

# Marche à suivre : « outil de simulation »

---

**Hes·SO**  
Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse occidentale

 Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg  
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

**heig-vd**

**h e p i a**  
Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

**5 JUILLET**

---

**HEPIA/HEIG-VD/HEIA-FR**

**Créé par : l'équipe du projet IQS Morges**



---

## 1. Introduction

La préservation du bon fonctionnement des sols urbains est un prérequis à la création de villes résilientes et durables, et un devoir vis-à-vis des générations futures. Elle peut parfois engendrer des économies immédiates pour le porteur de projet. En effet, éviter de décapier certains sols ou encore optimiser la valorisation du sol décapé sur place permet par exemple d'éviter des coûts de transport et de mise en décharge. Le gain économique sur le long-terme pour les collectivités ou les acteurs privés est, quant à lui indéniable, car lorsque le sol fonctionne de façon optimale, il participe activement à de nombreux services écosystémiques indispensables à l'humain. Ce bon fonctionnement est par définition celui d'un sol de bonne qualité.

Les fonctions cartographiées aujourd'hui au sein de la carte IQS sont : « infiltration/stockage de l'eau » (anciennement nommée fonction « régulation des crues<sup>1</sup>), « Habitat de la vie », « Production de biomasse ». Les fonctions du sol sont fragiles et directement impactées lors de la réalisation d'un projet d'urbanisation. Le décapage, la manipulation, l'entreposage, le trafic et à fortiori l'imperméabilisation affectent la capacité du sol à assurer ses fonctions, ce qui correspond à une diminution, voire un anéantissement de sa qualité. Pour rappel, dans le cadre de la construction d'un projet de construction, La loi suisse préconise de décapier le minimum de sol sur le site d'emprise de projet en se basant sur le principe « d'utilisation mesurée du sol » énoncé au sein de l'article 1 de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT : RO 1979 1573). De plus, elle demande de revaloriser au maximum le sol qui aura été décapé selon l'article 18-1 de l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED :RO 2015 5699), dans le respect des règles de protection des sols sur chantier (article 6 al 1 OSol ordonnance sur les atteintes portées aux sols).

## 2. Le but de l'outil de simulation

Le but de cet outil est d'aider les porteurs de projet d'aménagement à connaître l'impact d'un projet sur la qualité des sols et à déterminer les options qui optimisent les fonctions des sols sur la zone d'emprise.

Cet outil permet de tester et de comparer l'impact de plusieurs variantes d'un projet d'urbanisation sur les fonctions « infiltration/stockage de l'eau », « Habitat pour la vie », « Production de biomasse ». Il propose des recommandations contextuelles, sur les meilleures options disponibles pour la qualité des sols.

---

Pour un résultat au plus proche de la réalité, il est conseillé d'ajuster la précision de l'IQS au niveau de la zone d'emprise du projet (au sens large), via l'outil d'ajustement, avant de procéder à la simulation de l'impact des différentes variantes à l'aide de l'outil de simulation (les outils se présentent sous forme d'interface/de formulaire sous QGIS).

### **3. Choix des fonctions à tester sur la zone d'emprise du projet**

Les fonctions à tester sont a priori toutes les fonctions des sols, à défaut celles priorisées par les décideurs finaux. Il peut également être tenu compte de :

- La nature des problèmes régulièrement observés dans la zone ainsi qu'aux alentours et qui pourraient être liés à la qualité du sol : inondation, manque de productivité, érosion...
- La carte IQS au voisinage de la zone d'emprise du projet. Quelles fonctions sont à préserver sur ce secteur ?
- Observer sur la carte des « Carte de l'aléa ruissellement Suisse » les zones à fort risque. Selon l'intensité du ruissellement alentour, il peut être judicieux d'opter pour la fonction « infiltration/stockage de l'eau». (OFEV, 2022)

***Le but de cet outil est d'aider les porteurs de projet à choisir la variante qui impacte le moins les fonctions des sols jugées prioritaires sur la zone d'emprise de projet***

---

<sup>1</sup> La dénomination "régulation des crues" a été modifiée car, au sein de l'IQS, la capacité du sol à tamponner des pluies décennales ou centenaires n'a pas été étudiée. Nous avons simplement estimé le potentiel du sol à infiltrer et stocker l'eau de 1 à 6.

