

Note de travail sur la maquette d’assimilation de données sur MASCARET : Contrôle des débits d’apports latéraux

S. Ricci ¹, A. Piacentini ¹

¹ URA CERFACS/CNRS No1875 - Toulouse - France

Objectif du document

On propose ici une succinte description de la maquette d’assimilation sur MASCARET en termes scientifiques et techniques. Certaines parties des sources du code MASCARET et des routines additionnelles liées à l’assimilation sont détaillées ici. On s’attache particulièrement ici à la description de la correction des lois hydrauliques. Plus amples explications sont fournies sur la correction des lois de débits d’apports latéraux récemment implémentée.

1 Description de la maquette

La maquette d’assimilation de données implémentée sur le code MASCARET vise à améliorer la simulation des épisodes de crues en utilisant des observations de hauteurs d’eau mesurées en stations. Ce travail, à ce jour, a été effectué au CERFACS dans le cadre d’une convention passée avec le SCHAPI. Les développements et les résultats à l’issu de cette convention sont présentés en [1]. La poursuite de ce travail est à présent encadré par une convention impliquant le CERFACS, le SCHAPI, le LNHE et le CETMEF.

La maquette d’assimilation implémente deux algorithmes de type BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) [3]. Le premier algorithme, nommé par la suite *assimilation linéique*, a pour objectif d’améliorer directement la ligne d’eau simulée (Z pour la hauteur et Q pour le débit) en agissant aux stations de mesure et leurs voisinages. La correction a lieu à chaque temps d’observation. Le deuxième algorithme, nommé *assimilation par calage*, a pour objectif d’améliorer la ligne d’eau simulée en corrigeant les conditions limites amonts (hydrogrammes ou limnigrammes). Ces lois amonts décrivent un apport ponctuel (forçage à

l'amont par exemple) ou bien un apport linéïque (forçage latéral linéïque par exemple). Les lois hydrauliques sont corrigées par le biais de 3 paramètres (multiplication par a , addition de b , translation dans le temps de c) par loi.

La combinaison de ces 2 algorithmes a été testée sur 2 réseaux hydrauliques d'intérêt pour le SCHAPI : Adour et Marne Vallage. Le contexte de l'étude est la prévision d'un événement de crue en temps réel. On joue l'analyse sur une période de quelques jours en utilisant des observations horaires dans le passé et en réalisant une prévision sur une journée. Cette analyse est réalisée toutes les heures sur une fenêtre glissante, afin de couvrir tout l'épisode de crue. Globalement, il a été montré que l'assimilation de données permet l'amélioration de l'état hydraulique en ré-analyse et en prévision à des échéances compatibles avec les contraintes du SCHAPI. L'assimilation linéïque permet une correction très efficace des hauteurs et débits mais est très peu prédictive (du fait d'une faible sensibilité dans le temps à une ligne d'eau initiale). La correction des lois hydrauliques amonts (apport ponctuel) permet elle aussi une amélioration sur la simulation de l'événement. De plus, cette approche est prédictive dans la mesure où, en mode prévision, les débits amonts sont prescrits constants aux derniers débits connus (et donc corrigés via l'assimilation). On a de plus montré que les résultats de la maquette sont plus satisfaisants sur l'Adour que sur la Marne Vallage. En effet, il semble que le calage (avant assimilation) du modèle MASCARET sur le réseau Marne Vallage ne soit pas satisfaisant. Par conséquence, le comportement aux 2 stations d'observations n'est pas cohérent (sauf proche du pic de crue). Ainsi, l'assimilation ne parvient pas à améliorer conjointement la situation aux 2 stations de mesure. Les détails de cette étude sont présentés dans [2].

2 Description succincte du code MASCARET avec assimilation

2.1 Structure du code

Ce document ne visant à établir une description exhaustive de MASCARET et de ses inputs, on se concentre ici sur les fichiers d'entrée modifiés ou additionnels liés à l'assimilation

de données. **Les fichiers concernés sont ParametresMascaret.cas et dico.txt dans lesquels on a rajouté une section ASSIMILATION.**

La routine SUPERVISEUR.f90 constitue la routine principale du code MASCARET. Cette routine est compilée (avec le reste des sources) en un programme principal *systeme_mascaret* si on utilise l'algorithme d'assimilation linéique ou bien comme une sous-routine si on utilise l'algorithme d'assimilation par calage via PALM.

Dans les 2 cas, SUPERVISEUR.f90 articule le code MASCARET avec les étapes suivantes :

- Initialisation par Pretrait.f90
- Allocation
- Boucle de calcul
 - Planimetrage
 - Interpolation aux sections de calcul
 - Calcul des apports (Qcl.f90)
 - Calcul hydraulique (rezo.f90)
 - Calcul variables complémentaires
- Fin de la boucle de calcul

2.2 Initialisation par Pretrait.f90

Lecture de ParametresMascaret.cas

La routine Pretrait.f90 fait d'abord appel à la routine DAMOCLES.f90 qui lit les chaînes de données dans ParametresMascaret.cas en utilisant les correspondances décrites dans dico.txt. Il s'agit des chaînes de données dans MOTINT, MOTREA, MOTCAR... Le fichier dico.txt permet de traduire les variables du code en variables du ParametresMascaret.cas.

Dans un deuxième temps, les informations acquises dans MOTINT, MOTREA, MOTCAR... sont affectées dans les variables du code par différentes routines dans Pretrait.f90.

Nous ne décrivons ici que celles d'intérêt pour l'assimilation. Par exemple, une des premières opérations après la lecture est de définir le fichier d'output pour le listing du code : $FichierListing\%Nom = MOTCAR(ADRESS(4, 15))$.

Acquisition de la structure spatiale

La lecture de la géométrie est faite par LEC_GEOM.f90 : lecture des profils en travers dans le fichier.geo. L'abscisse de chaque profil est donnée relativement au début du bief. L'abscisse absolue est obtenue en cumulant les abscisses depuis le premier profil du premier bief. On parcourt tous les biefs, en ajoutant un écart de 1 m entre 2 biefs. Ainsi chaque profil a une abscisse absolue unique mais la distance entre 2 profils ne peut pas être connue en utilisant ces abscisses absolues.

La lecture du réseau est faite par LEC_RESEAU.f90. On calcule l'abscisse absolue des extrémités de chaque bief.

Le calcul du maillage est fait par LEC_MAILLAGE.f90. On lit dans ParametreMascaret.cas quels sont les profils par biefs afin de construire le maillage. Pour chaque maille, on décrit le profil de début et de fin.

Le réseau hydraulique est décrit par LEC_RESEAU.f90 qui donne le nombre de biefs, de noeuds, d'extrémités libres. Chaque bief possède un numéro, une abscisse absolue de début et de fin. Un numéro est donné à chaque extrémité de chaque bief pour savoir quel noeud est connecté à quel bief. On décrit la loi hydraulique associée à chaque extrémité libre.

Pour chaque bief, la structure de connection des mailles est calculée par CALC_CONNECT.f90. XINDIC.f90 donne la section de calcul correspondant à une abscisse donnée. Ainsi on décrit la structure Connect pour chaque bief qui a pour attributs : les abscisses absolues du maillage pour l'origine et la fin du bief, le nombre d'extrémités à chaque noeud, les numéros de section et de bief pour la confluence et le numero de la section de l'extrémité libre.

Acquisition et traitement des lois hydrauliques

La lecture des lois hydrauliques est faite dans LEC_LOI.f90 qui fait appel à LEC_HYDRAU.f90 dans une boucle sur le nombre de lois hydrauliques. Le path des fichiers d'input pour les lois est donné dans ParametresMascaret.cas. Les fichiers .loi donnent par exemple le débit à une station amont toutes les heures. Il peut donc s'agir d'hydrogramme, mais il existe

d'autres types de lois (ponctuelle, linéique, limnigramme ...)

Les apports hydrauliques sont décrits par un nombre de lois et pour chaque loi :

- son nom,
- son type,
- son mode d'entrée
- le nom du fichier qui la décrit si applicable,
- son unité de temps,
- un seuil minimum et maximum,
- la liste de paramètre à corriger par assimilation (applicable si hydrogramme ou limnigramme)
- la liste des stations de mesures actives pour l'assimilation par calage
- les valeurs hydrauliques : temps, débits ou hauteurs...

Dans le cadre de l'assimilation, on est amenés à perturber ou corriger ces lois avec les paramètres de controle (a,b,c). Cette étape est faite dans LEC_HYDRAU.f90 et prépare les lois hydrauliques pour l'intégration temporelle à venir. A noter aussi que les lois sont seuillées par les valeurs min et max du ParametresMascaret.cas. En conséquence, le run de référence (DRYRUN) n'est pas reproduit à l'identique même pour des paramètres de controle sans effet (1,0,0). Enfin, il est important de veuiller à ce que la valeur des seuils sont cohérente avec la valeur des débits pour la loi : des apports ponctuel ou linéique diffèrent de plusieurs ordres de grandeur, le seuil doit être en cohérence.

La lecture des apports est traité par LEC_APPORT.f90. Pour chaque apport, on calcule l'abscisse absolue l'apport ainsi que la section de calcul. Pour les apports ponctuel, la longueur d'apport est nulle. Dans le cas contraire, on calcule la section de calcul correspondant aux sections amont et aval. Chaque apport est associé à un numéro de loi hydraulique parmi celles lues précédemment. Un apport linéique est décrit par un fichier du type Qapport.loi donnant 2 temps (fin et début de l'apport) et une valeur en $m^3/s/m$. Cet apport est constant pour tous les temps sur l'intervalle début-fin.

2.3 Prise en compte des apports dans rezo.f90

Les apports décrits par Pretrait.f90 sont utilisés dans la boucle de calcul dans la routine CQINJ.f90. Le traitement diffère selon si l’apport est ponctuel ou linéique. CQINJ.f90 est ensuite appelé dans la routine rezo.f90 pour calculer l’état hydraulique résultant.

2.4 Correction des débits d’apports latéraux

La maquette permet de corriger les lois hydrauliques via les paramètres a,b,c. A ce jour, la maquette ne permettait que le calage de lois ponctuelles. Quelques modifications détaillées par la suite ont été introduites afin de permettre aussi la correction d’hydrogrammes linéique dans le cas d’apports latéraux.

L’algorithme d’assimilation pour ce controle utilise une matrice traduisant la linéarisation de la dépendance de la ligne d’eau (aux points d’observation) par rapport aux paramètres a,b,c de chaque station amont. Cette matrice est l’opérateur d’observation noté $\mathbf{H}$, elle est obtenue par un calcul aux différences finies qui implique des intégrations du code pour des lois hydrauliques perturbées. La taille de ces perturbations est donnée dans le fichier ParametresMascaret.cas. Si la loi est reliée à un apport, cet apport peut être ponctuel ou linéique. La dimension de la valeur hydraulique est donc soit m^3/s , soit $m^3/s/m$. La dimension des perturbations pour les coefficients doit être cohérente avec ces dimensions.

Il est donc nécessaire de spécifier dans le .cas, les perturbations pour une loi de débit ponctuel ou linéique. Il en va de même pour les valeurs des écart-types pour les paramètres de contrôle a,b,c. L’acquisition de ces valeurs se fait dans read_damocles.f90, ainsi que le remplissage de la matrice de covariance d’erreur d’ébauche.

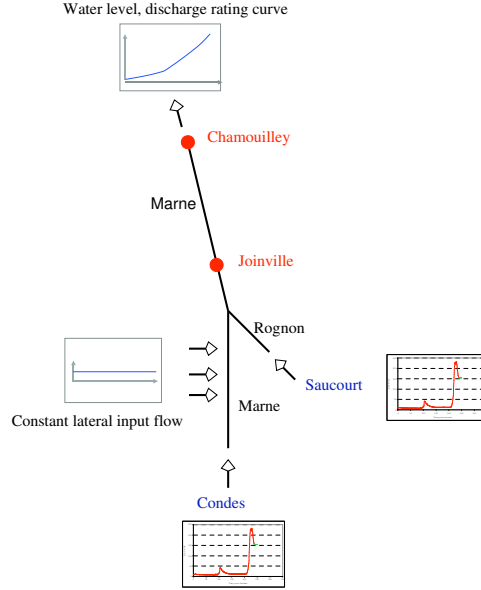


Figure 1: The Marne Vallage catchment with the measurement stations in red and the upstream stations in blue.

3 Résultats du calage d'une loi de débits d'apports latéraux

3.1 Configuration de travail

Cette section a pour objectif de valider puis présenter les résultats du calage d'une loi de débits d'apports latéraux. On applique la maquette d'assimilation sur le réseau hydraulique de la Marne Vallage. Ce réseau est décrit en Fig. 1, il comporte 3 biefs, 2 lois amonts, un apport latéral sur un bief amont et les 2 stations d'observation (Joinville et Chamouilley) sont situées sur le bief en aval de la confluence.

Dans ce document, on travaille sur un événement donné, notre objectif étant la validation de l'approche d'assimilation. L'événement de crue considéré s'étale sur 12 jours. Pour cet événement, la loi d'apport latéral est décrite par la table Tab. 1.

On s'intéresse à la correction des paramètres multiplicatif (a) et additif (b) sur la loi d'apport, un décalage dans le temps serait sans effet, l'apport étant constant sur l'intervalle de temps. Les valeurs d'ébauche de ces coefficients sont $a^b = 1.$ et $b^b = 0.$. Les valeurs

Table 1: Loi d’apport latéral sur la Marne Vallage pour l’événement 05

Temps	Débit
0.0	0.0045
1987200.0	0.0045

Table 2: Descriptif des expériences d’assimilation sur l’événement Marne 05

	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>	<i>E5</i>
Contrôle loi apport latéral	×	×	×	×	×
Contrôle lois amonts				×	×
Assimilation observations Joinville	×		×	×	×
Assimilation observations Chamouilley		×	×		×

perturbées sont $a^{pert} = 1.05$ et $b^{pert} = 0.0005m^3/s/m$. Les valeurs des écart-types pour a et b sont $\sigma^a = 1.05$ et $\sigma^b = 0.0005m^3/s/m$.

Plusieurs expériences d’assimilation ont été mises en oeuvre, leurs caractéristiques sont présentées en Tab. 2.

3.2 Résultats

Correction de la loi d’apport avec assimilation des observations à Joinville

Dans un premier temps, on réalise l’expérience *E1* où l’on ne contrôle que la loi d’apport latéral en assimilation uniquement les observations à Joinville.

A Joinville, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est nettement améliorée par l’assimilation. Il en est de même pour toutes les échéances de prévision (2h, 4h et 7h). Sur la période de réanalyse, la simulation à Joinville est plus proche des observations assimilées que ne l’était le modèle libre. Aux différentes échéances de prévisions, la montée de crue et le pic de crue sont mieux prévus. La descente de crue est plus rapide que celle observée, néanmoins, la précision est améliorée sur tout l’événement (voir Figs. 6).

A Chamouilley, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est détériorée avant le pic de crue et améliorée au pic de crue, par rapport au modèle libre. Ceci traduit le fait que l’assimilation d’observations à Joinville améliore la simulation à Joinville mais la détériore à Chamouilley, stations qui pourtant sont sur le même bief. On retrouve

le problème soulevé précédemment concernant le calage déficient du modèle de la Marne. A toutes les échéances de prévision à Chamouilley, les résultats de l'assimilation sont meilleurs que ceux du modèle libre uniquement aux temps proches du pic de crue. Ceci est cohérent avec les conclusions du rapport de calage disant que le modèle a été caler pour principalement bien simuler les crues (voir Figs. 7).

Correction de la loi d'apport avec assimilation des observations à Chamouilley

On réalise à présent l'expérience *E2* où l'on ne contrôle que la loi d'apport latéral en assimilant uniquement les observations à Chamouilley.

A Chamouilley, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est améliorée sur tout l'événement. On a donc un meilleur comportement, en réanalyse, à Chamouilley, en observant les observations de Chamouilley plutôt que celles de Joinville. Les observations à Joinville pénalisent la correction à Chamouilley. En revanche, cette amélioration est bien moins nette qu'à Joinville pour l'expérience *E1*. Pour les différentes échéances de prévisions, la précision est améliorée au pic de crue mais nettement détériorée (autant qu'en *E1*) après le pic. Il apparaît donc que les observations à Chamouilley ne permettent pas de contrôler effectivement la loi d'apport latéral avec l'objectif d'améliorer la prévision (voir Figs. 9).

A Joinville, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est détériorée avant le pic de crue et améliorée au pic de crue. Un résultat similaire est obtenu à toutes les échéances de prévision. Il semble que la correction de la loi d'apport obtenue avec les observations à Chamouilley permette une plus nette amélioration à Joinville qu'à Chamouilley en prévision, ce qui est surprenant (voir Figs. 8).

Correction de la loi d'apport avec assimilation des observations à Joinville et à Chamouilley

On réalise à présent l'expérience *E3* où l'on ne contrôle que la loi d'apport latéral en assimilant les observations à Joinville et à Chamouilley.

A Joinville, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est nettement améliorée par l'assimilation. Il en est de même pour toutes les échéances de prévision (2h, 4h et 7h). En revanche, avant le pic de crue, l'amélioration est moins nette qu'en *E1*. C'est à dire que l'utilisation des observations à Chamouilley pénalise les résultats à Joinville. Les résultats restent néanmoins meilleurs qu'en *E2* lorsque seules les observations à Chamouilley

sont utilisées (voir Figs. 10).

A Chamouilley, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est un peu moins bonne qu'en $E2$: elle est légèrement détériorée avant le pic de crue semblable à celle de $E2$ au pic de crue. Les résultats restent néanmoins meilleurs qu'en $E1$ lorsque seules les observations à Joinville sont utilisées. A toutes les échéances de prévision à Chamouilley, les résultats de l'assimilation sont meilleurs que ceux du modèle libre uniquement aux temps proches du pic de crue. Les résultats sont meilleurs qu'en $E2$ mais moins bons qu'en $E1$, c'est à dire qu'en prévision, les observations à Chamouilley nuisent au calage (voir Figs. 11).

Correction des lois amonts et de la loi d'apport avec assimilation des observations à Joinville

On réalise à présent l'expérience $E4$ où l'on contrôle les lois amonts ainsi que la loi d'apport latéral en assimilation les observations à Joinville uniquement.

A Joinville, sur la période de 48h précédent le temps de base, la précision est nettement améliorée par l'assimilation. Les résultats sont même meilleurs que ceux de $E1$ ce qui veut dire que le contrôle des lois amonts permet une amélioration supplémentaire. Ce résultat est valable à toutes les échéances de prévision. On notera néanmoins une légère et brève détérioration au jour 8. Cette détérioration semble liée au calage simultané des 3 lois hydrauliques (voir Figs. 12).

A Chamouilley, sur la période de 48h précédent le temps de base, les résultats sont similaires à ceux de $E1$. A toutes les échéances de prévision à Chamouilley, les résultats de l'assimilation sont meilleurs que ceux de toutes les expériences précédentes même si l'assimilation demeure moins bonne que le modèle libre en dehors du pic de crue. Il semble que la correction des lois amonts permettent une correction plus efficace à Chamouilley et à Joinville (voir Figs. 13).

Correction des lois amonts et de la loi d'apport avec assimilation des observations à Joinville et à Chamouilley

On réalise à présent l'expérience $E5$ où l'on contrôle les lois amonts ainsi que la loi d'apport latéral en assimilation les observations à Joinville et à Chamouilley.

Les résultats de $E5$ sont sensiblement les mêmes que ceux de $E4$. Néanmoins, ils con-

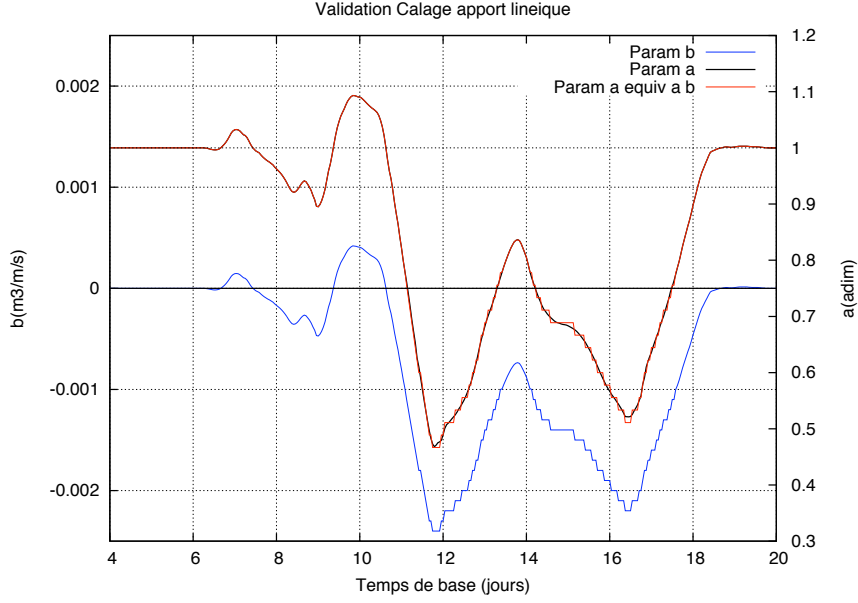


Figure 2: Analyse pour la correction d'un apport latéral avec un coefficient multiplicatif a ou un coefficient additif b .

firmement les conclusions tirées de la comparaison de $E1$ et $E3$: l'utilisation des observations à Chamouilley apporte une amélioration à Chamouilley en mode réanalyse mais une dégradation à Joinville en mode prévision (voir Figs. 14 et Figs. 15) .

Réduction de la taille du contrôle dans le cas d'un apport constant

On note ici, que dans le cas d'un apport latéral constant en temps, la correction de l'apport via un paramètre multiplicatif a ou via un paramètre additif b conduit au même résultat si $a = \frac{(Apport+b)}{Apport}$. On utilise cette relation pour exprimer des écart type équivalents sur a et b et on exécute la procédure de calage sur la loi d'apport latéral uniquement sur a , puis uniquement sur b . Les résultats d'analyse de ces expériences sont présentés en Fig. ??, la correction de sur a est équivalente à la correction sur b , l'apport latéral corrigé avec ces 2 approches est équivalent et conduit à la même simulation physique. Aussi, dans le cas d'un apport latéral constant en temps, on se contentera de contrôler un seul paramètre.

4 Résultats du calage d'une loi d'apport supplémentaire sur le cas de la Marne Vallage

Les résultats précédents mettent en évidence une incohérence entre la simulation physique aux deux stations d'observations sur le cas de la Marne Vallage. Dans le contexte du contrôle des lois amonts et de la loi d'apport latéral à l'amont de Joinville, l'utilisation des observations à Joinville améliore les résultats à Joinville mais les dégrade partiellement à Chamouilley. De plus, l'utilisation des observations à Chamouilley permettent une amélioration assez faible à CHamouilley (amélioration principalement au pic de crue, mais détérioration ailleurs). Il semble donc que la modélisation sur le secteur de Chamouilley ne soit pas en accord avec les observations et que cette incohérence ne puisse pas être corrigée par l'assimilation de données si on souhaite aussi obtenir de bons résultats sur le reste du bassin.

Afin d'améliorer les résultats de simulation à Chamouilley, on propose ici de rajouter un apport latéral entre Joinville et Chamouilley. Initialement, on part d'un apport nul que l'on corrige par un paramètre additif (comme expliqué dans les sections précédentes). La description de l'apport supplémentaire est donnée dans le fichier `ParametresMascaret.cas` en spécifiant l'abscisse et la longueur d'apport ainsi que la loi hydraulique rattachée à cet apport.

Les expériences conduites dans cette partie sont décrites dans les tableaux Tab. 3 et Tab. 4. Dans ce tableau, l'apport latéral en amont de Joinville est noté $Apport_J$, l'apport supplémentaire avant Chamouilley est noté $Apport_C$. Ces expériences sont conduites sur les événements 01 et 05.

On établit un examen rapide des ces expériences, l'intégralité des figures est néanmoins fournie dans une annexe à ce document, afin de permettre un examen plus détaillé au lecteur.

On notera les points suivants :

- Pour l'expérience $F1$, l'apport en amont de Chamouilley a l'effet escompté : on apporte de l'eau comme souhaité, les résultats sont donc meilleurs en réanalyse. Les résultats à Joinville sont parfaitement inchangés puisque le contrôle se fait bien en aval de Joinville. En revanche, on constate que l'amélioration à Chamouilley en réanalyse

Table 3: Descriptif des expériences d’assimilation sur l’événement Marne 01, 2 apports latéraux.

	$F1$	$F2$	$F3$	$F4$	$F5$	$F6$
Contrôle loi $Apport_J$		×	×	×	×	×
Contrôle loi $Apport_C$	×	×	×	×	×	×
Contrôle lois amonts					×	×
Correction instantanée Z,Q						×
Assim. obs. Joinville pour $Apport_J$		×	×	×	×	×
Assim. obs. Joinville pour $Apport_C$				×	×	×
Assim. obs. Chamouilley pour $Apport_J$		×		×	×	×
Assim. obs. Chamouilley pour $Apport_C$	×	×	×	×	×	×

Table 4: Descriptif des expériences d’assimilation sur l’événement Marne 05, 2 apports latéraux.

	$G1$	$G2$
Contrôle loi $Apport_J$	×	×
Contrôle loi $Apport_C$	×	×
Contrôle lois amonts	×	×
Correction instantanée Z,Q		×
Assim. obs. Joinville pour $Apport_J$	×	×
Assim. obs. Joinville pour $Apport_C$	×	×
Assim. obs. Chamouilley pour $Apport_J$	×	×
Assim. obs. Chamouilley pour $Apport_C$	×	×

ne conduit pas à une amélioration en prévision alors que le débit d'apport corrigé est maintenu constant en prévision. Le calcul des tendances dans MASCARET avec un apport constant n'est en effet pas impacté.

- Globalement, la correction d'un apport supplémentaire à Chamouilley améliore légèrement les résultats sur les événements 1 et 5. C'est notamment visible à la comparaison de $G2$ et $E5$.
- L'utilisation des observations de Chamouilley pour caler la loi latérale en amont de Joinville ne pénalise pas les résultats (comparaison $F2$ et $F3$), contrairement à ce que l'on pouvait constater avec le contrôle des lois amonts uniquement. L'extension du contrôle avec un apport latéral supplémentaire semble donc réduire l'incohérence entre ces 2 stations.
- Dans toutes ces expériences, le contrôle d'un apport latéral à Chamouilley conduit à de très bons résultats en réanalyse, c'est donc une amélioration par rapport au seul contrôle des lois amonts.
- Le calage de des lois amonts et latérales permet une meilleure simulation des pics de crues. L'amélioration est plus nette à Joinville pour l'événement 05. Il semble que l'incohérence entre la physique à Chamouilley et Joinville persiste.

