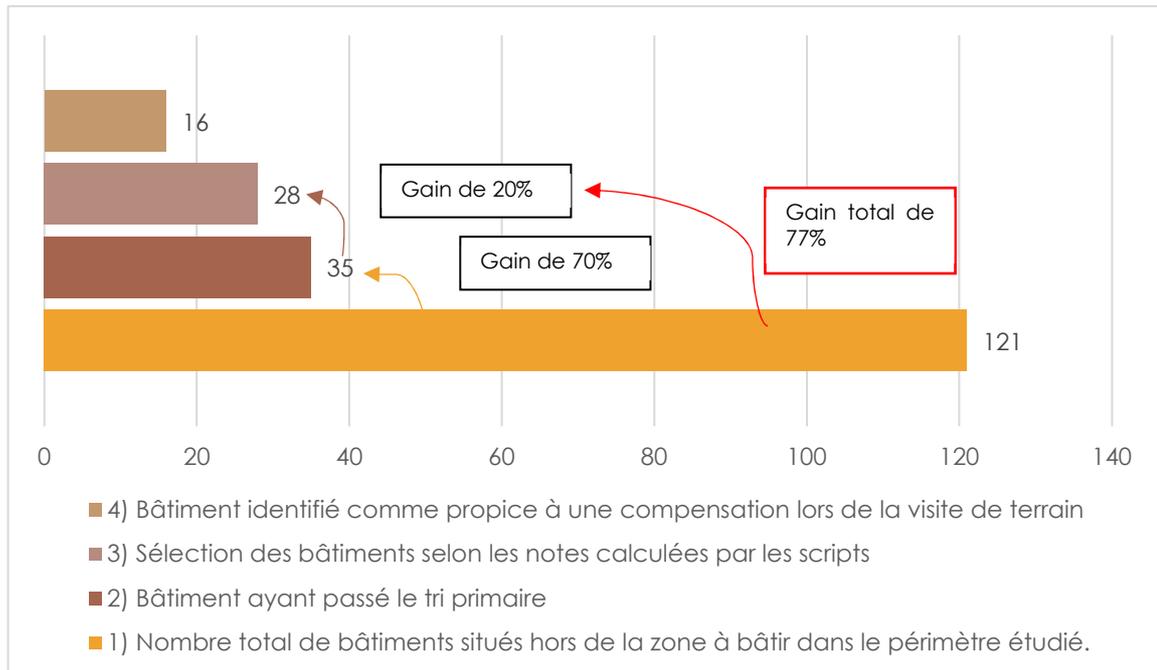
*In fine* : Dans l'exemple ci-dessous, le gain total potentiel en utilisant la méthode complète proposée par le présent travail de recherche est de 70%.



**Figure 48: calcul du gain de temps potentiel (principe de calcul)**

<sup>27</sup> Avant d'effectuer sélection de bâtiments à visiter, il est préférable d'analyser la distribution des notes pour choisir un intervalle pertinent.

Ormont-Dessus:



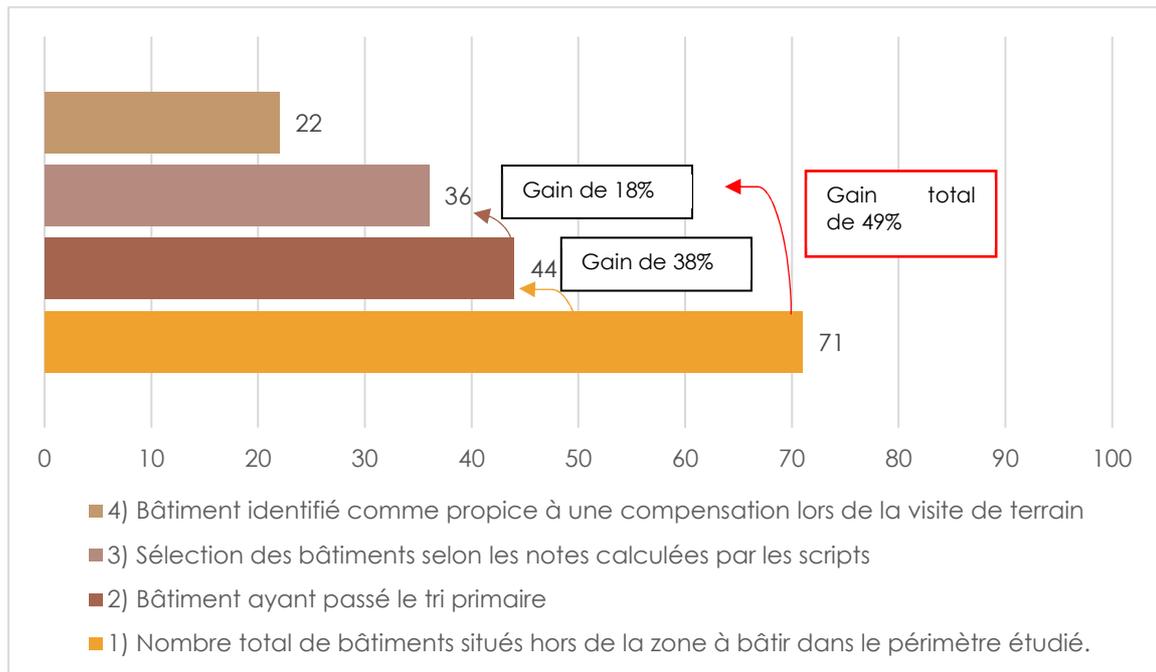
**Figure 49: calcul du gain de temps, Ormont-Dessus**

Le secteur étudié a une surface de 1 km<sup>2</sup> ; selon le RegBL on y trouve un total de 121 bâtiments hors de la zone à bâtir. Sur ce secteur, il y a 35 bâtiments qui ont passé le tri primaire.