## 4. Marche à suivre pour l'utilisation de l'outil de simulation

Le processus se déroule en 6 étapes résumée ci-dessous.

- Première étape : renseigner les informations de base du projet.
- Deuxième étape : créer et nommer les variantes à tester pour le projet.
- Troisième étape : dessiner « Le périmètre d'intervention » qui correspond au périmètre d'emprise temporaire et définitive de la variante testée. Les emprises temporaires correspondent aux zones, situées en dehors de l'emprise finale du projet, mais qui ont été utilisées lors du chantier. (ex : zone de stockage de sol, de matériel etc...). L'emprise définitive correspond à l'emprise finale du projet.
- Quatrième étape : localiser et caractériser la présence des éléments du projet qui peuvent impacter la qualité des sols.
- Cinquième étape : digitaliser et caractériser les objets présents au sein de la variante
- Sixième étape : refaire les étapes 2 à 5 pour tester chaque variante
- Septième étape : comparer les cartes et choisir la variante la plus favorable.

### 1. Première étape : ouverture du projet et informations de base

La couche « simulation\_projet » situé dans la sous-partie « données projet » doit être basculée en mode édition (le crayon jaune est visible sur la couche : cf Figure 1).

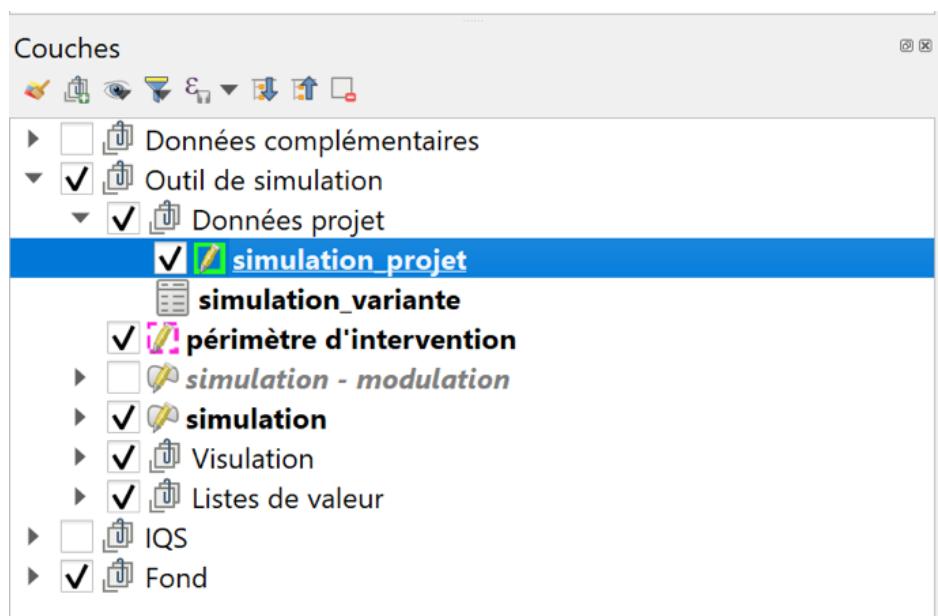


Figure 1 : Couche "simulation\_projet" en mode Edition (présence du « crayon jaune », ce qui signifie que la couche peut être modifiée) La zone projet est digitalisée est ensuite nommée dans le formulaire QGIS dédié.

Puis, nommer le projet via l'interface visible en Figure 2.



Figure 3 : interface de l'outil de simulation servant à nommer le projet

## 2. Deuxième étape : créer et nommer les variantes à tester pour un le projet.

- La table « simulation\_variante » est passée en mode édition (Figure 4) en effectuant un clic droit sur la couche et en choisissant « basculer en mode édition » sur le menu déroulant qui est apparu.
- Ouvrir la table attributaire associée (clic droit) à la couche et ajouter une entité (ce qui ajoutera une ligne) par variante (Figure 5). Chaque variante est ensuite nommée via la colonne « nom de la variante » et associée au projet auquel elle est rattachée via le menu déroulant de la colonne « projet ».