5 Conclusion

Le contrôle d'une loi d'apport linéique a été rendu possible par quelques modifications mineures de la maquette et des fichiers d'input ParametresMascaret.cas et dico.txt. Les adaptations par rapport à la maquette existante réside en le traitement de grandeurs de dimensions différentes que dans le cas d'apports ponctuels (tels que les conditions limites amonts).

La correction d'une loi d'apport latéral a été validée sur le réseau hydraulique de la Marne Vallage, pour un événement choisi. Plusieurs expériences ont été réalisées permettant de caler tour à tour les différents lois hydrauliques en utilisant les observations de différentes stations de mesure.

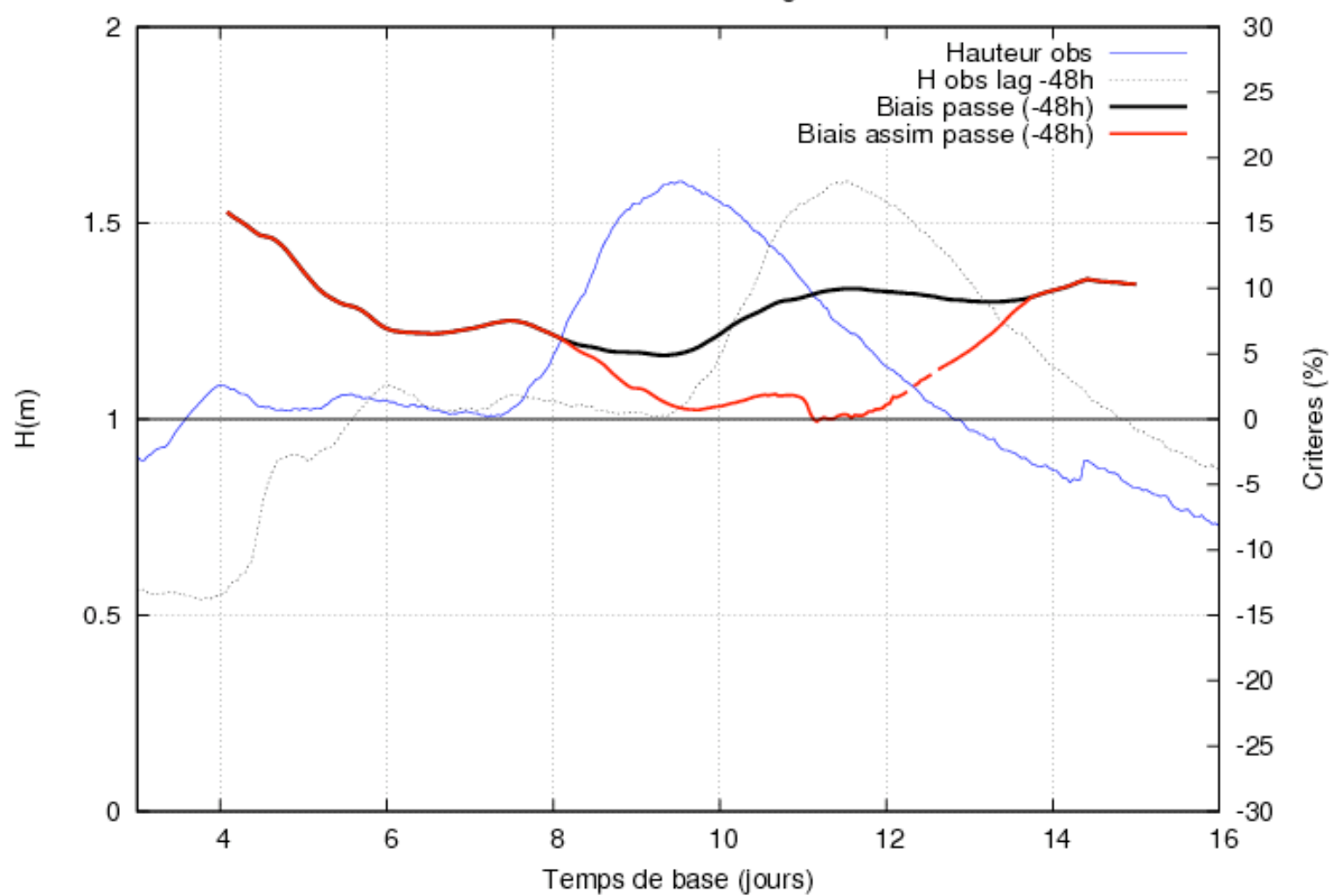
Il a été montré que le calage de la loi d'apport latéral permet bien une amélioration de

la simulation en mode réanalyse et en mode prévision. Il a en revanche aussi été montré que l'on détecte une incohérence dans le modèle de la Marne Vallage entre les observations à Joinville et à Chamouilley. Ceci avait déjà été déjà démontré avec le calage des lois amonts uniquement. Depuis, un nouveau modèle pour la Marne Vallage a été proposé. Il sera prochainement utilisé avec la maquette d'assimilation de données.

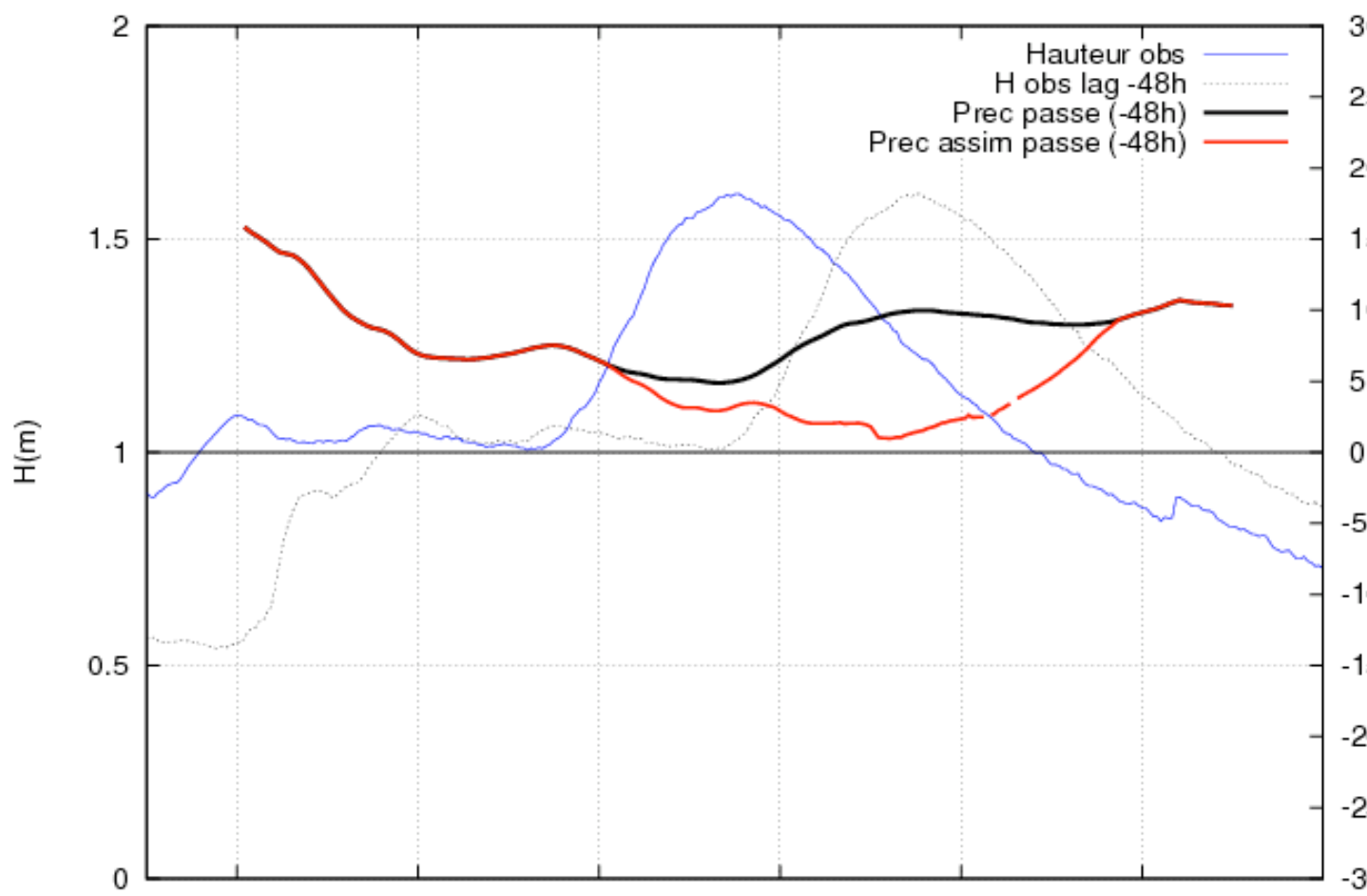
Il a de plus été montré que la correction de la loi d'apport uniquement donne de bons résultats mais qu'ils sont encore améliorés globalement lors d'une correction simultanée des lois amonts et de la loi d'apport latéral.

6 Figures $E1_{Joinville}$

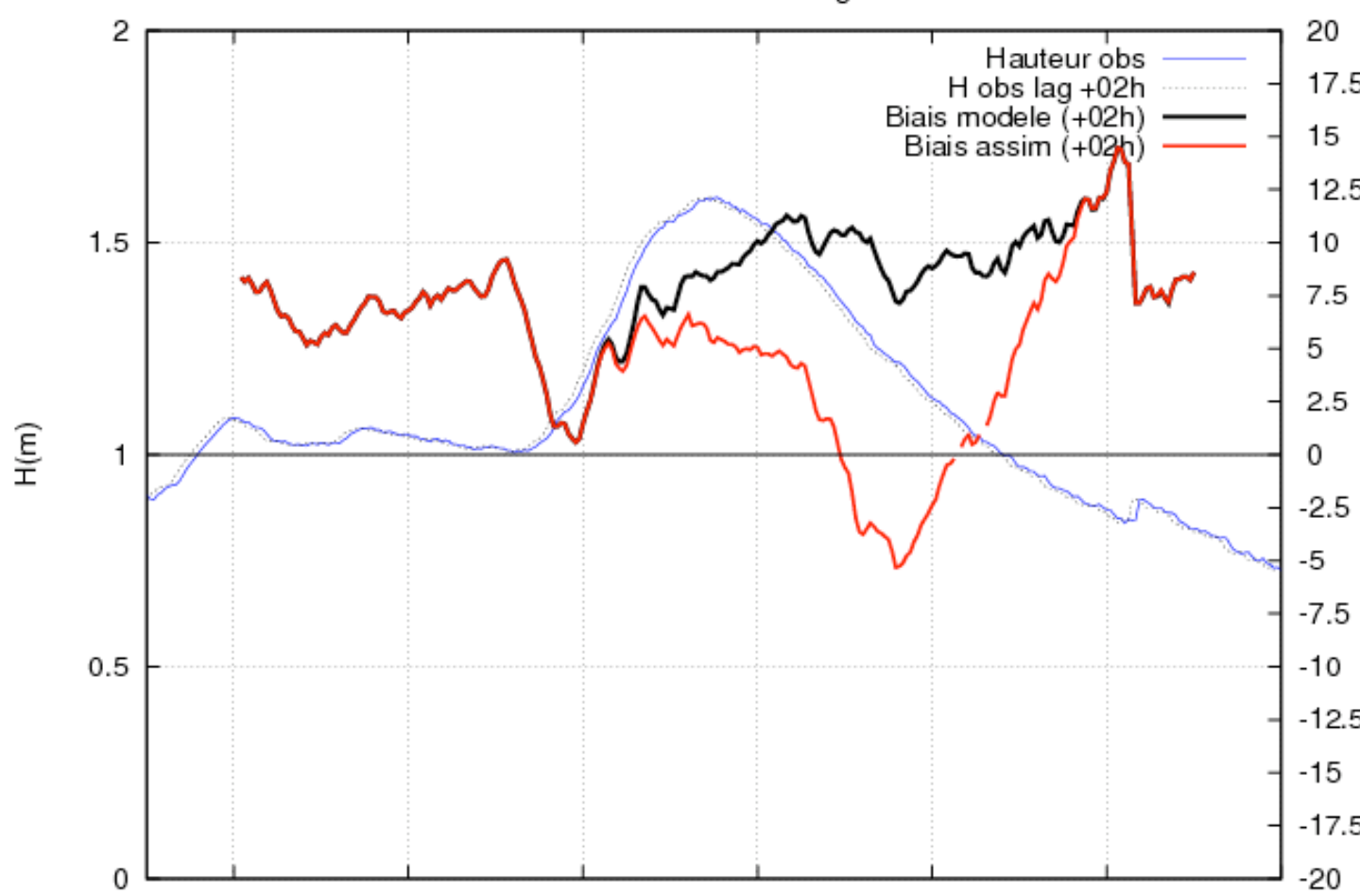
Biais Station Joinville lag 48 h



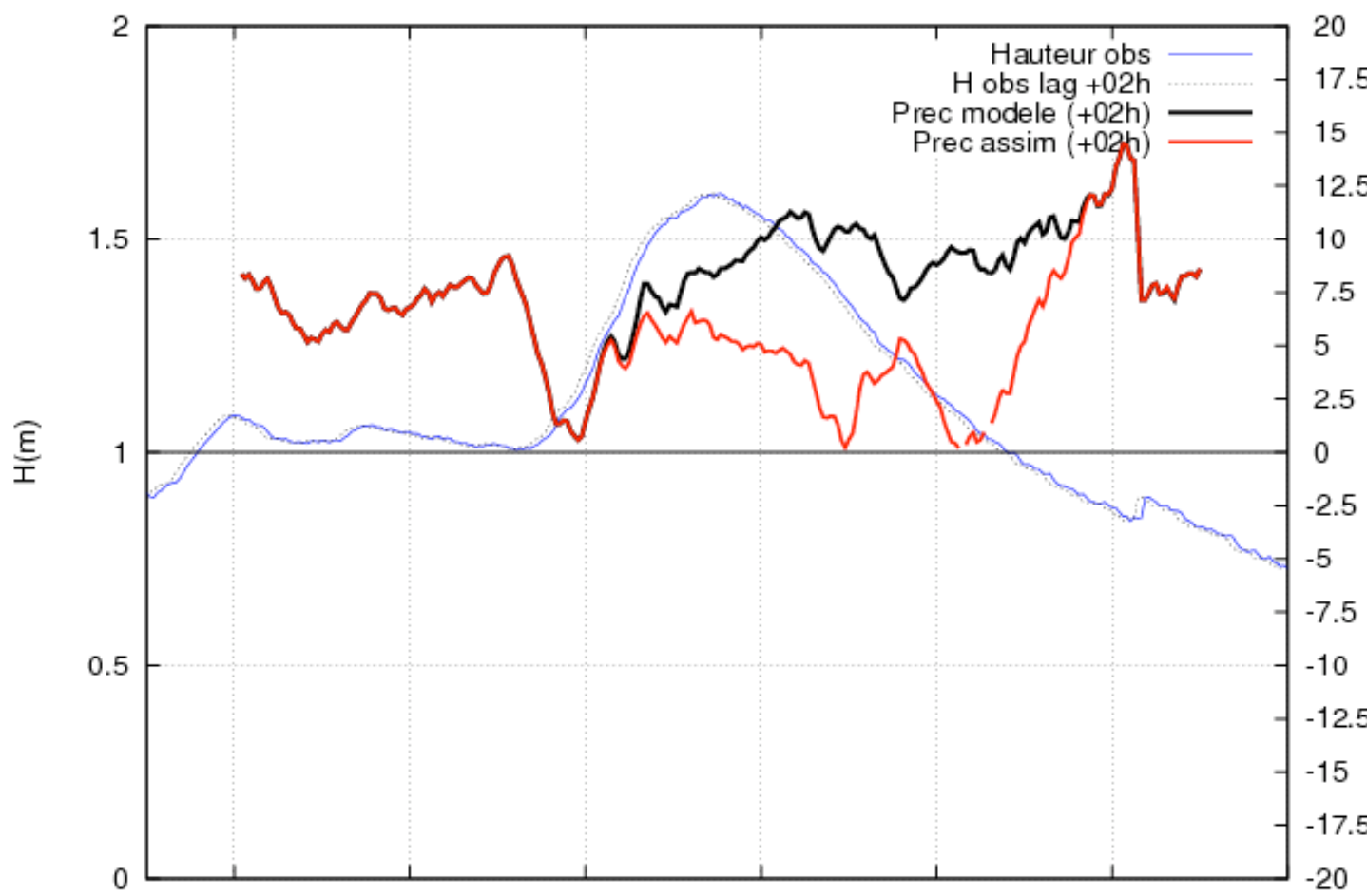
Precision Station Joinville lag 48 h



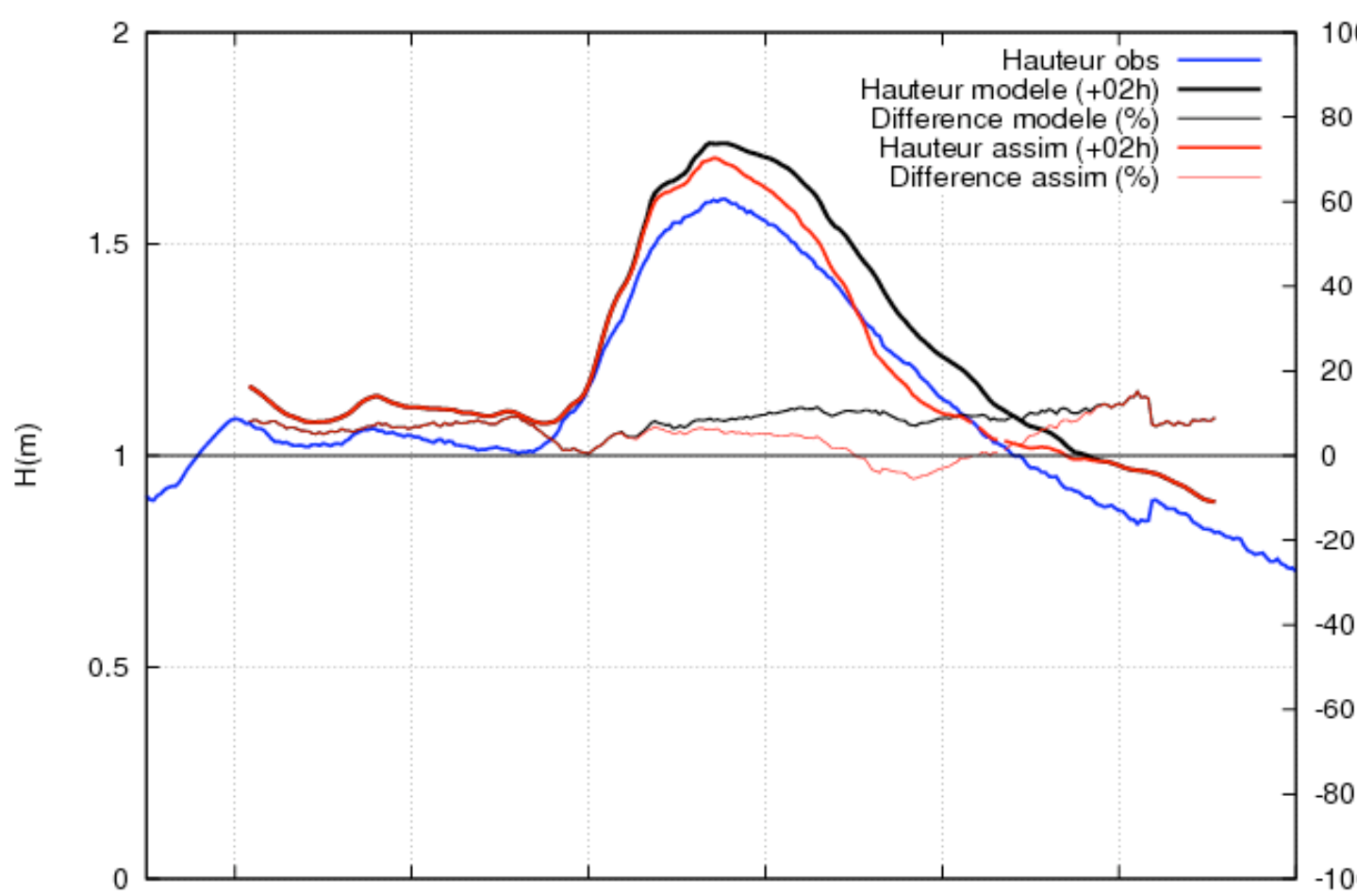
Biais Station Joinville lag 2 h



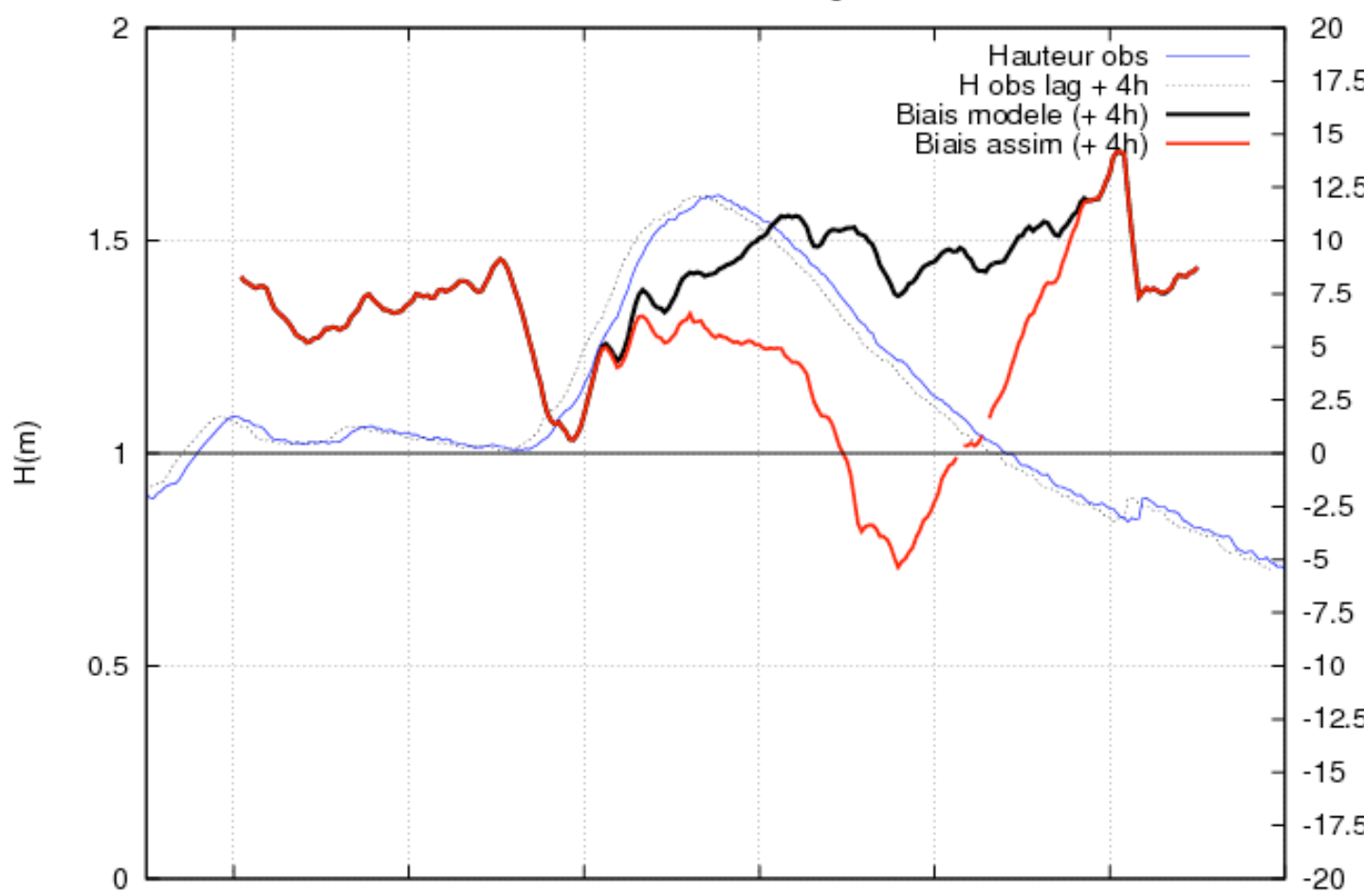
Precision Station Joinville lag 2 h



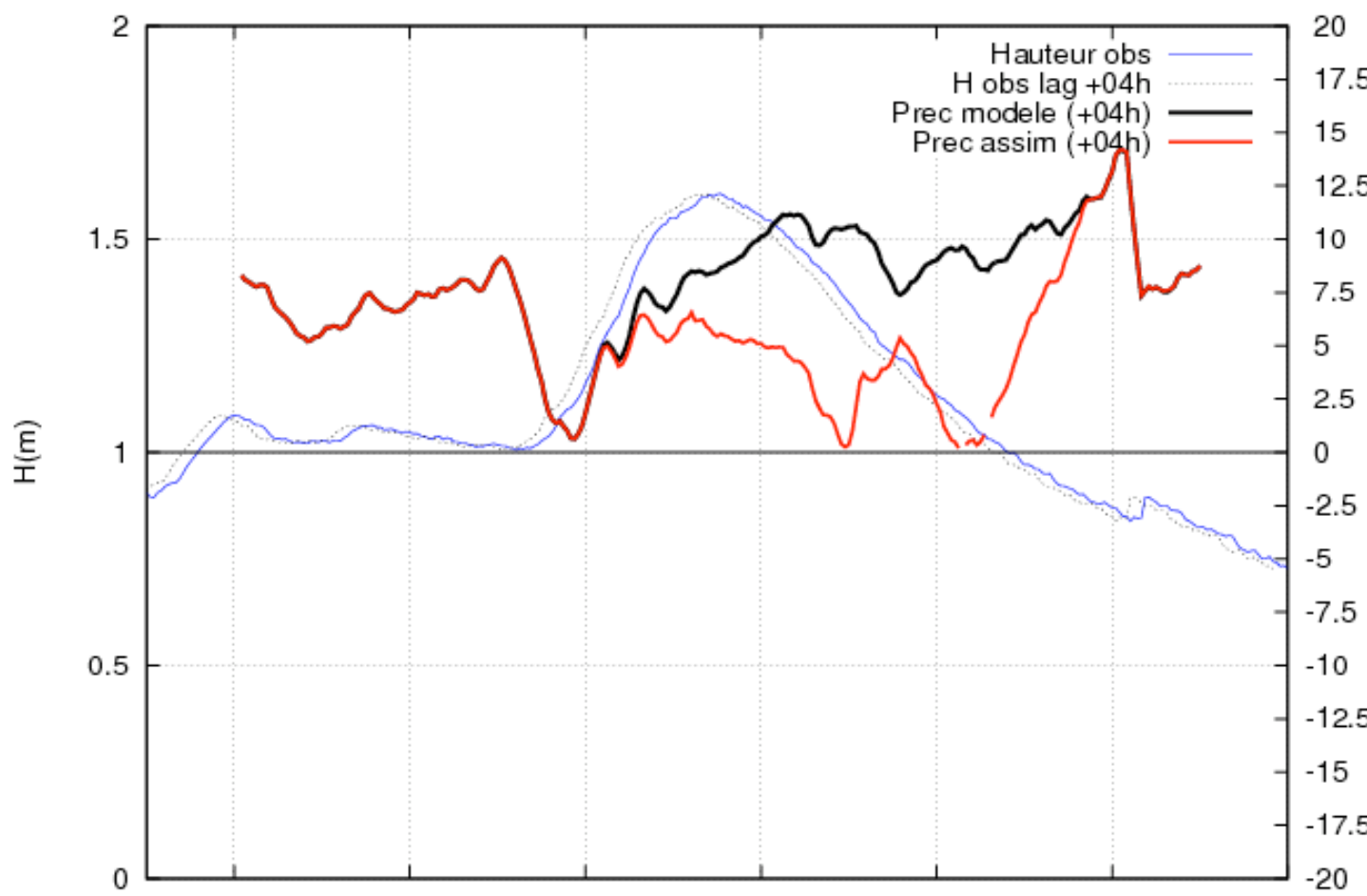
Prevision Station Joinville echeance 2 h