En effectuant la visite de terrain en commençant par les bâtiments présentant les notes les plus basses, soit de 0.0 à 2.5. Un opérateur devrait donc visiter seulement 28 bâtiments pour en retrouver les 16 qui seraient propices à compensation, soit une efficacité de 57%. Dans le cas présent, le gain total de temps est intéressant (**77%**).

Zone de vignes à Puidoux :

Dans le calcul ci-dessous, les capites de vigne sont considérées comme propices à une compensation.



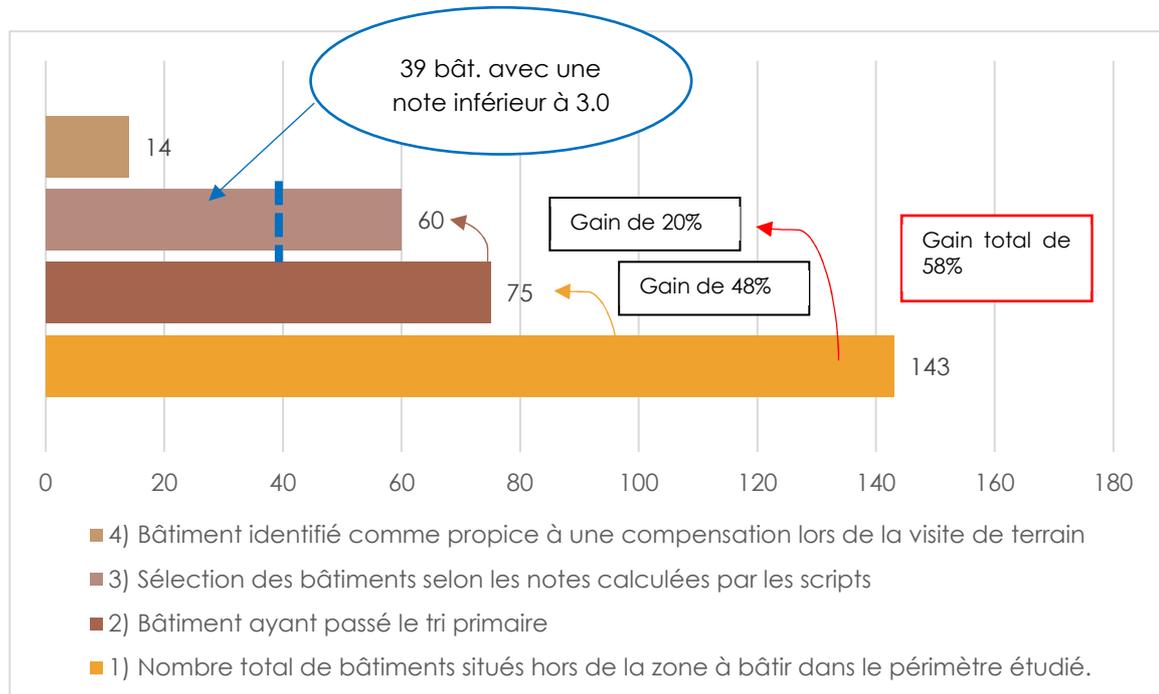
**Figure 50: calcul du gain de temps potentiel, Puidoux, zone de vignes**

Le secteur étudié a une surface d'environ 1.1 km<sup>2</sup> ; selon le RegBL, on y trouve un total de 71 bâtiments hors de la zone à bâtir. Sur ce secteur, il y a 44 bâtiments qui ont passé le tri primaire.

En effectuant la visite de terrain en commençant par les bâtiments présentant les notes les plus basses, soit de 0.0 à 2.5.

Un opérateur devrait donc visiter seulement 36 bâtiments pour retrouver les 22 qui seraient propices à compensation. Dans le cas présent, le gain total de temps est intéressant (**49%**).

Zone de plaine et de collines à Puidoux :



**Figure 51: calcul du gain de temps potentiel, Puidoux, zone de plaine et de collines**

Le secteur étudié a une surface de 6 km<sup>2</sup>; selon le RegBL, on y trouve un total de 151 bâtiments, dont 143 hors de la zone à bâtir.

Il comprend **75** bâtiments qui ont passé le tri primaire. Comme la distribution des notes est plus étalée que dans les autres secteurs étudiés, il est plus pertinent de visiter les bâtiments avec une note comprise entre 0.0 et 5.5. À titre d'information, 39 bâtiments ont une note inférieur à 3.0 (à gauche du traitillé bleu).

Un opérateur devrait donc visiter seulement 60 bâtiments pour retrouver les 14 qui seraient propices à compensation. Dans le cas présent, le gain de temps est moins important (**58%**).

**Pour conclure, les gains de temps potentiels obtenus par la méthode proposée sont intéressants (soit 77%, 49% et 58%).**

## 12 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

### 12.1 Bilan

Les méthodes développées au cours de ce travail peuvent apporter une aide intéressante pour la mise en place d'un inventaire. En effet, ces méthodes permettent de cibler efficacement les bâtiments qui n'ont plus d'usage agricole.

Pour rappel, des visites de terrain ont servi de base pour élaborer des méthodes de traitement informatique. Les visites de terrain avaient pour but de dresser une « vérité terrain » sur des secteurs de quelques km<sup>2</sup> afin d'évaluer la fiabilité des résultats obtenus par les scripts.