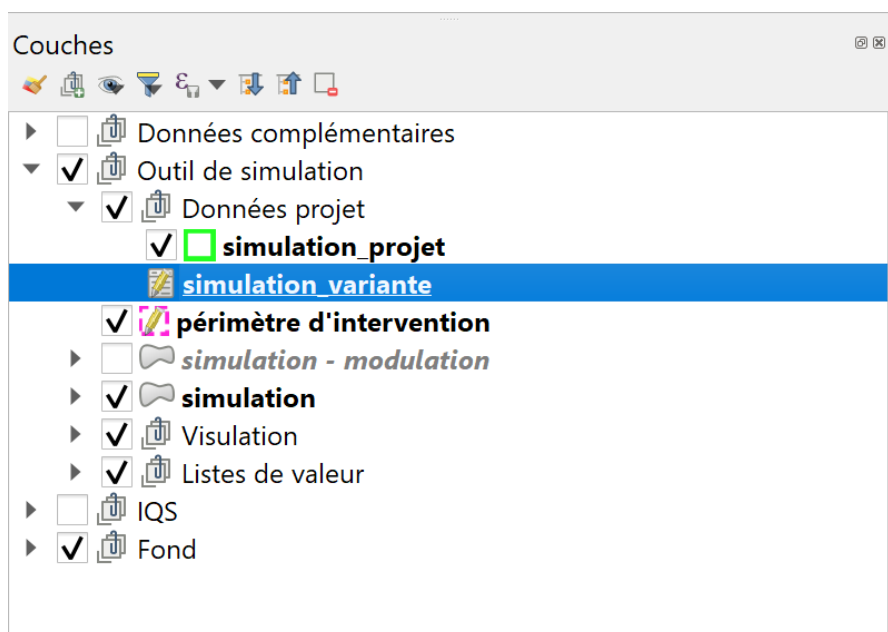


Figure 4 : table attributaire "simulation variante" basculée en mode édition (présence du crayon jaune sur la couche)

simulation\_variante — Total des entités: 11, Filtrées: 11, Sélectionnées: 0

	id_simul_variante	projet	nom de la variante	opérateur	libelle
1	3	Préverenges - Habitat ...	Permis de const...	Région Morges ...	Préverenges - H...
2	5	Saint-Prex - Cherrat	Plan stratégique...	UNIL - UDAT SP23	Saint-Prex - Che...
3	2	Morges - Eglantine	Mise en oeuvre	UNIL - UDAT SP23	Morges - Eglant...
4	8	Morges - Prairie-Nord	Avant-projet	Région Morges ...	Morges - Prairie...
5	9	Morges - Voie verte, q...	Etude préliminai...	UNIL - UDAT SP23	Morges - Voie v...
6	1	Lully - Remise à ciel o...	Examen préalable	Région Morges ...	Lully - Remise à...
7	10	Morges - Gracieuse	Concours d'arch...	UNIL - UDAT SP23	Morges - Gracie...
8	11	Lonay - SSDA	Etude-test	UNIL - UDAT SP23	Lonay - SSDA - ...
9	12	Echandens - Chaney, ...	MEP	UNIL - UDAT SP23	Echandens - Ch...
10	13	Lonay - En Carouge	Etudes-test	Région Morges ...	Lonay - En Caro...
11	15	Lonay - SSDA	Etude-test - Vari...	UNIL - UDAT SP23	Lonay - SSDA - ...

Figure 5 : table attributaire "simulation\_variante" en mode édition

### 3. Troisième étape : dessiner le périmètre d'intervention

« Le périmètre d'intervention » correspond au périmètre d'emprise temporaire et définitive de la variante testée. Les emprises temporaires correspondent aux zones, situées en dehors de l'emprise finale du projet, mais qui ont été utilisées lors du chantier. (ex : zone de stockage de sol, de matériel etc..)

La couche « périmètre d'intervention » est passée en mode édition. Lorsque le mode édition est actif, un petit crayon s'affiche sur le nom de la couche, comme illustré dans l'image ci-dessous (figure 5). Le périmètre est digitalisé, grâce à l'outil « ajouter une entité polygonale » en veillant à ce qu'il englobe bien l'ensemble des modifications locales engendrées par le projet.

