

# Réduction du temps de calcul et du volume de stockage du modèle HYDROTEL

Rapport présenté à:

La Direction de l'expertise hydrique du Ministère du Développement durable, de  
l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC)

Alain N. Rousseau, P.Eng., Ph.D.  
Sébastien Tremblay

Centre Eau Terre Environnement  
Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE)  
490, rue de la Couronne, Québec (QC), G1K 9A9

Rapport No. R1900

Décembre 2019



© Alain N. Rousseau, 2019

Tous droits réservés

ISBN : 978-2-89146-945-6 (version électronique)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2021



## Table des matières

---

1	Contexte .....	1
2	Approbation d'une version de départ.....	3
3	Sélection d'un bassin et d'une simulation de référence .....	5
4	Temps de calcul de la version initial (référence).....	7
5	Pistes d'optimisation initiales .....	11
5.1	Processus prioritaire (surlignés en vert).....	11
5.2	Processus avec potentiel et/ou contrainte (surlignés en bleu) .....	12
6	Pistes d'optimisation implémentées.....	15
7	Temps de calcul de la version finale.....	17
8	Conclusion.....	19
	Annexe 1 - Utilisation de fichier de données météorologique de format NetCDF.....	21



# 1 Contexte

---

Dans le contexte de la mise à jour 2020 de l'Atlas Hydroclimatique du Québec méridional, le MDDELCC souhaite réduire les temps de calcul ainsi que le volume de stockage liés aux simulations produites par le modèle hydrologique HYDROTEL.

La version finale du code source doit permettre d'utiliser le format NetCDF pour la lecture des données météorologiques et pour la sauvegarde des résultats de simulation.

Tout au long du projet, après approbation d'une version de départ, les résultats de simulation devront autant que possible être identiques à ceux produits par la version de départ.



## 2 Approbation d'une version de départ

---

À la demande du MDDELCC, la version 4.1.4 (octobre 2018) d'HYDROTEL bonifiée d'une correction au module de calcul du bilan vertical a été sélectionnée pour ce projet.

La correction effectuée au module de calcul du bilan vertical des 3 couches (BV3C) concerne la variation maximale du contenu en eau relatif des sols. Auparavant, HYDROTEL tentait de satisfaire un critère de variation en réduisant le pas de temps interne de BV3C. Cependant, il pouvait arriver dans certains cas que ce pas de temps ne soit pas assez petit pour satisfaire le critère et les résultats obtenus étaient alors incohérents; pouvant ainsi engendrer de l'instabilité numérique. Afin de limiter l'impact de la modification sur les résultats et ainsi ne pas invalider les bassins déjà calés par le MDDELCC, la solution suivante a été retenue : (i) dans un premier temps HYDROTEL détermine le pas de temps interne nécessaire pour satisfaire le critère de variation maximale du contenu en eau relatif; (ii) si le pas de temps satisfaisant le critère est inférieur au pas de temps déterminé selon l'ancienne méthode, on utilise le pas de temps satisfaisant le critère (version 4.1.4 bonifiée); (iii) sinon on utilise le pas de temps déterminé selon la méthode classique (version 4.1.4).



### **3 Sélection d'un bassin et d'une simulation de référence**

---

Afin d'analyser l'impact des modifications sur les résultats produits par la version 4.1.4 bonifiée, on devait sélectionner un bassin de référence. Les résultats produits par la version de départ d'HYDROTEL avec le bassin de référence ont donc été comparés aux résultats obtenus durant la réalisation de ce projet, et ce afin d'assurer un minimum de différence dans les résultats.

Le bassin de référence retenu par le MDDELCC est le projet HYDROTEL GASPESIE (non-calé) qui est utilisé dans l'Atlas 2020. Ce projet a 10 079 UHRH. Le pas de temps utilisé est de 3 heures. La résolution de la grille météo utilisée est de 0.1°.

La simulation a été effectuée du 1 janvier 2000 au 1 janvier 2003.



## 4 Temps de calcul de la version initial (référence)

---

Pour analyser les temps de calcul, l'outil de profilage de performance de Microsoft Visual Studio 2017 a été utilisé. Cet outil permet de déterminer les temps d'exécution de tous les processus impliqués dans un programme. La simulation de référence a été utilisée pour exécuter les profils des temps de calcul.