Ces visites ont aussi permis d'élaborer une liste de huit critères ou indicateurs qui évaluent si un bâtiment serait propice à une compensation :

1. Valeur fiscale du bien-fonds accueillant le bâtiment
2. Surface au sol du bâtiment
3. Raccordement au réseau d'eau potable
4. Raccordement au réseau d'eaux usées
5. Délivrance d'un permis de construire récent
6. Présence d'un système de chauffage
7. Présence d'un système de production d'eau chaude sanitaire
8. Présence d'un ou de plusieurs véhicules à proximité du bâtiment

Puis, afin de mettre en place un processus automatisé qui teste si un bâtiment répond favorablement ou non aux huit critères, une sélection de géodonnées adaptées a été effectuée.

Les données utilisées dans le cadre de ce travail sont :

1. Des orthophotos (*SWISSIMAGE*)
2. Le registre fédéral des bâtiments et des logements (*RegBL*)
3. Le recensement architectural
4. Les zones à bâtir de Suisse (harmonisées)
5. Les permis de construire délivrés, (données de la CAMAC)
6. La valeur fiscale des biens-fonds, (données du registre foncier)
7. La couche « couverture du sol » de la mensuration officielle
8. Les réseaux de conduites communales (eau potable et eaux usées)

Un processus automatisé (ou script FME) qui se déroule en trois étapes a été proposé. La première étape consiste à écarter certaines catégories de bâtiments comme par exemple les bâtiments protégés.

La deuxième et la troisième étapes identifient quels sont les bâtiments qui semblent les plus propices pour une compensation en calculant une note sur la base des huit critères évoqués précédemment. Ces notes sont comprises entre 0 et 10. Une note proche de zéro signifiant que le bâtiment est probablement propice à une compensation.

En comparant les résultats obtenus par cette méthode avec les observations faites sur le terrain, il en ressort que :

- Dans le cas où un opérateur devrait se rendre sur le terrain pour réaliser un inventaire, les gains de temps potentiels avec les méthodes proposées sont intéressants (soit 77%, 49% et 58%).
- Elles ne génèrent pas ou très peu de faux-négatifs; par conséquent on peut les qualifier de conservatrices. De plus l'évaluation des aptitudes d'un bâtiment se base sur 8 critères différents afin de garantir des résultats robustes.
- Elles sont facilement généralisables à l'échelle d'un canton tout en pouvant s'adapter selon les différentes zones de production agricole.

Ce rapport fournit aussi des recommandations pratiques pour la mise en œuvre d'un inventaire et explore également quelques perspectives à plus long terme.

---

## 12.2 Limitations et points forts et de l'étude

---

### 12.2.1 LIMITATIONS

#### Variation du contraste :

Les tests effectués ont montré que la méthode proposée est capable de détecter des changements sur les toitures, mais qu'il était préférable et **plus fiable** de se baser sur les permis de construire délivrés (données de la CAMAC) pour savoir si un bâtiment a été rénové ou transformé récemment.

#### Incertitude concernant les usages des bâtiments:

Lors des visites sur le terrain, il était parfois difficile de trancher si un bâtiment est toujours utile à l'agriculture. Parce qu'il n'est pas possible de s'approcher suffisamment ou de voir l'intérieur ou parce qu'il est difficile d'interpréter si le matériel qui y est entreposé est encore fonctionnel ou non.

En cas d'incertitude, le seul moyen d'obtenir une réponse fiable serait de contacter le propriétaire ou l'exploitant du bâtiment.

---

### 12.2.2 POINTS FORTS

#### Détection automatique des véhicules :

La présence de véhicules à proximité d'un bâtiment est un indicateur « indirect » d'activités ou de présence humaine qui semble être pertinent.

L'outil utilisé dans le cadre de ce travail permet de localiser rapidement et avec une fiabilité satisfaisante tous les véhicules sur une orthophoto.

#### Validation *in situ* et analyses détaillées :

Il faut bien garder à l'esprit que lors de l'élaboration des processus de classification automatisée, il est très difficile, voire impossible, de tenir compte de toutes les diversités ou des cas particuliers que l'on peut rencontrer sur le terrain.

L'un des points forts de ce travail de recherche consiste dans le fait que les développements ont été **confrontés à la réalité du terrain**. Au final, 18km<sup>2</sup> de terrain ont été parcourus et plus de 150 bâtiments ont été photographiés. Cela représente une réelle plus-value qui permet une analyse et une **évaluation fine des résultats**, des possibilités et des limites des processus de la classification automatisée.

Cela a permis de vérifier l'**adéquation** entre les visites de terrain et les résultats obtenus par les scripts. Les faux-positifs ne représentent qu'un quart à un tiers des cas, ce qui est plutôt satisfaisant.

Les matrices de confusion ont aussi montré qu'il n'y pas ou très peu de faux-négatifs. Il s'agit d'un point très satisfaisant. Car, cela signifie qu'aucun bâtiment propice à une compensation n'échappe au processus. On peut donc qualifier la méthode proposée de **conservatrice** (ou prudente).

Les pondérations proposées selon les régions permettent d'obtenir des résultats **robustes**. En effet, la note (aptitude à la compensation) est calculée sur la base de **8 critères différents** et ces derniers sont pondérés de manière plutôt équitable.

Pour terminer, dans le cas où il devient nécessaire de réaliser un inventaire des bâtiments propices à compensation, les **gains de temps** potentiels atteignables **sur le terrain** par la méthode proposée ont pu être estimés. Ils varient entre **49 et 77%**, ce qui est intéressant du point de vue opérationnel.