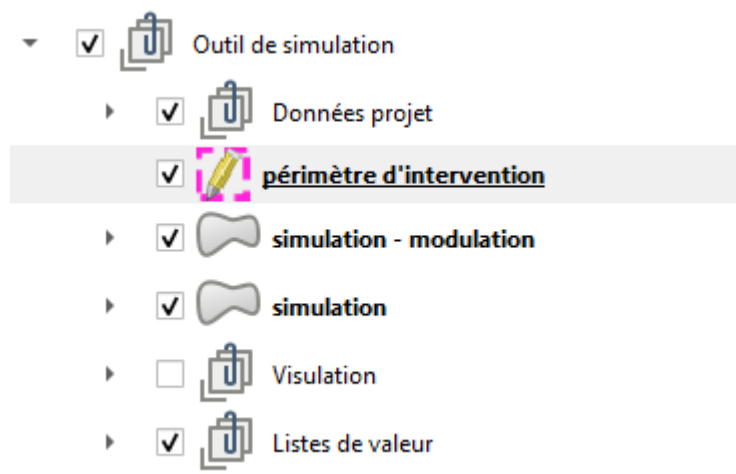


Figure 6 : couche du périmètre d'intervention en mode édition (modifiable)

Une fois le périmètre digitalisé, un clic droit fera apparaître l'interface/le formulaire qui permet de sélectionner, parmi le menu déroulant, le nom de la variante (créé lors de l'étape précédente).

Appuyer sur « ok » et passer à l'étape 4.

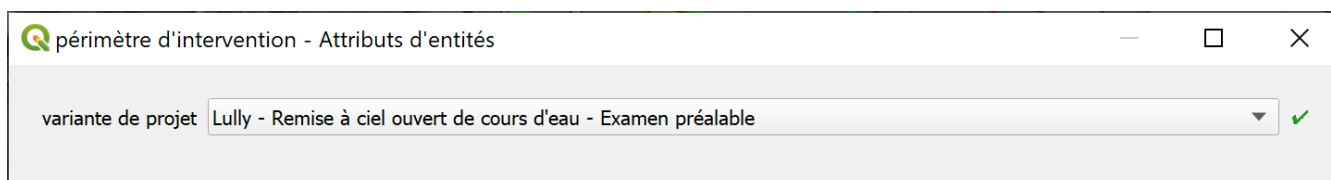


Figure 7 | interface ou formulaire Qgis permettant de sélectionner le nom de la variable

#### 4. Quatrième étape : « éléments/objets du projet qui impliquent de remanier les sols existants »

Les trois types d'éléments sont :

- « Bâtiments souterrains »,
- « Remblais »
- « Zone potentiellement compactée »

Ces trois types d'objet ne peuvent pas se superposer et sont détaillés en annexe Tableau 1 ainsi que ci-dessous.

- Les « bâtiments souterrains » concernent l'ensemble des constructions souterraines (ex : garage, cave, parking etc...). L'emplacement des « bâtiments souterrains » doit être cartographié car il implique nécessairement la présence de remblai à la surface. NB : La localisation d'un « bâtiment souterrain » dispense d'indiquer la présence de remblai à la surface, il est de toute façon impossible de superposer ces deux types de polygones via l'outil.
- Toutes les zones qui ont été décapées pour les besoins du projet devront être considérées comme « remblais artificiels » à l'issue du projet.
- Une « zone potentiellement compactée » est une zone qui n'a pas été décapée et qui a été malencontreusement tassée lors des travaux. Les règles de protection des sols sur chantier qui sont en vigueur en Suisse et qui permettent d'atténuer grandement ce genre d'atteintes sont clairement détaillées et illustrées, au sein des documents situés dans le chapitre « Ressources utiles ».

## Mise en œuvre :

- Un de ces trois éléments est digitalisé au niveau de son emplacement futur.
- Un clic droit fera apparaître l'interface « simulation – modulation - attributs d'entités » qui permettra de catégoriser ce dernier via le menu déroulant appelé « données additionnelles » (cf Figure 8).