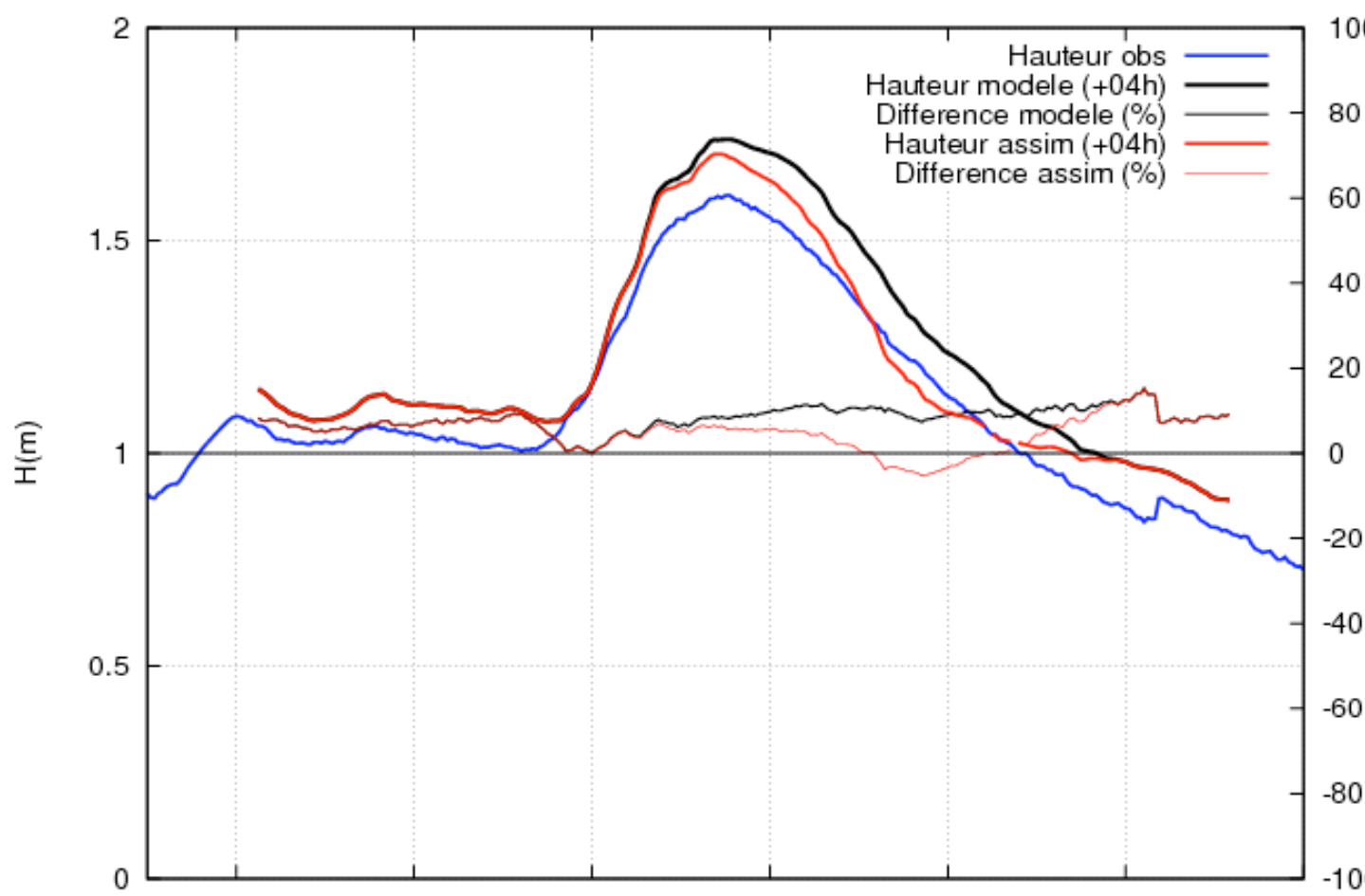
Biais Station Joinville lag 04 h



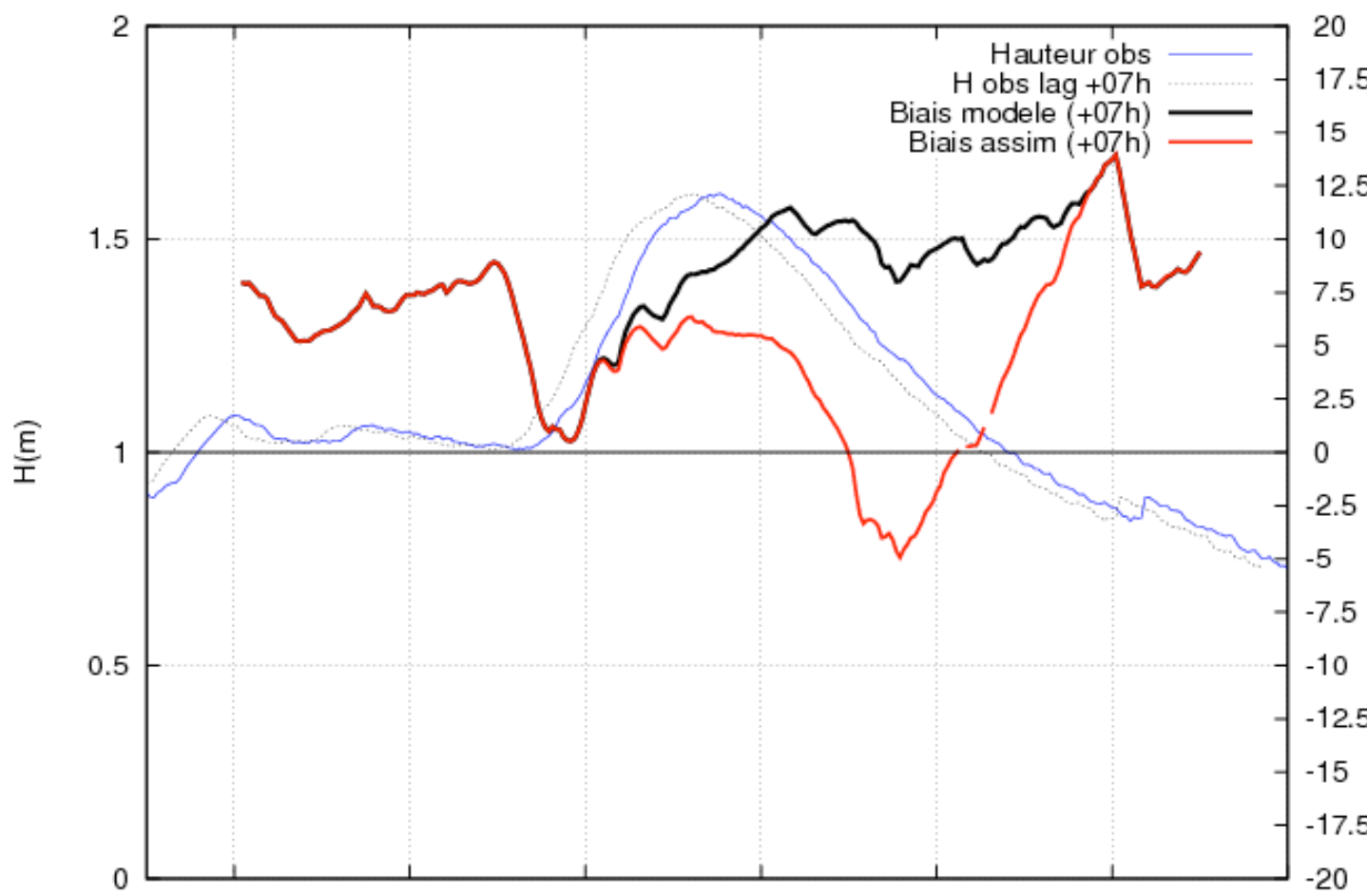
Precision Station Joinville lag 04 h



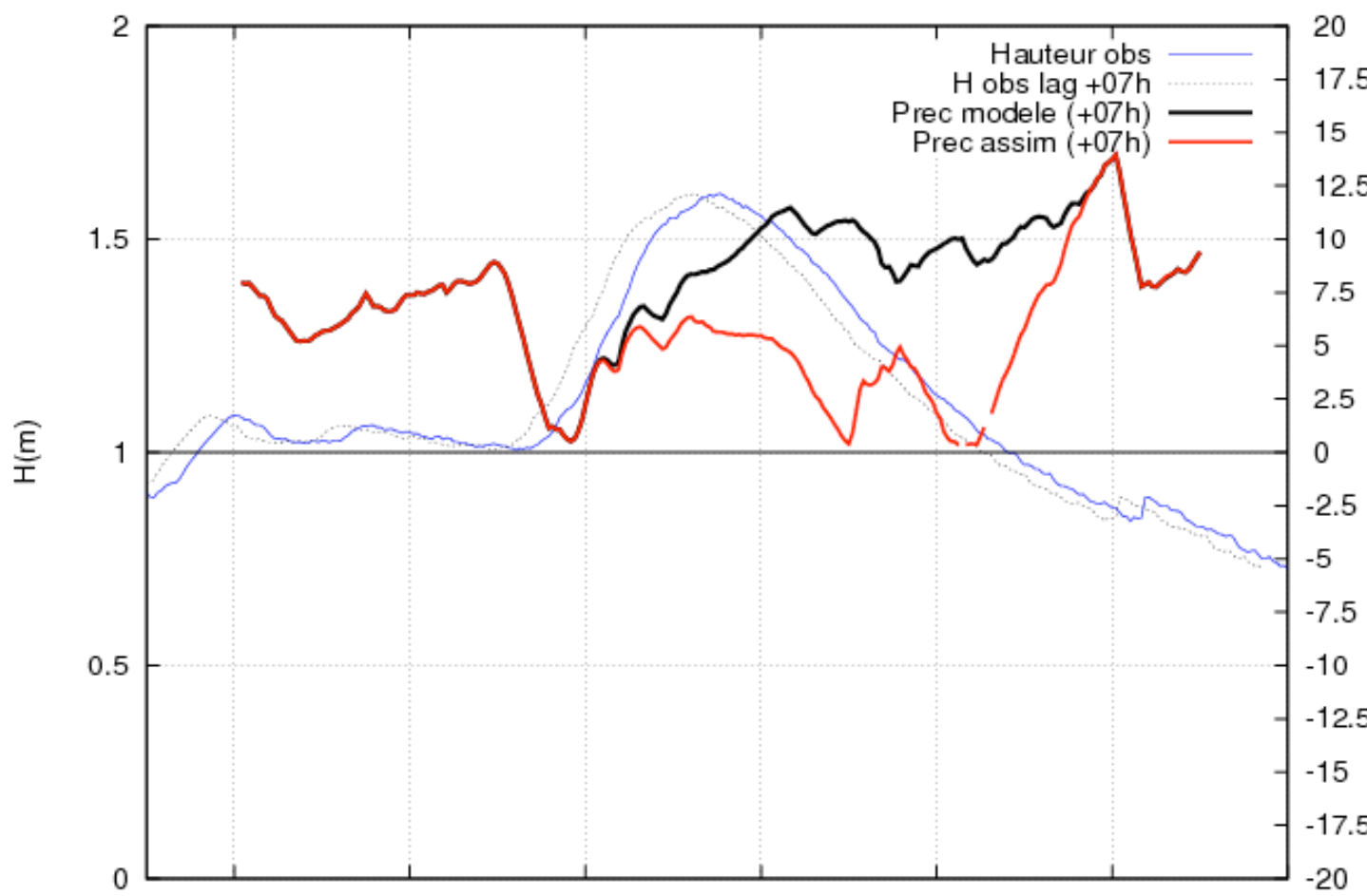
Prevision Station Joinville echeance 4 h



