

Université du Québec
Institut National de la Recherche Scientifique
Centre Eau Terre Environnement

Le modèle hydrologique HYDROTEL
Guide de l'utilisateur

-
Débutant

Etienne Foulon, Ph.D., CPI
Stéphane Savary, M.Sc., ing.
Sébastien Tremblay
Alain N. Rousseau, Ph.D., ing.

Rapport R2240
HYDROTEL v 4.1.21

© INRS, Centre - Eau Terre Environnement, 2024
Tous droits réservés

ISBN : 978-2-89146-994-4 (version numérique)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2025

Contexte

Bienvenu dans le guide de l'utilisateur de PHYSITEL. Ce guide est conçu pour vous aider à naviguer et à utiliser les fonctionnalités d'un projet existant. Il n'est pas destiné aux utilisateurs avancés qui souhaitent créer un projet à partir de zéro, mais plutôt à ceux qui apprivoisent le logiciel.

Pour commencer

Avant de plonger dans les détails, assurez-vous d'avoir tout ce dont vous avez besoin pour commencer à explorer le projet :

- **Accès** : Assurez-vous d'avoir les autorisations nécessaires pour accéder au projet. Si vous n'êtes pas sûr, contactez votre administrateur ou gestionnaire de projet.
- **Installation du logiciel** : Assurez-vous que le logiciel est installé sur votre système. Si ce n'est pas le cas, vous devez simplement copier et coller les fichiers nécessaires dans le répertoire de votre choix et créer un raccourci sur le bureau pour faciliter l'utilisation.
- **Licence** : Assurez-vous que votre licence est activée et que la langue est réglée sur le français. Si vous n'avez pas de licence, contactez Alain N. Rousseau à alain.rousseau@inrs.ca

Symboles

Les symboles suivants sont utilisés tout au long de ce document pour attirer l'attention du lecteur sur des points cruciaux.



NE PAS FAIRE



AIDE



INFORMATION



ASTUCE

Sommaire

1	La structure d'HYDROTEL.....	4
1.1	Structuration spatiale.....	4
1.2	Structure temporelle.....	5
1.3	Sous-modèles et processus hydrologiques.....	5
2	Naviguer dans le projet.....	7
2.1	Ouvrir un projet existant.....	7
2.2	Options de navigation.....	9
2.3	Informations géographiques d'entrée.....	10
2.4	Fenêtre d'affichage principale.....	10
2.5	Fenêtre de présentation des informations géographiques détaillées.....	12
2.5.1	Sélection d'un tronçon et des stations hydrométriques.....	12
2.5.2	Information à l'échelle de l'UHRH.....	14
3	Données d'entrée.....	15
3.1	Données hydrométriques (dossier hydro).....	17
3.2	Données météorologiques (dossier meteo).....	19
4	Calculs.....	20
4.1	Options principales de mise en place d'une simulation.....	21
4.1.1	Paramètres temporels.....	21
4.1.2	Options diverses.....	22
4.1.3	Choix de sous-modèles.....	23
4.1.4	Options pour les milieux humides.....	23
4.2	Démarrer une simulation.....	24
4.3	Structure spatiale, groupe d'UHRH.....	24
4.4	Modification des sous-modèles.....	26
5	Résultats.....	27
5.1	Visionnement par l'interface graphique.....	28
5.2	Accès aux résultats détaillés.....	34

1 La structure d'HYDROTEL

HYDROTEL est un modèle hydrologique distribué. Les calculs sont effectués sur un ensemble d'unités de calcul réparties au sein d'un bassin versant. Cette approche permet de mieux prendre en compte la variabilité spatiale des caractéristiques physiographiques (topographie, utilisation des terres, types de sols, etc.) et des systèmes météorologiques qui l'affectent. **Temporellement**, HYDROTEL est un modèle qui fonctionne en continu, contrairement à un modèle basé sur des événements. Enfin, les divers processus hydrologiques se produisant au sein d'un bassin versant entre les événements de précipitation ou de fonte des neiges et les écoulements des rivières sont considérés dans HYDROTEL comme des **sous-modèles**. Ces dimensions de la structure de simulation de HYDROTEL sont discutées plus en détail dans les sections suivantes.

1.1 Structuration spatiale

PHYSITEL est un SIG spécialisé. Il a été utilisé pour préparer la base de données du bassin versant selon la structure spatiale des écoulements et permet la simulation des processus hydrologiques pour chaque Unité Hydrologique Relativement Homogène (UHRH). Ces processus sont influencés par l'utilisation des terres, tels que les types de végétation et la présence de surfaces imperméables comme les affleurements rocheux, les routes, les zones urbaines ou industrielles. À l'aide d'images obtenues par télédétection, le pourcentage de chaque classe d'utilisation des terres des UHRH est estimé. De plus, la distribution spatiale des types de sols dans est intégrée. Elle peut varier des sables aux argiles, en incluant les zones d'affleurement. Ces sols peuvent également varier en épaisseur au-dessus du *substratum* rocheux. Pour simplifier, un seul type de sol dominant a été choisi pour chaque UHRH. Cependant, s'il y a une variation spatiale significative des types de sols, la discrétisation des UHRH doit être adaptée pour en tenir compte.

Les données physiographiques susmentionnées constituent la base de données d'entrée pour le modèle HYDROTEL. Sans altérer les données spatiales, dans HYDROTEL, il est possible de regrouper les UHRH. Étant donné qu'un bassin versant est généralement divisé en plusieurs centaines voire milliers d'UHRH, il est relativement inapplicable d'attribuer des valeurs individuelles aux variables physiographiques, météorologiques ainsi qu'aux paramètres des sous-modèles à chaque UHRH. La raison principale est que les utilisateurs manquent généralement d'informations suffisamment détaillées sur le bassin versant pour attribuer des valeurs satisfaisantes à ce niveau. Il devient alors acceptable de fournir des valeurs identiques pour l'ensemble du bassin versant. Cependant, HYDROTEL offre un compromis. Les utilisateurs peuvent regrouper les UHRH en fonction de leurs connaissances sur l'utilisation des terres et les types de sols au sein du bassin versant, puis attribuer des

valeurs pour certaines variables physiographiques, météorologiques et des paramètres des sous-modèles spécifiques à chacun de ces groupes d'UHRH.

1.2 Structure temporelle

HYDROTEL effectue des simulations continues, débutant et se terminant à des dates et heures spécifiques. Au cours de chaque période de simulation, HYDROTEL fournit des résultats de simulation à chaque pas de temps, qui peuvent être de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 et 24 heures.

Les données météorologiques et hydrologiques d'entrée doivent être connues pour des intervalles de temps qui n'excèdent pas la durée du pas de temps de simulation. Les données connues à des intervalles de temps plus fins sont intégrées à l'échelle du pas de temps de simulation. Il est important de noter que bien que certains sous-modèles puissent utiliser des étapes de calcul internes plus petites que le pas de temps de simulation externe de HYDROTEL pour des raisons de stabilité numérique, le flux de données entre les sous-modèles se produit uniquement une fois par pas de temps de simulation externe.

Dans ce contexte, il est important de considérer l'exemple suivant. Si HYDROTEL est configuré avec un pas de temps de 24 heures, mais que les données météorologiques sont connues à un intervalle horaire, les quantités de précipitations horaires seront additionnées pour calculer les totaux quotidiens. Ces valeurs sommées ou intégrées seront ensuite utilisées dans les sous-modèles. Cependant, si un sous-modèle tel que le modèle de bilan hydrique vertical doit utiliser un pas de temps interne de deux heures pour des raisons numériques, les précipitations utilisées pour les calculs seront les précipitations intégrées sur 24 heures divisées par 12, et non les données horaires. Pour maintenir le détail temporel des données horaires, le modèle doit être utilisé avec un pas de temps de simulation externe qui est horaire.

1.3 Sous-modèles et processus hydrologiques

HYDROTEL divise la simulation des processus hydrologiques en six sous-modèles principaux : interpolation des données météorologiques, évolution de la couverture neigeuse, évapotranspiration potentielle, bilan hydrique vertical, ruissellement de surface et écoulement dans le réseau hydrographique. De plus, HYDROTEL comprend un processus interne pour tenir compte des milieux humides (isolés et riverains) qui peuvent être activés ou non.

Pour chaque processus hydrologique, HYDROTEL offre un choix entre un ou plusieurs algorithmes (Tableau 1) adaptés à la disponibilité des données d'entrée. Par exemple, si seules les données de précipitations et de températures d'une seule station sont

disponibles pour un bassin versant, et qu'aucune base de données ne fournit d'informations sur la distribution des types de sols, le modèle peut être utilisé avec des options minimales, telles que les polygones de Thiessen, la méthode des degrés-jours, l'équation de Thornthwaite ou l'équation d'Hydro-Québec, le bilan hydrique vertical utilisant l'algorithme CEQUEAU, etc. À l'inverse, si un bassin versant est bien documenté, notamment en termes de données météorologiques et de connaissance de la distribution des sols, des sous-modèles plus complets peuvent être utilisés, tels que la moyenne pondérée de la distance inverse aux trois stations les plus proches, la méthode des degrés-jours avec bilan énergétique mixte, l'équation de Penman-Monteith, le bilan hydrique vertical avec trois couches de sol, etc.

Les processus hydrologiques, les UHRH et les segments de rivière du réseau hydrographique sont bien sûr reliés. Les quatre premiers processus (interpolation des données météorologiques, évolution de la couverture neigeuse, évapotranspiration potentielle et bilan hydrique vertical) sont simulés au niveau de chaque UHRH. Il en va de même pour les flux entre eux. Le ruissellement de surface est simulé en produisant initialement un hydrogramme unitaire géomorphologique spécifique à chaque UHRH, généré par l'écoulement d'une hauteur d'eau de référence de cellule en cellule au sein de cette unité de calcul. Il est important de noter que les flux entre les algorithmes qui simulent les cinq premiers processus hydrologiques sont réalisés au niveau des UHRH. Ainsi, le sous-modèle qui calcule le ruissellement de surface reçoit, à chaque pas de temps et au niveau de l'UHRH, une hauteur d'eau qu'il distribue dans le temps en fonction de l'hydrogramme unitaire géomorphologique estimé précédemment à partir de la structure d'écoulement interne spécifique de l'UHRH. Enfin, l'écoulement dans le réseau hydrographique est simulé pour chaque segment du réseau. Les entrées pour chaque segment proviennent du segment amont et des contributions latérales des UHRH connectés. En complément, le module de milieux humides isolés intervient au niveau de chaque UHRH, et le module de milieux humides riverains est intégré au niveau des segments de rivière associés.

Tableau 1: Processus hydrologiques simulés et choix d'algorithmes

Processus hydrologiques	Algorithmes
1. Interpolation des données météorologiques	1.1 Polygones de Thiessen 1.2 Moyenne pondérée des trois stations les plus proches
2. Évolution du couvert de neige	2.1 Degré-jour modifié Bandes altitudinales
3. Température de sol/ profondeur de gel	3.1 Rankinen (2004) 3.2 Thorsen (2010)
4. Fonte des glaciers	4.1 Degré-jour

5. Évapotranspiration potentielle	5.1 Hydro-Québec
	5.2 McGuinness (1972)
	5.3 Penman (1948)
	5.4 Linacre (1977)
	5.5 Thornthwaite (1948)
	5.6 Priestley-Taylor (1972)
	5.7 Penman-Monteith (Monteith 1965)
6. Balance vertical de l'eau	6.1 BV3C
	6.2 CEQUEAU
7. Écoulement vers le réseau hydrographique	7.1 Onde cinématique
8. Écoulement dans le réseau hydrographique	8.1 Onde cinématique modifiée
9. Milieux humides	9.1 Isolé / riverain

2 Naviguer dans le projet

2.1 Ouvrir un projet existant

Une fois HYDROTEL lancé, naviguer l'interface graphique est relativement simple. Dans la barre de menu, les options accessibles sont très limitées. Vous trouverez les commandes/éléments d'action pour créer un projet, ouvrir un projet, une base de données ou quitter. Pour ouvrir un projet, il suffit de cliquer sur "Ouvrir" comme indiqué à la Figure 1 pour afficher la Figure 2.