#### Factorisation des processus :

A l'exception des données sur les réseaux de conduites communales, les données en entrées des scripts sont produites par le Canton ou la Confédération. Cela rendrait donc la factorisation des processus à l'échelle d'un canton plutôt aisée.

---

### 12.3 Mise en perspectives

#### Travail d'inventaire :

Ce travail de recherche est complémentaire à l'étude dirigée par la professeur Grêt-Regamey qui mettait en évidence la nécessité de mettre en place des inventaires des bâtiments et infrastructures propices à compensation.

L'art 6 al. 3 let d et e de la LAT révisée demande aux cantons de compléter les études de base qui servent à l'élaboration du plan directeur cantonal avec deux nouveaux éléments.

Il s'agit du nombre de bâtiments hors zones à bâtir et de la surface imperméabilisée du sol dans les zones agricoles visées à l'art. 16 qui sont exploitées toute l'année et qui ne servent pas à l'agriculture ou au tourisme.

Le but de la révision étant de stabiliser ces éléments à l'échelle cantonale, ce travail de recherches propose une méthode qui aidera l'objectif de la stabilisation du nombre de bâtiments hors zones à bâtir.

L'utilisation des scripts permettrait assez rapidement d'identifier un grand nombre de bâtiments qui n'ont plus d'usages agricoles. Puis, en proposant aux propriétaires concernés de démolir en l'échange de la prime prévue par l'art 5 (LAT2).

Un canton pourrait en quelque sorte constituer un « stock » de bâtiments propices à compensation.

#### Variation du contraste :

Par calcul de la variation du contraste sur une série temporelle d'orthophotos, il est possible de détecter des changements sur les toitures.

Cependant, dans le cadre de ce travail, il a été décidé d'utiliser les données liées au permis de construire (données de la CAMAC) pour savoir si un bâtiment a été rénové ou transformé récemment.

Cet outil pourrait servir pour d'autres applications, par exemple pour la détection de travaux illicites.

### Utilisation de l'intelligence artificielle :

Ces dernières années, les médias parlent beaucoup de l'intelligence artificielle et le citoyen lambda pourrait croire que cette nouvelle technologie a des capacités infinies.

Il est certain que ces nouveaux outils pourraient s'avérer fort utiles dans le cadre de l'aménagement du territoire.

Durant ce travail, un algorithme basé sur un réseau profond de neurones a pu être testé et a donné des résultats globalement satisfaisants.

Toutefois, il faut être conscient des limites de cette technologie; par exemple pour la détection ou classification d'objets, l'exactitude des résultats ne peut pas être garantie.

Par exemple, l'algorithme de classification automatique des bâtiments agricoles entraîné par le BAB<sup>28</sup> atteint un taux de classification correct de 74%.

Le 14 novembre 2023, lors de la journée romande de la géo-information, le Docteur Emmanuel Clivaz, fondateur de AnalyticBase Sàrl et Reto Blumer du service archéologique de l'État de Fribourg ont tenu une présentation intitulée :

*« Modèle d'analyse spatial prédictif sur base d'intelligence artificielle appliqué au domaine de l'archéologie ».*

Le canton de Fribourg recense actuellement 3041 périmètres archéologiques. Des vestiges ont été attestés sur 55% de ces périmètres. Avec cette masse de données acquises sur plusieurs décennies, la société AnalyticBase a pu entraîner un modèle d'intelligence artificielle capable de générer des cartes prédictives en fonction de 61 variables (altitude, orientation, distance à l'eau, aptitude aux cultures, lithologie, ...).

Ces cartes indiquent pour une époque archéologique donnée (néolithique, période du bronze, du fer...) la probabilité de trouver des vestiges.

Pour entraîner ce modèle prédictif, 80% des données ont été utilisées. Le 20% restant a servi à évaluer la qualité des prédictions, qui apparemment serait excellente.

Afin de garantir la pertinence et la fiabilité du modèle, un réentraînement régulier au fur et à mesure de l'acquisition de données reste nécessaire.

Perspective pour la recherche de bâtiments propices à compensation :

On peut imaginer que dans quelques années, après l'introduction de la LAT2, à l'échelle de la Suisse, plusieurs centaines de bâtiments auront été démolis à des fins de compensation.

Ces bâtiments démolis pourraient donc servir de données d'entraînement pour un algorithme prédictif.

---

<sup>28</sup> Voir chapitre 4.3

---

## 12.4 Mesures d'approfondissement

### Détection automatique des véhicules :

Une nouvelle actualisation de SWISSIMAGE sur le Canton de Vaud est actuellement en cours de réalisation (en 2023). Ces données devraient être disponibles en 2024. Il serait intéressant de relancer la détection automatique à partir de ces nouvelles images. Ainsi il serait possible de vérifier si la présence de véhicules, à proximité d'un bâtiment, est permanente ou non.

### Prise en compte des spécificités locales :

Les caractéristiques locales (par exemple si l'on se trouve en région de plaine ou dans une région de montagne) sont prises en compte par une adaptation de la pondération des critères pour le calcul de la note qui indique si un bâtiment est propice à compensation.

Dans le cas où le territoire d'une commune se trouverait à cheval entre la plaine et les montagnes, il serait préférable d'effectuer le calcul de manière séparée afin de pouvoir adapter la pondération en cas de nécessité.

Au cours de ce travail, deux communes, Ormont-Dessus et Puidoux, ont été sélectionnées comme périmètre restreint d'application. Ces deux communes ont été choisies afin d'analyser des territoires agricoles variés.