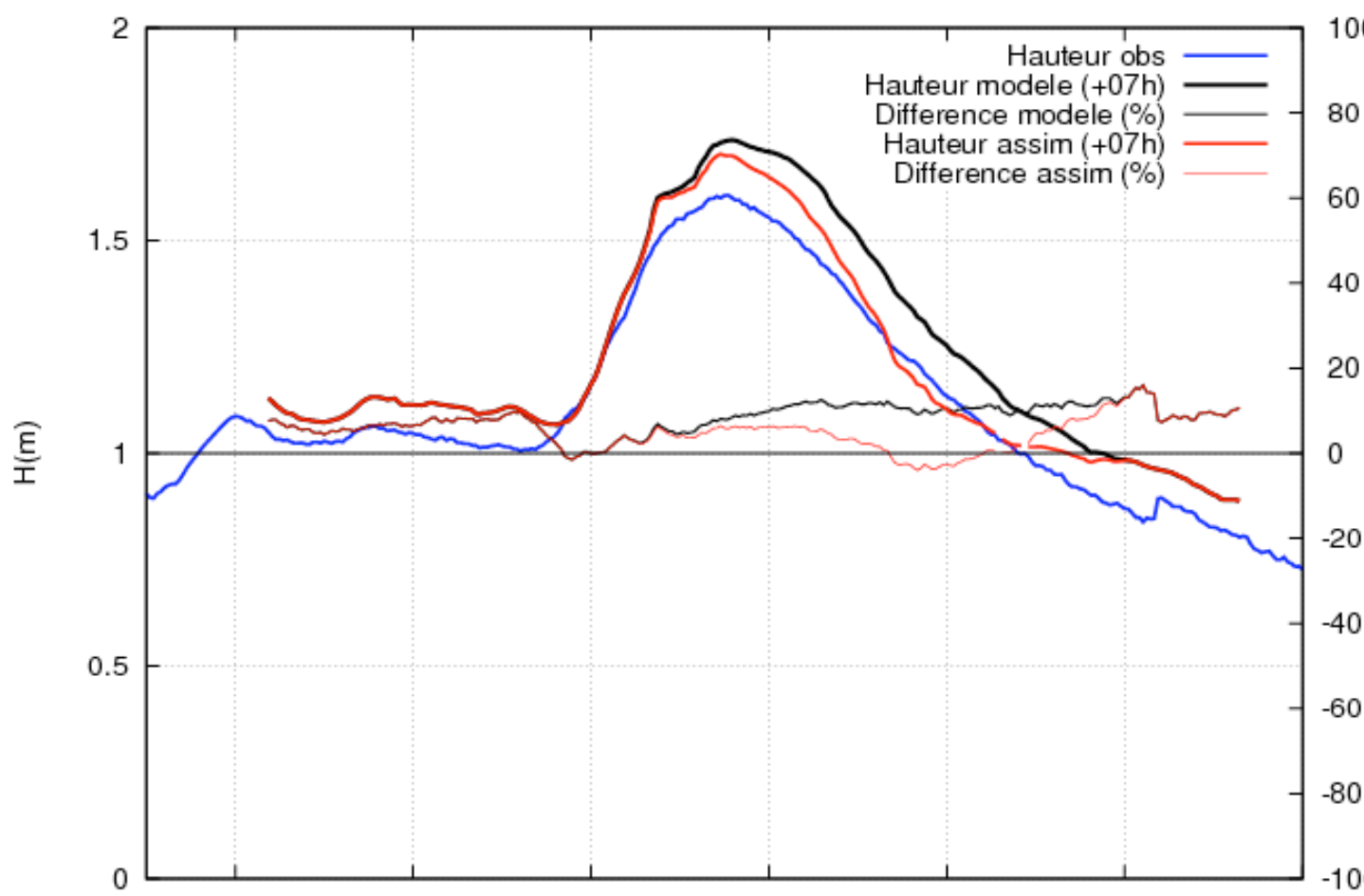
Biais Station Joinville lag 7h



Precision Station Joinville lag 7h

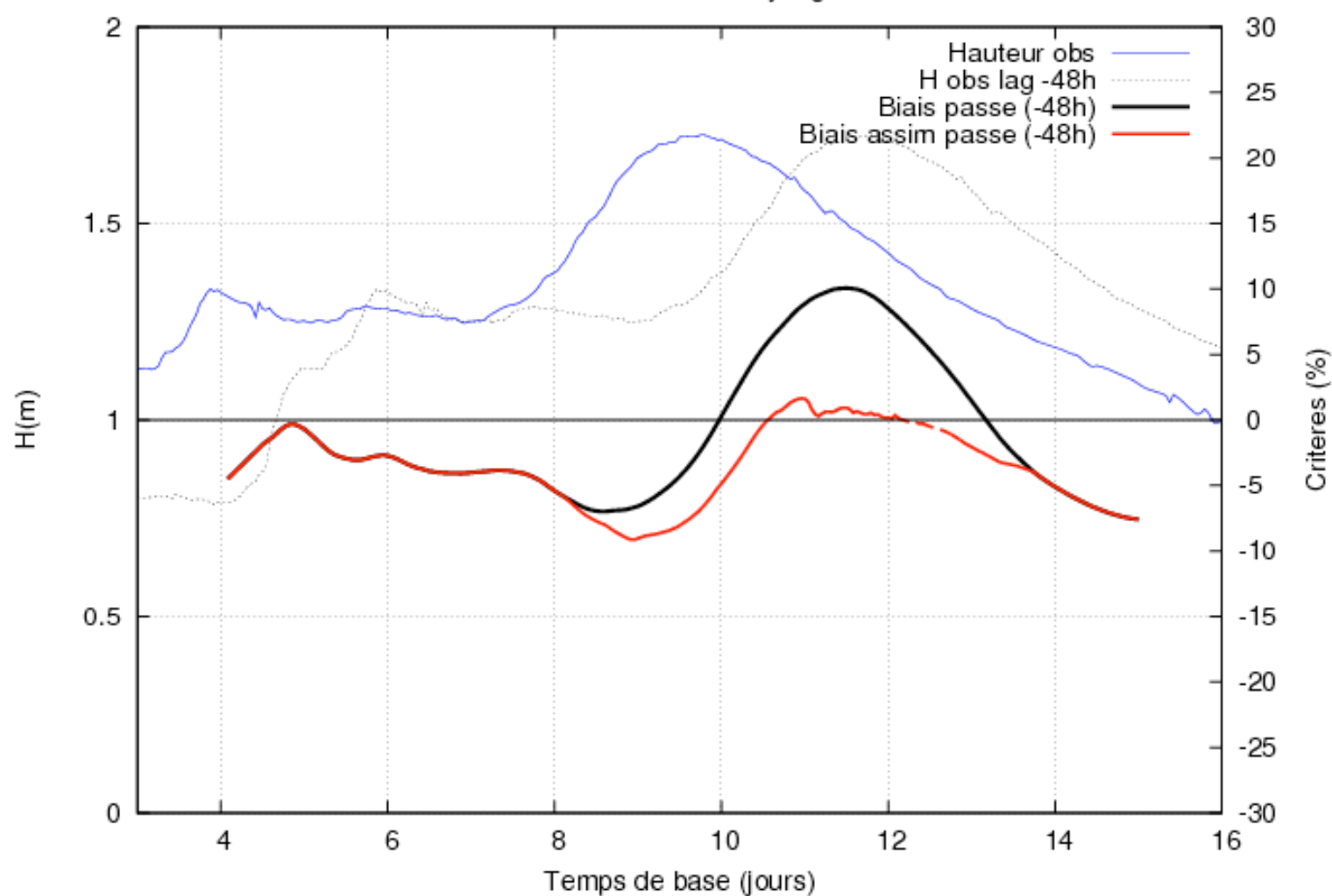


Prevision Station Joinville echeance 7 h

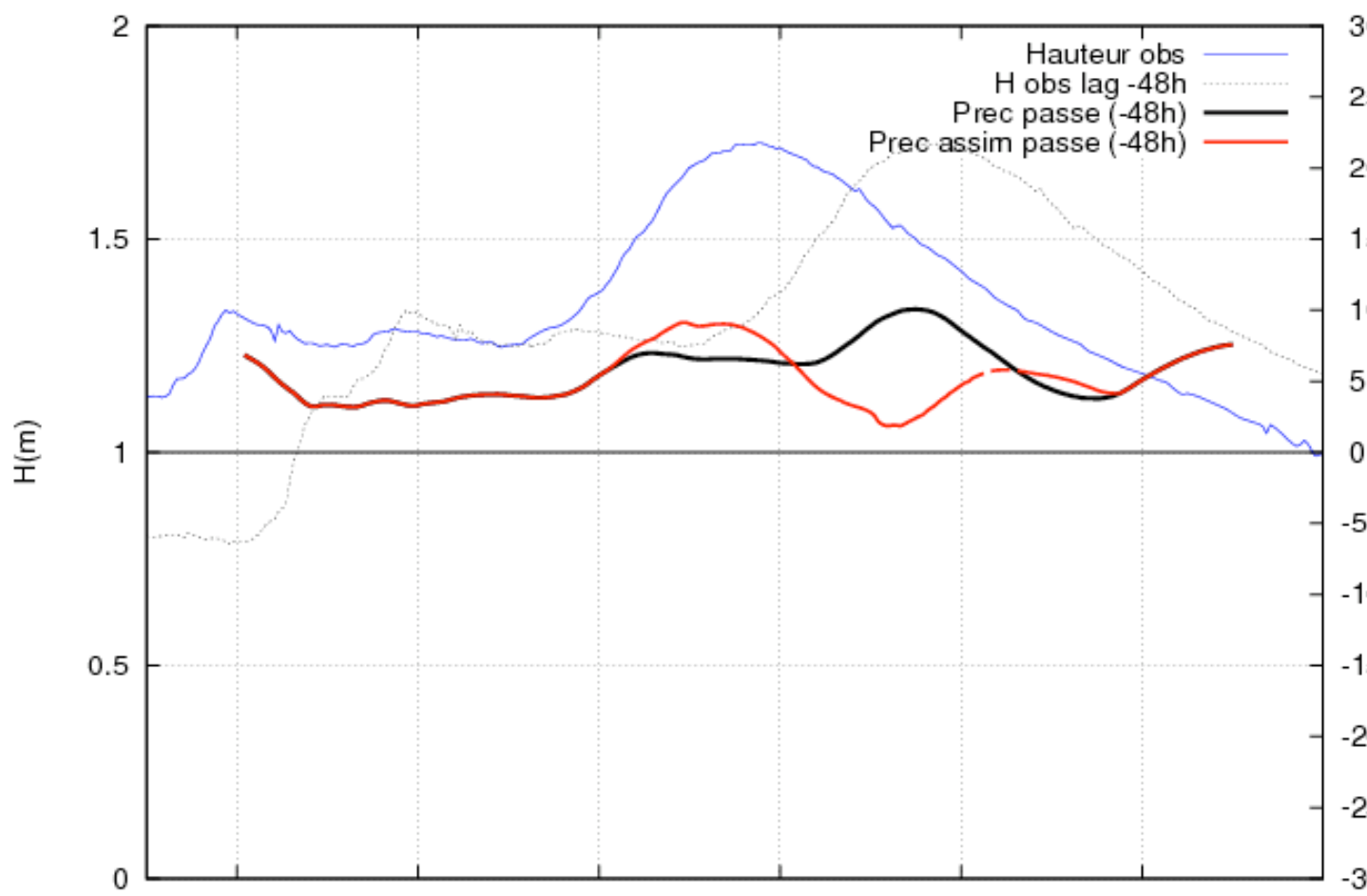


7 Figures $E1_{Chamouilley}$

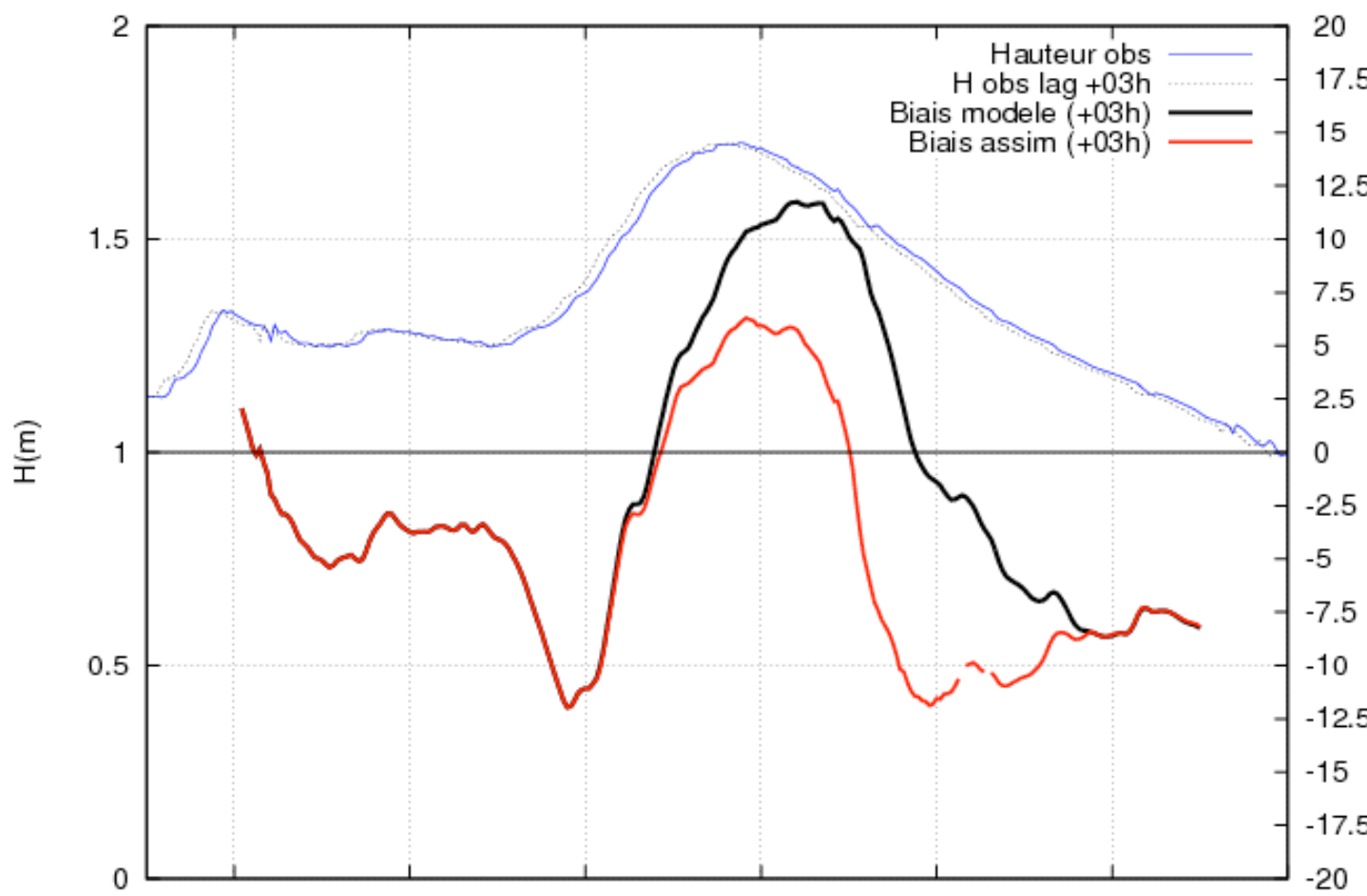
Biais Station Chamouilley lag 48 h



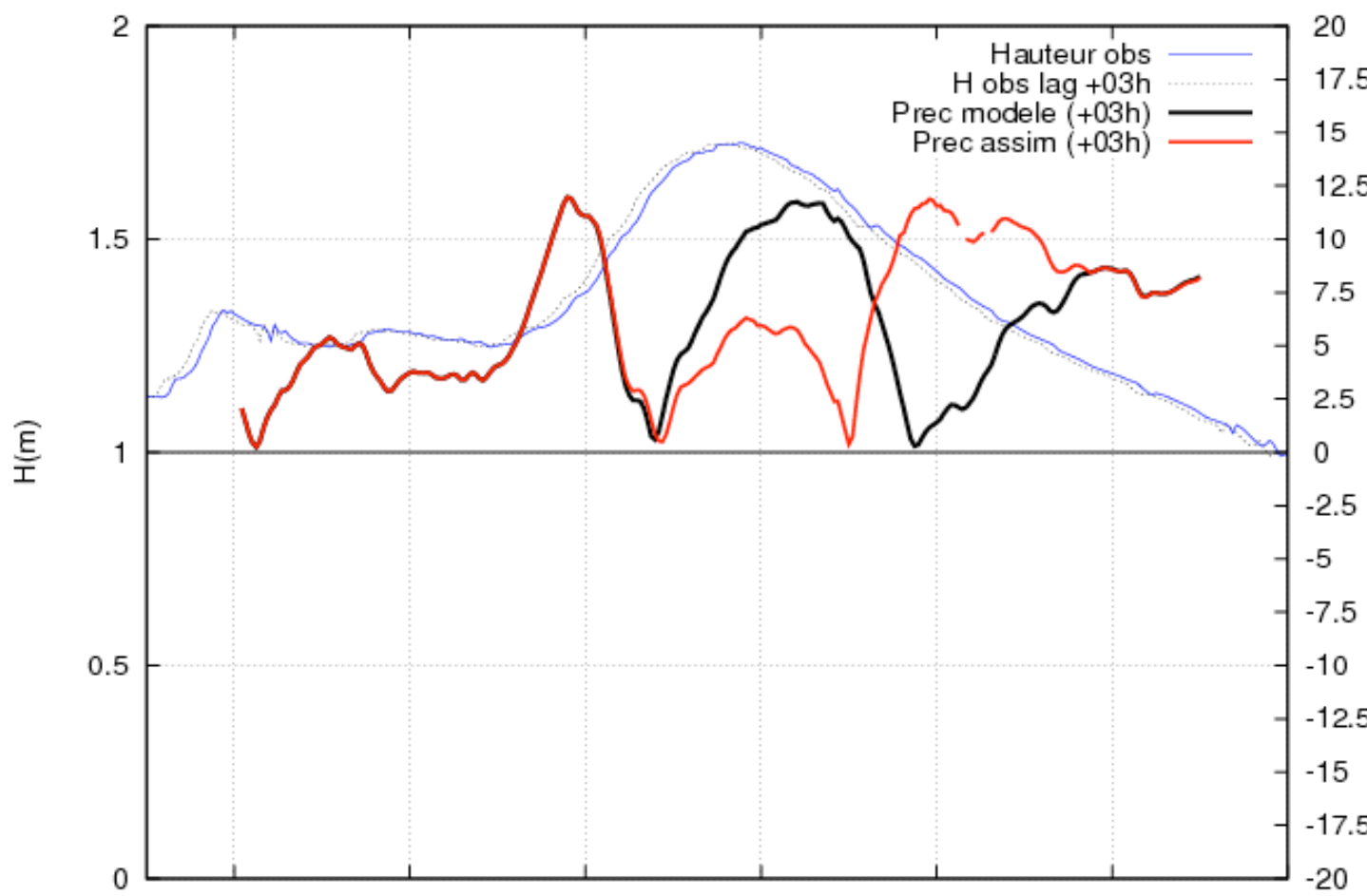
Precision Station Chamouilley lag 48 h



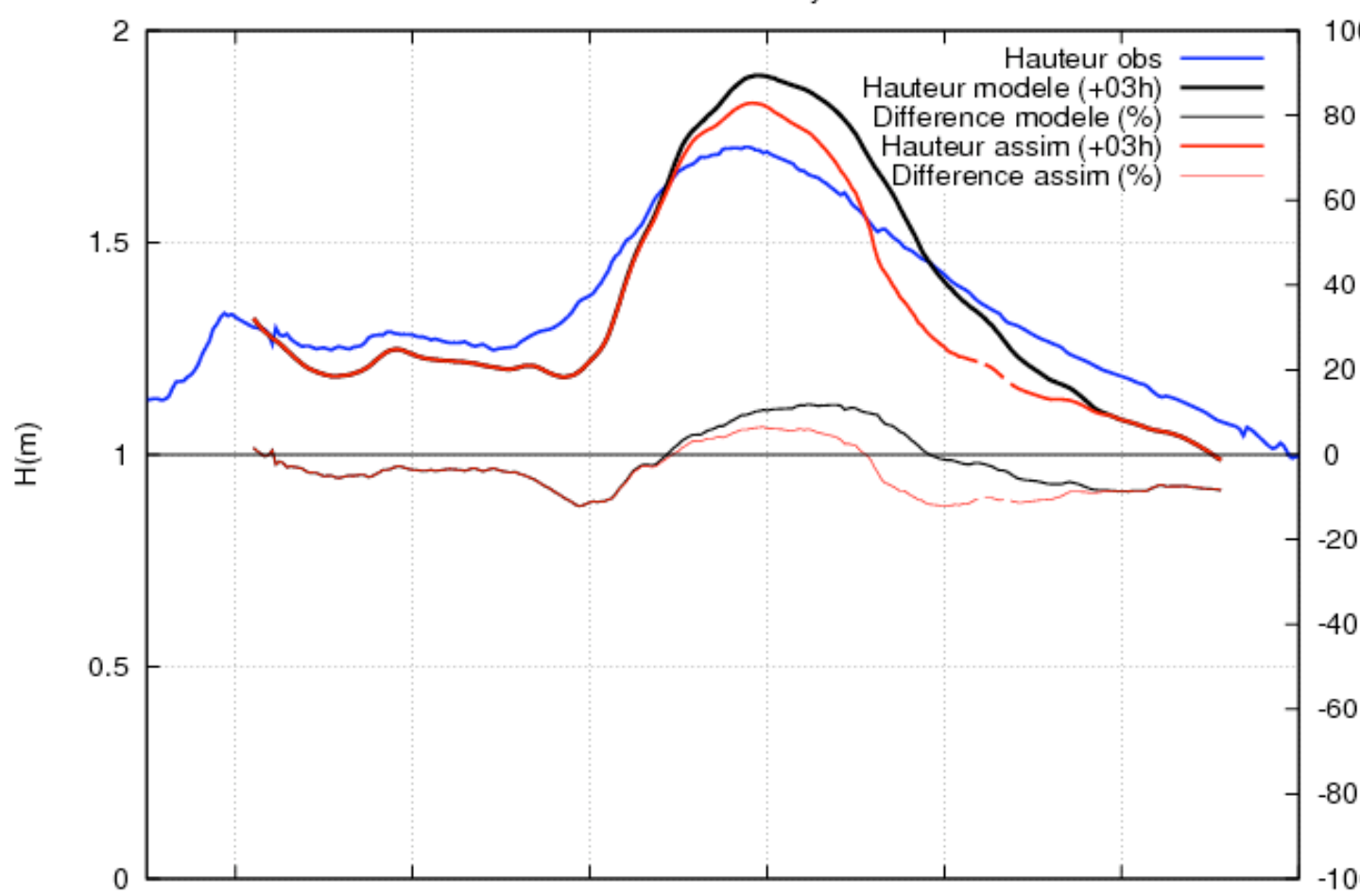