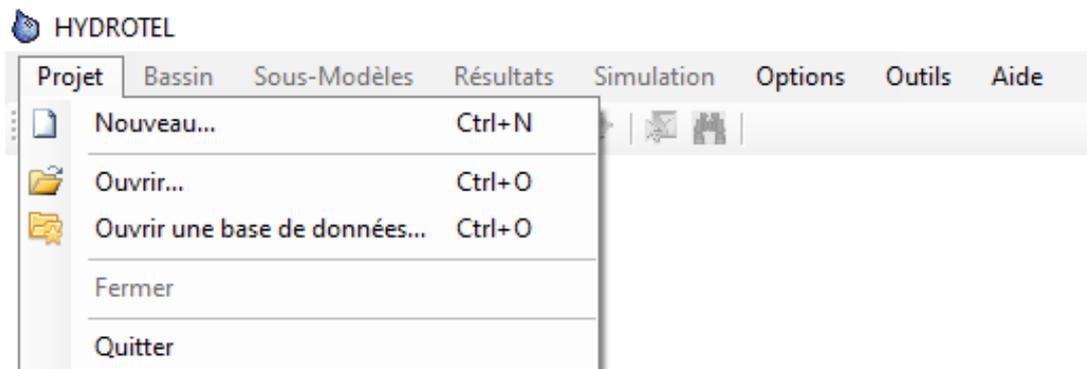


Figure 1: Barre de menu d'HYDROTEL, menu « Projet »

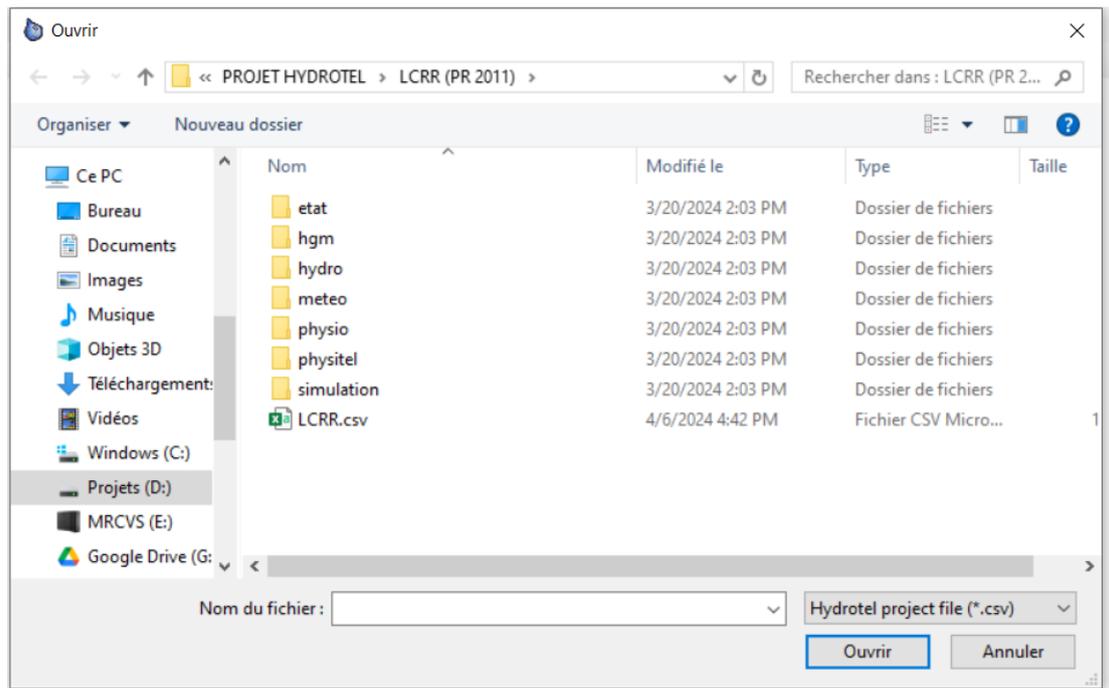


Figure 2: Fenêtre contextuelle d'ouverture de projet

Cette boîte de dialogue permet de naviguer dans les dossiers de l'ordinateur et de localiser le projet HYDROTEL existant. L'interface graphique d'un projet ouvert apparaît à la Figure 3.



Les projets HYDROTEL sont identifiés par une extension de fichier .csv

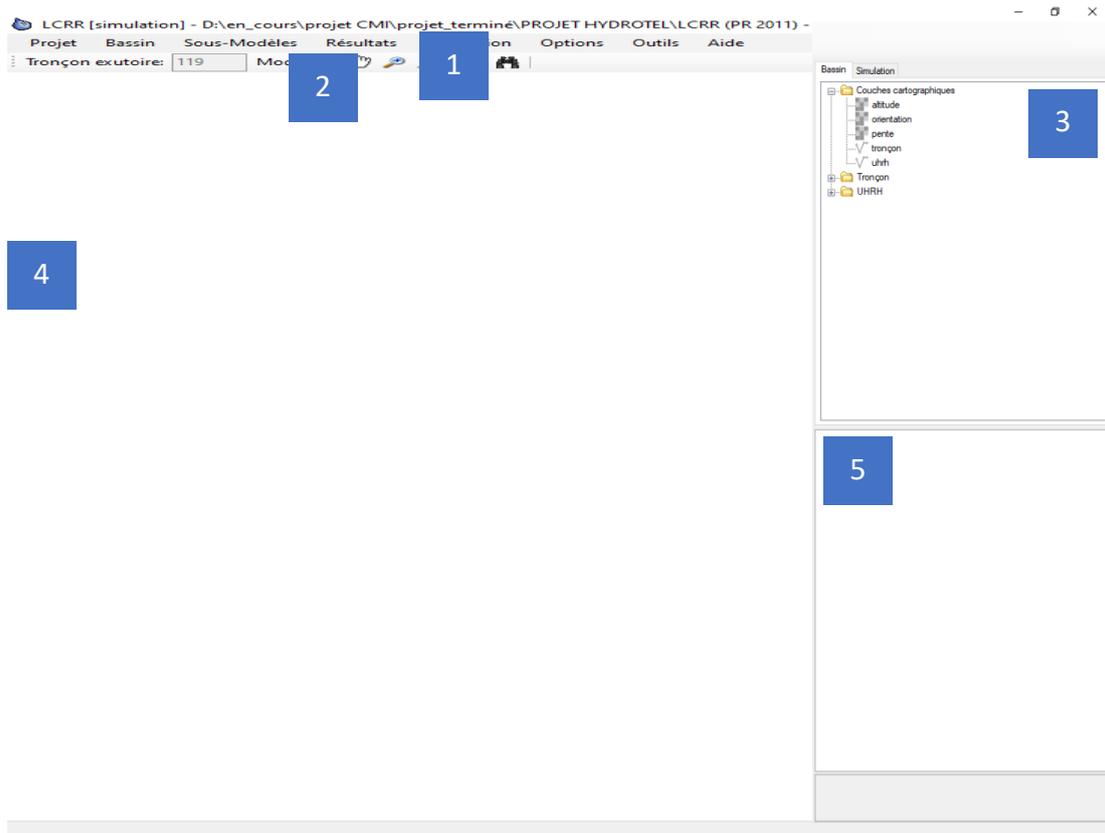


Figure 3: Aperçu de l'Interface graphique d'HYDROTE lorsqu'un projet est ouvert

L'interface est divisée en une barre de menu (1), icônes de navigation (2), fenêtre des données d'entrée (3), fenêtre d'affichage principal (4) et fenêtre des informations géographiques détaillées (5).

2.2 Options de navigation

Les options de navigation (2) accessibles via des icônes sont standard. Un zoom sur cette zone est fourni à la Figure 4.

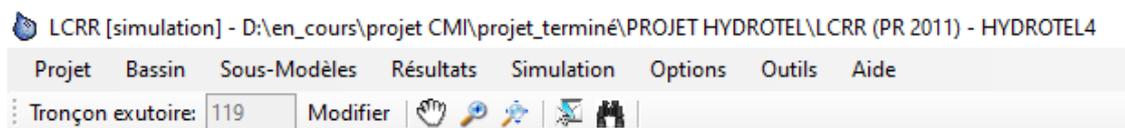


Figure 4: Icônes de navigation spatiale

De gauche à droite, l'icône "tronçon exutoire" identifie le tronçon aval utilisé pour les calculs. Si ce n'est pas l'exutoire réel du projet global, seule la partie amont sera considérée lors des simulations. Les icônes suivantes permettent de naviguer sur la carte (main), de zoomer, de définir l'étendue du projet, de sélectionner un tronçon ou une UHRH dans la fenêtre principale, ou de sélectionner un tronçon ou une UHRH en utilisant son numéro d'identification.



Notez que l'affichage est dynamique. Les icônes sont uniquement actives si un projet est ouvert



Passer la souris sur une icône du menu affiche sa fonction dans une info-bulle.

2.3 Informations géographiques d'entrée

Le panneau supérieur droite de la Figure 3 présente les données géographiques d'entrée du bassin versant, tel qu'illustré à la Figure 5.

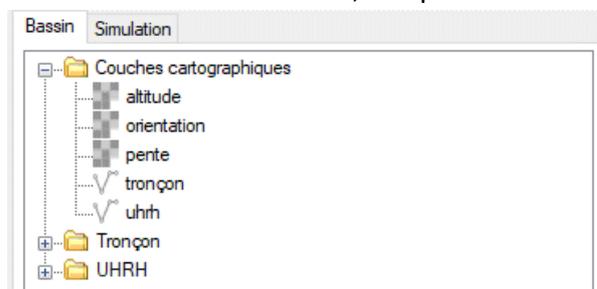


Figure 5: Panneau latéral de présentation des données d'entrée géographiques du bassin versant

Ces données d'entrée incluent les couches cartographiques construites à l'aide de PHYSITEL, c'est-à-dire l'élévation, la direction de l'écoulement, la pente, la segmentation du réseau de rivières (c'est-à-dire, les tronçons) et les UHRH. Elles peuvent être affichées en double-cliquant. Le lecteur peut également se référer au manuel de l'utilisateur de PHYSITEL pour des informations détaillées. Le dossier des tronçons de rivières et des UHRH contient simplement une liste de tous les tronçons et UHRH triés selon leur numéro d'identification, allant de 1 au nombre de tronçons et d'unités hydrologiques utilisés dans le projet actuel. En double-cliquant sur le numéro d'identification, les propriétés de l'objet sont affichées dans la fenêtre des informations géographiques détaillées.

2.4 Fenêtre d'affichage principale

La fenêtre d'affichage principale montre l'ensemble du bassin versant (par défaut) comme illustré à la Figure 6. L'utilisateur peut zoomer ou dézoomer en utilisant les icônes de navigation ou la molette de la souris.

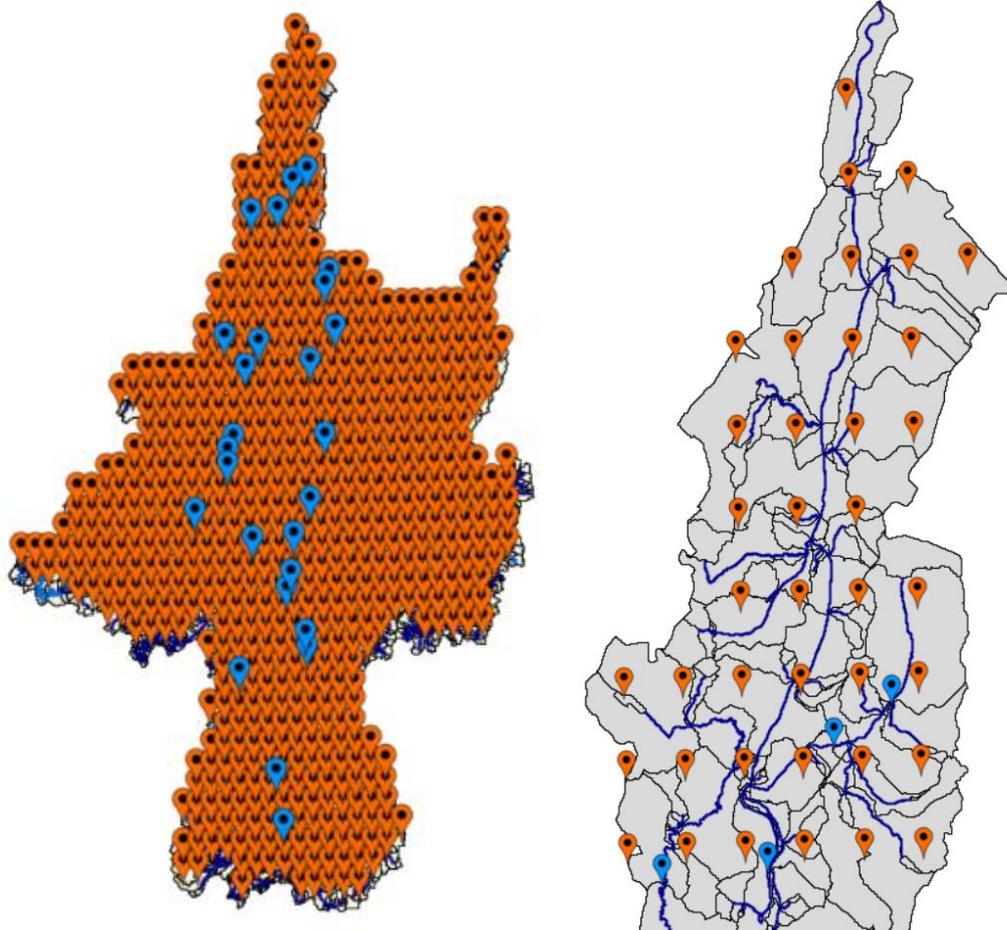


Figure 6: Aperçu de la fenêtre principale présentant le bassin versant (gauche) et agrandissement sur la partie la plus au Nord (à droite)

Les épingles bleues et rouges localisent respectivement les stations hydrométriques et météorologiques. Le réseau hydrographique est représenté par un réseau de lignes bleues interconnectées, tandis que les lignes noires montrent la délimitation des UHRH. Les UHRH affichés en gris sont en dehors de la zone contributive du tronçon exutoire (tronçon 119 dans cette configuration). Lorsque les UHRH se trouvent dans la zone de drainage, ils apparaissent en jaune, comme le montre la Figure 7. La couleur orange est réservée pour l'exutoire actuellement considéré, qui est le lac Champlain dans ce cas.

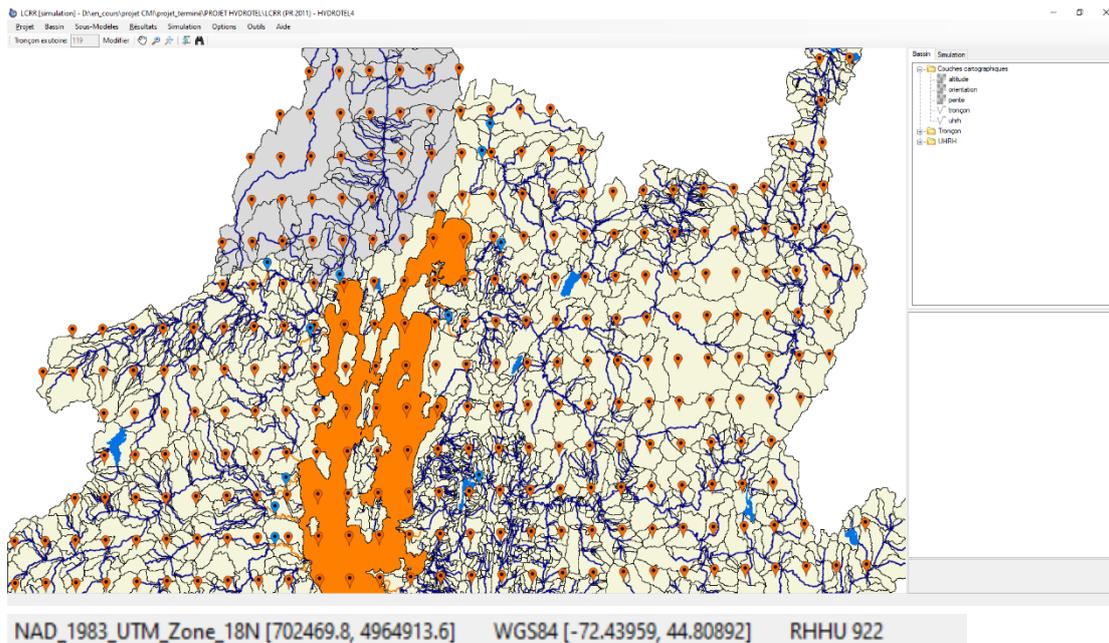


Figure 7: Fenêtre d'affichage principale, discrimination des zones incluses dans la zone de calcul du projet HYDROTEL



Modifier le tronçon exutoire peut aider à réduire les temps de calcul, car cela permet à l'utilisateur de ne modéliser qu'une partie du système plutôt que l'ensemble.