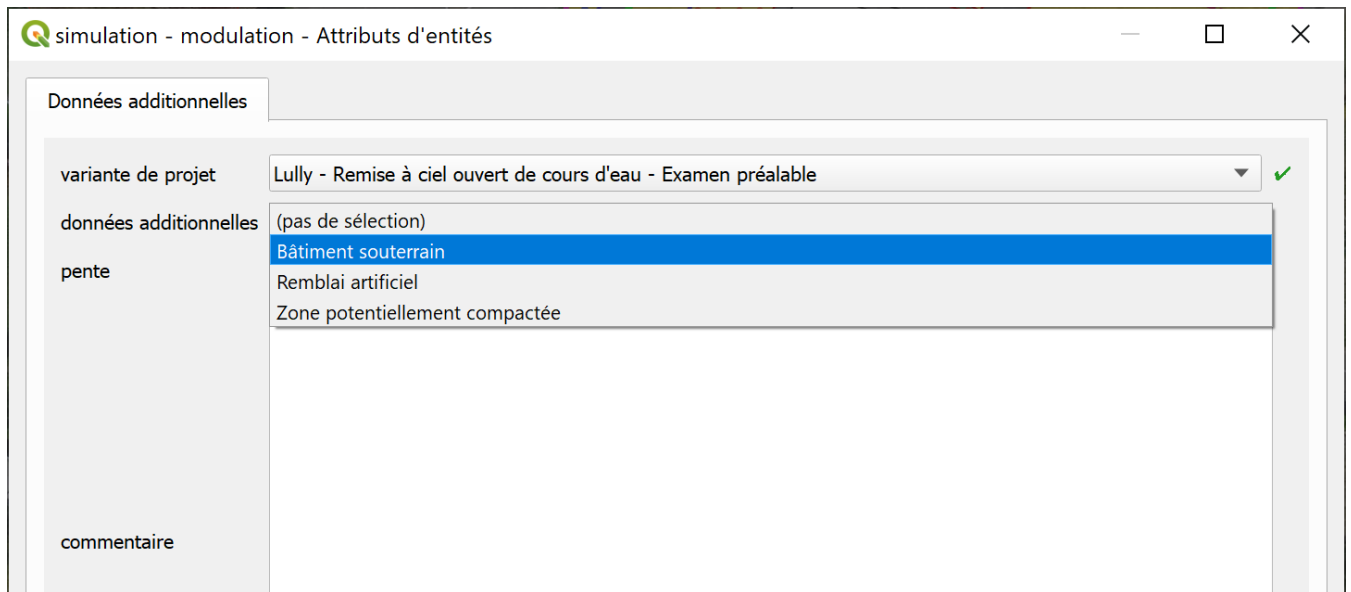


Figure 8 : Interface permettant de catégoriser le type d'élément

- Puis, au sein de l'interface « simulation – modulation - attributs d'entités », il est possible de préciser la nature de ces éléments :
  - Choisir une catégorie de « Profondeur utile » pour les racines situées au-dessus du « bâtiment souterrain ». La profondeur utile correspond ici à la hauteur de sol à disposition des racines pour se développer. Si le sol est très pierreux ou s'il a été compacté lors du décapage ou du fait de mauvaises manipulations, vous pouvez péjorer la profondeur d'une ou de deux catégories.
  - Choisir une catégorie de « Pente » du sol en surface pour les objets de type « remblai artificiel » et « zone potentiellement compactée », « bâtiment souterrain ».
  - Écrire un texte libre dans « Commentaires » pour indiquer toutes informations pouvant aiguiller quant à la qualité des sols de l'objet cartographié. Il peut par exemple être judicieux d'indiquer les raisons qui



font qu'une « zone potentiellement compactée » est cartographiée sur le futur site du projet, ou encore la nature du futur remblai si elle est connue.

simulation - modulation - Attributs d'entités

Données additionnelles

variante de projet Lully - Remise à ciel ouvert de cours d'eau - Examen préalable ✓

données additionnelles Bâtiment souterrain

▼ Profondeur utile

profondeur utile

pente

commentaire NULL

OK Annuler

Figure 9 : Interface permettant de caractériser plus précisément l'objet « bâtiment souterrain »

### Hypothèses adoptées POUR cette étape :

Pour rappel la loi préconise d'optimiser la réutilisation du sol décapé (article 18-1, OLED). En pratique, dès que cela est possible, la terre est valorisée sur place pour des raisons économiques évidentes (évitement des frais liés au transport et à la mise en décharge). Par conséquent, l'équipe du projet a fait l'hypothèse que les remblais dessinés dans le cadre des différentes variantes (qu'ils soient situés ou non au-dessus d'un bâtiment souterrain) étaient constitués à partir du sol décapé sur le site du projet.