En plus de ces deux communes, il serait intéressant d'étudier aussi un secteur sur les plaines du Rhône ou de l'Orbe et également un secteur dans le Jura Vaudois. Il est probable que la typologie des constructions dans ces régions soit encore différente de celles rencontrées à Ormont-Dessus et Puidoux.

### Disposition spatiale des bâtiments (isolement, accessibilité, topographie, etc.):

Un des aspects qui n'a pas été investigué au cours de ce travail de recherche est l'influence spatiale de l'implantation d'un bâtiment sur ses usages agricoles.

Le fait que le bâtiment soit isolé ou au contraire proche d'autres bâtiments augmente-t-il la probabilité qu'il soit toujours utile à l'agriculture ?

Quid de l'éloignement à une route de desserte ou au centre de l'exploitation agricole ?

Cette approche pourrait être une alternative à la méthode d'identification proposée dans le présent rapport et faire l'objet d'un autre travail de recherche.

## 12.5 Recommandations pour un canton

Voici les recommandations importantes pour la mise en place d'inventaires des bâtiments propices à une compensation.

Ces recommandations résultent des diverses expérimentations réalisées lors de ce travail.

### 12.5.1 APPLICATION MOBILE POUR LA RÉCOLTE DE DONNÉES SUR LE TERRAIN

Afin de faciliter le travail d'inventaire sur le terrain et d'éviter un travail manuel de retranscription, il serait intéressant de mettre en place une application mobile pour la récolte de données sur le terrain.

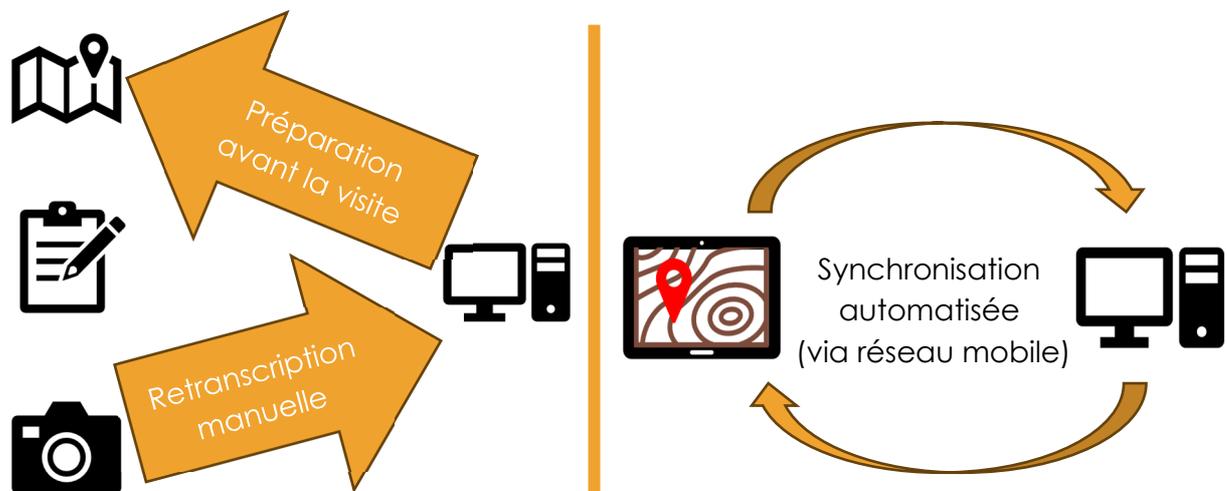


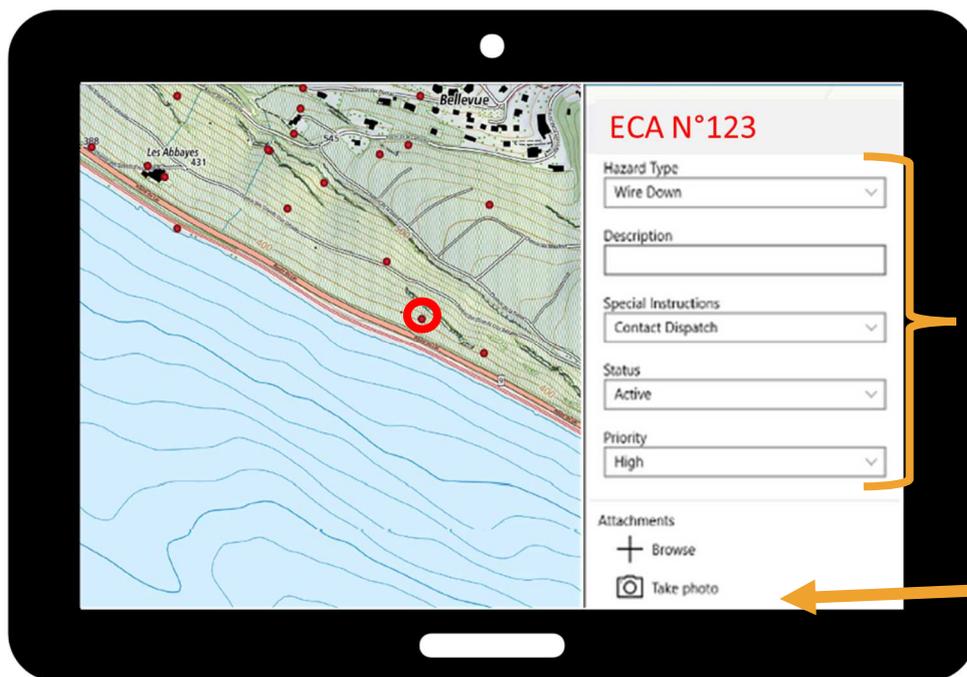
Figure 52.: inventaire processus manuel versus application mobile

Les avantages principaux de la mise en place d'une telle application sont les suivants :

- Il n'est plus nécessaire de préparer des cartes ou des plans de terrain en amont.
- Le transfert des données et des photographies est automatisé.
- L'opérateur n'a besoin que d'un seul outil, c'est à dire un smartphone ou une tablette.
- Il est possible de suivre en quasi-temps réel la progression de l'inventaire et il est facile de répartir le travail à effectuer entre plusieurs opérateurs.
- Il est possible d'optimiser le parcours des tournées avec un algorithme de type TSP (*Traveling Salesman Problem / problème du voyageur de commerce*).