Dans le projet actuel, l'exutoire ne doit pas être placé en aval du lac Champlain en raison de la précision de la modélisation du lac et de l'utilisation appropriée du modèle hydrologique.

2.5 Fenêtre de présentation des informations géographiques détaillées

Les sélections effectuées dans la fenêtre principale sont liées à la fenêtre des informations géographiques détaillées (5), ainsi qu'à la position dans le système géodésique utilisé, affichée en bas de la fenêtre principale comme le montre la portion zoomée en bas de la Figure 7.

2.5.1 Sélection d'un tronçon et des stations hydrométriques

Sélectionner un tronçon dans la fenêtre d'affichage principale, comme montré à la Figure 8, mettra en surbrillance tous les UHRH en amont de ce tronçon en bleu clair.

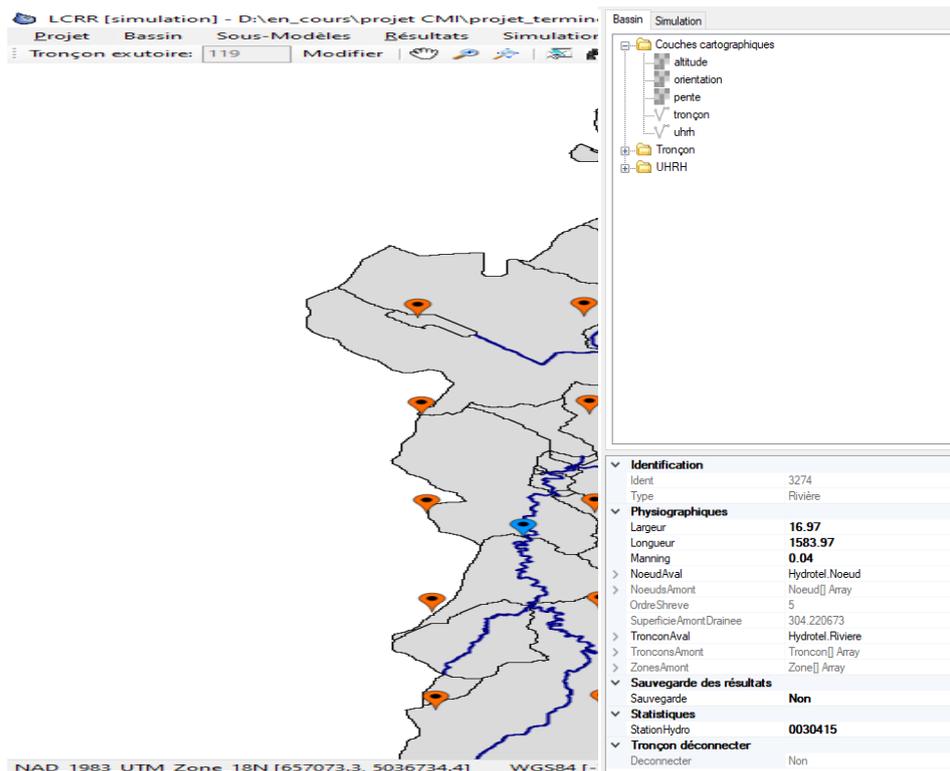


Figure 8: Sélection d'un tronçon de rivière dans la fenêtre d'affichage principale

La fenêtre des informations géographiques détaillées affiche toutes les informations disponibles pour le tronçon spécifique sélectionné, notamment s'il est connecté au réseau hydrographique global, son identification et son type (Figure 8, Ident: 3274, et type Rivière), ses propriétés physiographiques, y compris sa longueur (Figure 8, 1583,97 m), le coefficient de Manning associé (Figure 8, 0,04), l'ordre de Strahler (Figure 8, 5), la superficie de drainage en amont (Figure 8, 304,220673 km²) et sa largeur (Figure 8, 16,97 m). Elle indique également si les résultats de sortie sont spécifiquement sauvegardés pour ce tronçon (Figure 8, non) et si une station hydrométrique est associée (Figure 8, la station hydrométrique 0030415 est associée au tronçon de rivière 3274, mais les résultats ne sont pas sauvegardés). En revanche, la Figure 10 montre les informations détaillées du tronçon de rivière 2331, qui est associé à la station hydrométrique 420000 et pour lequel les résultats sont spécifiquement sauvegardés.

Pour rendre l'accès à la liste des résultats sauvegardés plus efficace, l'utilisateur peut accéder au menu Résultats, cliquer sur les tronçons de rivière sélectionnés comme montré à la Figure 9 pour faire apparaître la Figure 10. Celle-ci répertorie tous les tronçons de rivière pour lesquels les résultats sont sauvegardés et indique s'ils sont associés à une station hydrométrique ou non.

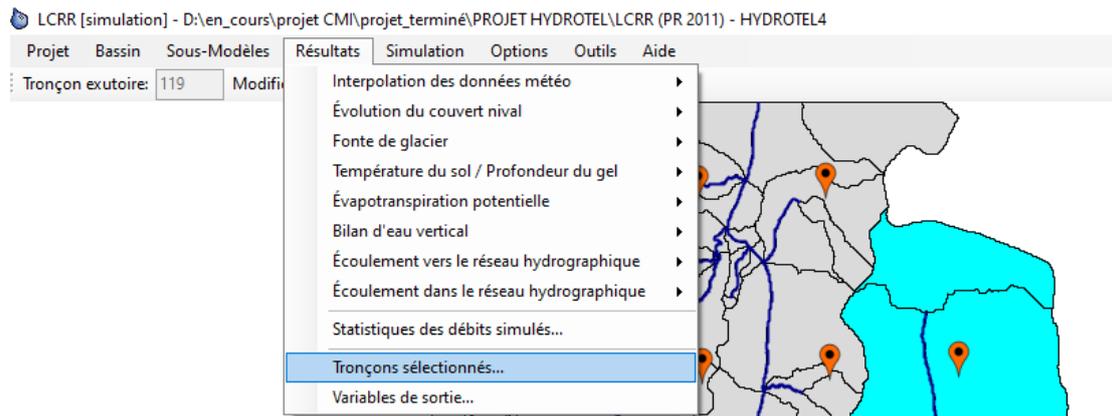


Figure 9: Accès à la liste des tronçons de rivières sélectionnés pour l'enregistrement des résultats de simulation dans HYDROTEL

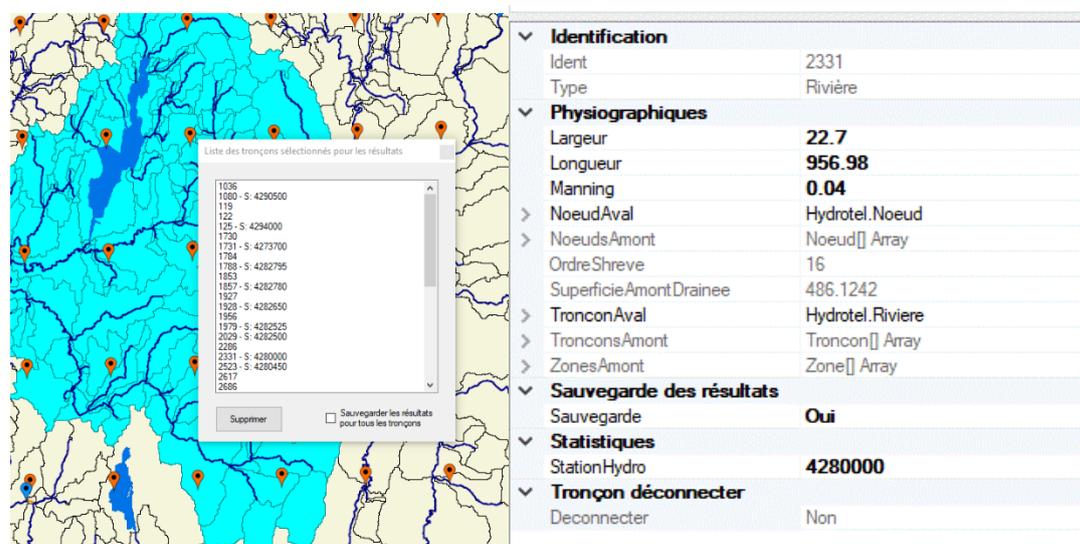


Figure 10: Liste de tronçons de rivières sélectionnés et association à une station hydrométrique

2.5.2 Information à l'échelle de l'UHRH

Comme pour les informations sur les tronçons, l'utilisateur peut sélectionner une UHRH dans la fenêtre d'affichage principale et accéder à ses informations détaillées comme montré à la Figure 11.

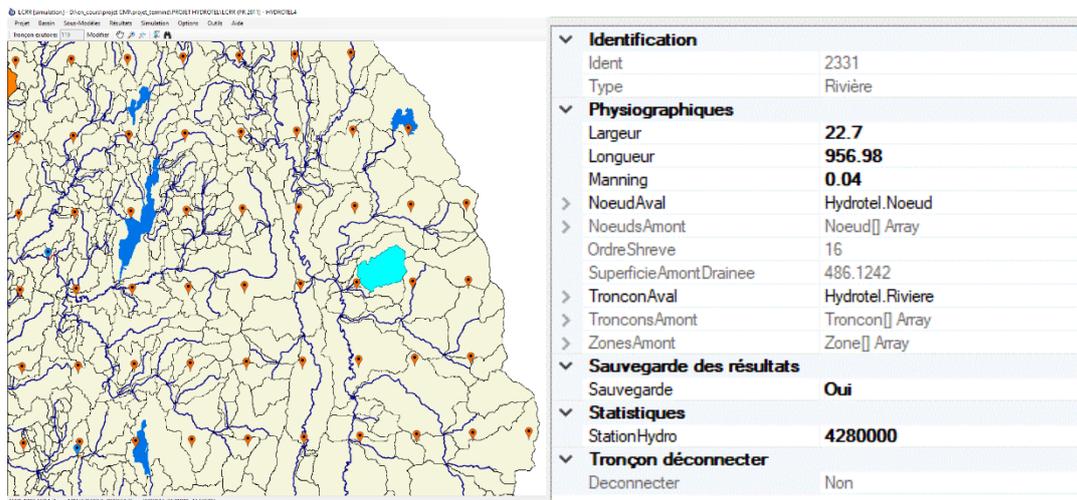


Figure 11: Accès aux informations détaillées d'une UHRH dans la fenêtre d'affichage principale

La fenêtre des informations géographiques détaillées présente les informations disponibles pour l'UHRH sélectionnée, à savoir son identification et son type (Figure 11, Ident: 3274, et type sous-bassin versant), la localisation du centroïde (Figure 11, X=..., Y=, Z=), et les propriétés physiographiques, y compris sa superficie (Figure 11, 11,8089 km²), l'altitude moyenne (Figure 11, 300,68 m), la direction moyenne de l'écoulement (Figure 11, Ouest) et la pente (Figure 11, 0,15). Elle indique également aux utilisateurs si l'UHRH est incluse dans un groupe de sous-bassins versants (Figure 11, groupe 4282500), le nombre de cellules de base dont elle est composée (Figure 11, 13121), et donne accès aux propriétés hydrauliques de son type de sol dominant (Figure 11, couches 1 à 3).

3 Données d'entrée

Toutes les données d'entrée sont accessibles *via* les dossiers du projet comme montré à la Figure 12. Ils comprennent les dossiers « hydro », « meteo » et « physitel ». Ce dernier contient toutes les informations calculées et formatées pour HYDROTEL par PHYSITEL. La liste des fichiers est disponible à la Figure 13. Le lecteur peut se référer au manuel de l'utilisateur de PHYSITEL pour plus d'informations. Comme les utilisateurs débutants pourraient avoir besoin de mettre à jour le contenu des dossiers « hydro » et « meteo », plus de détails sont fournis dans les sections suivantes.