Le tableau ici-bas présente une synthèse des temps d'exécution pour chacun des modèles utilisé dans la simulation et met en évidence les processus les plus exigeants. Les éléments surlignés en vert identifient les processus prioritaires pour l'optimisation et les éléments surlignés en bleu, les processus ayant le potentiel d'être optimisées, mais sans en avoir la certitude ou connaître *a priori* l'impact sur les résultats.

Il est à noter qu'une ré-analyse des temps de calcul de la version initiale a été effectuée. Ces temps de calcul diffèrent donc légèrement de ceux présentés dans le rapport d'étape (R-1833) du présent projet. Une ré-analyse était nécessaire afin de considérer l'impact de la mémoire cache de l'ordinateur. Les analyses des temps de calcul ont donc été effectuées avec la mémoire cache initialisée une première fois avec la simulation en question.

PROCESSUS	Temps d'exécution			
	Total (%)	Total (MM:SS)		(%) (MM:SS)
<b>INITIALISATION</b>	<b>7.75</b>	<b>1:10</b>		
Lecture données météo			7.22	1:05
Autres			0.53	0:04
<b>CALCULE</b>	<b>91.66</b>	<b>13:50</b>		
<u>Interpolation (Thiessen)</u>	26.76	4:02		
Répartition données			11.75	1:46
Interpolation données			14.79	2:14
Autres			0.22	0:02
<u>Fonte neige (Degré jour modifié)</u>	18.77	2:50		
Calcule			0.41	0:03
CalculIndiceRadiation			2.32	0:21
CalculeFonte			1.13	0:10
Sauvegarde (output)			14.65	2:12
Autres			0.26	0:02
<u>ETP (Hydro-Québec)</u>	0.67	0:06		
<u>Bilan vertical (BV3C)</u>	22.34	3:22		
TriCoucheOct97				
Calculs (opérations)			5.74	0:52
Fonction de puissance (pow)			8.45	1:16
Autres			1.43	0:12
CalculeEtr				
Fonction exp			1.93	0:17
boost::gregorian::date::day_of_year			1.38	0:12
Autres calculs			1.44	0:13

#### 4. Détermination des temps de calculs actuels

Autres				1.28	0:11
<u>Ruissellement (Onde cinématique)</u>	9.28	1:24			
Calculs				9.21	1:23
Autres				0.07	0:00
<u>Acheminement (Onde cinématique modifié)</u>	13.84	2:05			
TransfertRiviere					
Fonction de puissance (pow)				6.08	0:55
Autres calculs				1.46	0:13
PrendreTronconsAval (accès vecteur)				1.54	0:13
Sauvegarde (output)				2.41	0:21
Autres				2.35	0:21
<b>AUTRES</b>	<b>0.59</b>	<b>0:05</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>15:06</b>			



## 5 Pistes d'optimisation initiales

---

### 5.1 Processus prioritaires (surlignés en vert)

- **Utilisation du format NetCDF pour la lecture des données météorologiques et l'écriture des résultats de simulation (optimisation 1)**

Pour la lecture et l'écriture des données, nécessitant les accès au disque dur, on peut considérer, ensemble, les items suivants : (i) lecture des données météorologiques, (ii) sauvegarde de la variable *Équivalent en eau du couvert nival* (modèle Degré jour modifié), et (iii) sauvegarde de la variable *Débit aval* (modèle Onde cinématique modifié). Ces trois processus représentent 24.3% du temps de simulation total (15:06), soit 3 minutes et 40 secondes.

L'utilisation d'un format de fichier binaire pourrait grandement améliorer les temps de lecture et d'écriture. Le format binaire NetCDF préconisé par le MDDELCC devrait répondre aux attentes. Ce format a l'avantage d'être compatible avec plusieurs logiciels existant afin de visualiser les données ou interagir avec ces logiciels. Un format binaire maison limiterait encore plus la quantité de données à lire/écrire, mais les gains au niveau de la vitesse d'exécution et du stockage ne seraient pas énorme par rapport au format NetCDF.