Il existe sur le marché différentes plateformes *open source* ou *propriétaires* qui permettent de récolter des données sur le terrain.

La figure ci-dessous illustre à quoi pourrait ressembler l'interface de tels outils. Sur la gauche de l'écran se trouve une carte avec les bâtiments qui ont été identifiés par les scripts et que l'opérateur doit aller visiter. Sur la droite de l'écran, il y a le formulaire avec les différents champs d'informations à remplir. Des photographies géoréférencées peuvent être prises et sont directement liées à l'entité en question.



**Formulaire personnalisable:**  
Champs configurables:

- liste déroulante
- texte libre
- valeur numérique
- date...

**photographies**  
géoréférencées et/ou liées à l'entité ECA N°123

Figure 53: application mobile, interface

Ci-dessous, voici une proposition d'éléments que pourrait contenir le formulaire :

Champs	Entrées possibles
Etat général du bâtiment	Neuf - Rénové / Récent – Bon état / Ancien - Vétuste / Ruine
Activités agricoles en cours	Oui / Non / Incertaine
Autres observations	[texte libre]
Photographie(s)	

Tableau 26 : proposition de formulaire de terrain

### 12.5.2 POTENTIEL DISPONIBLE POUR COMPENSATION

Comme expliqué précédemment, l'utilisation des scripts permettrait assez rapidement d'identifier un grand nombre de bâtiments qui n'ont plus d'usages agricoles. Puis, en proposant aux propriétaires concernés de démolir en l'échange de la prime prévue par l'art 5 (LAT2).

Un canton pourrait en quelque sorte constituer un « stock » de bâtiments propices à compensation.

A titre d'exemple voici une vue d'Ormont-Dessus avec les **204** bâtiments ayant obtenu une note égale à 0.0.

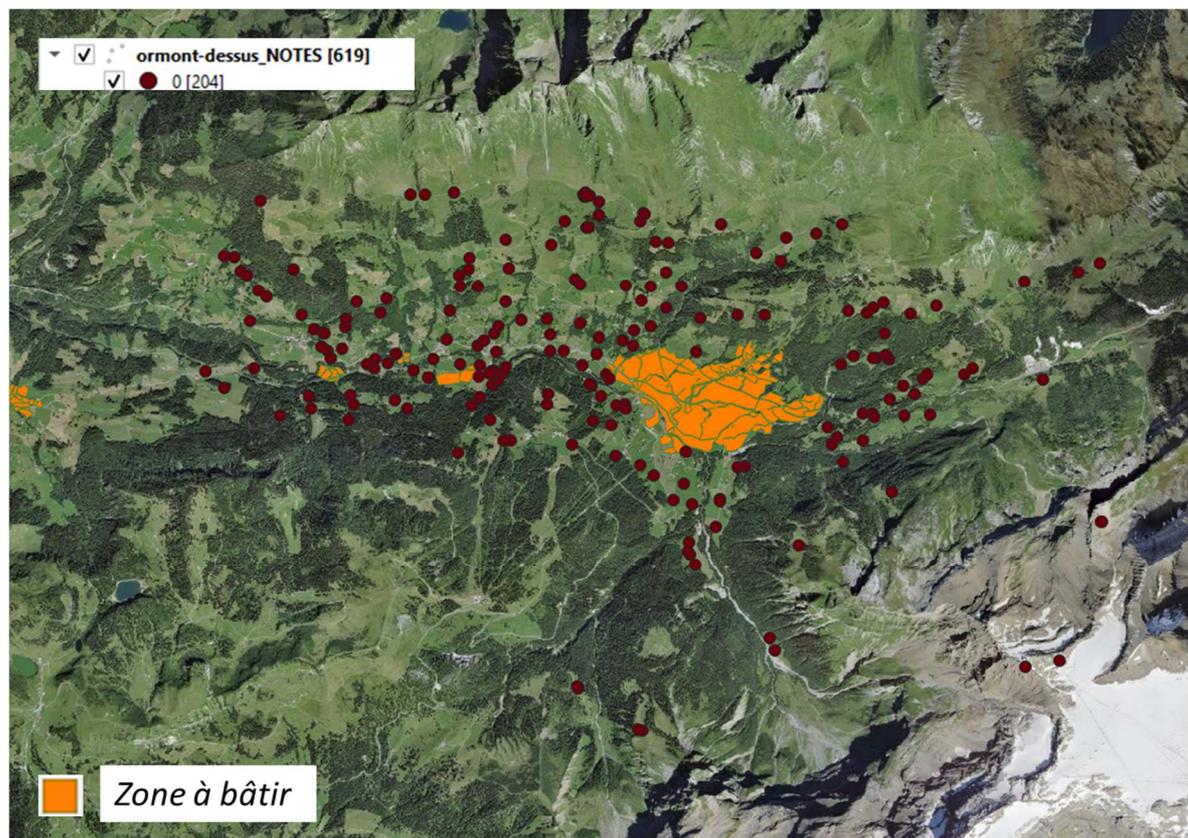


Figure 54: Ormont-Dessus, bâtiments avec une note égale à 0.0

Remarques : les deux bâtiments qui apparaissent sur le glacier au sud-est de l'image sont les cabines de commande d'un télésiège (exemple de faux-positifs). Hormis cela, lorsque l'on observe plus en détails cette carte, on constate que la très grande majorité de ces bâtiments sont de petites granges qui n'ont généralement plus d'usage agricole.