Biais Station Chamouilley lag 3 h



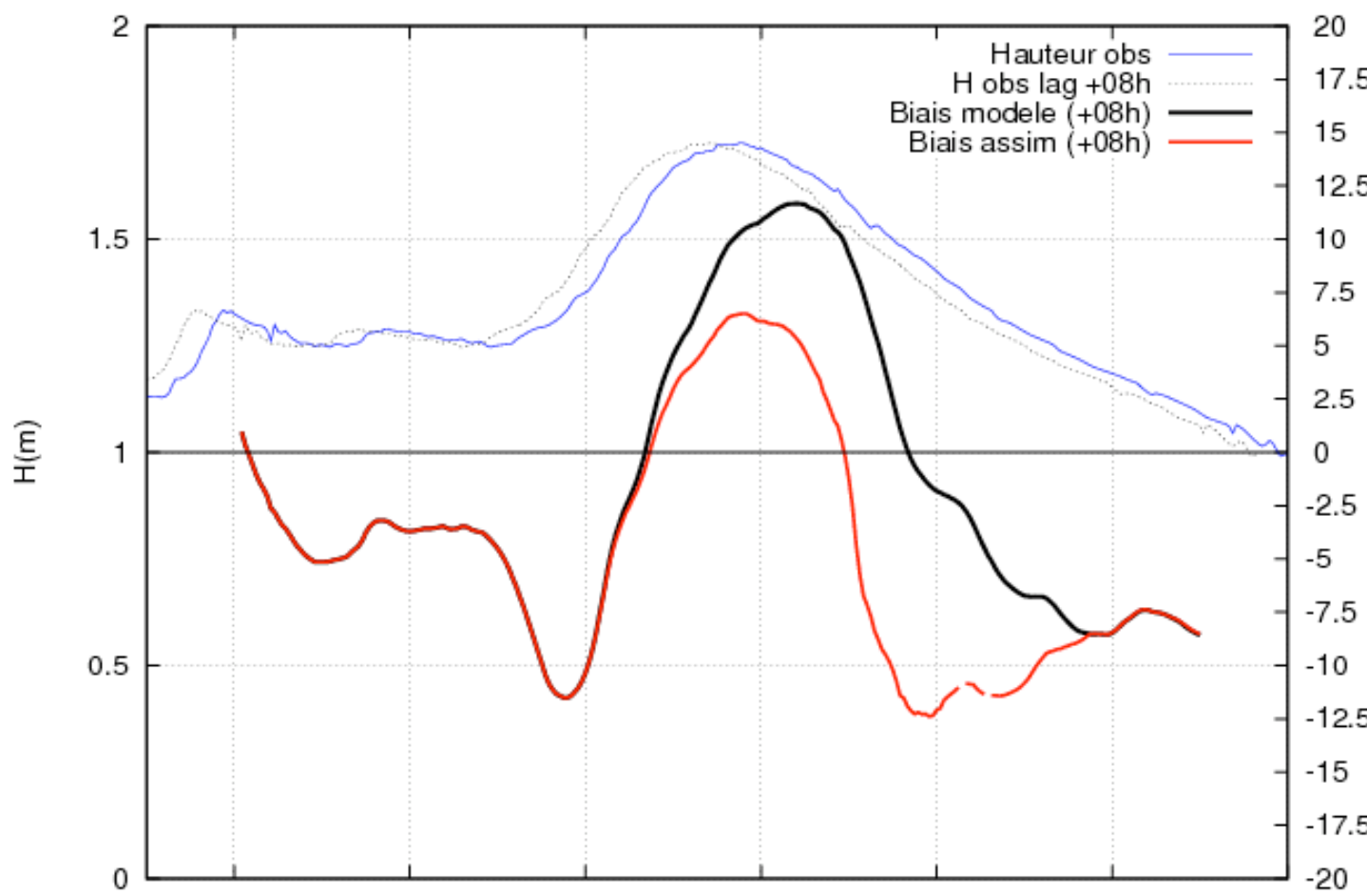
Precision Station Chamouilley lag 3 h



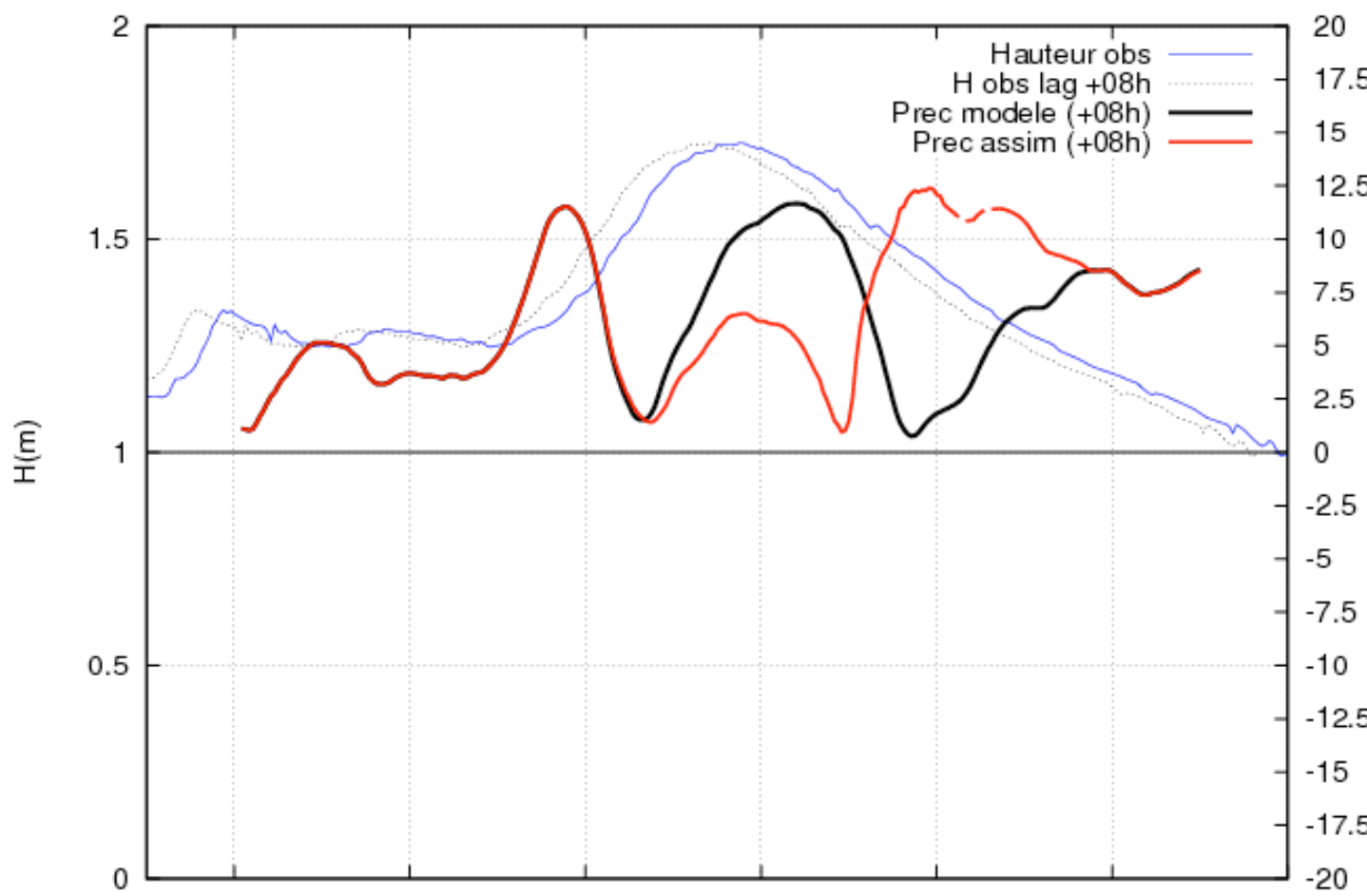
Prevision Station Chamouilley echeance 3 h



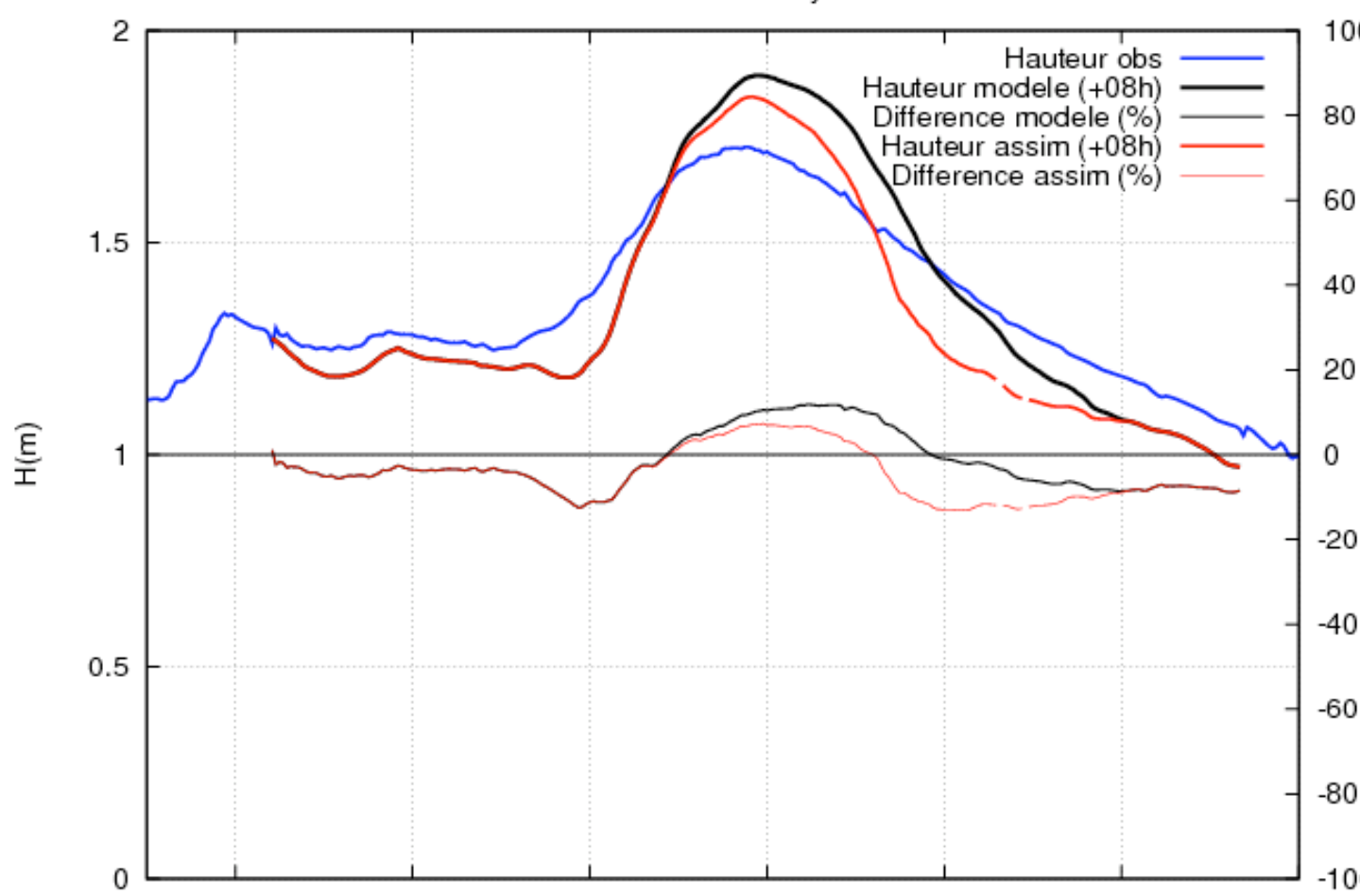
Biais Station Chamouilley lag 8 h



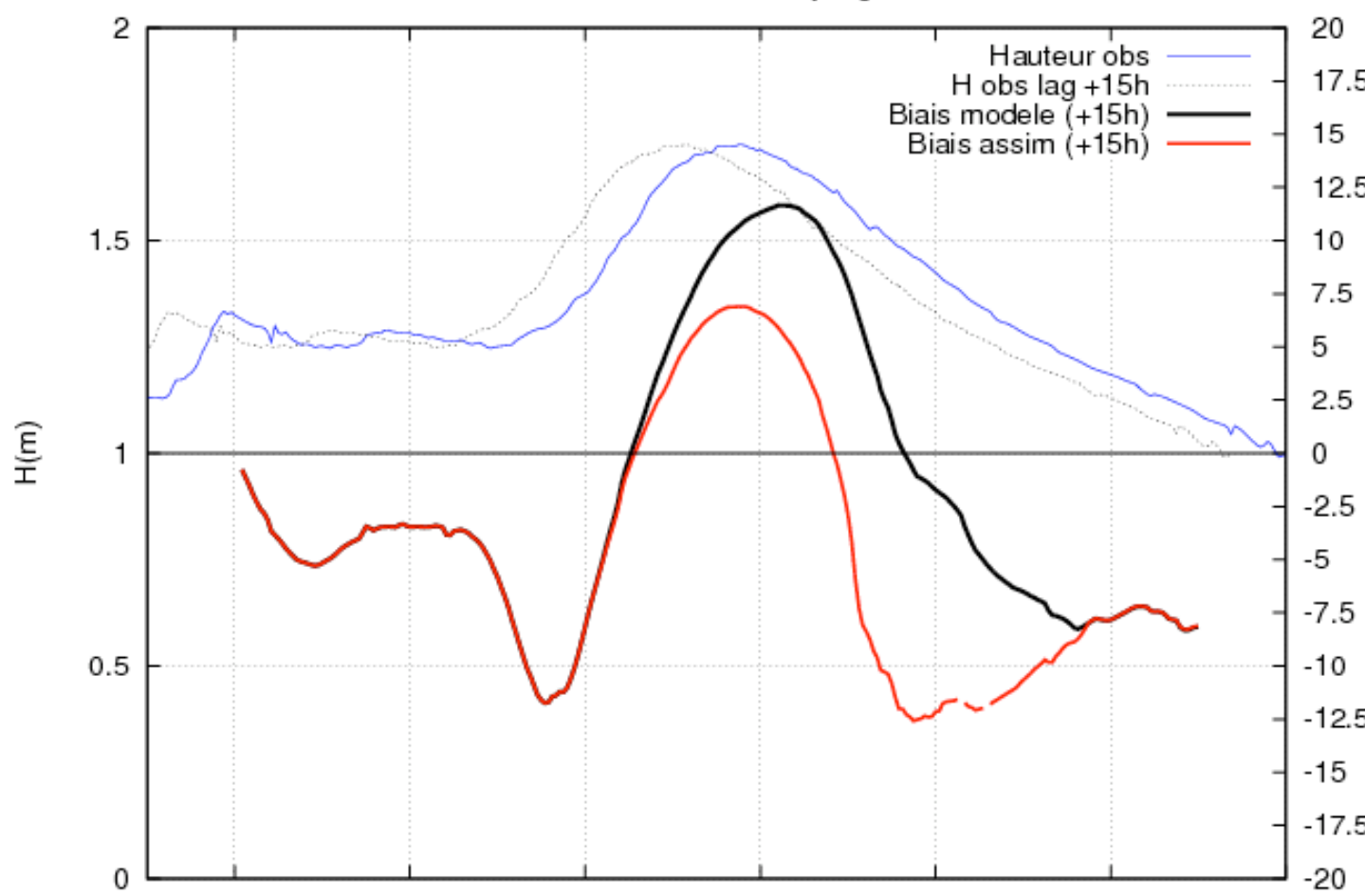
Precision Station Chamouilley lag 8 h



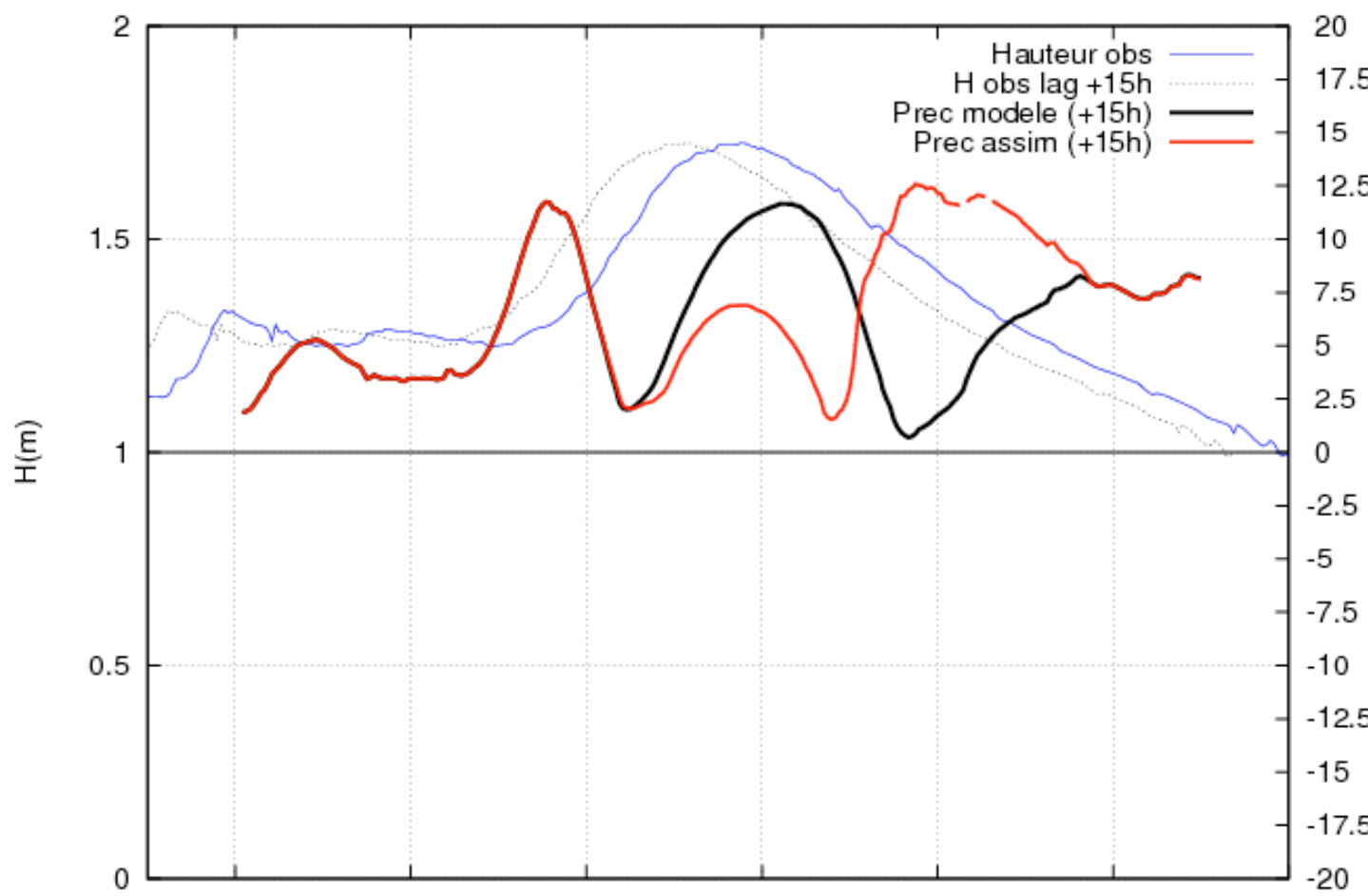
Prevision Station Chamouilley echeance 8 h