- **Interpolation des données météorologiques (optimisation 2)**

Ce processus non négligeable utilise 14.8% du temps total ou 2 minutes et 14 secondes. Le processus d'interpolation peut aussi être optimisé en modifiant l'algorithme dont le « mode d'accès » au vecteur à la ligne 262 représente presque la totalité du temps utilisé par ce processus.

```
0.01 % 260   for (size_t index = 0; index < zones.PrendreNbZone(); ++index)
        261   {
13.13 % 262   if(find(begin(_sim_hyd.PrendreZonesSimules()), end(_sim_hyd.PrendreZonesSimules()),
        263   {
```

- **Répartition des données météorologiques (optimisation 3)**

Ce processus effectué dans le modèle *Thiessen* nécessite un temps de calcul de 11.8% du temps total ou 1 minute et 47 secondes.

L'algorithme de répartition des données semble inefficace principalement avec les valeurs de pondération, soit au niveau des 2 lignes de code visibles ici-bas :

```
0.00 % 121     size_t nbStation = stations_meteo.PrendreNbStation();
1.10 % 122     for (size_t index_station = 0; index_station < nbStation; ++index_station)
123         {
4.88 % 124         float ponderation = static_cast<float>(_ponderation(index_zone, index_station));
125
2.21 % 126         if (ponderation > 0.0f)
127             {
0.07 % 128         auto station_meteo = static_cast<STATION_METEO*>(stations_meteo[index_station]);
129     }
```

La ligne numéro 124 peut sans doute être optimisée en évitant de faire une conversion de type *static\_cast*. Il se peut aussi que l'accès au vecteur *\_ponderation* soit responsable de ce ralentissement principal. Il a été observé durant l'analyse que les accès au type de vecteur *Map* soient assez lents. Un autre type de vecteur serait sans doute plus performant.

La ligne 126 qui fait la vérification « *if(pondération > 0.0f)* » pourrait vraisemblablement être évitée en conservant seulement les pondérations supérieures à 0.

## 5.2 Processus avec potentiels et/ou contraintes (surlignés en bleu)

- **Fonctions de puissance et exponentielle**

Les calculs des fonctions mathématiques, telles les puissances et les exponentielles, sont, de façon générale, reconnues pour être exigeantes en temps de calcul pour les processeurs. Ceux-ci représentent plus de 16% du temps total de la simulation, soit plus de 2 minutes et 28 secondes.

Il existe des algorithmes optimisés d'approximation de ces fonctions. La précision du résultat peut être ajustée à la décimale désirée. Ces algorithmes peuvent améliorer énormément la rapidité des calculs, soit de l'ordre de 50% et plus. L'impact de la précision

de ces calculs sur les variables interne d'HYDROTEL reste toutefois inconnu. Cette solution demeure une avenue potentielle en autant que l'impact sur les résultats soit acceptable, tant du point de vue quantitatif que du point de vue scientifique.

- **Autres processus**

Les autres processus inscrits au tableau des temps d'exécution sont des calculs mathématiques ou des accès à certains vecteurs. C'est le cas pour les processus *TriCoucheOct97* (modèle *BV3C*), *CalculeEtr* (modèle *BV3C*), *TransfertRiviere* (modèle *Onde cinématique modifié*) et *PrendreTronconsAval* (modèle *Onde cinématique modifié*). Si on additionne les temps de calcul de ces processus, ils représentent tout de même 13% du temps total de simulation, soit 1 minute et 58 secondes.

Ces calculs peuvent sans doute être optimisés, ainsi que les accès aux vecteurs, mais les gains sur la rapidité d'exécution devraient être assez limités.



## 6 Pistes d'optimisation implémentées

---

- **Utilisation du format NetCDF pour la lecture des données météorologiques et l'écriture des résultats de simulation (optimisation 1)**

Le support du format NetCDF a été ajouté pour la lecture des données météorologiques ainsi que pour la sauvegarde des résultats de simulation. Pour la lecture des données météorologiques, deux formats différents de fichier NetCDF ont été ajoutés, les formats stations (H2.1) et grille (9.3.1). Pour la sauvegarde des résultats, il est à noter que le support du format NetCDF a été ajouté pour toutes les variables disponibles actuellement au format texte conventionnel.

L'ajout du support du format NetCDF a permis de réduire le temps de calcul total de la simulation de référence de 23.6% soit 3 minutes et 34 secondes, réduisant le temps total de la simulation à 11 minutes et 32 secondes.