> projet CMI > projet_terminé > PROJET HYDROTEL > LCRR (PR 2011) >				
Nom	Modifié le	Type	Taille	
 etat	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 hgm	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 hydro	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 meteo	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 physio	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 physitel	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 simulation	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers		
 LCRR.csv	4/6/2024 4:42 PM	Fichier CSV Micros...	1 Ko	

Figure 12: Liste des dossiers associés à un projet HYDROTEL

> projet CMI > projet_terminé > PROJET HYDROTEL > LCRR (PR 2011) > physitel				
Nom	Modifié le	Type	Taille	
 altitude.tif	4/6/2024 4:46 PM	Fichier TIF	263,008 Ko	
 lacs.dbf	3/20/2024 2:03 PM	Fichier DBF	1 Ko	
 lacs.prj	3/20/2024 2:03 PM	Fichier PRJ	1 Ko	
 lacs.shp	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHP	684 Ko	
 lacs.shx	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHX	1 Ko	
 ListUhrhAmont.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	3,095 Ko	
 noeuds.nds	3/20/2024 2:03 PM	Fichier NDS	161 Ko	
 occupation_sol.cla	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CLA	459 Ko	
 occupation_sol.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	1 Ko	
 occupation_sol.tif	3/20/2024 2:03 PM	Fichier TIF	246,804 Ko	
 orientation.tif	3/20/2024 2:03 PM	Fichier TIF	246,804 Ko	
 pente.tif	3/20/2024 2:03 PM	Fichier TIF	246,804 Ko	
 point.rdx	3/20/2024 2:03 PM	Fichier RDX	27,871 Ko	
 proprietehydrolique.sol	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SOL	2 Ko	
 rivieres.dbf	3/20/2024 2:03 PM	Fichier DBF	35 Ko	
 rivieres.prj	3/20/2024 2:03 PM	Fichier PRJ	1 Ko	
 rivieres.shp	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHP	4,611 Ko	
 rivieres.shx	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHX	26 Ko	
 troncon.trl	4/6/2024 5:06 PM	Fichier TRL	168 Ko	
 type_sol.cla	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CLA	67 Ko	
 type_sol.tif	3/20/2024 2:03 PM	Fichier TIF	246,804 Ko	
 uhrh.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	597 Ko	
 uhrh.dbf	3/20/2024 2:03 PM	Fichier DBF	108 Ko	
 uhrh.prj	3/20/2024 2:03 PM	Fichier PRJ	1 Ko	
 uhrh.shp	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHP	26,103 Ko	
 uhrh.shx	3/20/2024 2:03 PM	Fichier SHX	79 Ko	
 uhrh.tif	3/20/2024 2:03 PM	Fichier TIF	246,804 Ko	

Figure 13: Liste des fichiers PHYSITEL utilisés par HYDROTEL

3.1 Données hydrométriques (dossier hydro)

Le dossier « hydro » contient des données relatives aux stations hydrométriques du bassin versant (Figure 14). Les fichiers sont de deux types : « .hyd » et « .sth ». Les fichiers « .hyd » contiennent les données des stations hydrométriques, comme montré à la Figure 15, y compris les dates et les débits. Les fichiers « .sth » contiennent la localisation de chaque station hydrométrique, comme illustré à la Figure 16.

> projet CMI > projet_terminé > PROJET HYDROTEL > LCRR (PR 2011) > hydro

Nom	Modifié le	Type	Taille
0030401.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	611 Ko
0030415.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	316 Ko
0030421.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	276 Ko
0030423.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	140 Ko
0030424.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	125 Ko
0030425.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	123 Ko
0030429.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	92 Ko
4271500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	461 Ko
4271815.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	162 Ko
4273500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	455 Ko
4273700.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	396 Ko
4273800.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	151 Ko
4275500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	466 Ko
4276500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	461 Ko
4276842.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	162 Ko
4280000.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	439 Ko
4280450.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	164 Ko
4282500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	453 Ko
4282525.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	163 Ko
4282650.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	162 Ko
4282780.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	162 Ko
4282795.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	162 Ko
4290500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	458 Ko
4292500.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	456 Ko
4294000.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	170 Ko
APPORTS.hyd	3/20/2024 2:03 PM	Fichier HYD	1 Ko
station.sth	3/20/2024 2:03 PM	Fichier STH	2 Ko

Figure 14: Liste des fichiers .hyd associés au projet HYDROTEL

```

1 1→24CRLF
2 01/03/1990→10.7038CRLF
3 02/03/1990→13.6487CRLF
4 03/03/1990→13.4505CRLF
5 04/03/1990→9.8259CRLF
6 05/03/1990→5.9748CRLF
7 06/03/1990→5.3519CRLF
8 07/03/1990→3.9360CRLF
9 08/03/1990→4.0776CRLF
10 09/03/1990→4.3891CRLF
11 10/03/1990→6.0032CRLF
12 11/03/1990→13.5637CRLF
13 12/03/1990→11.0719CRLF
14 13/03/1990→15.4893CRLF
15 14/03/1990→14.6398CRLF
16 15/03/1990→7.6172CRLF
17 16/03/1990→6.1164CRLF
18 17/03/1990→6.1447CRLF
19 18/03/1990→8.8915CRLF
20 19/03/1990→5.2386CRLF
21 20/03/1990→6.8243CRLF
22 21/03/1990→9.9392CRLF
23 22/03/1990→7.9570CRLF
24 23/03/1990→11.6665CRLF
25 24/03/1990→7.8154CRLF
26 25/03/1990→5.8333CRLF
27 26/03/1990→5.0970CRLF

```

Normal text file length : 165,880 lines : 8,708 Ln : 1 C

Figure 15: Structure interne des fichiers .hyd

Concernant la structure du fichier “.hyd” montrée à la Figure 15, le lecteur doit savoir que la première ligne indique le pas de temps interne d’HYDROTEL, soit 24 heures dans ce cas. Les séparateurs sont des tabulations (qui peuvent aussi être des espaces), et les dates suivent le format JJ/MM/AAAA.

```

1 2CRLF
2 26CRLF
3 Produit par Physitel version 3.3.0.12CRLF
4 4271500.618157.4984044.53.2.3.05.hydroCRLF
5 4271815.625135.4973311.36.4.3.05.hydroCRLF
6 4273500.621165.4948725.53.0.3.05.hydroCRLF
7 4273700.619380.4944062.70.2.3.05.hydroCRLF
8 4273800.619363.4938969.74.4.3.05.hydroCRLF
9 4275500.608008.4922906.154.8.3.05.hydroCRLF
10 4276500.627947.4912927.47.9.3.05.hydroCRLF
11 4276842.623298.4866634.67.3.3.05.hydroCRLF
12 4280000.636191.4831516.44.6.3.05.hydroCRLF
13 4280450.638799.4813761.97.5.3.05.hydroCRLF
14 4282500.646821.4874954.107.6.3.05.hydroCRLF
15 4282525.646478.4880348.84.3.3.05.hydroCRLF
16 4282650.639882.4895361.46.1.3.05.hydroCRLF
17 4282780.641402.4901073.50.4.3.05.hydroCRLF
18 4282795.642086.4914516.47.9.3.05.hydroCRLF
19 4290500.647986.4926748.74.7.3.05.hydroCRLF
20 4292500.652718.4949117.95.0.3.05.hydroCRLF
21 4294000.647686.4975396.38.8.3.05.hydroCRLF
22 0030421.627528.5027598.29.9.3.05.hydroCRLF
23 0030415.641758.5039048.20.0.3.05.hydroCRLF
24 0030423.654511.5006866.47.9.3.05.hydroCRLF
25 0030424.653200.5002418.39.9.3.05.hydroCRLF
26 0030425.656301.4987303.59.3.3.05.hydroCRLF
27 0030429.646583.5042617.27.3.3.05.hydroCRLF

```

Normal text file length : 1,088 lines : 30 Ln : 1 Col : 1 Pos : 1

Figure 16: Structure interne des fichiers .sth

Concernant la structure des fichiers « .sth » montrée à la Figure 16, le lecteur doit savoir que la première ligne dépend du système de référence géodésique utilisé, dans ce cas, le *datum* NAD83. La deuxième ligne informe le programme qu'il y a 26 stations

incluses dans le fichier. À partir de la ligne 4, les colonnes représentent le nom de la station, ses coordonnées X, Y, Z et un code 3@5 hydro indiquant que les données sont stockées dans un dossier (code 3), dont le nom est composé de 5 caractères et est appelé « hydro ». Les séparateurs sont des espaces (ou tabulations).

3.2 Données météorologiques (dossier meteo)

Le dossier « meteo » contient des données relatives aux stations météorologiques (ou points de données maillés) du bassin versant. Les fichiers sont de deux types : « .met » et « .stm ». Les fichiers « .met » contiennent les données des stations météorologiques, comme montré à la Figure 17, y compris les dates, les températures maximales et minimales, ainsi que les précipitations totales. Le fichier « .stm » contient la localisation de chaque station météorologique, comme illustré à la Figure 18.

```

1 | 1:24
2 | 01/01/1950 0.1 -12.2 0.2
3 | 02/01/1950 1.0 -9.2 2.4
4 | 03/01/1950 8.1 -1.2 2.2
5 | 04/01/1950 17.3 0.0 1.0
6 | 05/01/1950 14.7 -1.5 5.8
7 | 06/01/1950 -0.8 -4.0 22.6
8 | 07/01/1950 -2.7 -12.8 9.0
9 | 08/01/1950 -9.2 -25.5 0.3
10 | 09/01/1950 -7.8 -27.5 2.9
11 | 10/01/1950 -1.8 -14.2 13.3
12 | 11/01/1950 2.7 -8.7 5.1
13 | 12/01/1950 -1.6 -18.9 2.6
14 | 13/01/1950 1.7 -12.1 7.1
15 | 14/01/1950 8.4 -2.9 2.5
16 | 15/01/1950 2.6 -11.9 9.2
17 | 16/01/1950 4.7 -6.2 3.8
18 | 17/01/1950 -2.8 -10.0 2.7
19 | 18/01/1950 3.3 -9.3 1.1
20 | 19/01/1950 -4.8 -15.7 0.0
21 | 20/01/1950 -9.2 -16.4 1.4
22 | 21/01/1950 -9.7 -19.0 5.9
23 | 22/01/1950 -1.3 -13.6 4.3
24 | 23/01/1950 1.0 -10.9 5.8
25 | 24/01/1950 -1.2 -9.2 16.4
26 | 25/01/1950 4.8 -5.7 6.1
27 | 26/01/1950 12.7 -3.7 0.1

```

Normal text file | length: 677,909 | lines: 23,378 | Ln: 1 | Col: 1 | Pos: 1

Figure 17: Structure interne des fichiers .met

La structure du fichier « .met » est équivalente à celle des fichiers de données des stations hydrométriques (.hyd). La première ligne indique le pas de temps interne d'HYDROTEL, qui est de 24 heures dans ce cas. Les séparateurs sont des tabulations (ou des espaces également), et les dates suivent le format JJ/MM/AAAA. Les colonnes de données comprennent les températures maximales et minimales ainsi que les précipitations totales.

```

1 1175
2 690115
3 Fichier créé par Matlab en degrés décimaux115
4 7440_4434_-74.406250_44.343750_488_3_06_meteo\115
5 7434_4428_-74.343750_44.281250_478_3_06_meteo\115
6 7434_4434_-74.343750_44.343750_494_3_06_meteo\115
7 7428_4428_-74.281250_44.281250_471_3_06_meteo\115
8 7428_4434_-74.281250_44.343750_487_3_06_meteo\115
9 7421_4428_-74.218750_44.281250_470_3_06_meteo\115
10 7421_4434_-74.218750_44.343750_517_3_06_meteo\115
11 7421_4440_-74.218750_44.406250_513_3_06_meteo\115
12 7415_4421_-74.156250_44.218750_610_3_06_meteo\115
13 7415_4428_-74.156250_44.281250_506_3_06_meteo\115
14 7415_4434_-74.156250_44.343750_474_3_06_meteo\115
15 7415_4440_-74.156250_44.406250_534_3_06_meteo\115
16 7415_4446_-74.156250_44.468750_539_3_06_meteo\115
17 7415_4453_-74.156250_44.531250_572_3_06_meteo\115
18 7409_4421_-74.093750_44.218750_689_3_06_meteo\115
19 7409_4428_-74.093750_44.281250_529_3_06_meteo\115
20 7409_4434_-74.093750_44.343750_516_3_06_meteo\115
21 7409_4440_-74.093750_44.406250_508_3_06_meteo\115
22 7409_4446_-74.093750_44.468750_580_3_06_meteo\115
23 7409_4453_-74.093750_44.531250_514_3_06_meteo\115
24 7403_4415_-74.031250_44.156250_1059_3_06_meteo\115
25 7403_4421_-74.031250_44.218750_639_3_06_meteo\115
26 7403_4428_-74.031250_44.281250_522_3_06_meteo\115
27 7403_4434_-74.031250_44.343750_953_3_06_meteo\115

```

Normal text file length : 32,561 lines : 700 Ln : 15 Col : 40 Pos : 606

Figure 18: structure interne des fichiers .stm

Le fichier « .stm » est équivalent à celui des fichiers de localisation des stations hydrométriques (.sth). Il suit la même structure et répertorie toutes les localisations des stations météorologiques (690 stations) comme montré à la Figure 18.



Notez que pour le projet HYDROTEL du LCRR, les conditions météorologiques sont basées sur des données maillées de 1950 à 2013 (690 points de grille situés dans les limites du bassin versant – données de Livneh et al., 2015).

4 Calculs

Cette section vise à expliquer la configuration utilisée dans le projet HYDROTEL actuel pour permettre à l'utilisateur de modifier certains des paramètres les plus basiques. Les informations avancées, y compris les paramètres de calage, ne seront pas abordées. La plupart des paramètres de simulation peuvent être consultés *via* le menu de simulation, comme montré à la Figure 19.

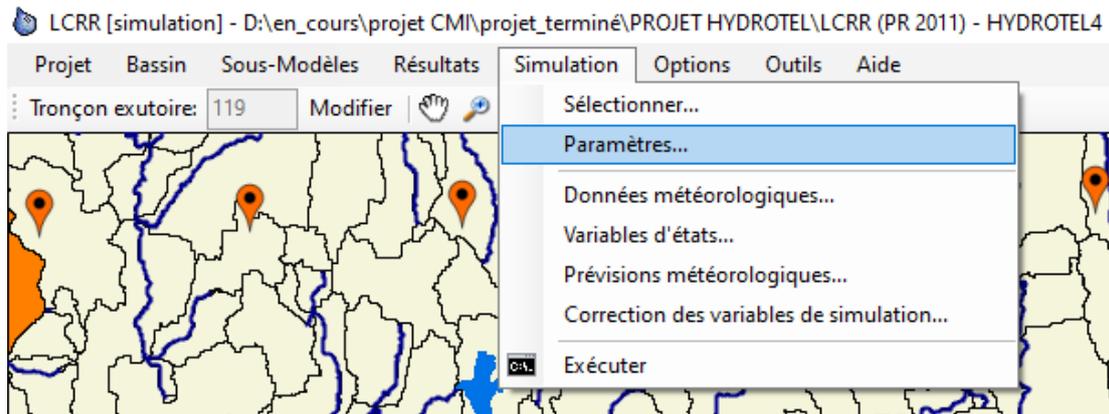


Figure 19: Menu Simulation d'HYDROTEL



Les options de sélection sont principalement utilisées par les utilisateurs avancés pour naviguer et créer de nouvelles simulations indépendantes.