Ormont-Dessus compte aussi **85** bâtiments avec une note égale à 0.5.

À titre de comparaison, sur la commune de Puidoux il y a **40** bâtiments avec une note égale à 0.0 et **100** qui ont une note égale à 0.5.

Pour conclure, on constate sur ces seules deux communes que le nombre de bâtiments propices à compensation serait conséquent.

## 13 BILAN PERSONNEL

### 13.1 Bilan personnel

Comme le sujet étudié est à cheval sur plusieurs thématiques, réaliser ce travail de Master fut pour moi en quelque sorte un triathlon intellectuel.

Premièrement, au fil des mois, j'ai dû suivre et analyser le travail parlementaire lié la révision de la LAT. Comme ce travail se déroulait en parallèle de la rédaction de mon mémoire cela était un peu déstabilisant.

Le risque était que le projet de loi soit trop fortement modifié et que le cahier des charges de mon travail ne soit plus en adéquation avec les enjeux soulevés par la révision.

Deuxièmement, j'ai eu la chance de pouvoir effectuer des visites de terrain. J'ai apprécié de pouvoir confronter mes résultats avec la réalité du terrain. Cela me conforte dans l'idée que mon travail pourrait servir de base pour de possibles applications concrètes si la LAT 2 entre en vigueur en 2025.

Troisièmement, j'ai pu améliorer mes compétences dans le domaine SIG (systèmes d'information géographique) en manipulant de nombreuses données avec QGIS et en développement des scripts FME. J'ai pu également découvrir quelques processus liés à l'intelligence artificielle.

Peu d'étudiants ont eu le privilège d'être suivis par deux professeurs dans des domaines de compétences différents durant leur travail de Master :

- Monsieur Denis Leroy pour les questions en lien avec la révision de la LAT et l'aménagement du territoire.
- Monsieur Jens Ingensand pour les question scientifiques, techniques et en lien avec les SIG.

Cette complémentarité était une réelle plus-value qui a enrichi les réflexions au cours des séances de suivi.

Ce travail de recherche m'a permis de découvrir un sujet à la fois d'actualité et d'avenir passionnant. À aucun moment, je n'ai regretté d'avoir choisi d'étudier cette thématique.

Après une année intense à creuser ce sujet, j'ai découvert et appris énormément de choses et également soulevé des perspectives qui seraient intéressantes à explorer à l'avenir.

Vevey, le 1<sup>er</sup> février 2024

Raphaël Burkhard

## 14 BIBLIOGRAPHIE - WEBOGRAPHIE

- Administration fédérale des contributions AFC. (2023, 10 10). *Notices sur l'impôt fédéral direct IFD*. Récupéré sur [estv.admin.ch](https://www.estv.admin.ch/estv/fr/accueil/impot-federal-direct/informations-specialisees-ifd/notices.html): <https://www.estv.admin.ch/estv/fr/accueil/impot-federal-direct/informations-specialisees-ifd/notices.html>
- Baretosz Brozek, M. F. (2023, mars 23). The black box problem revisited. Real and imaginary challenges for automated legal decision making. *Original Research*. Récupéré sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s10506-023-09356-9>
- Bex, P. J. (2002, juin 19). Spatial frequency, phase, and the contrast of natural images. *Journal of the Optical Society of America, A, Optics, Image Science & Vision*. doi:10.1364/josaa.19.001096
- Blumer, D. E. (2023). Modélisation spatiale prédictive à base d'IA appliquée au domaine de l'archéologie. (p. 22). <https://player.vimeo.com/video/885292573>: [https://georomandie.com/storage/app/media/presentations//parrallele\\_A/JRG2023\\_Session-A\\_Clivaz-Blumer.pdf](https://georomandie.com/storage/app/media/presentations//parrallele_A/JRG2023_Session-A_Clivaz-Blumer.pdf).
- DTAP et CDCA. (2019). *Brochure\_DTAP\_et\_CDCA\_methode\_de\_planification\_et\_de\_compensation*. Bern: <https://www.bpuk.ch/fr/dtap/documentation/rapports-expertises-concepts/domaine-de-lamenagement-du-territoire>.
- EspaceSuisse. (22.05.2023). La LAT 2 franchit une nouvelle étape.
- ETH, I. p. (2019). *Etude de la faisabilité de la compensation dans le cadre de la méthode de planification & de compensation en conformité avec le P-LAT*. Zurich: Institut pour l'aménagement du territoire et le développement du paysage.
- Feature Manipulation Engine*. (2021, août 16). Récupéré sur [wikipedia.org](https://fr.wikipedia.org/wiki/Feature_Manipulation_Engine): [https://fr.wikipedia.org/wiki/Feature\\_Manipulation\\_Engine](https://fr.wikipedia.org/wiki/Feature_Manipulation_Engine)
- Feuille fédérale. (2023, 11 7). *Initiative populaire fédérale*. Récupéré sur [fedlex.admin.ch](https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2023/2489/fr): <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2023/2489/fr>
- Gabriëlle Ras, N. X. (2020). *Explainable Deep Learning: A Field Guide for the Uninitiate*. Cornell University.
- Initiative paysage. (2023, 03 23). *Chronologie de l'Initiative paysage*. Récupéré sur [initiative-paysage.ch](https://www.initiative-paysage.ch/chronologie/): <https://www.initiative-paysage.ch/chronologie/>
- Initiative Paysage. (2023, 10 19). *Retrait de l'Initiative paysage: le Comité d'initiative mise sur une mise en œuvre stricte de la loi sur l'aménagement du territoire*. Récupéré sur [initiative-paysage.ch](https://www.initiative-paysage.ch/retrait-de-linitiative-paysage-le-comite-dinitiative-mise-sur-une-mise-en-oeuvre-strict-de-la-loi-sur-lamenagement-du-territoire-lat2/): <https://www.initiative-paysage.ch/retrait-de-linitiative-paysage-le-comite-dinitiative-mise-sur-une-mise-en-oeuvre-strict-de-la-loi-sur-lamenagement-du-territoire-lat2/>
- Koch, D. S. (2018, 04 01). *Visual Estimation of Building Condition with Patch-level ConvNets*. Consulté le 2024, sur [researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/324793989_Visual_Estimation_of_Building_Condition_with_Patch-level_ConvNets): [https://www.researchgate.net/publication/324793989\\_Visual\\_Estimation\\_of\\_Building\\_Condition\\_with\\_Patch-level\\_ConvNets](https://www.researchgate.net/publication/324793989_Visual_Estimation_of_Building_Condition_with_Patch-level_ConvNets)