- **Interpolation des données météorologiques (optimisation 2)**

L'optimisation de cette fonction a été effectuée en ajoutant des conditions afin de vérifier si les variables doivent être sauvegardés. L'accès au vecteur de type « map » a également été remplacé et optimisé.

Ces modifications ont permis de réduire de 2 minutes 28 secondes le temps simulation de la nouvelle version qui inclut les modifications de l'optimisation 1. Ce temps représente 16.3% du temps total de la simulation initial (référence).

- **Répartition des données météorologiques (optimisation 3)**

Ce processus effectué dans le modèle *Thiessen* a été optimisé en supprimant les accès aux vecteurs de type « map » et en modifiant la boucle principal de l'algorithme pour que les itérations s'effectuent seulement sur les combinaisons station/uhrh dont la pondération est supérieur à 0, réduisant ainsi le nombre d'itération totale.

Un gain de 1 minute 16 secondes par rapport à la version contenant les optimisations 1 et 2 a été obtenu suite à ces modifications. Ce temps représente 8.4% du temps total de la simulation initial de référence.

## 7 Temps de calcul de la version finale

---

Le tableau suivant présente une synthèse des temps d'exécution de la version finale, soit après l'implantation des optimisations 1, 2 et 3. Les éléments surlignés en vert sont les processus qui ont été optimisés et ceux surlignés en bleu sont les pistes potentielles initiales qui n'ont pas été explorées.

PROCESSUS	Temps d'exécution			
	Total (%)	Total (MM:SS)	(%)	(MM:SS)
<b>INITIALISATION</b>	<b>1.08</b>	<b>0:05</b>		
Lecture données météo			0.04	0:00
Autres			1.04	0:04
<b>CALCULE</b>	<b>96.76</b>	<b>7:28</b>		
<u>Interpolation (Thiessen)</u>	8.31	0:38		
Répartition données			8.00	0:37
Interpolation données			0.00	0:00
Autres			0.31	0:01
<u>Fonte neige (Degré jour modifié)</u>	7.28	0:33		
Calcule			0.41	0:01
CalculIndiceRadiation			4.55	0:21
CalculeFonte			2.30	0:10
Sauvegarde (output)			0.02	0:00
Autres			0.00	0:00

## Réduction du temps de calcul et du volume de stockage du modèle HYDROTEL

<u>ETP (Hydro-Québec)</u>	1.02	0:04		
<u>Bilan vertical (BV3C)</u>	42.10	3:14		
TriCoucheOct97				
Calculs (opérations)			10.85	0:50
Fonction de puissance (pow)			16.16	1:14
Autres			2.71	0:12
CalculeEtr				
Fonction exp			3.60	0:16
boost::gregorian::date::day_of_year			2.56	0:11
Autres calculs			2.66	0:12
Autres			1.31	0:06
Autres			2.25	0:10
<u>Ruissellement (Onde cinématique)</u>	16.33	1:15		
Calculs			16.30	1:15
Autres			0.03	0:00
<u>Acheminement (Onde cinématique modifié)</u>	21.68	1:40		
TransfertRiviere				
Fonction de puissance (pow)			11.66	0:53
Autres calculs			2.74	0:12
PrendreTronconsAval (accès vecteur)			3.16	0:14
Sauvegarde (output)			0.04	0:00
Autres			4.08	0:18
<b>AUTRES</b>	<b>2.16</b>	<b>0:10</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>7:43</b>		

## 8 Conclusion

---

Il a été possible d'améliorer significativement les temps d'exécution de la simulation de référence. Avec l'utilisation des fichiers NetCDF pour la lecture des données météorologique et pour la sauvegarde des résultats, en plus des autres optimisations effectuées, la version finale exécute la simulation de référence en 7 minutes et 43 secondes, soit un gain de 48.9% (7 minutes et 23 secondes) relativement à la version initiale qui effectuait la même simulation en 15 minutes et 6 secondes.

Ce projet a également permis de valider la compilation et l'utilisation d'HYDROTEL sur un ordinateur ayant un système d'exploitation de famille Unix.



## **Annexe 1 - Utilisation de fichiers de données météorologiques de format NetCDF**

---

La présente section décrit les étapes nécessaires à l'utilisation d'un fichier de données météorologiques de format NetCDF. Pour des contraintes de rapidité d'exécution, le fichier de données NetCDF ne doit pas contenir de données manquantes et le pas de temps des données disponible (intervalle de temps entre chaque mesure) doit être le même que celui de la simulation que l'on souhaite effectuer. Le format du fichier doit également respecter l'un ou l'autre des deux formats supportés par HYDROTEL, soit les formats « STATION » ou « GRID » qui sont décrits à l'étape 2.