4.1 Options principales de mise en place d'une simulation

Les paramètres de simulation sont montrés à la Figure 20. Ils comprennent les paramètres temporels (1), certaines options diverses (2), les choix de sous-modèles (3) et les options de calcul des milieux humides (4).

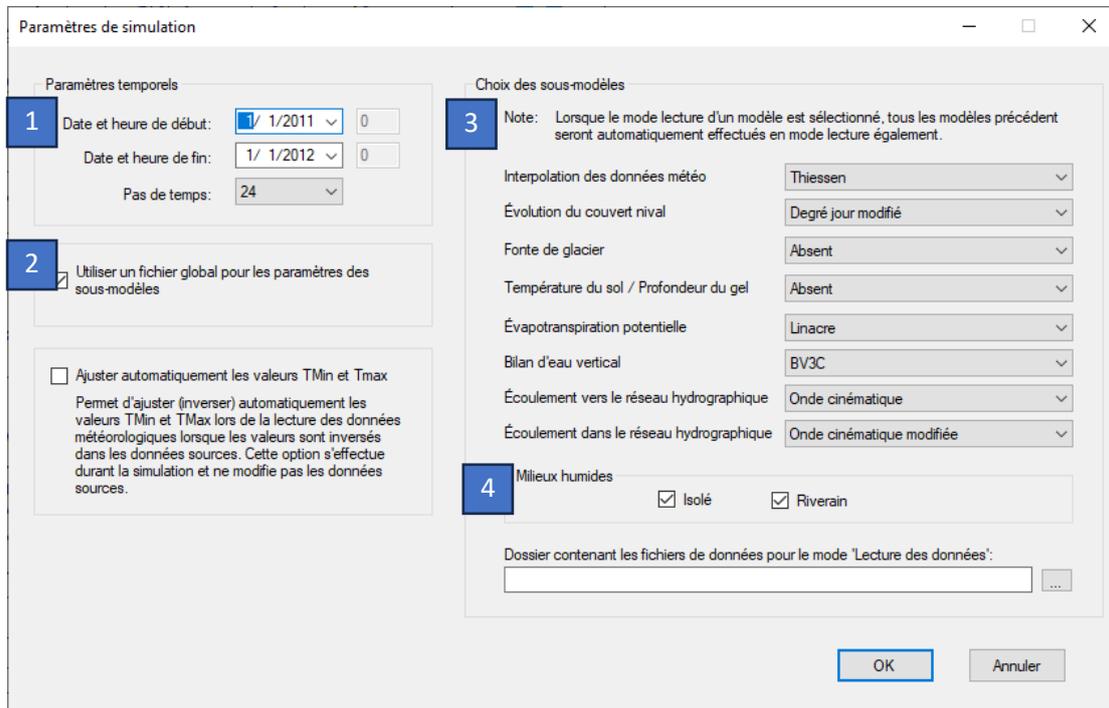


Figure 20: Paramètres de simulation d'HYDROTEL, options principales

4.1.1 Paramètres temporels

Les paramètres temporels, montrés à la Figure 21, incluent la date de début et de fin de la période de simulation ainsi que le pas de temps interne.

Figure 21: Paramètres de simulation d'HYDROTEL, paramètres temporels



Les paramètres temporels doivent toujours se référer à une période pour laquelle des données météorologiques sont disponibles.

4.1.2 Options diverses

Les options diverses, montrées à la Figure 22, incluent l'utilisation optionnelle d'un fichier global pour les paramètres des sous-modèles. Cela permet de regrouper tous les sous-modèles dans un seul fichier maître .csv au lieu de gérer plusieurs fichiers. La deuxième option est utile pour ajuster les valeurs minimales et maximales de température inversées des stations météorologiques.

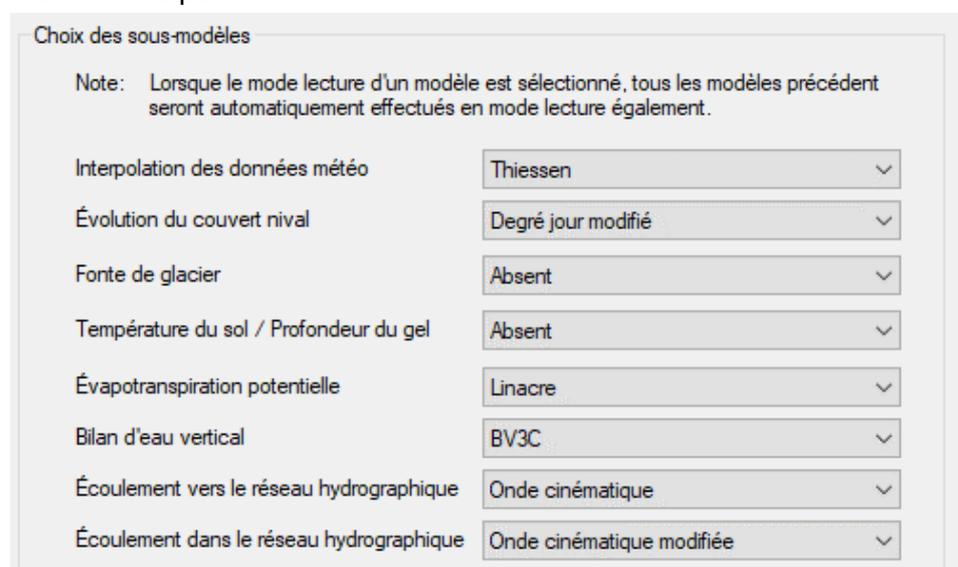
Figure 22: Paramètres de simulation d'HYDROTEL, paramètres divers



Veillez noter de ne pas modifier l'option de fichier global, car cela est réservé uniquement aux utilisateurs avancés.

4.1.3 Choix de sous-modèles

La section des choix de sous-modèles, montrée à la Figure 23, permet à l'utilisateur de spécifier les modèles de calcul (c'est-à-dire les algorithmes) à utiliser (comme présenté au Tableau 1). En tant qu'utilisateur débutant, nous recommandons de ne pas modifier ces paramètres.



Choix des sous-modèles

Note: Lorsque le mode lecture d'un modèle est sélectionné, tous les modèles précédent seront automatiquement effectués en mode lecture également.

Interpolation des données météo	Thiessen
Évolution du couvert nival	Degré jour modifié
Fonte de glacier	Absent
Température du sol / Profondeur du gel	Absent
Évapotranspiration potentielle	Linacre
Bilan d'eau vertical	BV3C
Écoulement vers le réseau hydrographique	Onde cinématique
Écoulement dans le réseau hydrographique	Onde cinématique modifiée

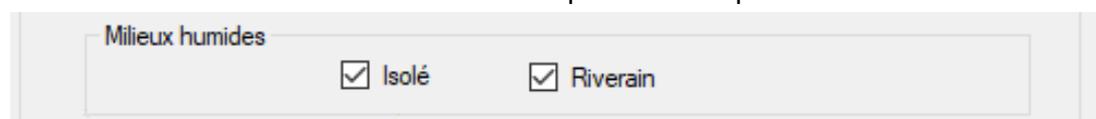
Figure 23: Paramètres de simulation d'HYDROTEL, choix de sous-modèles



Modifier les algorithmes des sous-modèles entraînera l'utilisation de paramètres par défaut, ce qui annulera le calage du projet.

4.1.4 Options pour les milieux humides

Les options relatives aux milieux humides, montrées à la Figure 24, permettent à l'utilisateur d'activer ou de désactiver leur prise en compte lors d'une simulation.



Milieux humides

Isolé Riverain

Figure 24: Paramètres de simulation d'HYDROTEL, intégration des milieux humides



L'activation ou la désactivation des milieux humides (et de leur typologie) est utilisée pour évaluer leur impact sur les débits fluviaux ou d'autres processus hydrologiques internes. Cela est particulièrement utile pour les projets de restauration.

4.2 Démarrer une simulation

L'élément "Exécuter" du menu de simulation, présenté à la Figure 19, permet à l'utilisateur d'accéder à la boîte de dialogue présentée à la Figure 25, ce qui permet d'afficher ou de masquer la progression de la simulation.

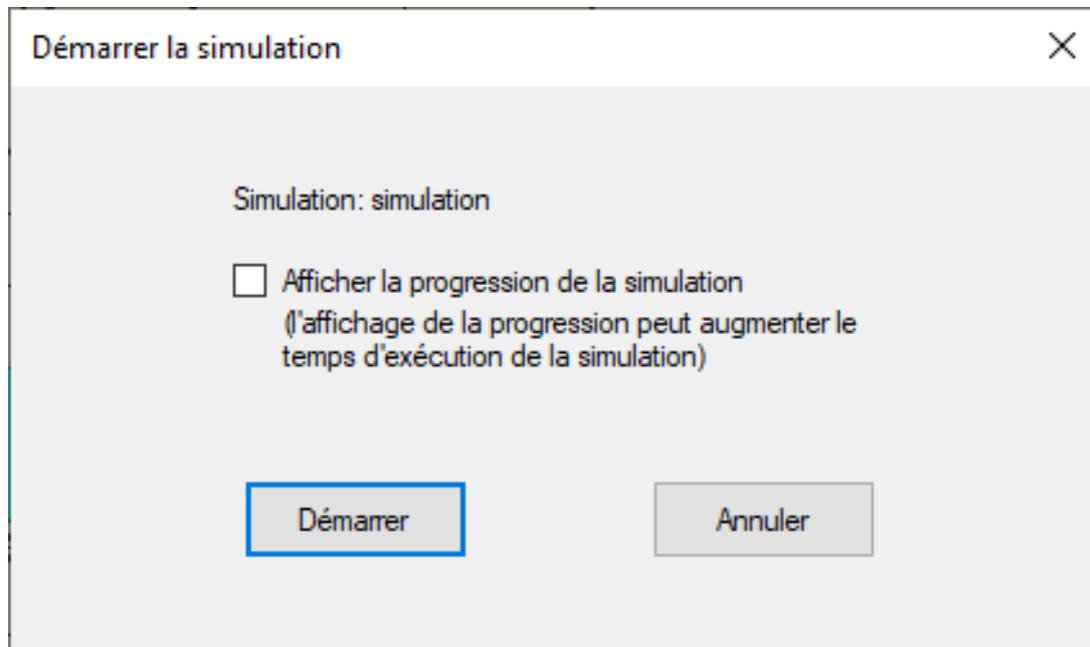


Figure 25: Boîte de dialogue pour démarrer une simulation

4.3 Structure spatiale, groupe d'UHRH

Le menu "Bassin versant", montré à la Figure 27, permet à l'utilisateur d'afficher les regroupements UHRH actuels utilisés pour attribuer les paramètres physiographiques et les sous-modèles en fonction de la connaissance réelle des utilisations des terres et des types de sols dans le bassin versant. Ces regroupements sont également utilisés en conjonction avec les stations hydrométriques pour permettre une calibration spatiale plus précise.

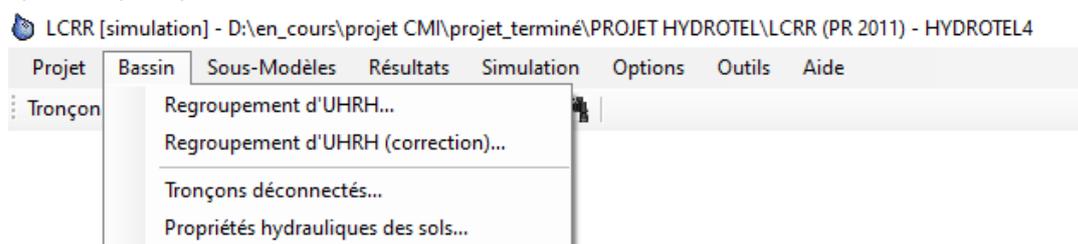


Figure 26: Menu bassin versant

Les Figure 27 et Figure 28 montrent les groupes UHRH associés au bassin LCRR. La Figure 27 illustre les regroupements généraux des UHRH, tandis que la Figure 28 se concentre sur le groupe UHRH spécifique nommé 4282795, qui porte le numéro d'identification de la station hydrométrique située en aval.