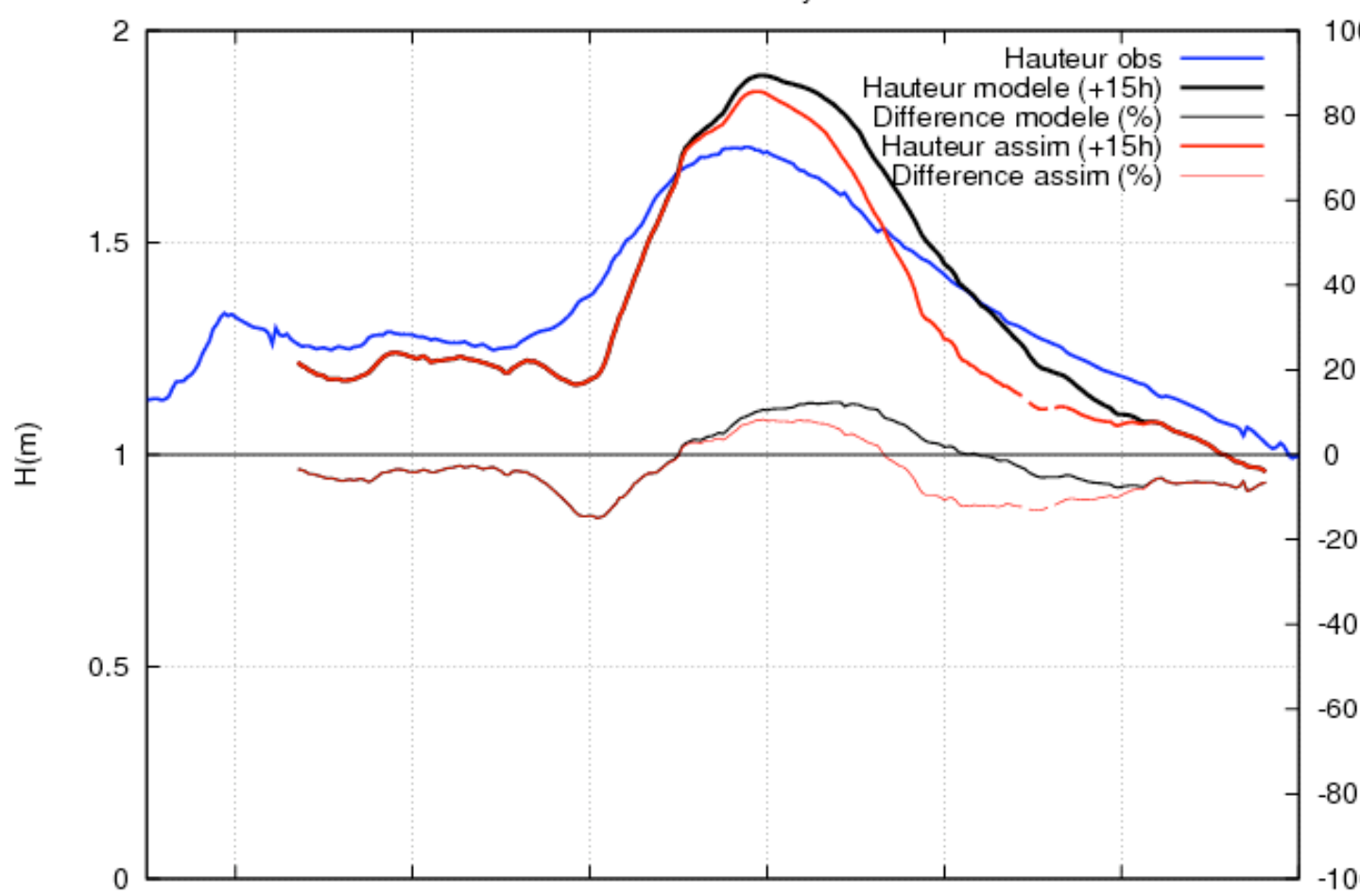
Biais Station Chamouilley lag 15 h



Precision Station Chamouilley lag 15 h

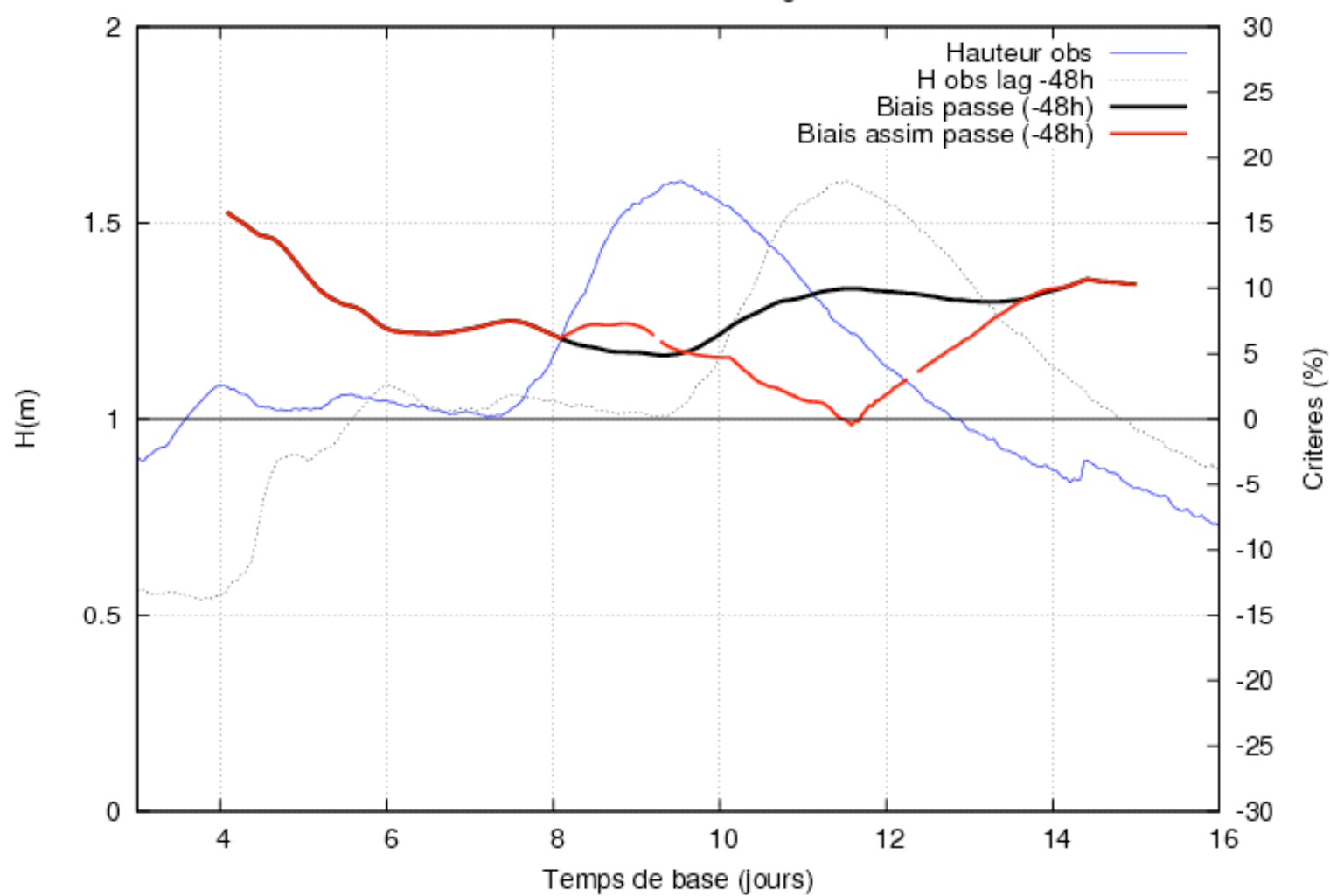


Prevision Station Chamouilley echeance 15 h

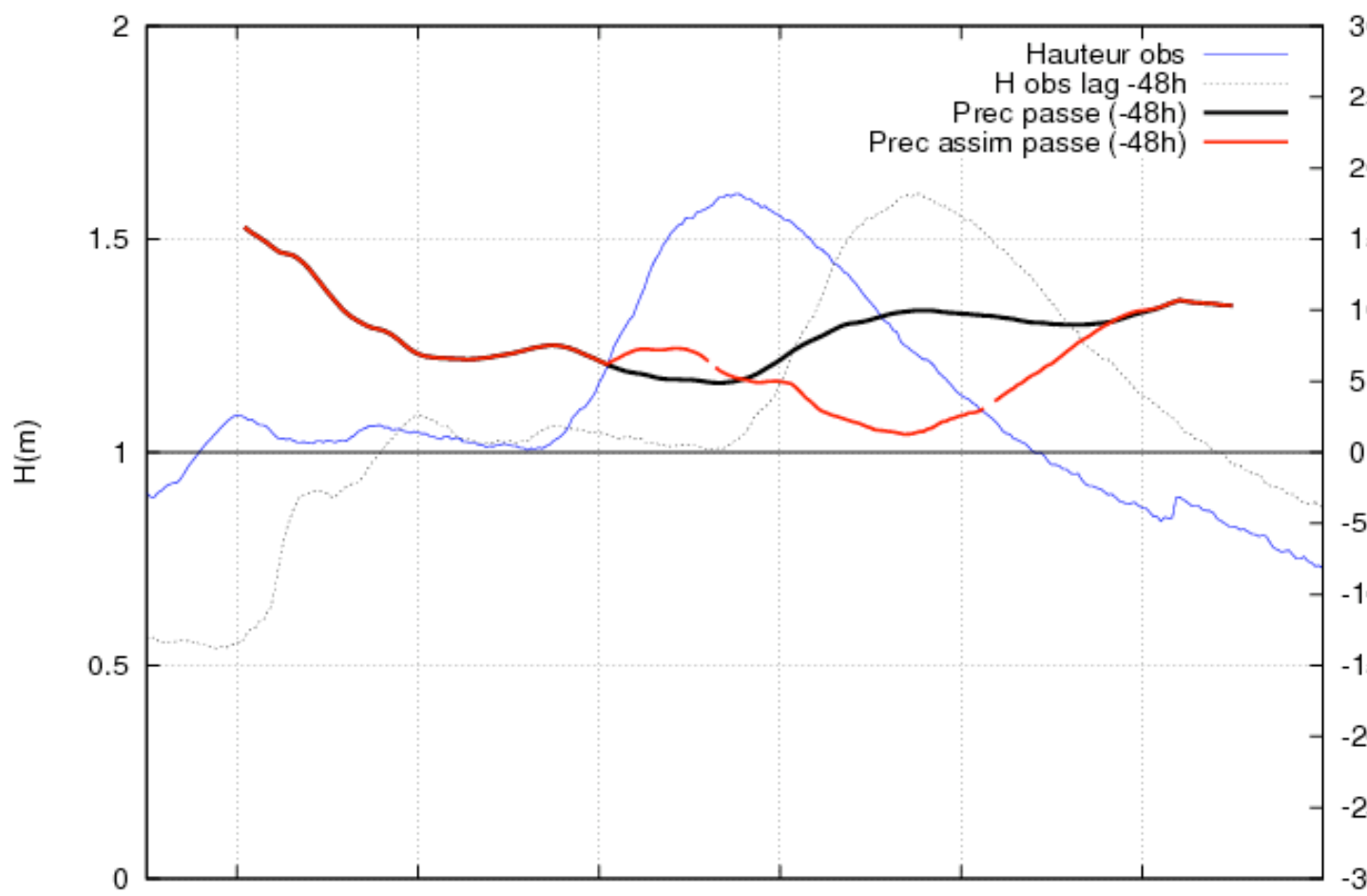


8 Figures $E2_{Joinville}$

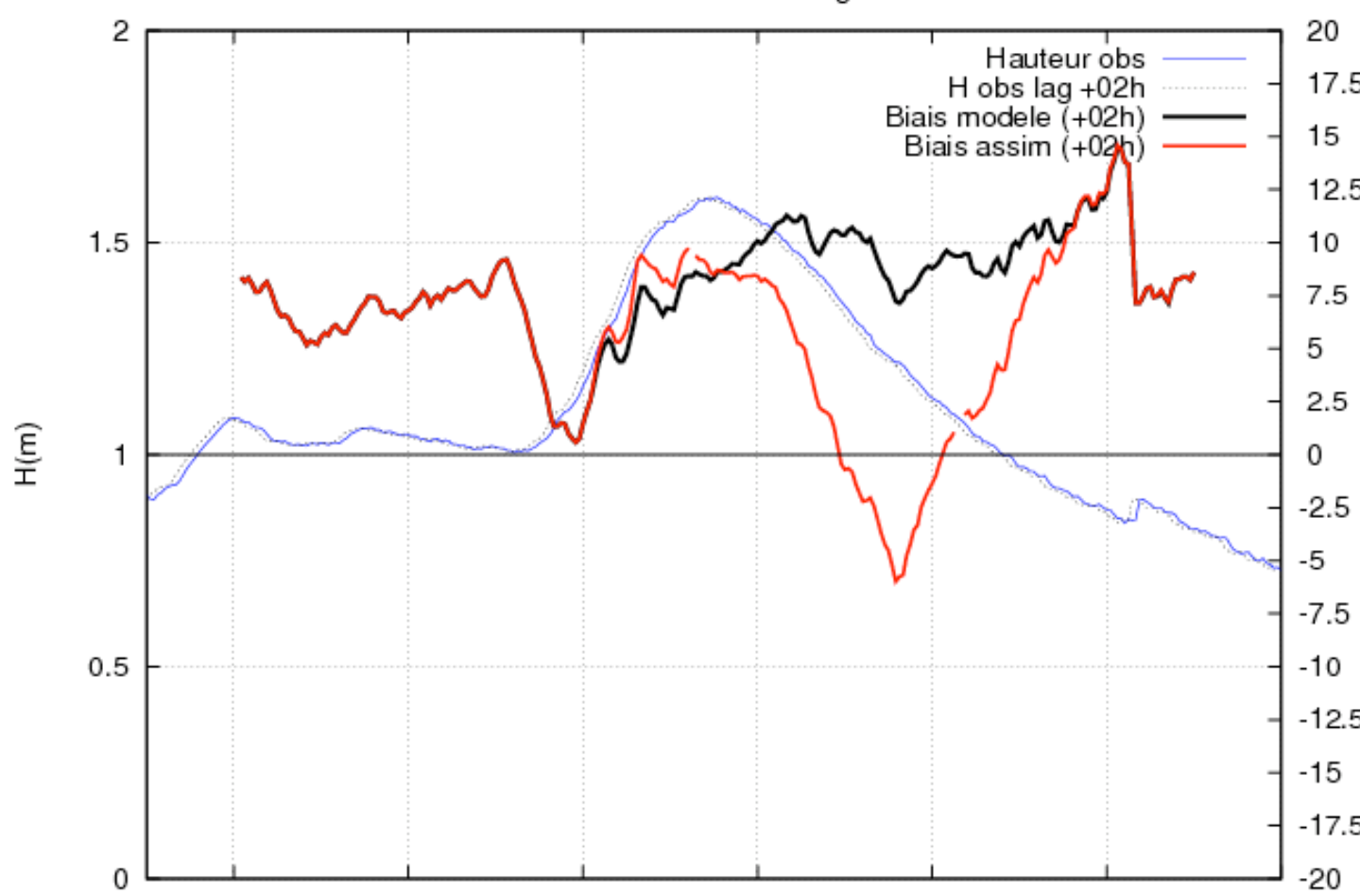
Biais Station Joinville lag 48 h



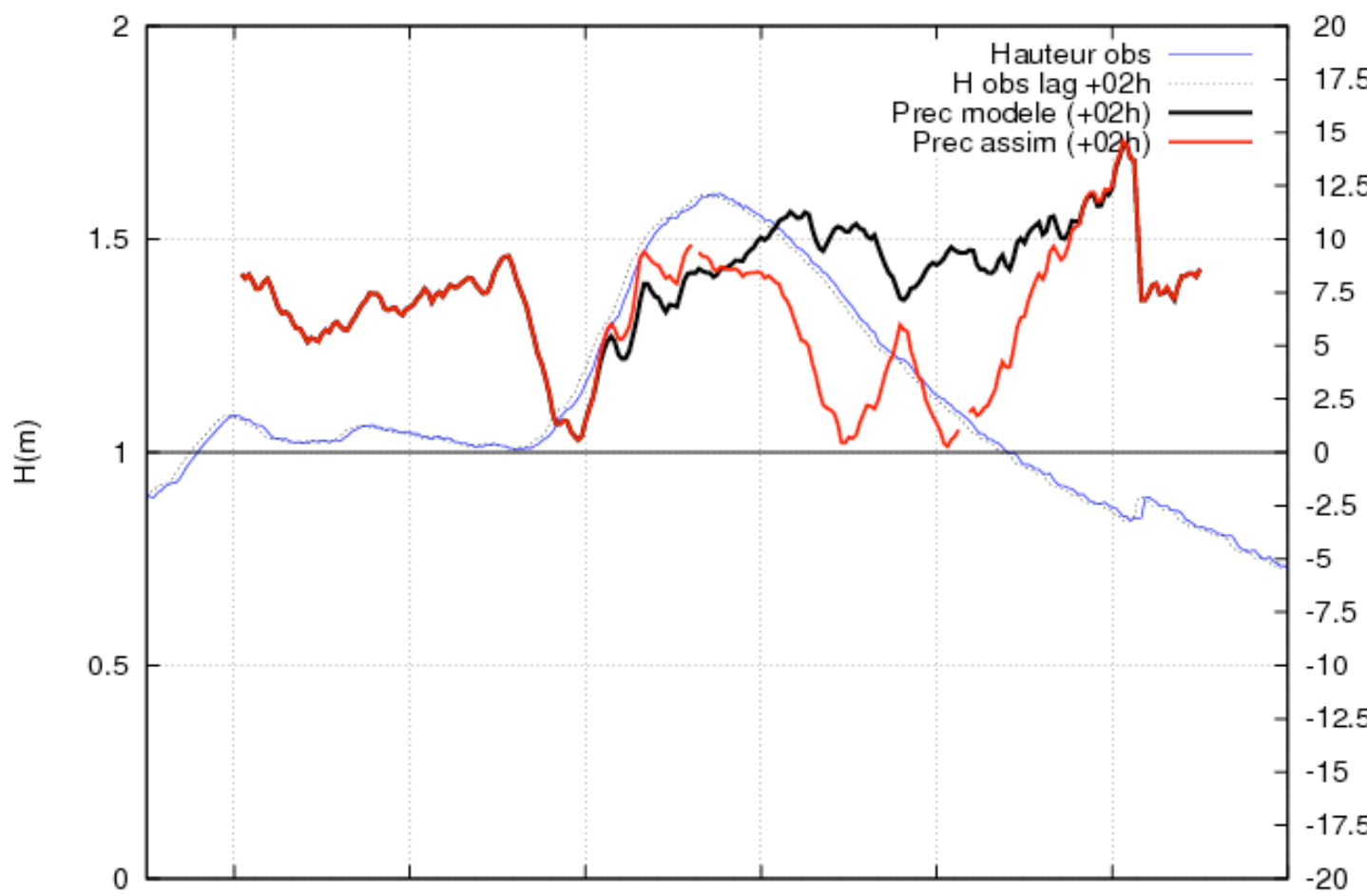
Precision Station Joinville lag 48 h



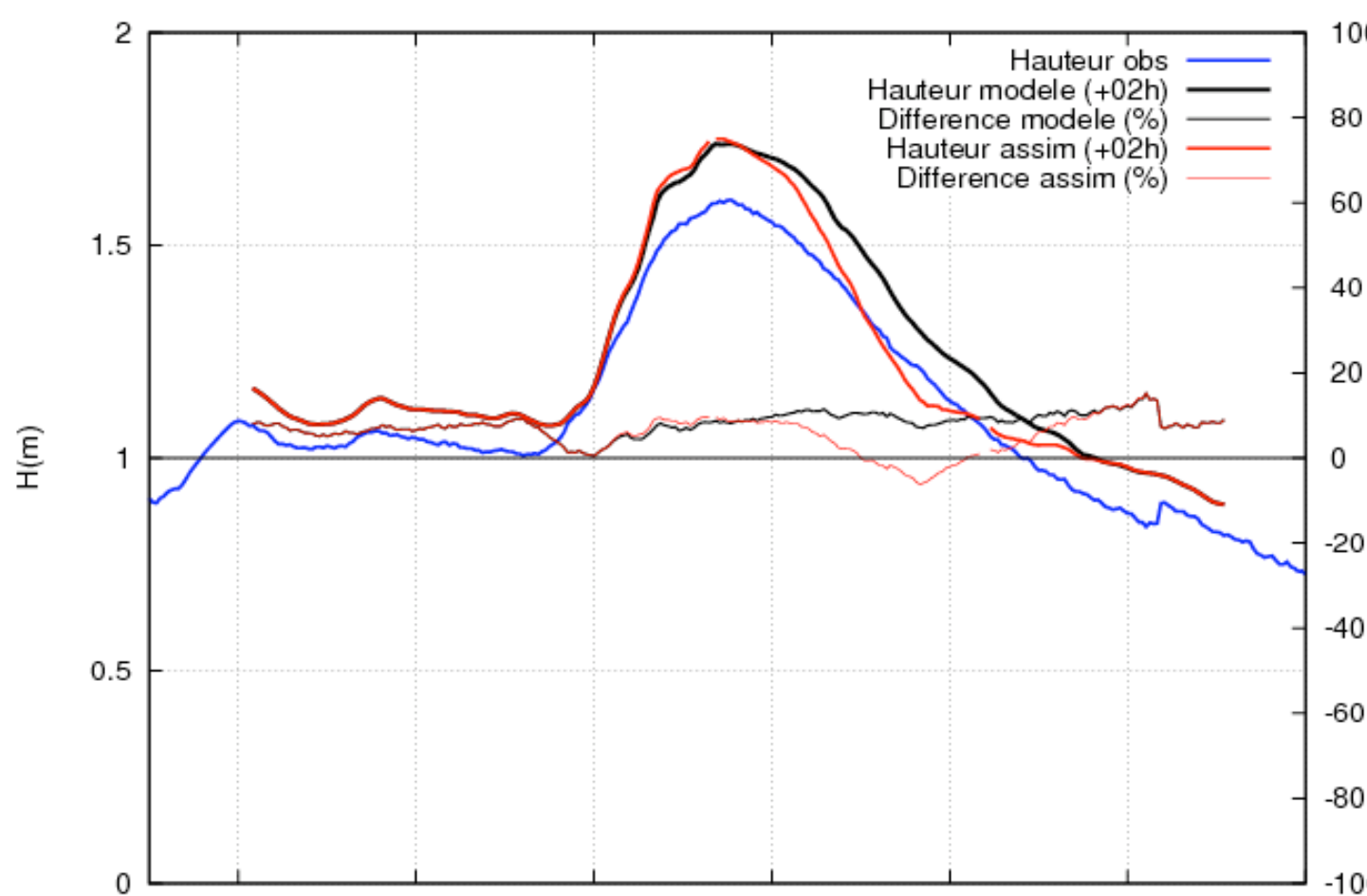
Biais Station Joinville lag 2 h



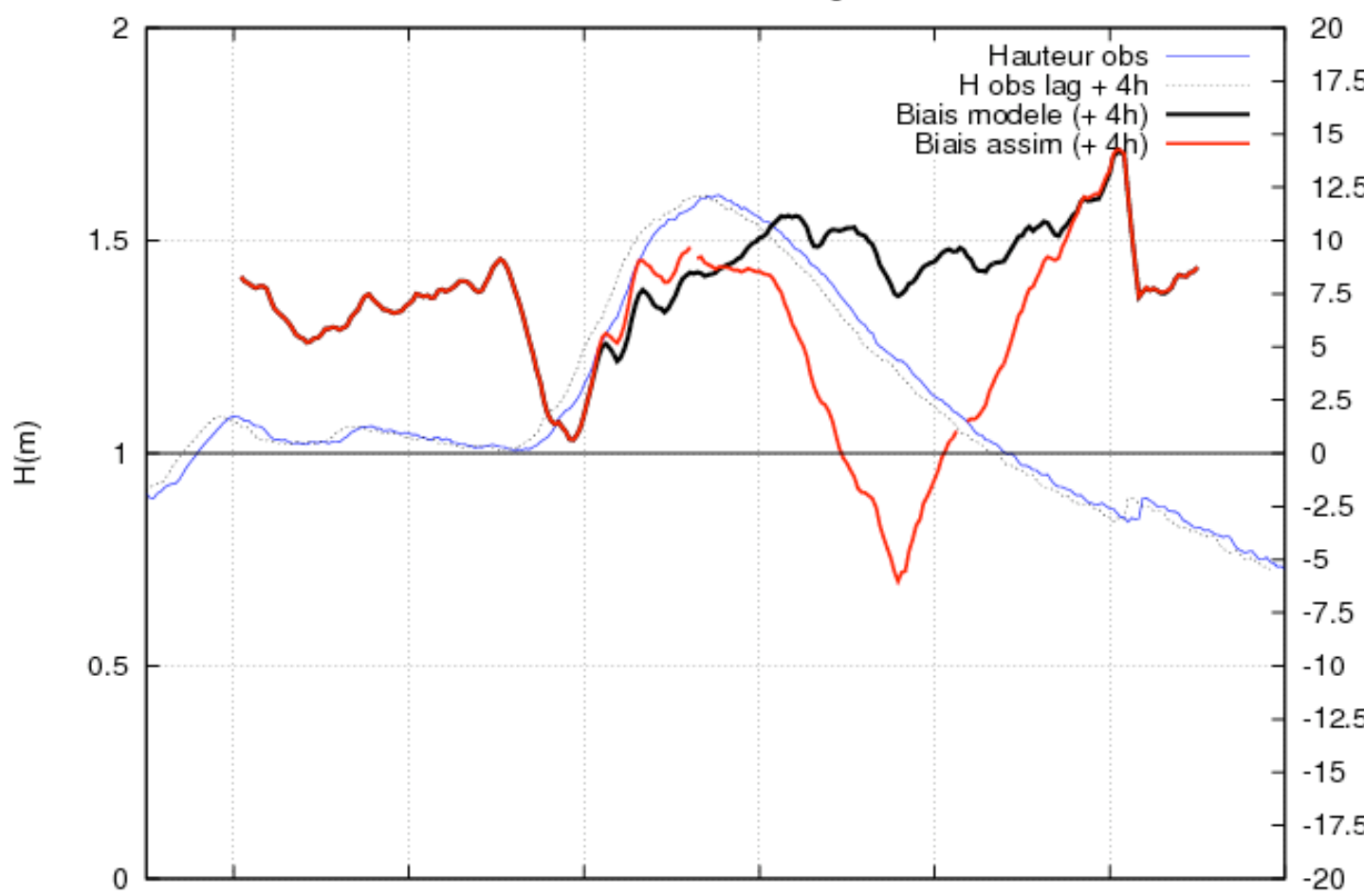
Precision Station Joinville lag 2 h



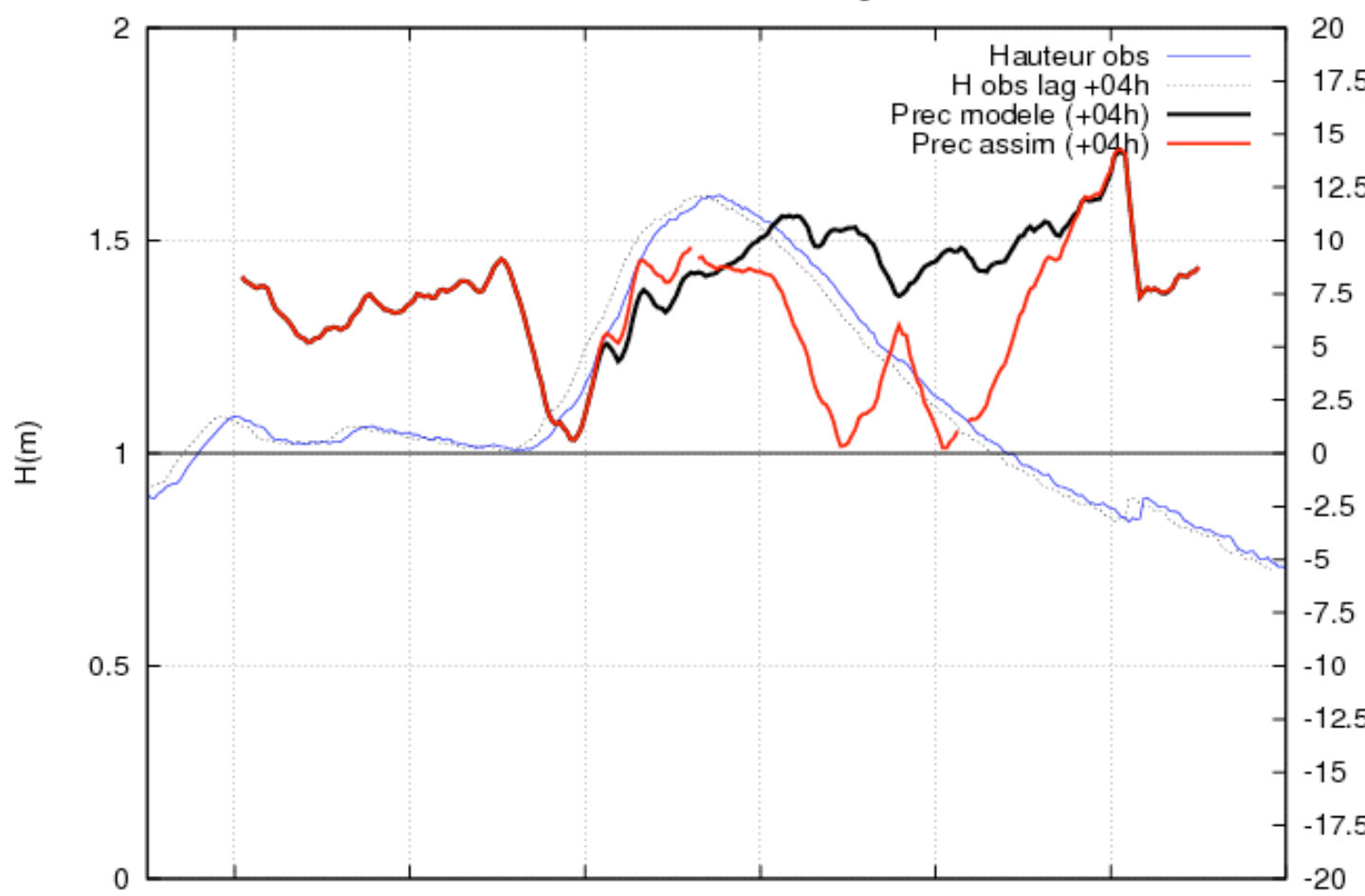
Prevision Station Joinville echeance 2 h



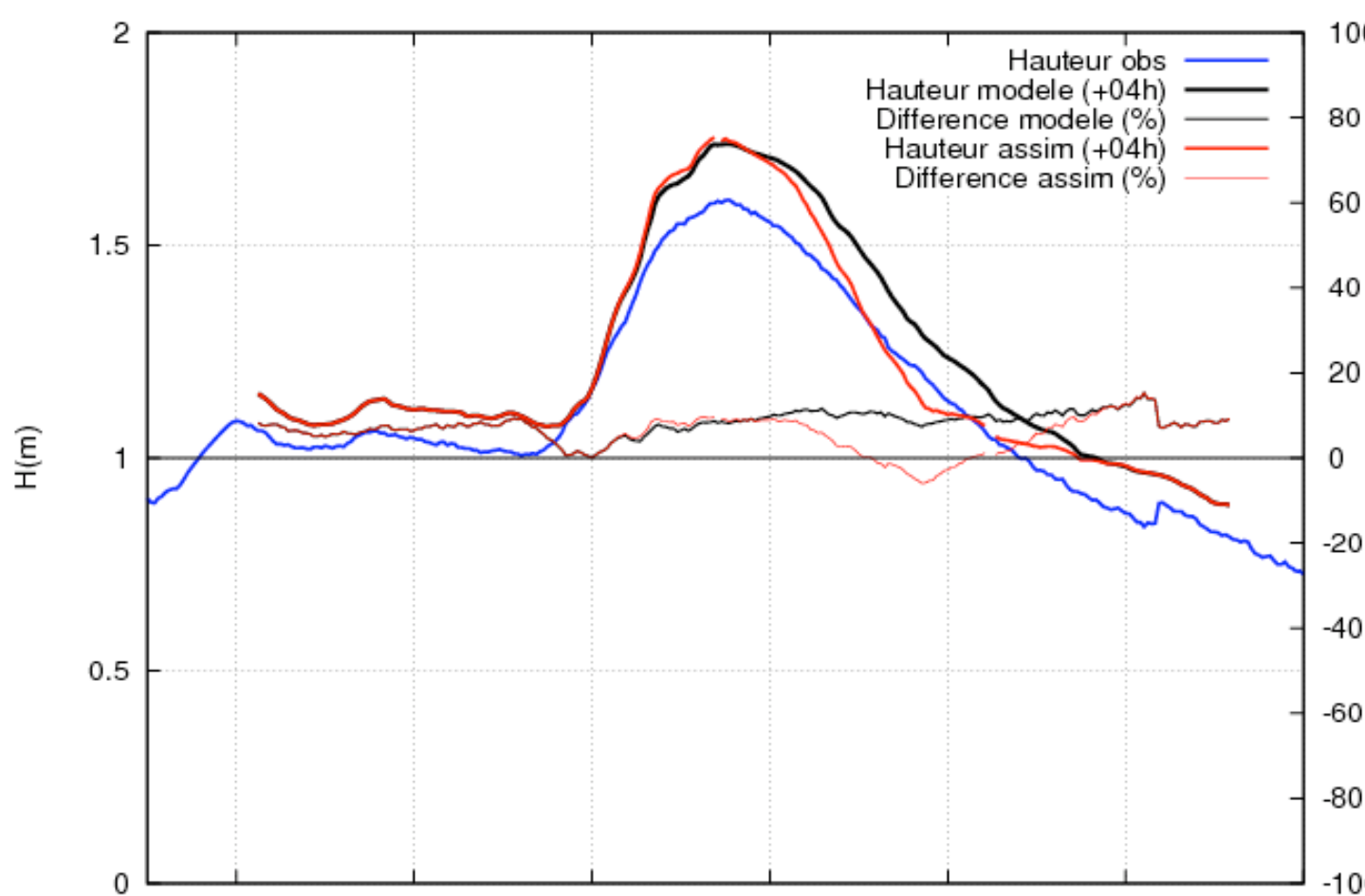
Biais Station Joinville lag 04 h



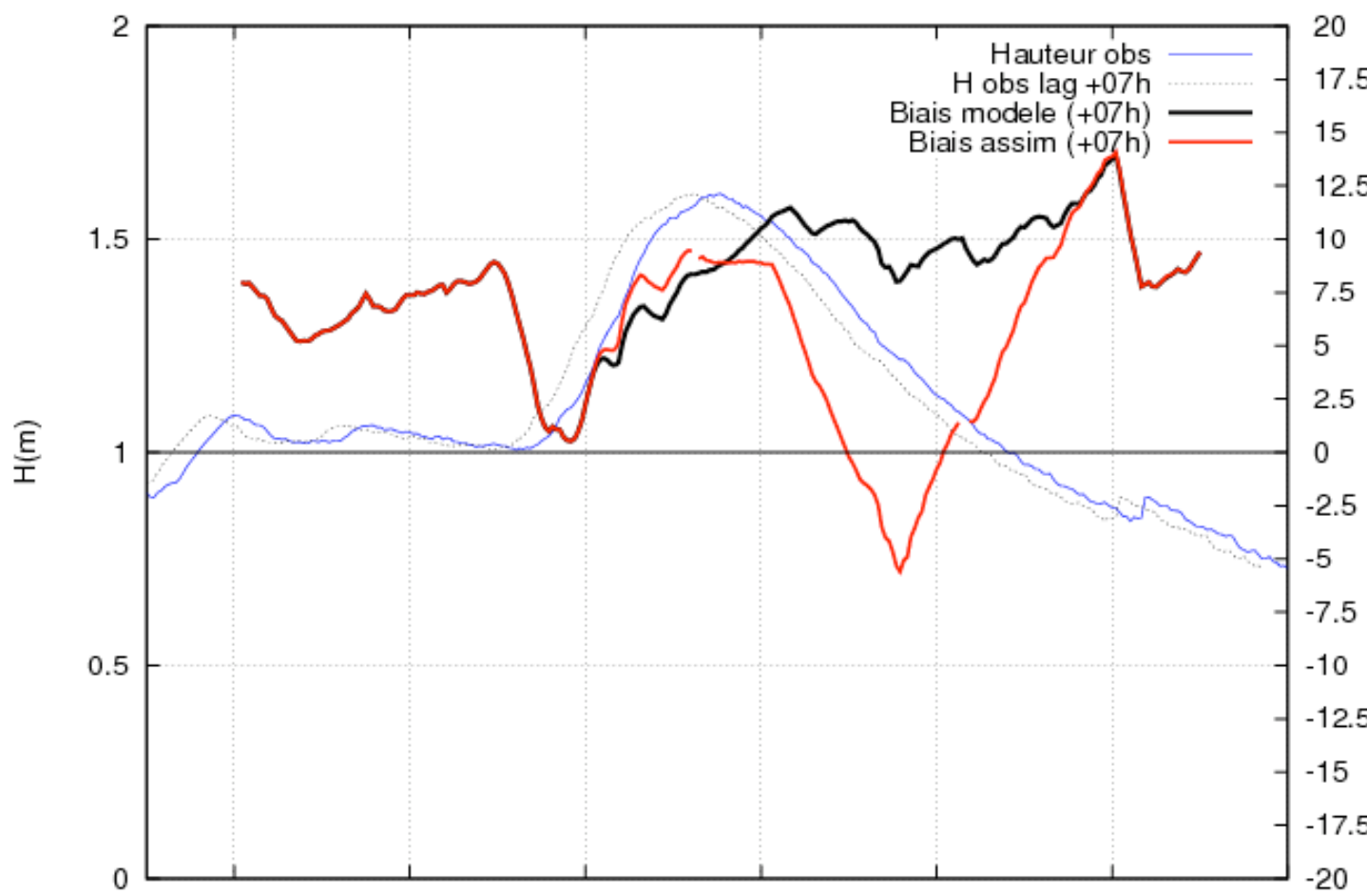
Precision Station Joinville lag 04 h



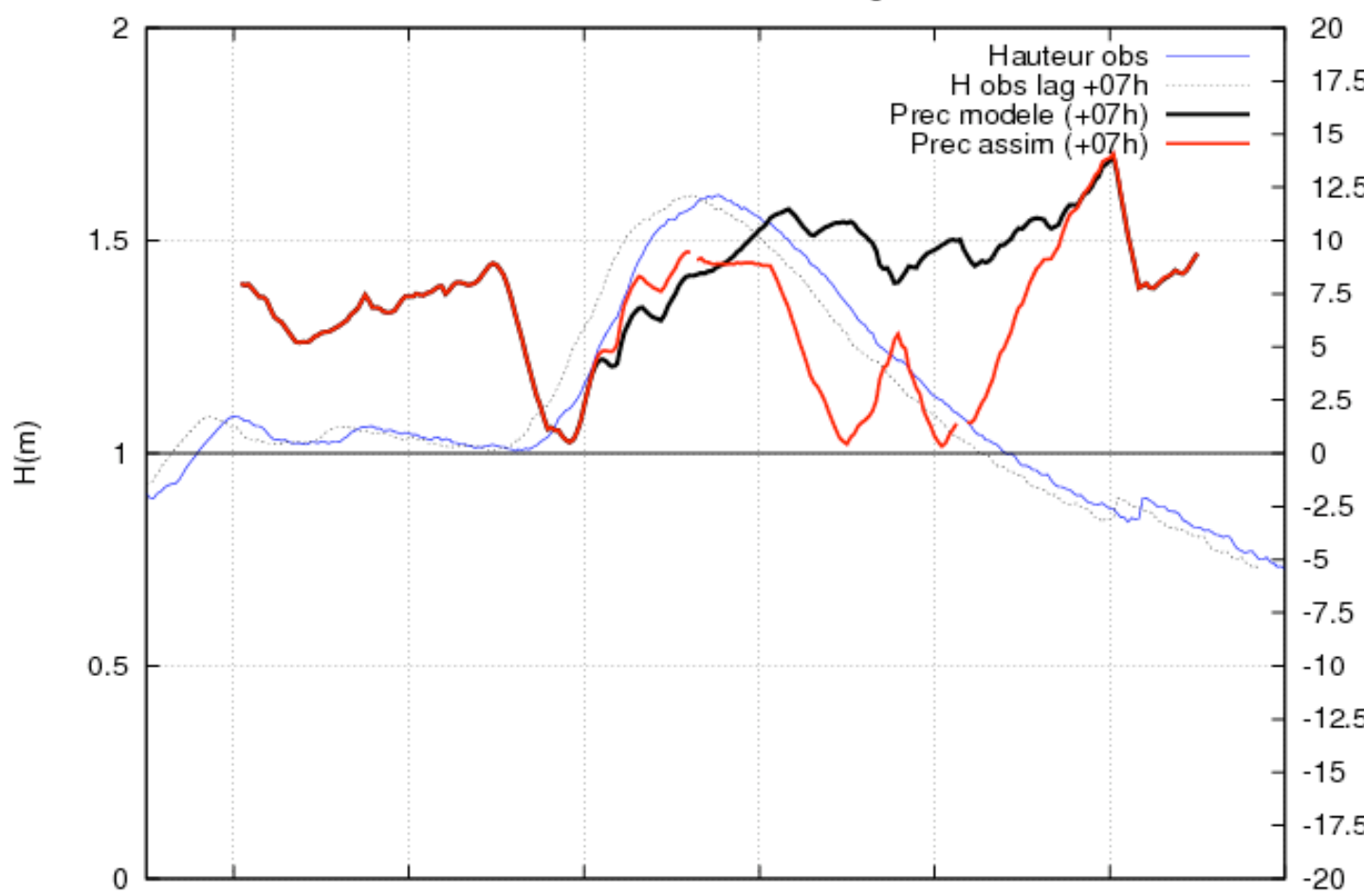
Prevision Station Joinville echeance 4 h