### **1. Sélectionner le fichier de données NetCDF pour la lecture des données météorologique**

Dans l'interface HYDROTEL, sélectionner le menu « Simulation », « Données météorologique ». Sélectionner le fichier de donnée désiré en cliquant sur le bouton « Parcourir... ». Dans le cas où le fichier sélectionné est un fichier NetCDF (.nc) et que le fichier de configuration HYDROTEL nécessaire est absent, un fichier de configuration avec des valeurs par défaut sera créé (.nc.config). Ce fichier doit par la suite être modifié manuellement afin de décrire le format du fichier NetCDF (voir étape 2).

Pour sélectionner le fichier NetCDF manuellement, sans utiliser l'interface, ouvrir le fichier de configuration de la simulation avec un éditeur texte. Le fichier de configuration d'une simulation se trouve dans le dossier de la simulation et porte le nom de cette même simulation avec l'extension « .csv » (ex : .\Dossier de projet Hydrotel\simulation\Nom de la simulation\Nom de la simulation.csv). Modifier la ligne portant l'étiquette « FICHIER STATIONS METEO » et inscrire le chemin pointant vers le fichier de données (ex : FICHIER STATIONS METEO;meteo/DonneesNetCDF.nc).

## 2. Configurer le fichier nc.config selon le format du fichier de données NetCDF.

Ouvrir le fichier de configuration NetCDF avec un éditeur texte. Le fichier se trouve dans le même dossier que le fichier de données « .nc » et porte le même nom, avec en plus l'extension « nc.config » (ex : DonneesNetCDF.nc.config). Si le fichier n'existe pas, celui-ci doit être créé manuellement.

Le fichier « nc.config » doit avoir le format suivant :

Ligne	Étiquette	Valeur exemple
1	TYPE (STATION/GRID);	STATION
2	STATION_DIM_NAME;	stations
3	LATITUDE_NAME;	lat
4	LONGITUDE_NAME;	lon
5	ELEVATION_NAME;	z
6	TIME_NAME;	time
7	TMIN_NAME;	tmin
8	TMAX_NAME;	tmax
9	PRECIP_NAME;	precip

- Ligne 1 (TYPE (STATION/GRID))

Inscrire la valeur « STATION » pour utiliser le format de données stations (H2.1) contenant des séries de données temporelles par station. Inscrire la valeur « GRID » pour utiliser le format de données grille (9.3.1) contenant des séries de données temporelles pour chaque point d'une grille de coordonnées.

- Ligne 2 (STATION\_DIM\_NAME)

Nom de la variable dimension du fichier NetCDF ayant une valeur égale au nombre de station. Cette valeur doit être spécifiée seulement lorsque le type choisi à la ligne 1 est « STATION ».

Lorsque le type choisi est « GRID » la valeur est laissée en blanc. Le nombre de points de grille d'un fichier de type « GRID » est déterminé selon la taille du vecteur contenant les coordonnées pour la latitude et la taille du vecteur contenant les coordonnées pour la longitude (taille vecteur latitude X taille vecteur longitude = nombre de points de grille).

- Ligne 3 (LATITUDE\_NAME)

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs latitude des coordonnées (WGS 1984). Pour le type de fichier « STATION », ce vecteur doit avoir la même taille que le nombre de stations disponibles. Dans le cas du type de fichier « GRID », ce vecteur doit contenir les valeurs uniques des latitudes composant la grille, c'est-à-dire les valeurs possibles pour l'axe Y. De plus, le fichier doit contenir une variable dimension portant le même nom que la variable de données et avoir une valeur égale au nombre de valeur « latitude » contenue dans le vecteur.

- Type STATION : double latitude(NbStation)
- Type GRID : double latitude(NbLatitude)

- Ligne 4 (LONGITUDE\_NAME)

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs longitudes des coordonnées (WGS 1984). Pour le type de fichier « STATION », ce vecteur doit avoir la même taille que le vecteur contenant les valeurs latitude. Pour le type de fichier « GRID » les tailles des vecteurs latitude et longitude peuvent différer en outre dans le cas de l'utilisation d'une grille de données de forme rectangle. De plus, le fichier doit contenir une variable dimension portant le même nom que la variable de données et avoir une valeur égale au nombre de valeur « longitude » contenue dans le vecteur.