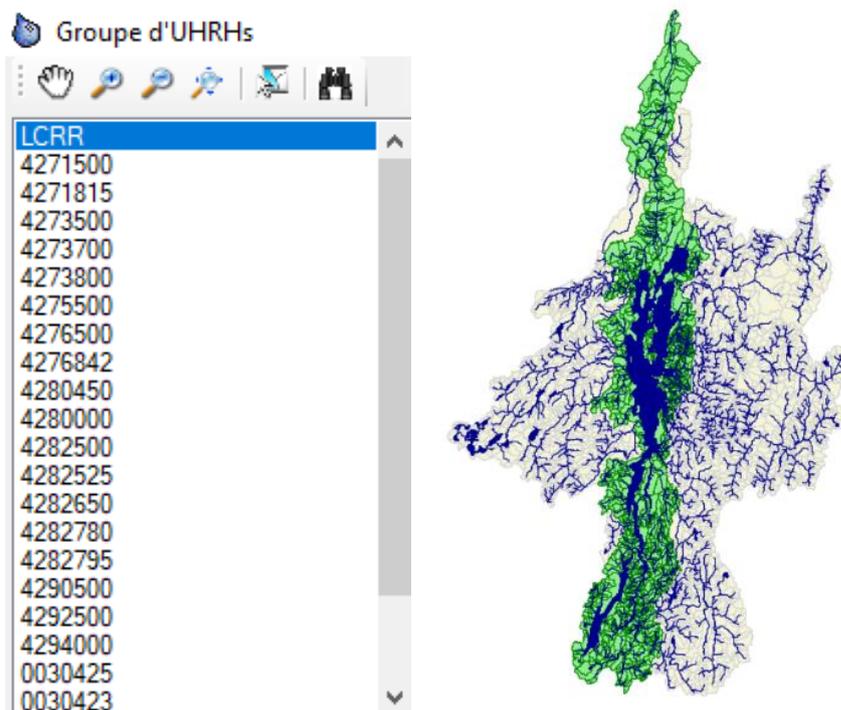


Figure 27: Fenêtre de regroupement des UHRH

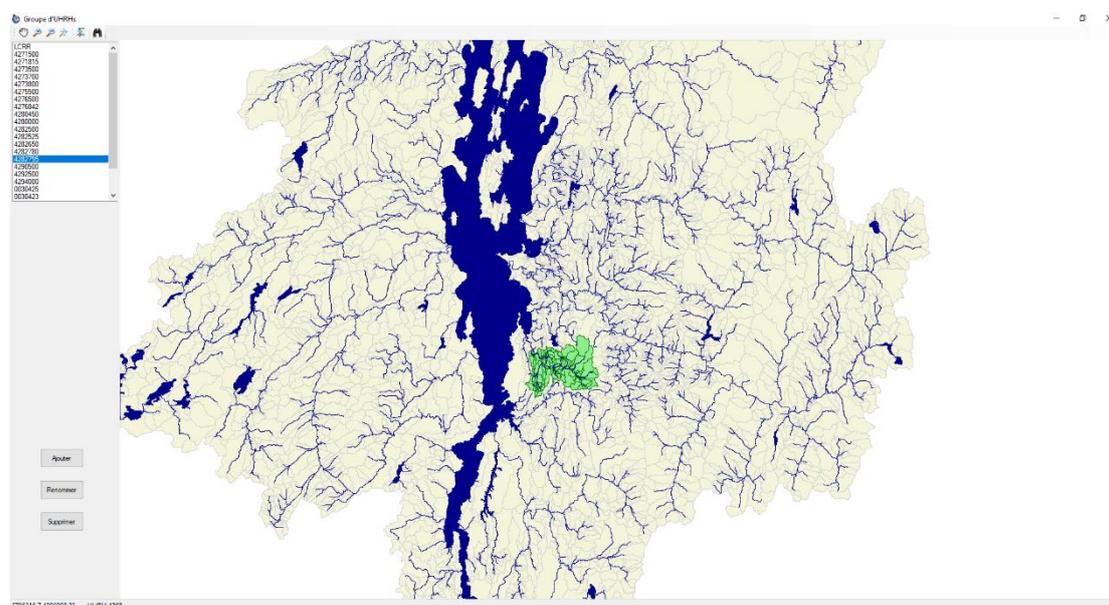


Figure 28: Délimitation d'un sous-groupe d'UHRH, groupe d'UHRH 4282795



Ajouter de nouvelles stations hydrométriques est l'un des moyens les plus courants pour affiner la discrétisation du calage du bassin versant. Lorsqu'il y a de nouvelles données disponibles, regrouper les UHRH dans leur zone contributive spécifique permet de mettre à jour le calage dans la zone géographique appropriée.

4.4 Modification des sous-modèles

Le menu « Sous-modèles » permet d'accéder à tous les paramètres des algorithmes utilisés dans chaque sous-modèle d'HYDROTEL, comme le montre la Figure 29. Par exemple, l'interpolation des données météorologiques peut être effectuée à l'aide des polygones de Thiessen, de la moyenne pondérée des trois stations les plus proches, ou d'une grille régulière. Pour rappel, la Figure 30 montre où l'utilisateur doit effectuer le choix de l'algorithme réel.

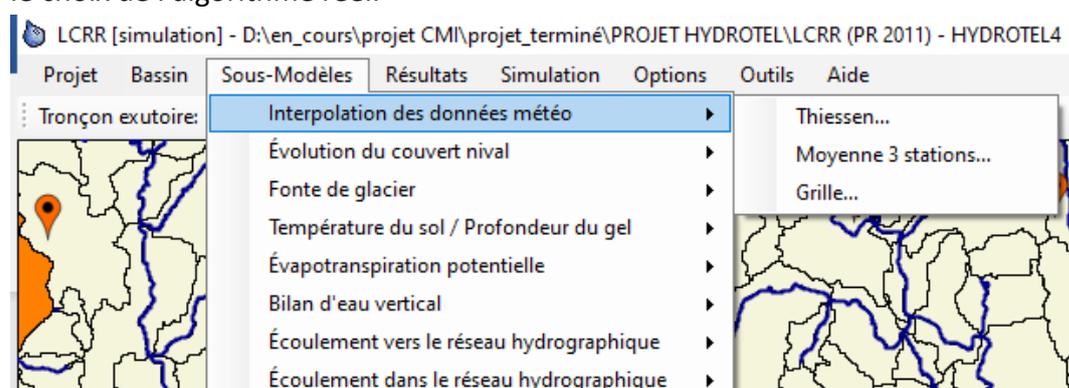


Figure 29: Sous-modèles

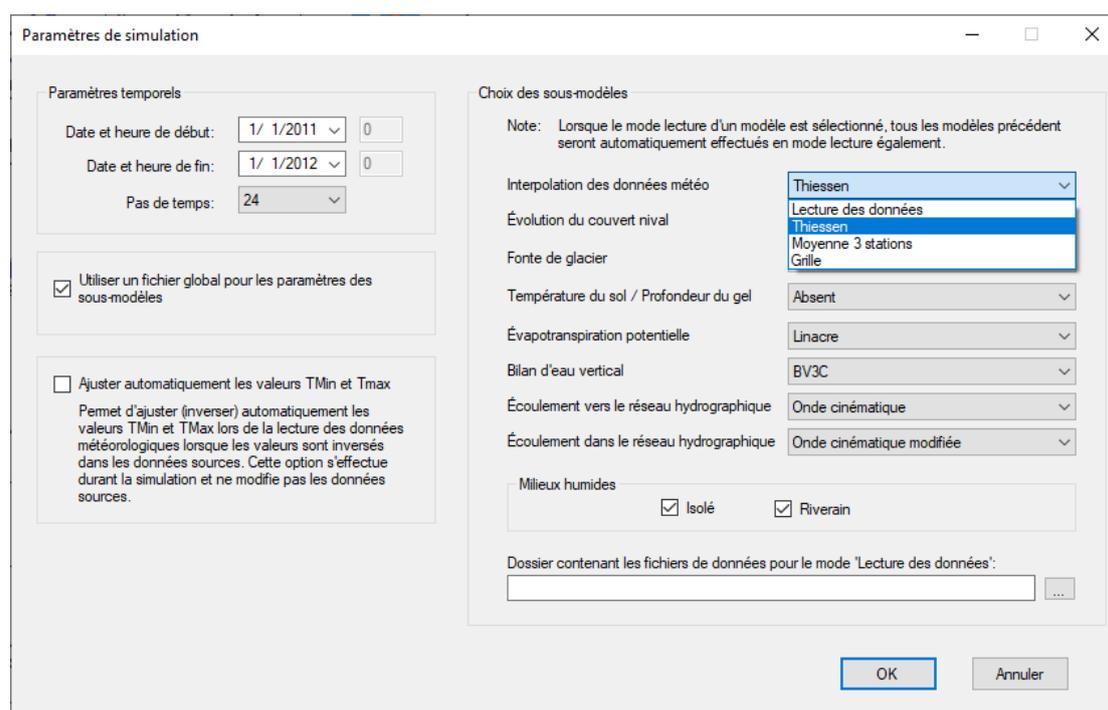


Figure 30: Sélection des sous-modèles dans HYDROTEL



Nous recommandons vivement aux utilisateurs débutants de ne pas modifier les algorithmes utilisés et de se limiter à la navigation dans le modèle et ses paramètres.

5 Résultats

Les résultats de modélisation peuvent être consultés de deux manières : *via* l'interface graphique en utilisant le menu « Résultats », ou *via* les dossiers de projet HYDROTEL en éditant ou en copiant directement les fichiers .csv.

Pour accéder à des résultats spécifiques, ceux-ci doivent être sauvegardés à l'aide du sous-menu « Variables de sortie » dans le menu « Résultats », comme le montre les Figure 31 et Figure 32.

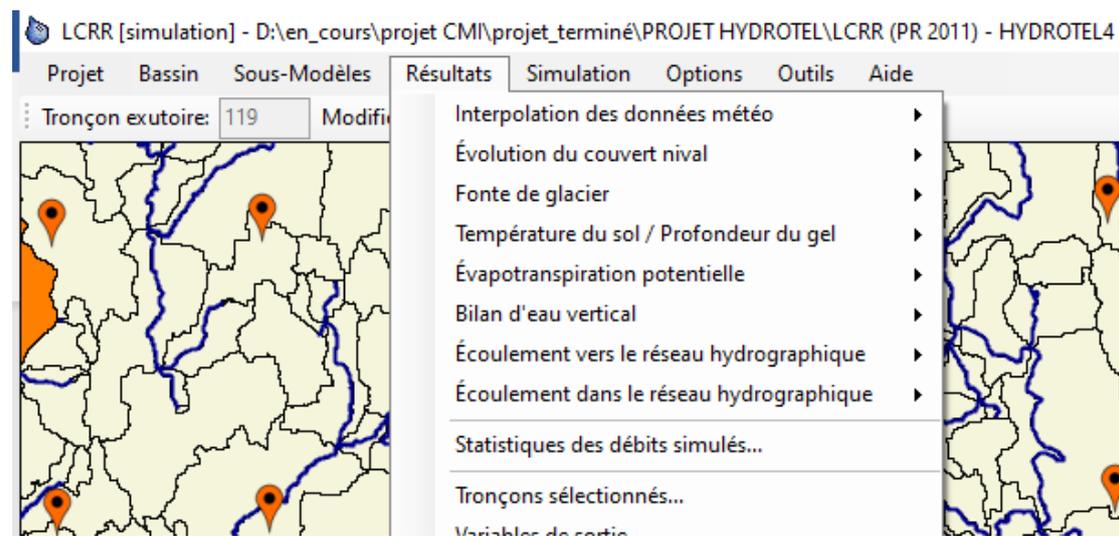


Figure 31: Menu Résultats dans HYDROTEL

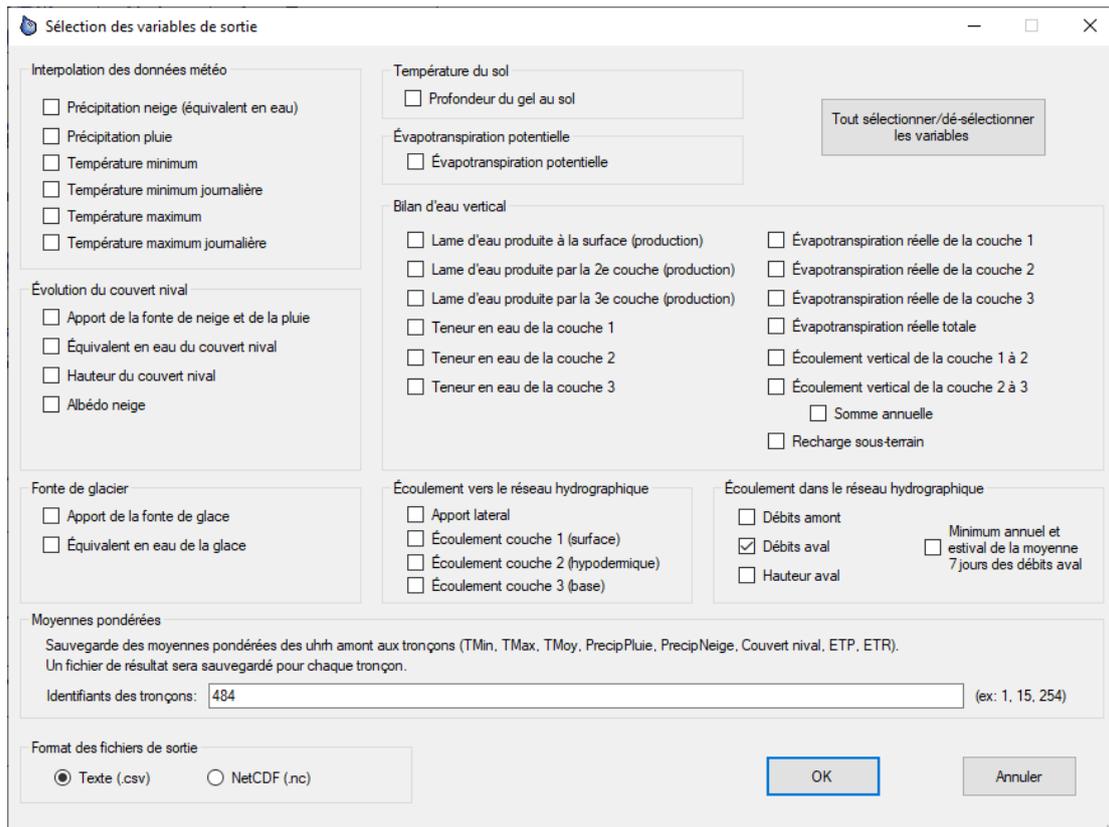


Figure 32: Fenêtre de sélection des variables de sortie



Comme montre clairement la Figure 32, seuls les débits du réseau hydrographique sont sauvegardés dans ce projet. C'est pourquoi toute tentative d'accès à d'autres résultats résultera en un message d'erreur.

5.1 Visionnement par l'interface graphique

Si/Quand des résultats spécifiques sont activés pour être sauvegardés par l'utilisateur en utilisant la fenêtre de sélection des variables de sortie présentée à la Figure 32, l'interface graphique permet d'accéder à tous les résultats et variables internes de chacun des sous-modèles sélectionnés, à l'aide de graphiques ou de tableaux : interpolation des données météorologiques, évolution de la couverture neigeuse, fonte des glaciers, température du sol/profondeur du gel, évapotranspiration potentielle, bilan hydrique vertical, écoulement vers le réseau hydrographique, écoulement dans le réseau hydrographique. Les Figure 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 et 40 montrent respectivement les variables internes disponibles pour chaque sous-modèle.