L'Assemblée fédérale de la Confédération suisse. (2023, septembre 29). (Loi sur l'aménagement du territoire, LAT). *Modification du 29 septembre 2023*.

Louapre, D. (2016, avril 8). *Le deep learning*. Récupéré sur ScienceEtonnante: <https://youtu.be/trWrEWfhTVg?si=6UQCFOgFFQjGivTp>

Michael Ying Yanga, W. L. (2018, février 9). *Vehicle Detection in Aerial Images*. Récupéré sur <https://arxiv.org/abs/1801.07339>

Office fédérale du développement territorial ARE. (2020, 1 1). *Monitoring de la construction hors zone à bâtir*. Récupéré sur [are.admin.ch](https://www.aren.admin.ch/aren/fr/home/developpement-et-amenagement-du-territoire/bases-et-donnees/observation-du-territoire/milieu-bati/monitoring-de-la-construction-hors-zone-a-batir.html): <https://www.aren.admin.ch/aren/fr/home/developpement-et-amenagement-du-territoire/bases-et-donnees/observation-du-territoire/milieu-bati/monitoring-de-la-construction-hors-zone-a-batir.html>

Starzyńska and Roussel, e. a. (2022, août). *Computer vision-based analysis of buildings and built environments*. Récupéré sur <https://arxiv.org/pdf/2208.00881.pdf>

VAUD, L. G. (1985, décembre 4). *Loi sur l'aménagement du territoire et les constructions (LATC)*. Lausanne, Vaud.

Wikipédia. (2023, octobre 2). *Matrice de confusion*. Récupéré sur Wikipédia: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Matrice\\_de\\_confusion](https://fr.wikipedia.org/wiki/Matrice_de_confusion)

15 ANNEXES

1. **Cahier des charges** : 1-cahier\_des\_charges\_Burkhard.pdf
2. **Loi fédérale sur l'aménagement du territoire, LAT** : 2-LAT\_en\_vigueur.pdf
3. **Loi fédérale sur l'aménagement du territoire, Modification du 29 septembre 2023** :  
3-Texte pour le vote final 1 NS F.pdf
4. **Architecture du processus** : 4-Processus\_schema.pdf  
*Il s'agit d'un schéma conceptuel du processus mis en place, il résume la gestion des données et l'enchaînement des différents scripts.*
5. **Image libre de droit pour la publicité de la défense et l'archivage du TM** :  
5-IMG\_libre\_de\_droit\_Burkhard.JPG
6. **Fiche/notice analytique** :  
6-MDT\_HESSO\_TM\_Notice\_analytique\_burkhard\_raphael.docx

**Le répertoire « calcul\_contraste »** contient les éléments liés au chapitre 10.2 soit un script FME « *contraste\_calcul-RB.fmw* » et des tableaux au format Excel qui contiennent les résultats obtenus.

Les données en entrée du script sont des orthophotos (années de 2007 à 2017) *Swissimage* au format *GEOTIFF*. Pour des raisons de droit d'auteur, ces données payantes ne sont pas transmises.

**Le répertoire « PROCESSUS\_FINAL »** contient les différents scripts, c'est-à-dire pour les communes d'Ormont-Dessus et Puidoux à chaque fois :

Un script qui effectue le « Tri primaire » : *tri\_primaire\_communeXY.fmw*

Et deux autres scripts qui effectuent l'« estimation de l'aptitude à une compensation » et le « calcul des points » :

*Estimation\_aptitudes\_communeXY.fmw* et *calcul-des-points\_communeXY.fmw*

Ce répertoire contient une base de données au format Geopackage : *processus\_burkhard.gpkg*

Cette base contient à la fois les données utilisées en entrée des scripts comme leurs résultats.

Le fichier *QGIS visualisation.qgz* permet de visualiser les éléments contenus dans la base de donnée avec la même symbologie qui a servi à produire les figures qui illustrent le présent rapport.

L'annexe 4 permet de visualiser de manière schématique l'ensemble des processus décrits dans ce paragraphe.

Pour terminer, le tableau Excel « *MatriceS\_confusion.xlsx* » contient les résultats des scripts, des visites de terrain et les matrices de confusion.