- Type STATION : double longitude(NbStation)

- Type GRID : double longitude(NbLongitude)
  
- Ligne 5 (ELEVATION\_NAME)  

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs d'élévation pour chaque station ou point de grille (selon le type de fichier utilisé). Les valeurs d'élévation doivent être fournies en mètres pour chacune des stations. Dans le cas du type de fichier « GRID », les valeurs d'élévation doivent être fournies pour chaque valeur de longitude correspondant à la première valeur de latitude, pour ensuite continuer avec la latitude suivante, et ainsi de suite.

  - Type STATION : double elevation(NbStation)
  - Type GRID : double elevation(NbLatitude, NbLongitude)
  
- Ligne 6 (TIME\_NAME)  

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs de temps pour chaque série temporelle. Les valeurs de temps doivent être spécifiées en nombre de jours écoulé depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1970 à minuit (0h). Ceci correspond à une date Unix Epoch divisé par le nombre de seconde dans une journée (86400). La valeur peut être négative pour les dates antérieures au 1<sup>er</sup> janvier 1970. Les valeurs sont considéré par HYDROTEL comme étant dans le fuseau horaire local et aucun ajustement n'est effectué). La variable utilisé doit obligatoirement avoir un paramètre « description » égale à la chaîne de caractères suivante « days since 1970-01-01 00:00:00 ». Le fichier doit également contenir une variable dimension portant le même nom de la variable de données et avoir une valeur égale au nombre de valeurs « temps » contenue dans le vecteur.

  - Type STATION et GRID : double time(NbPasTemps)

- Ligne 7 (TMIN\_NAME)

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs de température minimum en degré Celsius.

- Type STATION : double tmin(NbPasTemps, NbStation)
- Type GRID : double tmin(NbPasTemps, NbLatitude, NbLongitude)

- Ligne 8 (TMAX\_NAME)

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs de température maximum en degré Celsius.

- Type STATION : double tmax(NbPasTemps, NbStation)
- Type GRID : double tmax(NbPasTemps, NbLatitude, NbLongitude)

- Ligne 9 (PRECIP\_NAME)

Nom de la variable du fichier NetCDF contenant les valeurs de précipitation (pluie + équivalent en eau des précipitations de neige) en millimètres.

- Type STATION : double precip(NbPasTemps, NbStation)
- Type GRID : double precip(NbPasTemps, NbLatitude, NbLongitude)

**Exemple de fichier « nc.config » de type STATION :**

TYPE (STATION/GRID); STATION

STATION\_DIM\_NAME; nbstations

LATITUDE\_NAME; lat

LONGITUDE\_NAME; lon

ELEVATION\_NAME; z

TIME\_NAME; time

TMIN\_NAME; tmin

TMAX\_NAME; tmax

PRECIP\_NAME; precip

**Exemple de fichier « nc.config » de type GRID :**

TYPE (STATION/GRID); GRID

STATION\_DIM\_NAME;

LATITUDE\_NAME; y

LONGITUDE\_NAME; x

ELEVATION\_NAME; z

TIME\_NAME; time

TMIN\_NAME; tmin

TMAX\_NAME; tmax

PRECIP\_NAME; precip

**3. Délimiter l'étendu (extent) des coordonnées considéré dans la simulation (optionel).**

Il est possible de spécifier les limites nord, sud, est et ouest des coordonnées prises en compte dans la simulation. Les stations ou les points de grille doivent se situer à l'intérieur de l'étendue définie afin d'être considérées dans la simulation. Toutes stations ou tous points de grille se situant à l'extérieur seront exclus du processus d'interpolation.

Pour activer cette fonctionnalité, un fichier portant le nom « extent-limit.config » doit être créé dans le même dossier que le fichier de données NetCDF et être édité selon le format suivant :

Ligne	Étiquette	Valeur exemple
1	North;	45.6
2	South;	45.3
3	East;	-71.0
4	West;	-71.4

**Exemple de fichier « extent-limit.config » :**

North; 45.6

South; 45.3

East; -71.0

West; -71.4