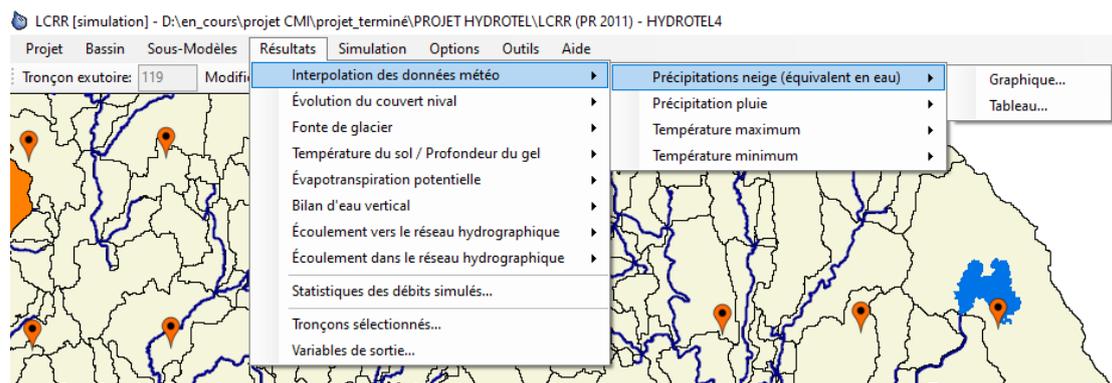


Figure 33: Accéder aux résultats de précipitation neigeuse dans HYDROTEL

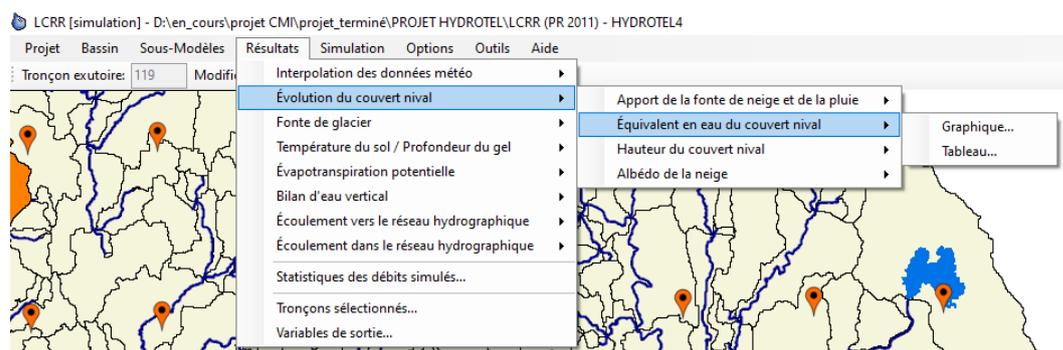


Figure 34: Accéder aux résultats d'évolution du couvert nival dans HYDROTEL

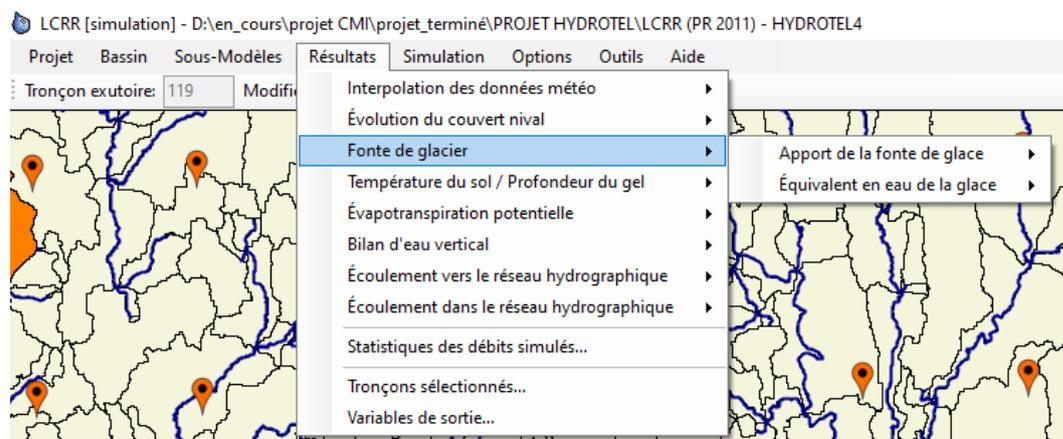


Figure 35: Accéder aux résultats de fonte des glaciers dans HYDROTEL

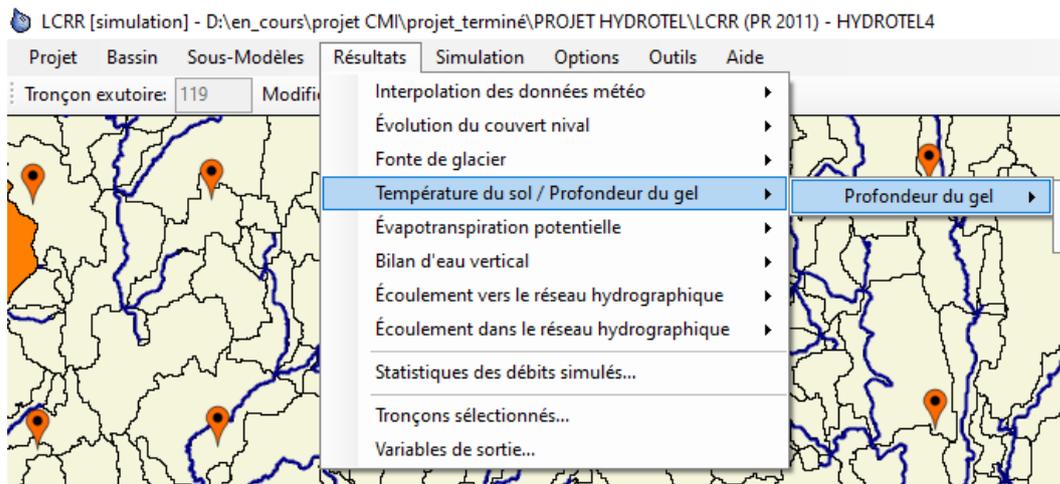


Figure 36: Accéder aux résultats de Température du sol / Profondeur de gel dans HYDROTEL

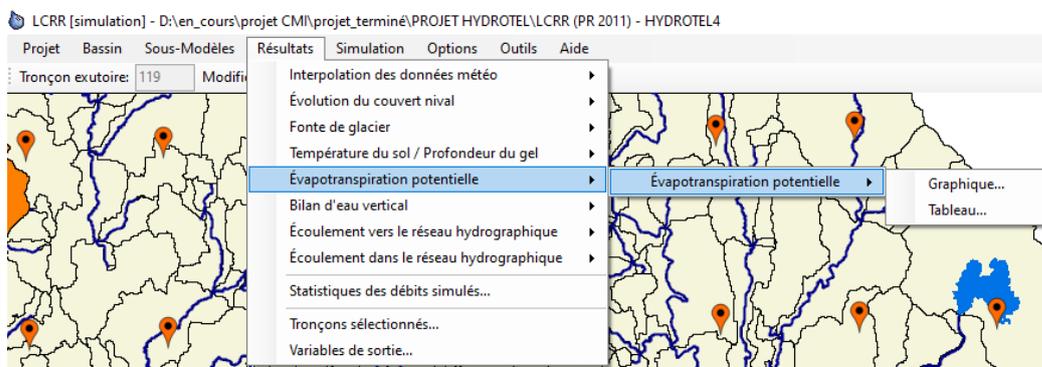


Figure 37: Accéder aux résultats d'évapotranspiration potentielle dans HYDROTEL

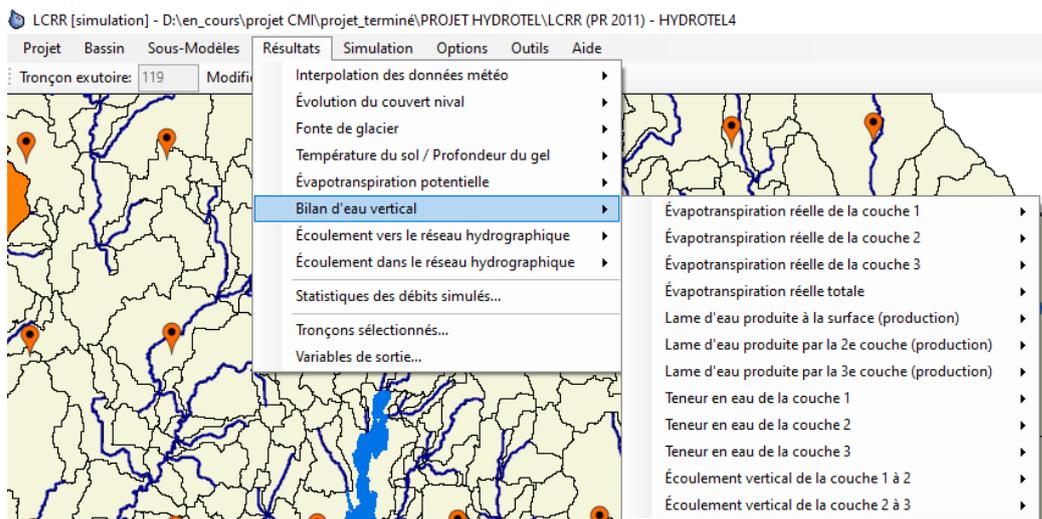


Figure 38: Accéder aux résultats du bilan d'eau vertical dans HYDROTEL

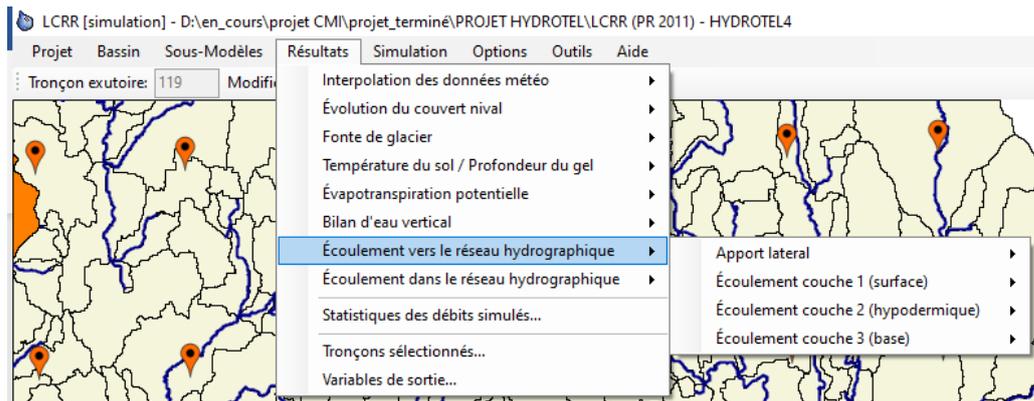


Figure 39: Accéder au ruissellement simulé vers le réseau hydrographique dans HYDROTEL.

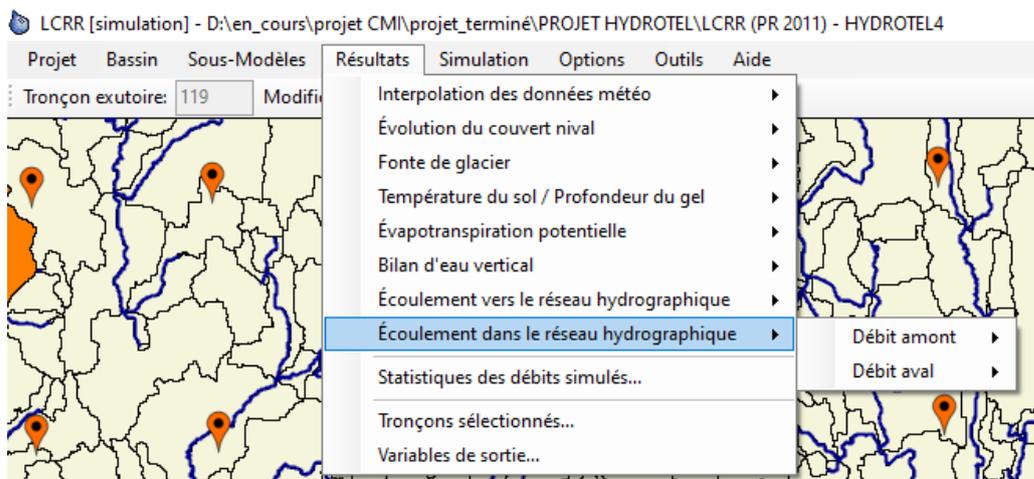


Figure 40: Accéder aux débits simulés en rivière dans HYDROTEL

L'interface graphique permet d'accéder aux statistiques d'écoulement et aux écoulements simulés en utilisant le menu montré à la Figure 33. Les statistiques sont présentées à la Figure 41 en plusieurs sous-sections : la fenêtre de sélection des tronçons de rivière (1), les statistiques pour la période du graphique (2), les statistiques pour la période globale (3), la fenêtre principale d'affichage des écoulements (4), et la section d'aide au calage (5).

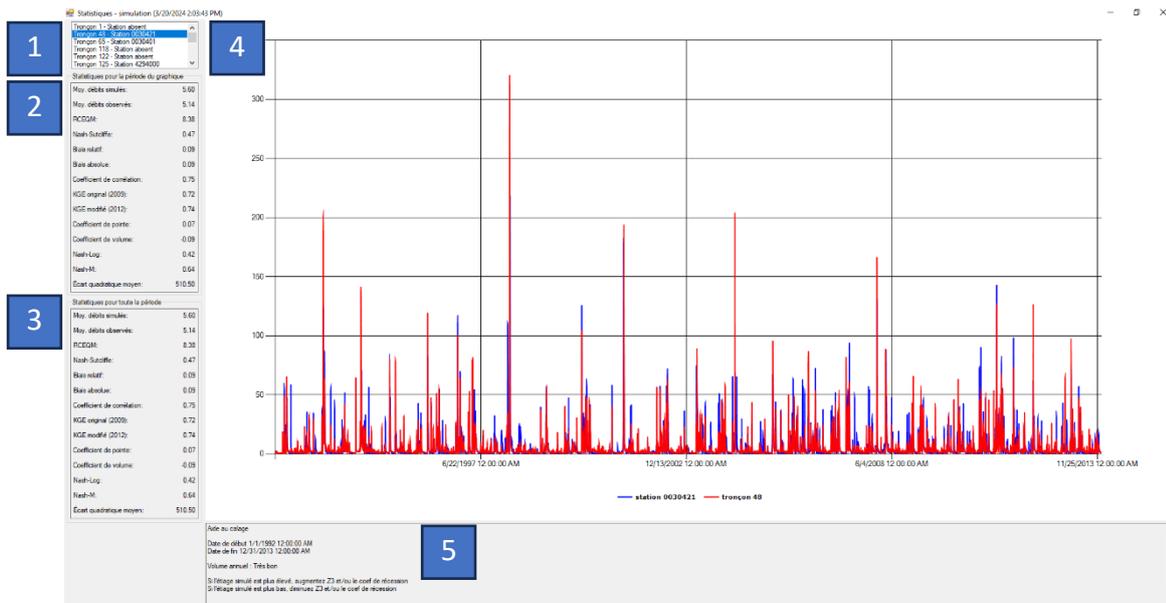


Figure 41: Fenêtre de visualisation des statistiques de simulation

La Figure 42 affiche la section de sélection des tronçons de rivière, qui permet à l'utilisateur de choisir quels résultats d'écoulement des tronçons de rivière afficher dans la fenêtre principale (4).