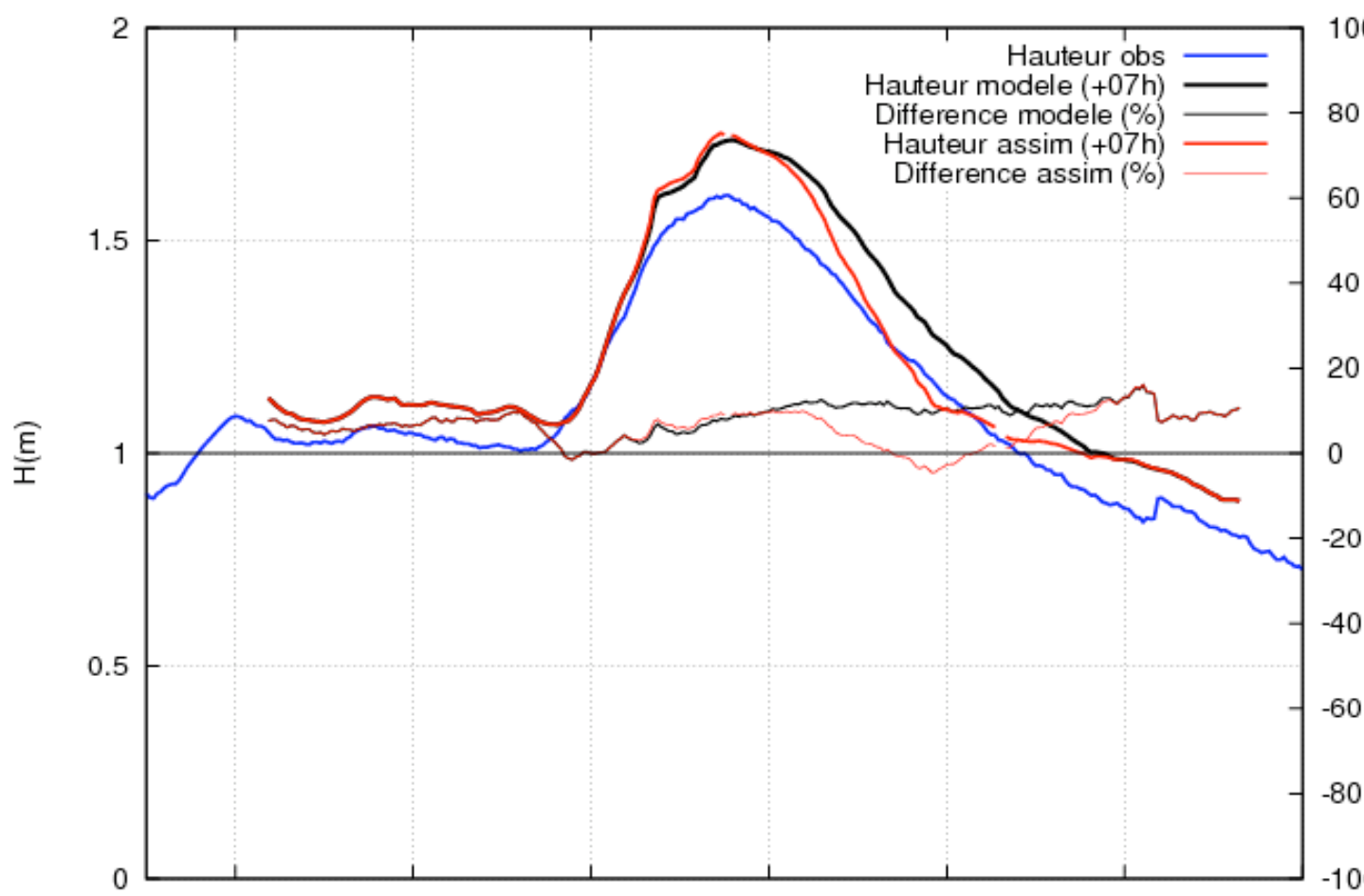
Biais Station Joinville lag 7h



Precision Station Joinville lag 7h

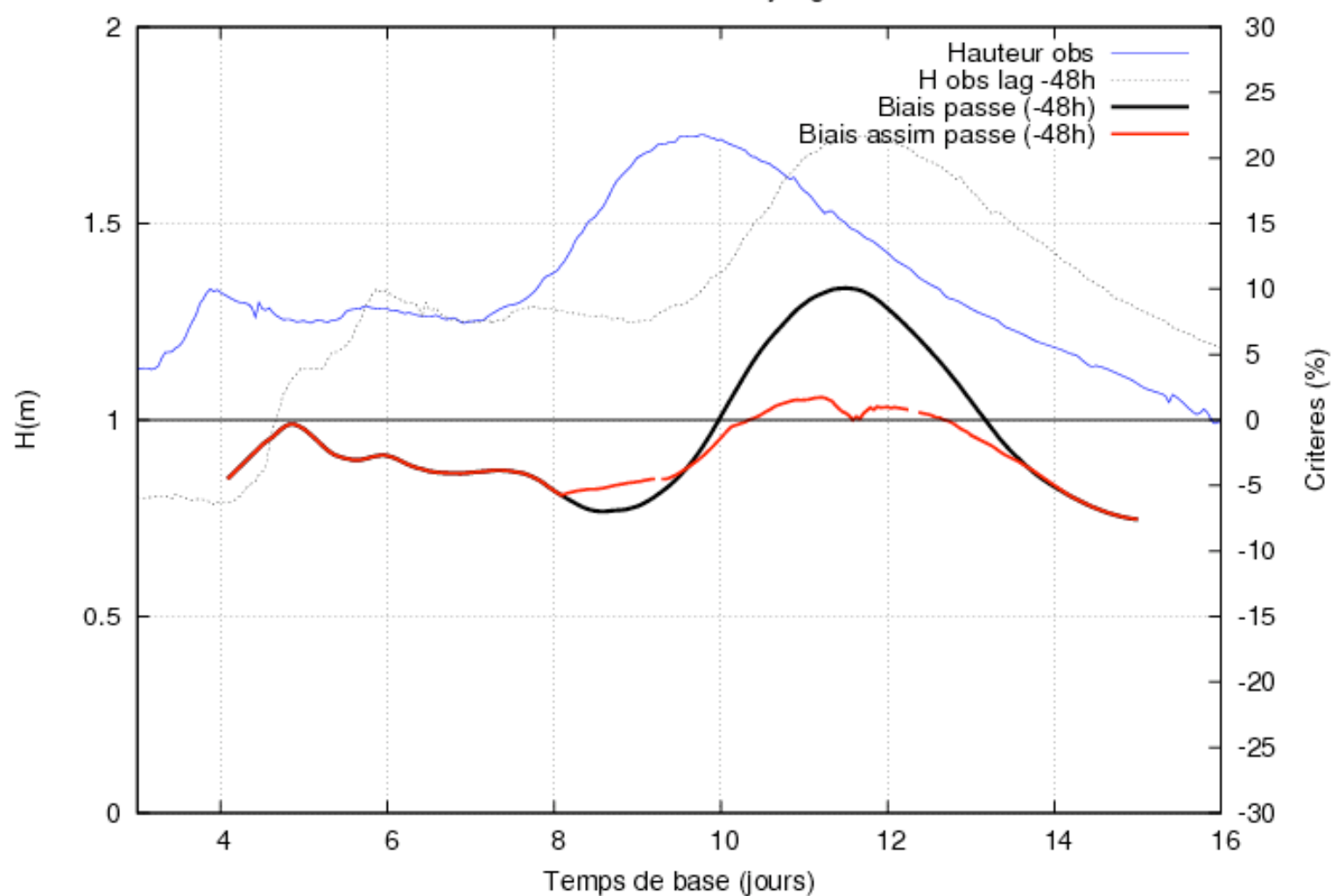


Prevision Station Joinville echeance 7 h

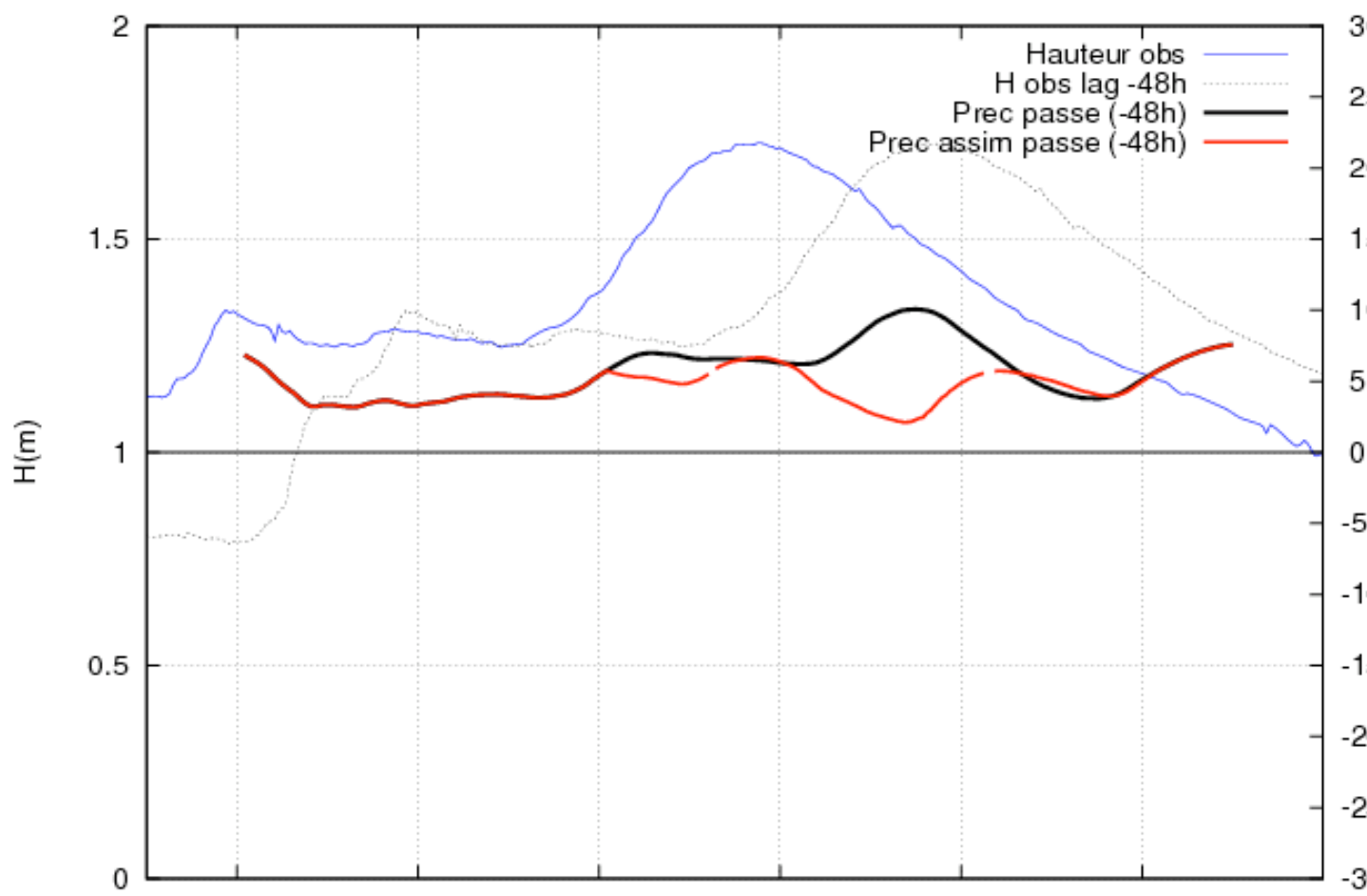


9 Figures $E2_{Chamouilley}$

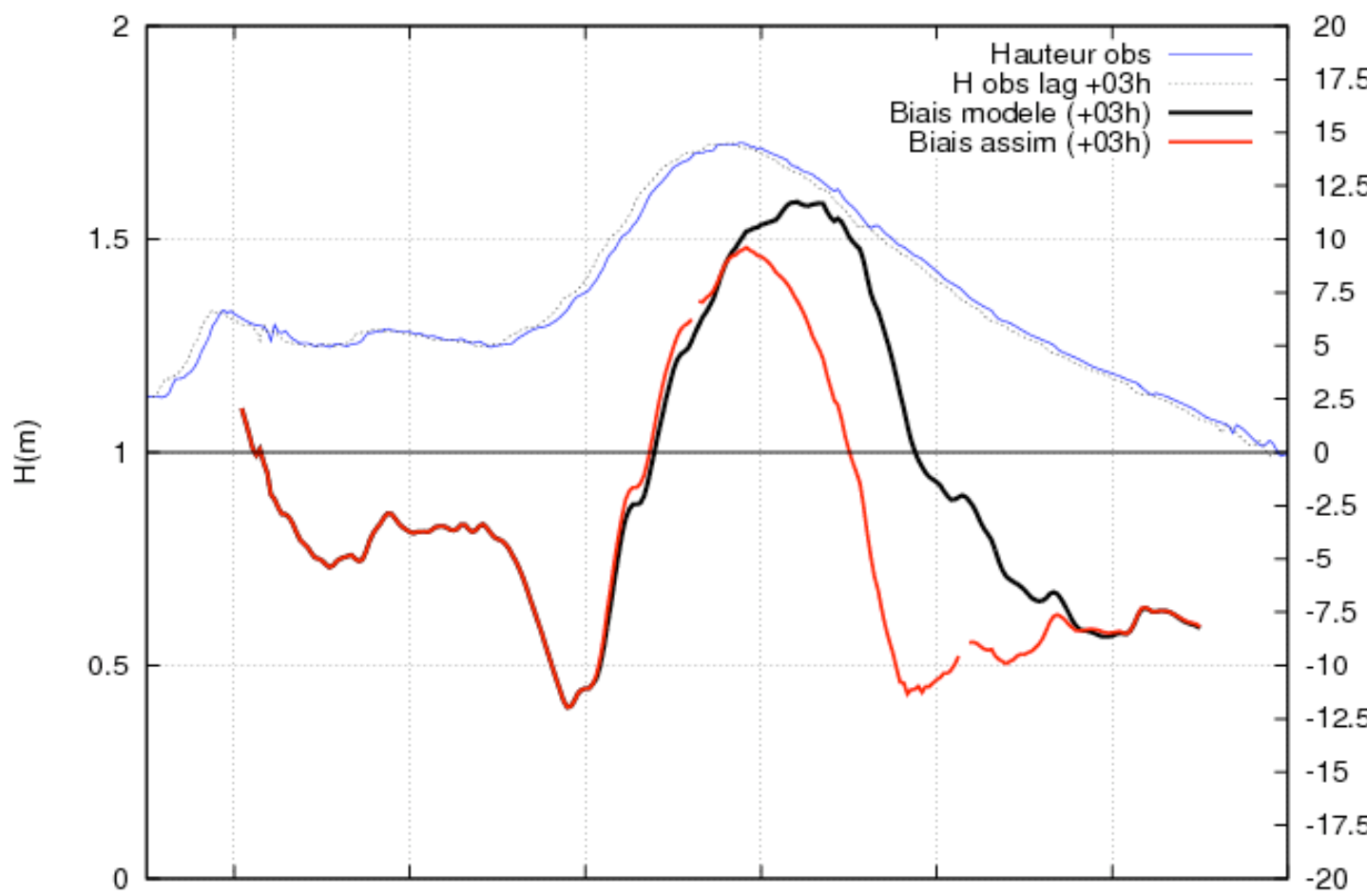
Biais Station Chamouilley lag 48 h



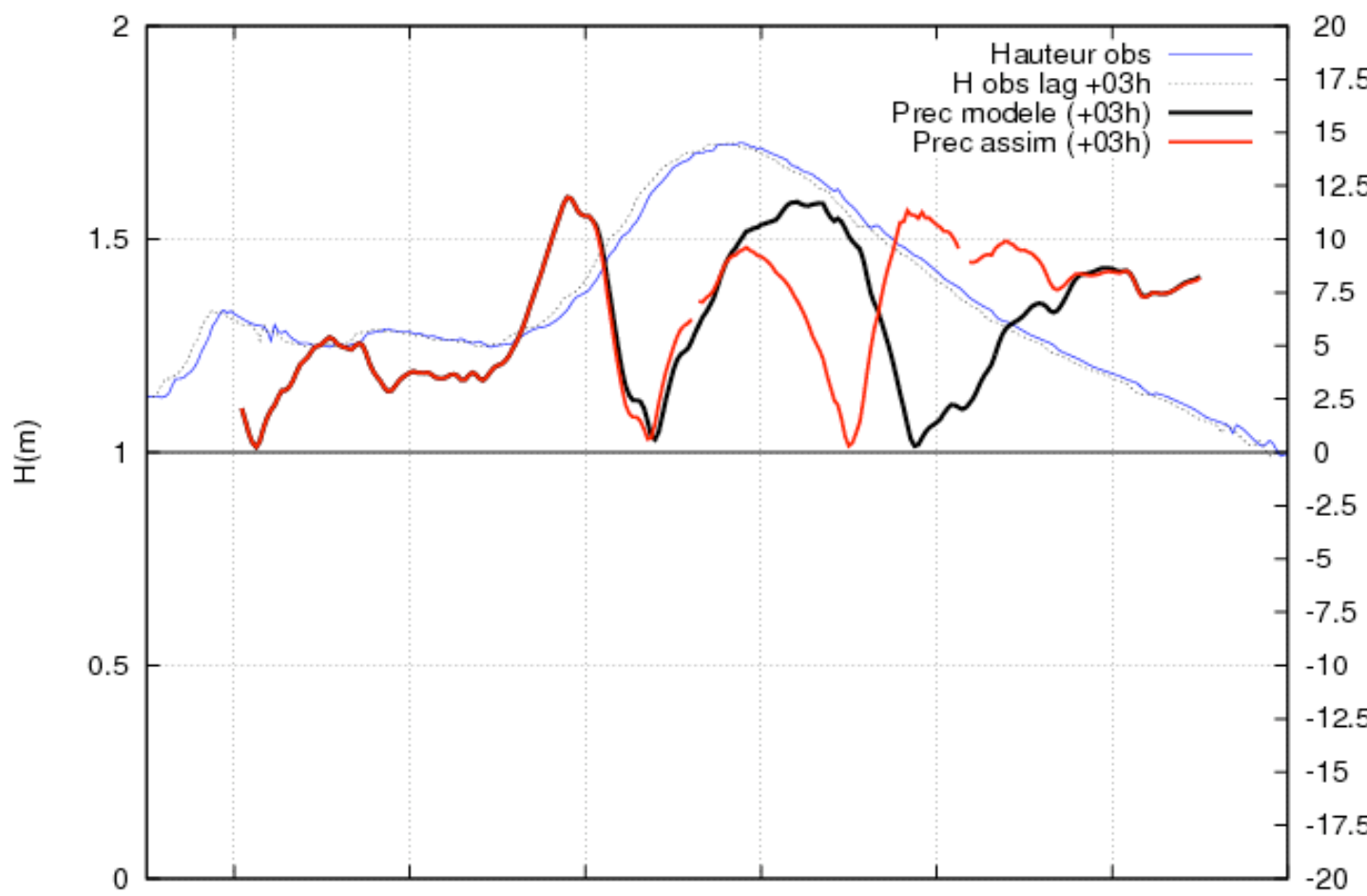
Precision Station Chamouilley lag 48 h



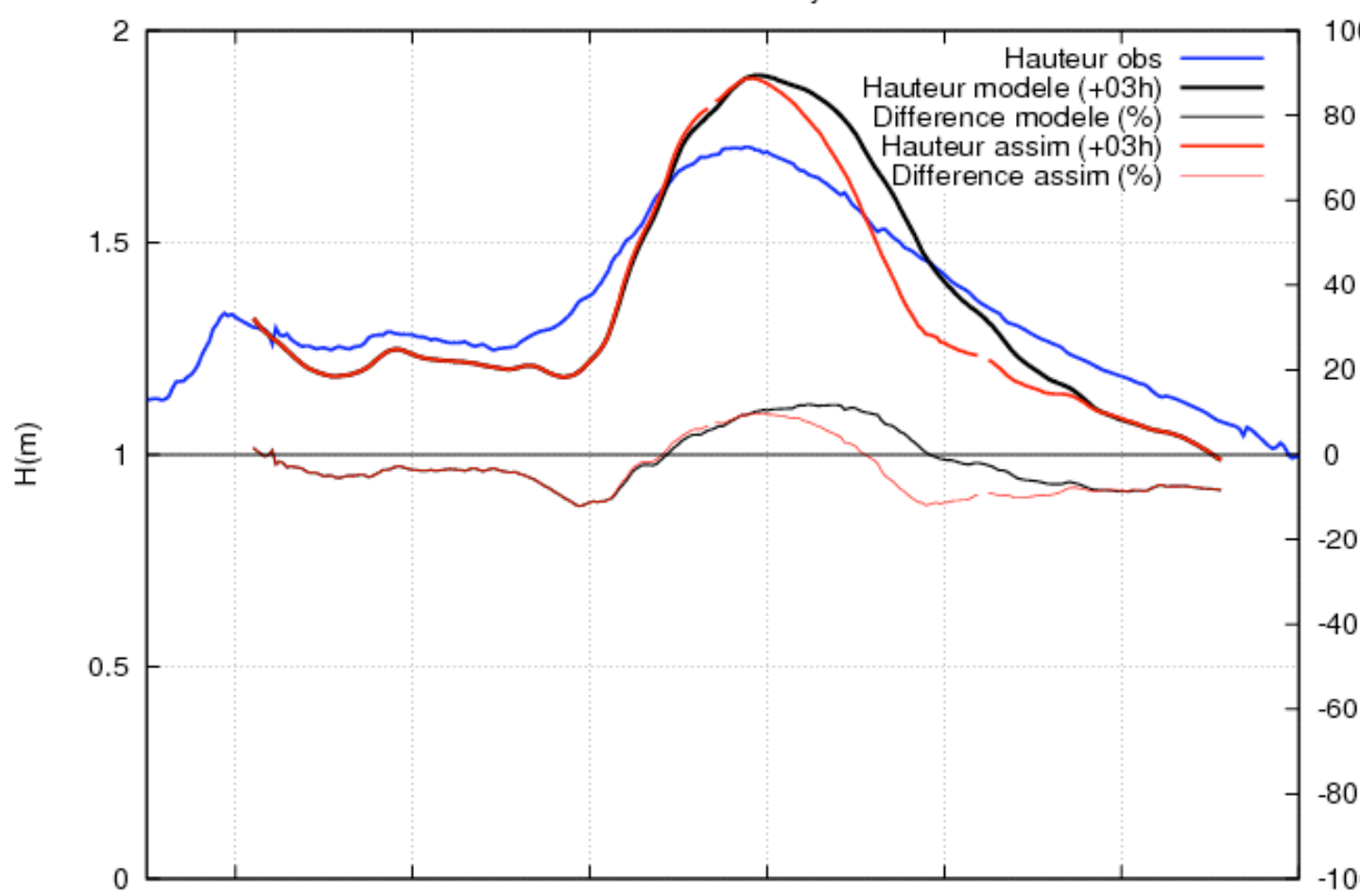
Biais Station Chamouilley lag 3 h



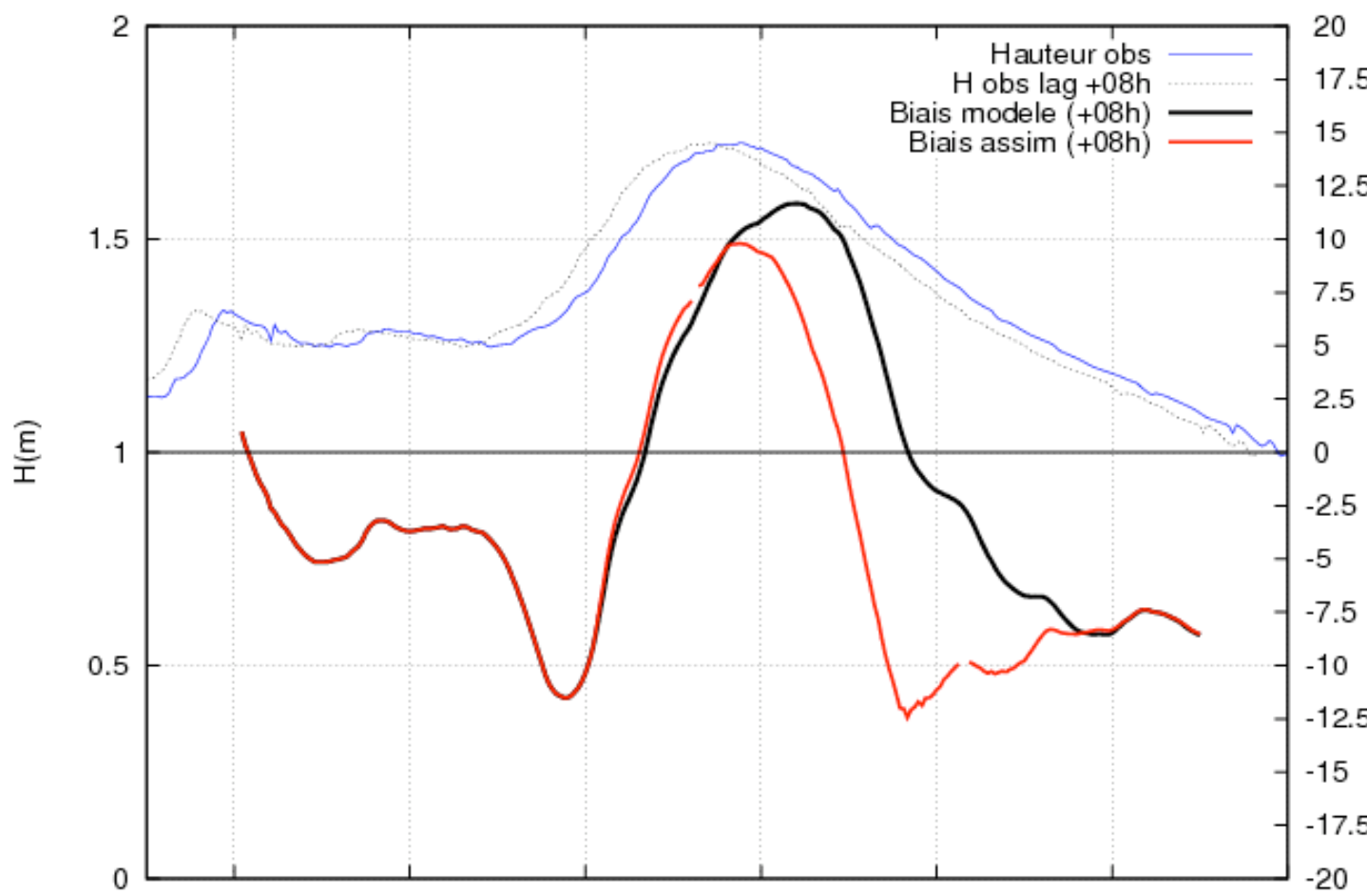
Precision Station Chamouilley lag 3 h



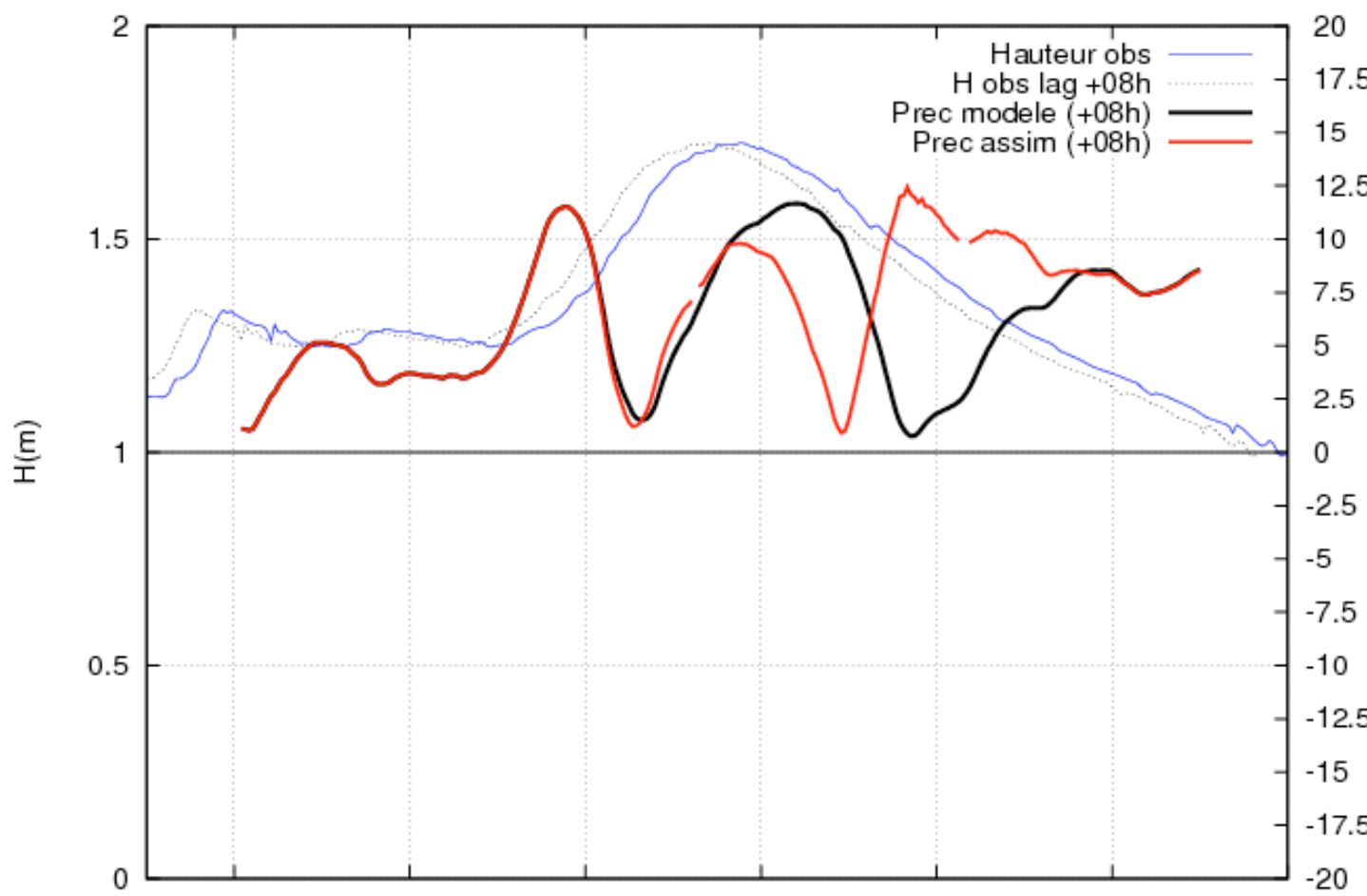
Prevision Station Chamouilley echeance 3 h