Si les règles de protection des sols lors de leur manipulation et reconstitution sont respectées, l'atteinte au sol peut être minimisée mais elle est néanmoins réelle et les erreurs sont fréquentes. Pour tenir compte de cette réalité, il a donc été considéré que le remaniement des sols existants diminue de 50% la plupart des propriétés du sol initialement en place et par conséquent la capacité du sol à assurer ses fonctions.

## 5. Cinquième étape : Digitaliser et caractériser les objets présents au sein de la variante

- La couche « simulation » est basculée en mode édition
- Digitaliser les objets.
- Par un clic droit préciser la nature de l'objet via l'interface « simulation – attributs d'entités » à l'aide des trois menus déroulants en cascades « état de surface niv. 1, 2 et 3 » de l'onglet « 1 - Surface du sol ». Les niveaux 2 et 3 permettent de préciser la nature de l'objet. (NB: ces trois menus déroulants sont identiques à ceux de l'étape 1 de l'outil d'ajustement et détaillés dans le rapport du même nom)

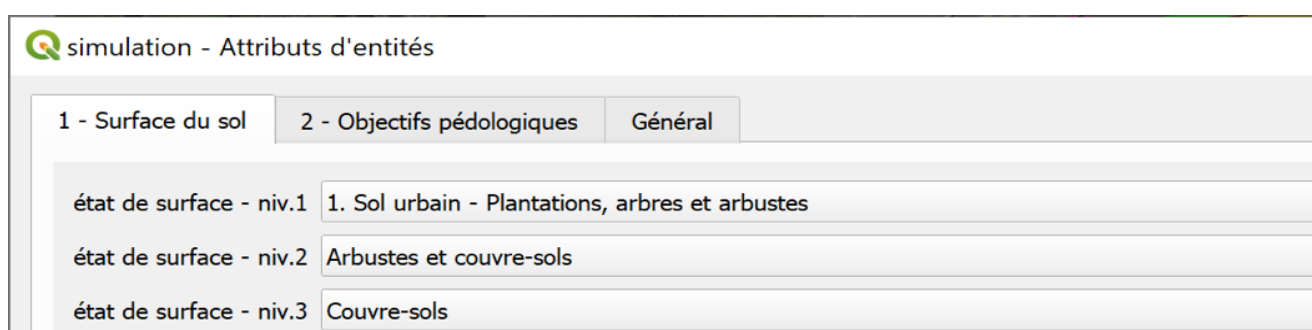


Figure 10 : Interface "attributs d'entités", vue des trois menus déroulant en cascade permettant de caractériser l'état de surface d'un objet de la variante.

- Sélectionner, sur la même interface, la fonction à préserver (optimiser) en priorité via le menu déroulant dédié.
- Des « recommandations » apparaîtront dans la zone de texte située en bas de l'interface. Ces dernières ont pour but d'aider le porteur de projet à choisir les catégories visibles dans les menus déroulants optimales du point de vue de la fonction ciblée.