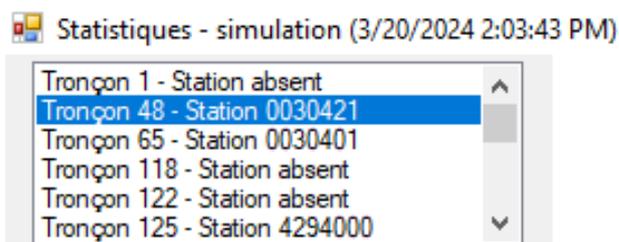


Figure 42: Sélection du tronçon de rivière pour affichage des statistiques de simulation



Il est intéressant de noter que les tronçons de rivière associés à une station hydrométrique permettront d'afficher à la fois les données modélisées et observées. Les statistiques ne sont fournies que pour les tronçons de rivière associés à une station hydrométrique.

La Figure 43 affiche les statistiques pour la période du graphique (2) et les statistiques pour la période totale (3). Elles sont identiques puisque nous avons affiché toute la période dans la fenêtre principale (4). Pour sélectionner une période spécifique, faites glisser le curseur de la souris sur la période d'intérêt tout en maintenant le clic gauche enfoncé. Ces statistiques montrent la performance de calage atteinte pour chaque tronçon associé à une station hydrométrique. Dans ce cas, la Figure 43 montre des résultats très bons pour le tronçon de rivière 1080, station 429050000, avec une

valeur de Nash-Sutcliffe proche de 0,7, des valeurs KGE supérieures à 0,8 et des valeurs Nash-log supérieures à 0,82. La section d'aide au calage (5) montrée dans la Figure 45 soutient cette performance, en indiquant que la représentation du volume annuel est très bonne et en donnant quelques conseils pour éventuellement modifier certains paramètres du module BV3C (module de bilan vertical de l'eau, réservé aux utilisateurs avancés). Enfin, la Figure 44 affiche les débits modélisés en rouge, les débits observés en bleu. Leur comportement est extrêmement similaire, ce qui démontre qu'un bon calage de ce tronçon a été réalisé.

Statistiques pour la période du graphique		Statistiques pour toute la période	
Moy. débits simulés:	5.60	Moy. débits simulés:	5.60
Moy. débits observés:	5.14	Moy. débits observés:	5.14
RCEQM:	8.38	RCEQM:	8.38
Nash-Sutcliffe:	0.47	Nash-Sutcliffe:	0.47
Biais relatif:	0.09	Biais relatif:	0.09
Biais absolue:	0.09	Biais absolue:	0.09
Coefficient de corrélation:	0.75	Coefficient de corrélation:	0.75
KGE original (2009):	0.72	KGE original (2009):	0.72
KGE modifié (2012):	0.74	KGE modifié (2012):	0.74
Coefficient de pointe:	0.07	Coefficient de pointe:	0.07
Coefficient de volume:	-0.09	Coefficient de volume:	-0.09
Nash-Log:	0.42	Nash-Log:	0.42
Nash-M:	0.64	Nash-M:	0.64
Écart quadratique moyen:	510.50	Écart quadratique moyen:	510.50

Figure 43: Indicateurs de performances et statistiques sur les débits pour la période affichée sur le graphique et la période de simulation complète sur le tronçon 1080.

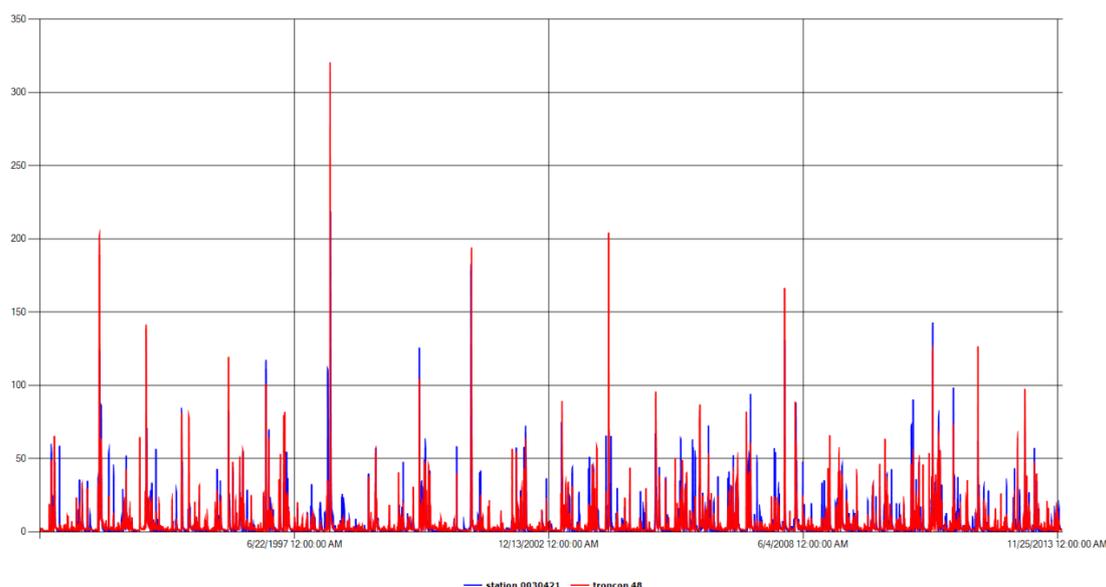


Figure 44: Données et statistiques sur les débits, visualisation des données simulées et observées pour le tronçon de rivière 1080 et la station 4290500

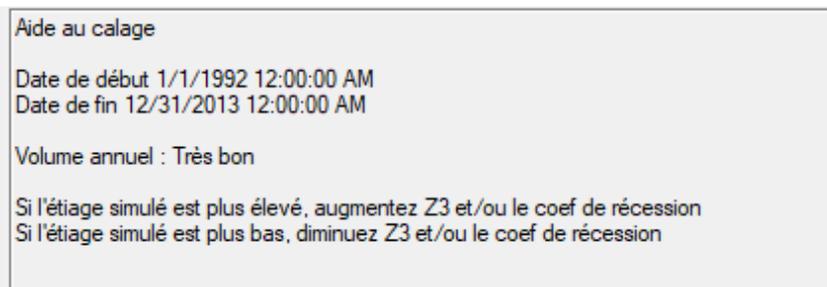


Figure 45: Données et statistiques sur les débits, fenêtre d'aide au calage

5.2 Accès aux résultats détaillés

Si/ lorsque les utilisateurs ont besoin d'accéder aux résultats réels du modèle, ils doivent localiser et modifier les fichiers de résultats. Ceux-ci se trouvent dans les dossiers de simulation-“nom de la simulation” de l'architecture de dossiers HYDROTEL, comme illustré dans la Figure 46.

> projet CMI > projet_terminé > PROJET HYDROTEL > LCRR (PR 2011) > simulation > simulation

Nom	Modifié le	Type	Taille
resultat	3/20/2024 2:03 PM	Dossier de fichiers	
degre_jour_modifie_glacier.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	298 Ko
milieux_humides_isoles.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	261 Ko
milieux_humides_riverains.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	223 Ko
output.csv	4/6/2024 5:06 PM	Fichier CSV Micros...	1 Ko
parametres_sous_modeles.csv	4/6/2024 5:06 PM	Fichier CSV Micros...	13 Ko
simulation.csv	4/6/2024 5:06 PM	Fichier CSV Micros...	3 Ko
simulation.gsb	4/6/2024 5:05 PM	Fichier GSB	70 Ko
stats.txt	4/6/2024 5:06 PM	Document texte	1 Ko
troncons_stations.csv	4/6/2024 5:06 PM	Fichier CSV Micros...	1 Ko

Figure 46: Accéder aux fichiers contenant l'ensemble des données simulées

Ce dossier de résultats (resultat) comprend toutes les données enregistrées pendant l'exécution du modèle (Figure 47 : débits en aval aux tronçons sélectionnés, moyennes pondérées des conditions météorologiques pour le tronçon 484 en amont du bassin versant, débits observés et simulés aux stations hydrométriques enregistrées, statistiques des débits). Les fichiers sont au format .csv et utilisent une structure commune.

> projet CMI > projet_terminé > PROJET HYDROTEL > LCRR (PR 2011) > simulation > simulation > resultat

Nom	Modifié le	Type	Taille
debit_aval.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	3,636 Ko
moyennes-ponderees-troncon484.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	385 Ko
obs-sim-flows.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	5,382 Ko
stats.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	5,328 Ko
wetland_isole.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	0 Ko
wetland_riverain.csv	3/20/2024 2:03 PM	Fichier CSV Micros...	0 Ko

Figure 47: Aperçu des fichiers de résultats disponible pour le projet HYDROTEL courant



Nous recommandons fortement aux utilisateurs de copier-coller tout fichier de résultats à éditer en dehors du dossier de résultats HYDROTEL actuel.



Aucun résultat n'a été enregistré pour les milieux humides isolés et riverains, ce qui entraîne des fichiers CSV vides.

La structure de fichier courante est standard. Elle utilise ";" comme séparateur et inclut généralement une ligne d'en-tête décrivant les colonnes. La Figure 48 montre une partie du fichier des zones pondérées au tronçon de rivière 484 où les données incluent la date, l'heure, la température minimale, la température maximale, la température moyenne, les précipitations, les chutes de neige, l'équivalent en eau de neige (EEN) et l'évapotranspiration potentielle du 01-01-1992 au 31-12-2013 pour les UHRH en amont du tronçon de rivière 484, soit les UHRH 1349, 1350 et 1351.

```
1 Moyennes ponderees; ( VERSION 4.1.8.3336 ) CRFB
2 Troncon;484 CRFB
3 UHRH amont;1349;1350;1351 CRFB
4 date heure;TMin [C];TMax [C];TMoy [C];Precip pluie [mm];Precip neige [mm];Couvert nivale (EEN) [mm];ETP [mm]
5 1992-01-01 00:00;-18.4;-2.4;-10.4;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0 CRFB
6 1992-01-02 00:00;-17.9;-2.9;-10.4;0.0;0.0;0.0;0.0;0.0 CRFB
7 1992-01-03 00:00;-11.4;1.5;-4.9;0.0;0.0;0.0;0.0;0.2 CRFB
8 1992-01-04 00:00;-7.4;4.0;-1.7;0.6;9.4;9.1;0.4 CRFB
```

Figure 48: Fichier .csv contenant les moyennes pondérées des données météorologiques en amont du tronçon de rivière 484.

La Figure 49 montre une partie du fichier des statistiques de débit, incluant le numéro d'identification du tronçon de rivière, le RCEQM (erreur quadratique moyenne racine), le Nash-Sutcliffe, le biais relatif, le biais absolu, le coefficient de corrélation, le KGE, le facteur de pic, le coefficient de volume, le Nash-log, le Nash-M., l'écart quadratique moyen, la somme des valeurs observées, la somme des valeurs modélisées, la moyenne des observations et la moyenne des débits modélisés pour chacun des 47 tronçons sélectionnés (1, 48, 65, 118, 122, 125, 400, 412, 432, 434, 436, 551, 582, 1036, 1080, 1730, 1731, 1784, 1788, 1853, 1857, 1927, 1928, 1956, 1979, 2029, 2286, 2331, 2525, 2617, 2686, 2690, 2734, 2735, 2801, 2809, 2966, 2967, 2982, 2983, 3118,

3127, 3131, 3141, 3149, 1274, 3280). Ces statistiques de débit sont suivies par les valeurs de débit observées et modélisées pour chacun des tronçons du 1992-01-01 au 2013-12-31 pour permettre à l'utilisateur de calculer ses propres métriques au besoin.

```
D:\en_cours\projet CMI\projet_terminé\PROJET HYDROTEL\LCRR (PR 2011)\simulation\simulation\resultat\stats.csv - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Tools Macro Run Plugins Window ?
obs-sim-flows.csv stats.csv
1 troncon ident;RCEQM;Nash-Sutcliffe;Biais relatif;Biais absolue;Coefficient de correlation;KGE;
2 1;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;3.51519e+006;-999;437.431 CRLE
3 48;8.37969;0.46741;8.69712;0.0869712;0.754918;0.679795;0.0682909;-0.0869712;0.418468;0.638864;
4 65;80.049;0.876712;-0.50495;0.0050495;0.936418;0.875903;0.00992033;0.0050495;0.84669;0.924063;
5 118;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;3.1368e+006;-999;390.343 CRLE
6 122;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;-999;427645;-999;53.2161 CRLE
49 CRLE
50 date;troncon.id.1;station.id.absent;troncon.id.48;station.id.0030421;troncon.id.65;
51 1992-01-01 00:00;326.876;-999;0.219388;-999;268.775;284;260.82;-999;1.87816;-999;3.
52 1992-01-02 00:00;266.345;-999;0.845044;-999;264.104;273;262.552;-999;12.0099;-999;1
53 1992-01-03 00:00;271.399;-999;1.29288;-999;267.889;262;266.063;-999;12.9608;-999;12
54 1992-01-04 00:00;275.522;-999;1.5616;-999;271.169;256;269.194;-999;13.7115;-999;13.
```

Figure 49: Fichier .csv contenant les statistiques de simulation



Notez que redémarrer la simulation prendra en compte les modifications des paramètres de simulation et écrasera les résultats correspondants. Les utilisateurs avancés peuvent éviter cette procédure d'écrasement en utilisant l'outil de création et de sélection de simulations.