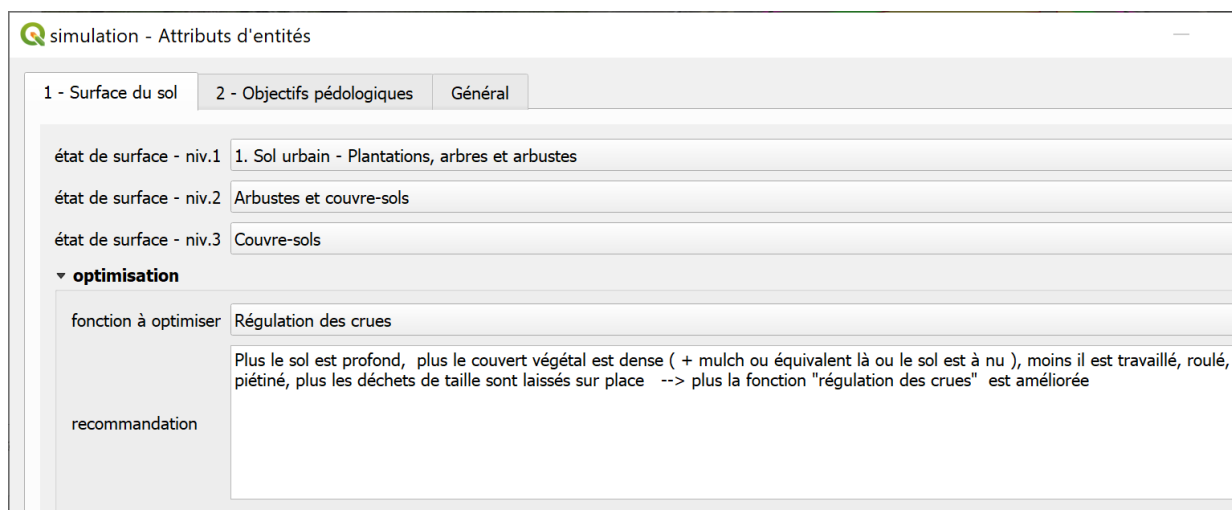


Figure 11 : l'onglet "optimisation" au sein de l'interface "attributs d'entité" permet de choisir la fonction à optimiser grâce au menu déroulant du même nom. Les recommandations sont dynamiques et changent selon la fonction et l'état de surface choisi.

- Pour optimiser la fonction choisie, procéder à des modifications dans les choix initiaux faits au sein des menus déroulants « état de surface niv. 1, 2 et 3 » (cf Figure 10). Ces modifications seront généralement guidées par les messages lus dans "recommandation".
- Vérifier à l'aide du message dynamique (situé dans la zone texte « recommandation ») que le nouveau choix est optimal du point de vue de la fonction ciblée en priorité.  
Nb : Il est possible de naviguer d'une fonction à l'autre afin de lire les messages associés. Il arrive souvent que l'optimisation d'une des fonctions bénéficie aussi à une des autres fonctions cartographiées.
- Cliquer sur l'onglet « 2. Objectifs pédologiques » et modifier les caractéristiques pédologiques de l'objet selon vos intentions pour la variante testée. Il est par exemple possible de tester l'impact de l'augmentation de la profondeur utile dans le cadre de l'implantation d'un remblai. Plus le porteur de projet augmentera ses exigences, notamment en matière de profondeur utile, plus il optimisera à la fois la fonction « infiltration/ stockage de l'eau » et la fonction « production de biomasse ».

Ces opérations peuvent être répétées aussi longtemps que souhaité. **Il faut répéter les étapes 2 à 5 pour tester une seconde variable.**

#### **6. Septième étape : comparaison des cartes et choix de la variante**

Si deux variantes sont équivalentes du point de vue de leur impact sur la fonction ciblée, privilégier celle qui minimise la circulation des machines sur le chantier. La revalorisation des matériaux sur place peut être considérée comme un avantage. En effet, s'il y a moins de transport, il y a moins de manipulation de sol et par conséquent moins de risques d'atteintes au sol (principe de précaution).

## **5. Ressources utiles**

Le sol en tant que milieu naturel est une ressource essentielle. La confédération et les cantons veillent à fournir sur leur site officiel des informations précises et vulgarisées ainsi que des conseils pratiques concernant les règles de protection des sols sur chantier.

---

# Bibliographie

Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (Loi sur la protection de l'environnement, LPE), articles 1, 7, 33 à 35. Numéro RS 814.01.

Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (Loi sur l'aménagement du territoire, LAT) Numéro RS 700.

OFEV Office. fédéral de l'environnement. 2022. Carte de l'aléa ruissellement. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-naturgefahren/naturgefahren--fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahregrundlagen/gefahrdungskarte-oberflaechenabfluss.html> (accessed 2 June 2023).

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (Ordonnance sur les déchets, OLED) du 4 décembre 2015 (État le 1er janvier 2023) Numéro RS 814.600

Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (Osol), articles 1, 6, 7. Numéro RS 814.12.

# Annexe

Tableau 1. Liste des objets identifiables lors de l'étape 2 et les documents dans lesquels trouver l'information.

Objets identifiables lors de l'étape 2	Description	Documents source
<b>Ancien bâtiment</b>	Surface verte, auparavant occupée par un bâtiment.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enquête auprès des opérateurs</li> <li>2. Comparaison d'orthophotos anciennes et récentes</li> <li>3. Visite de terrain</li> </ol>
<b>Ancien chemin et ancienne route</b>	Surface verte, auparavant occupée par un chemin goudronné ou une route.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enquête auprès des opérateurs</li> <li>2. Comparaison d'orthophotos anciennes et récentes</li> <li>3. Visite de terrain</li> </ol>
<b>Ancien chemin de fer</b>	Surface verte, auparavant occupée par un chemin de fer.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enquête auprès des opérateurs</li> <li>2. Comparaison d'orthophotos anciennes et récentes</li> <li>3. Visite de terrain</li> </ol>
<b>Carrières et gravières en cours d'exploitation</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plan Directeur des carrières (PDCar) – 2014  <a href="https://www.vd.ch/themes/environnement/ressources-minerales/planification-et-gestion-des-carrieres-et-gravieres/">https://www.vd.ch/themes/environnement/ressources-minerales/planification-et-gestion-des-carrieres-et-gravieres/</a></li> <li>2. Visite de terrain</li> </ol>
<b>Décharges en cours d'exploitation</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plan sectoriel des décharges contrôlées (PSDC) – 2020  <a href="https://www.vd.ch/toutes-les-autorites/departements/departement-de-lenvironnement-et-de-la-securite-des/direction-generale-de-lenvironnement-dge/publications-dge/publications-dechets/">https://www.vd.ch/toutes-les-autorites/departements/departement-de-lenvironnement-et-de-la-securite-des/direction-generale-de-lenvironnement-dge/publications-dge/publications-dechets/</a></li> <li>2. Visite de terrain</li> </ol>
<b>Remblai artificiel</b>	<p>Sont considérés des remblais artificiels :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zones décapées lors d'un chantier et remises en état</li> <li>2. Anciennes décharges* remises en état</li> <li>3. Anciennes carrières et gravières remises en état</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rapport de suivi pédologique lors de chantiers (cf. permis de construire) : voir les « Cartes de décapage des horizons A et B », le « Bilan des surfaces et des volumes de sol » ainsi que les « Objectifs de remise en culture ».</li> <li>2. Comparaison d'orthophotos anciennes et récentes</li> <li>3. Enquête auprès des opérateurs</li> </ol>

		*Cela concerne les décharges de type A, les autres décharges sont à priori incluses dans le cadastre des sites pollués, déjà intégré dans la carte IQS.
<b>Zone potentiellement compactée</b>	<p>Sont considérés des zones potentiellement compactées :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zone de stockage de matériaux terreux</li> <li>2. Anciennes installations de chantier (y.c. pistes de circulation et d'accès) remises en état</li> <li>3. Installations de chantier actuelles (y.c. pistes de circulation et d'accès)</li> <li>4. Zone de mouille, ornières (supérieure à 20 m2)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rapport de suivi pédologique lors de chantiers (cf. permis de construire) : voir la « Localisation des emprises temporaires et définitives, des places d'installation de chantier et des pistes », les « Surfaces destinées au stockage des matériaux terreux » et le « Bilan des surfaces et des volumes de sol »</li> <li>2. Enquête auprès des opérateurs</li> <li>3. Visite de terrain</li> <li>4. Orthophotos</li> </ol>
<b>Bâtiment souterrain</b>	Bâtiment souterrain qui n'aurait pas été cartographié au sein de la carte IQS de base ; correspond souvent à des parkings.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enquête auprès des opérateurs</li> <li>2. Comparaison d'orthophotos anciennes et récentes</li> <li>3. Visite de terrain</li> </ol>