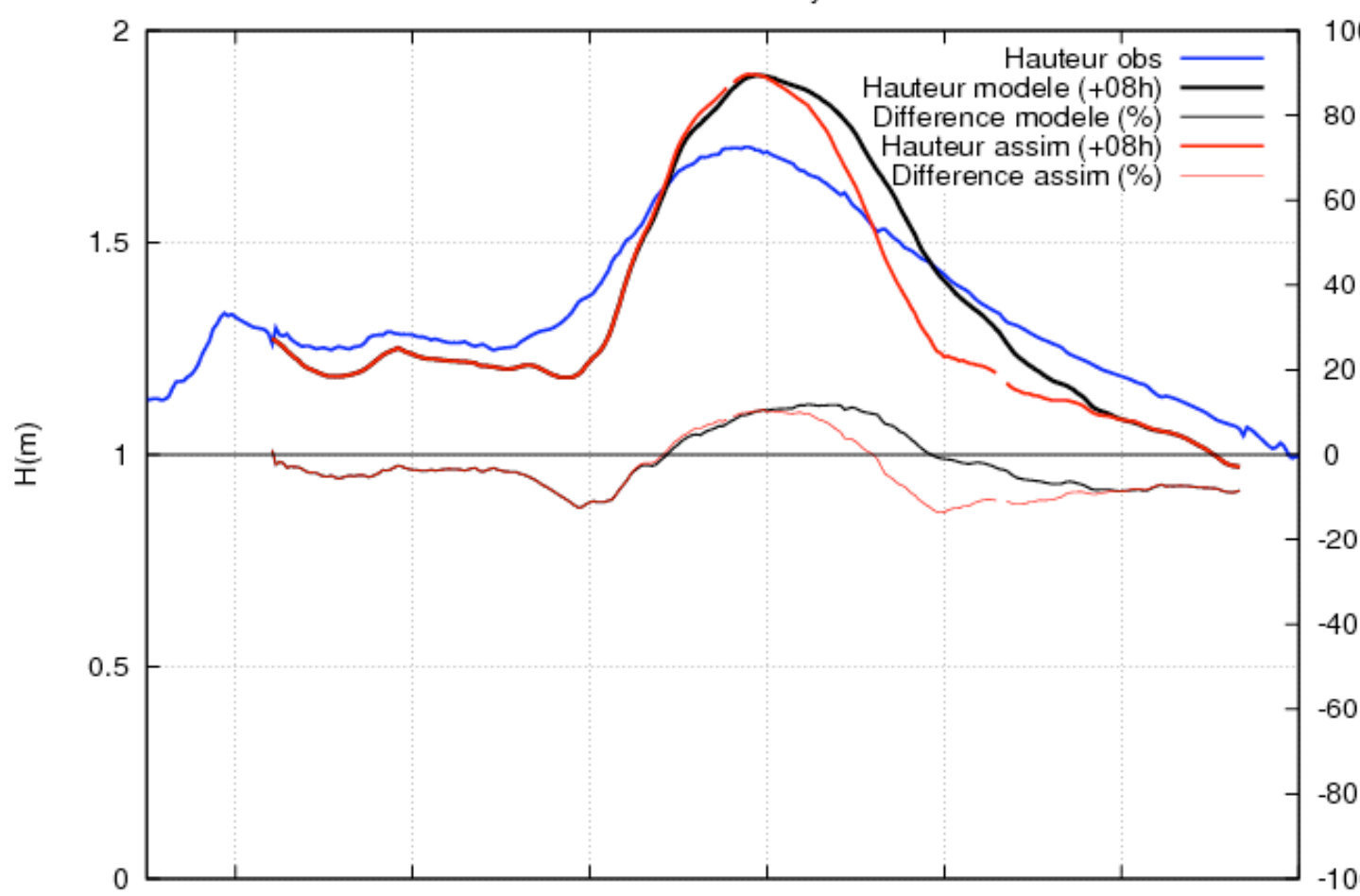
Biais Station Chamouilley lag 8 h



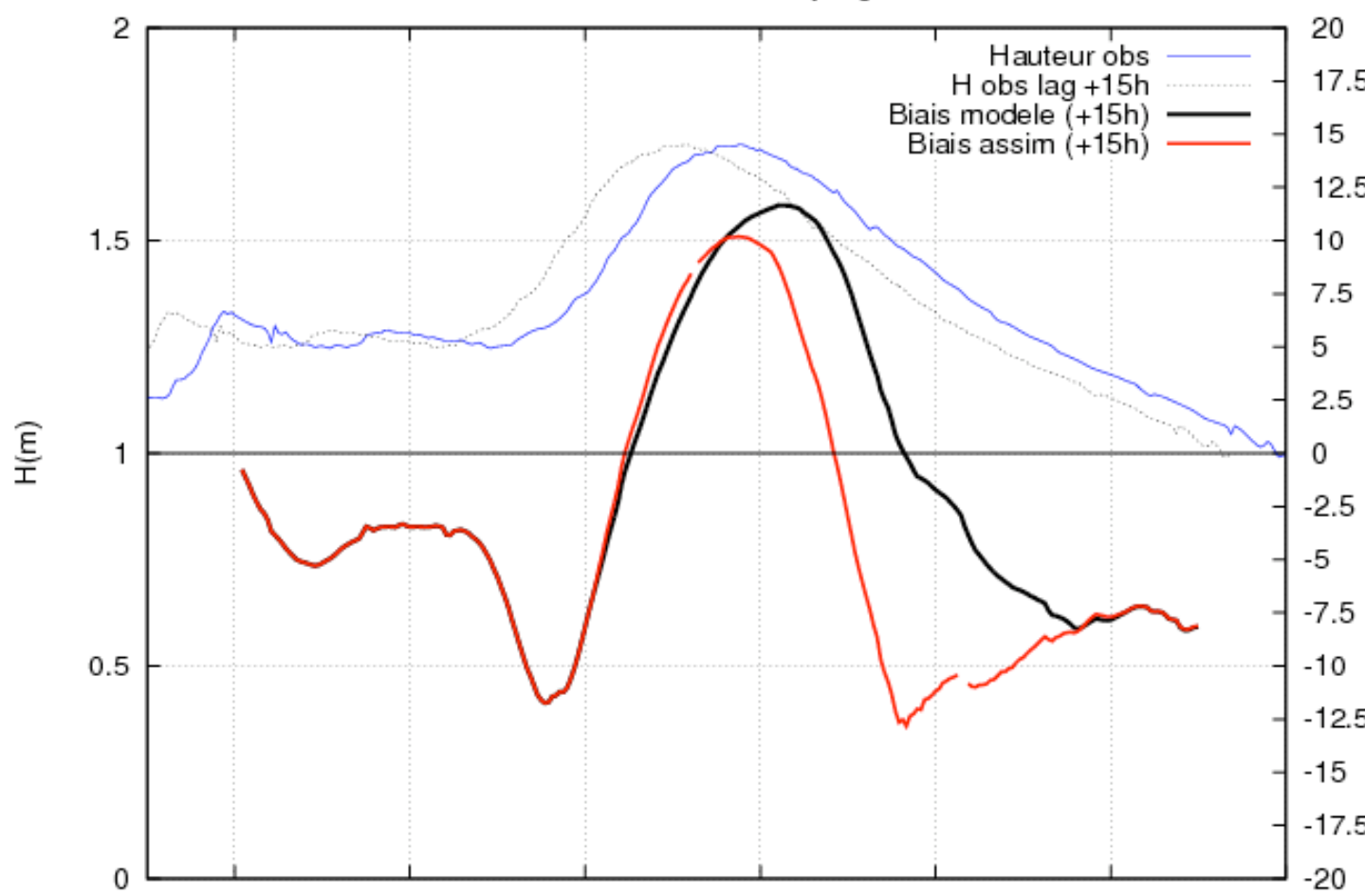
Precision Station Chamouilley lag 8 h



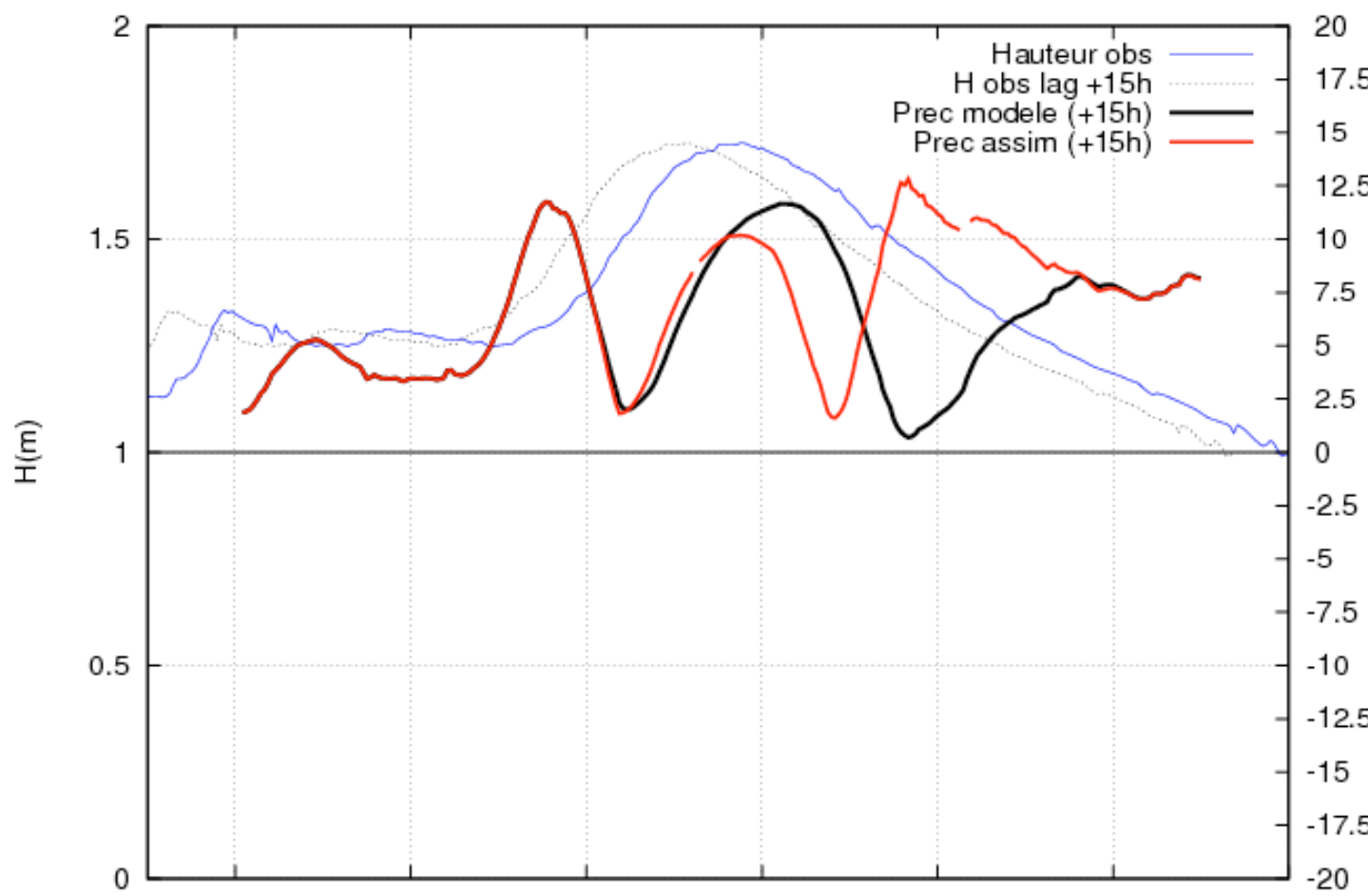
Prevision Station Chamouilley echeance 8 h



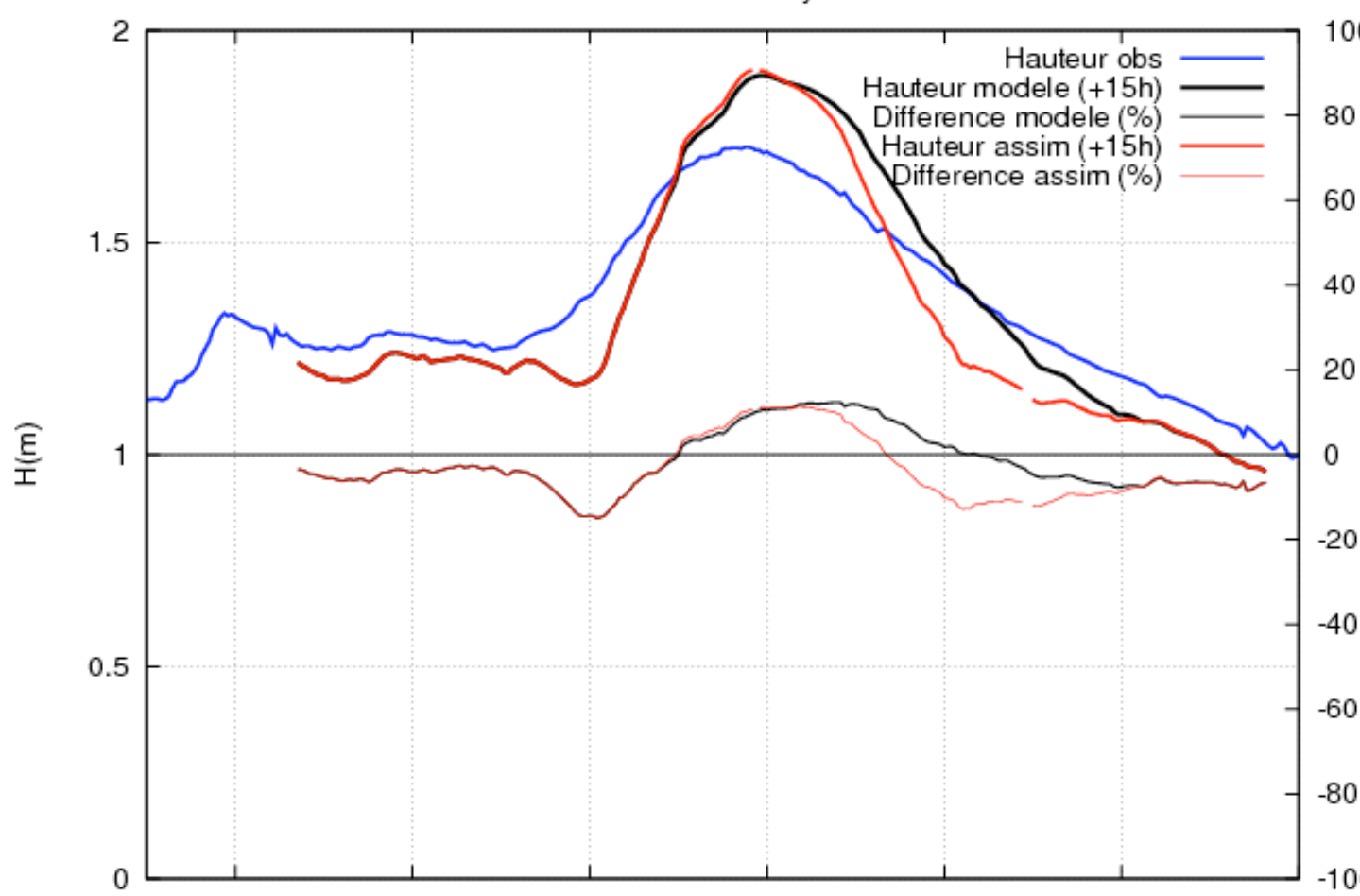
Biais Station Chamouilley lag 15 h



Precision Station Chamouilley lag 15 h

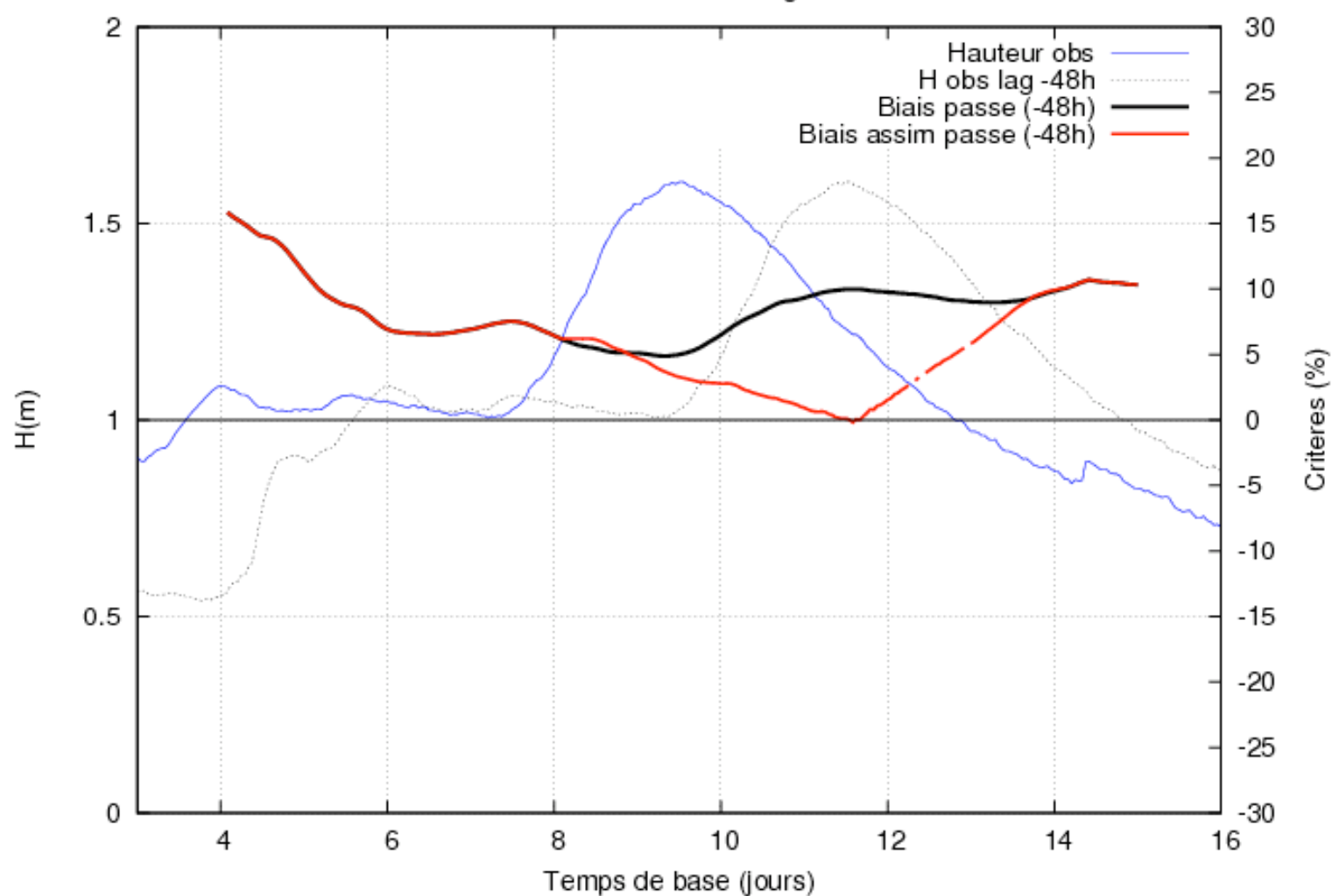


Prevision Station Chamouilley echeance 15 h

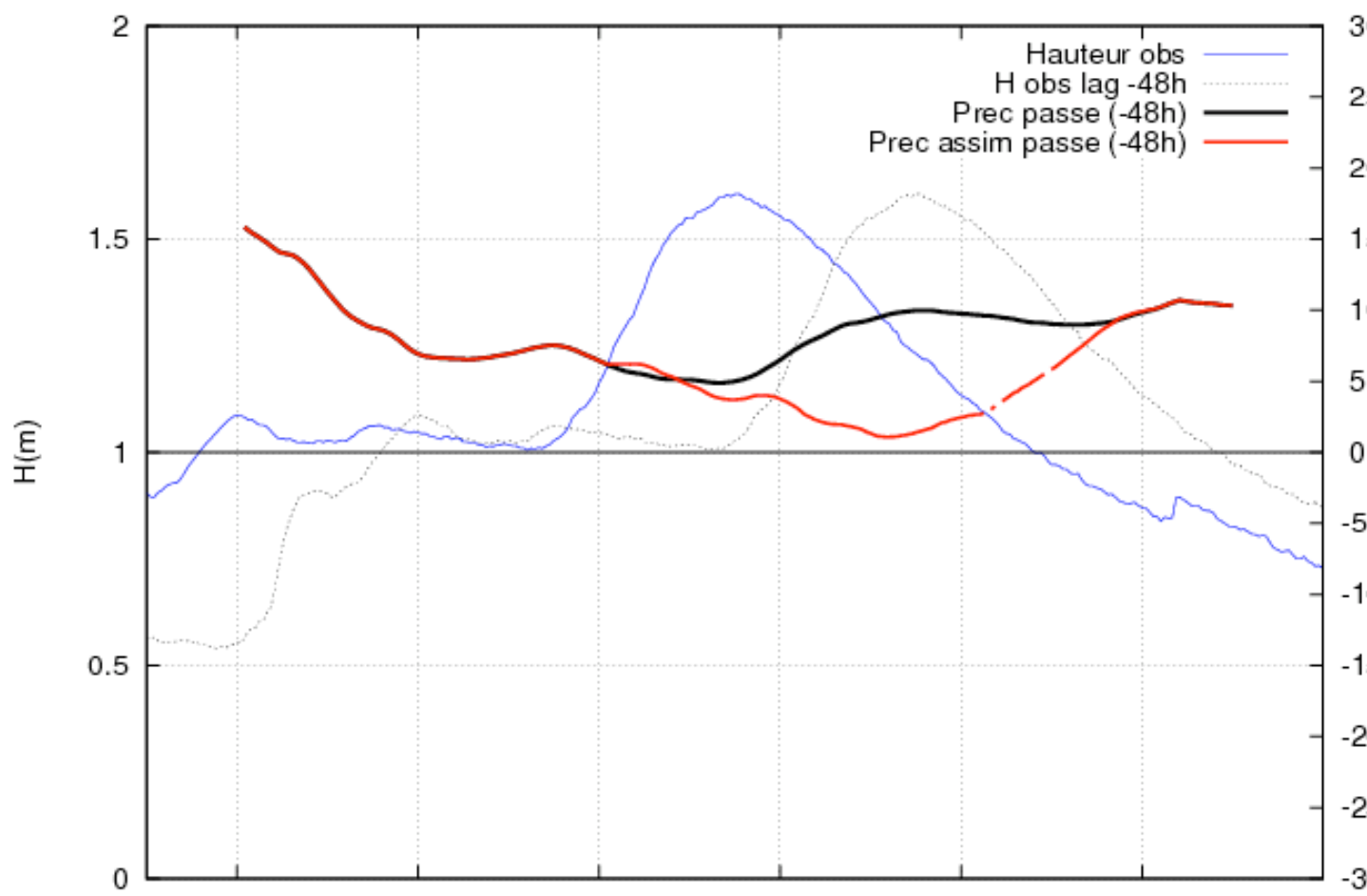


10 Figures $E3_{Joinville}$

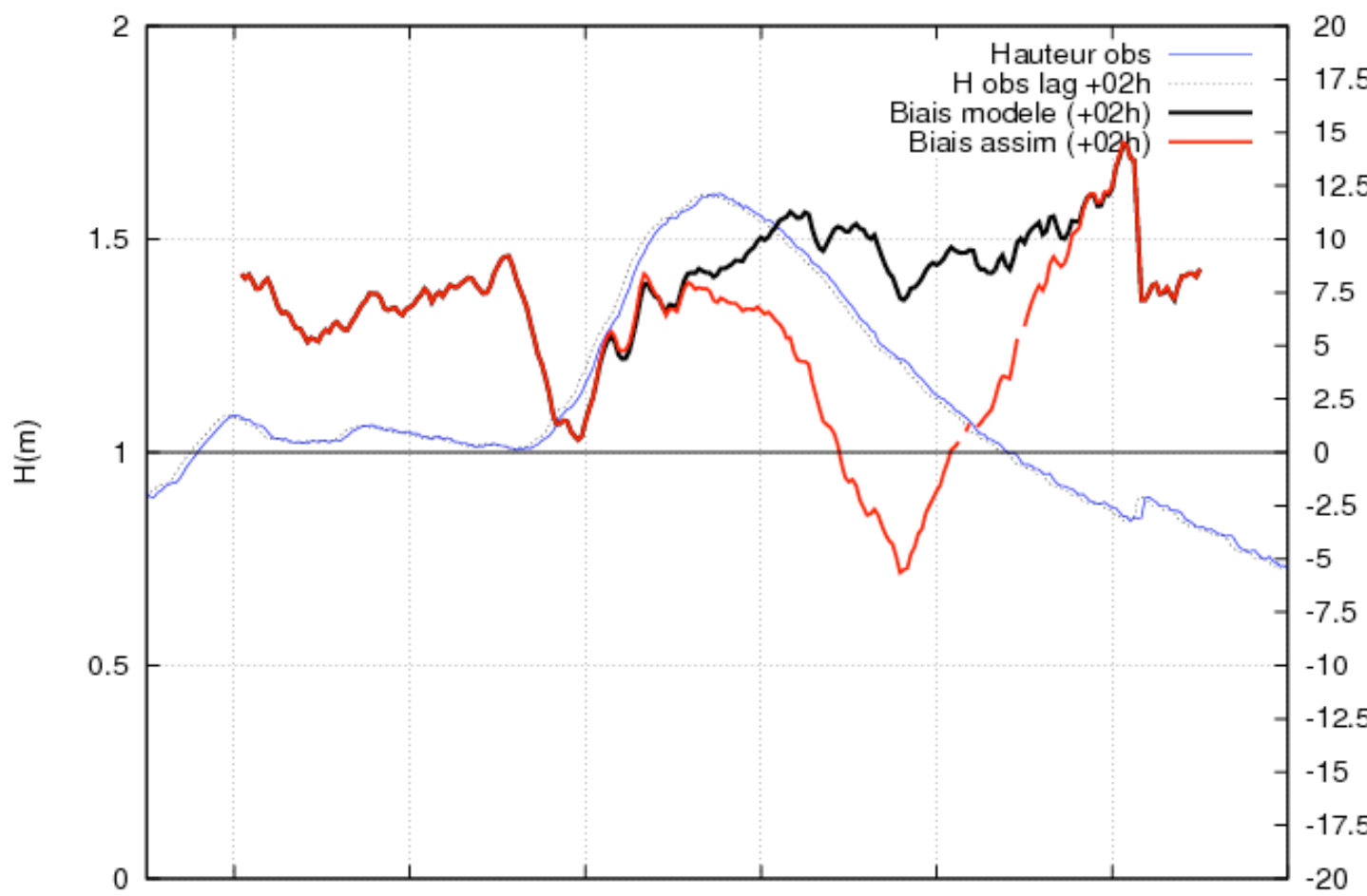
Biais Station Joinville lag 48 h



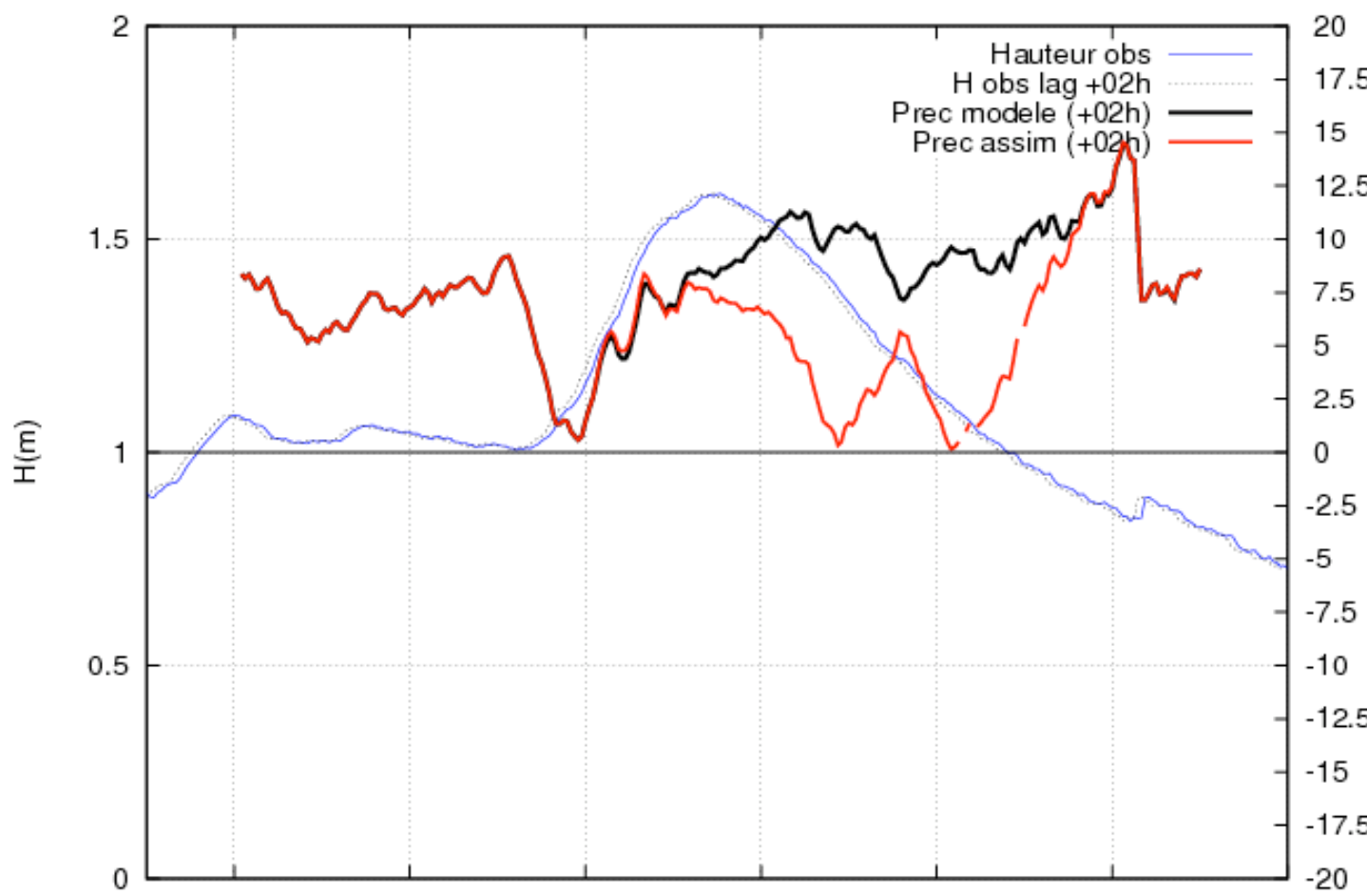
Precision Station Joinville lag 48 h



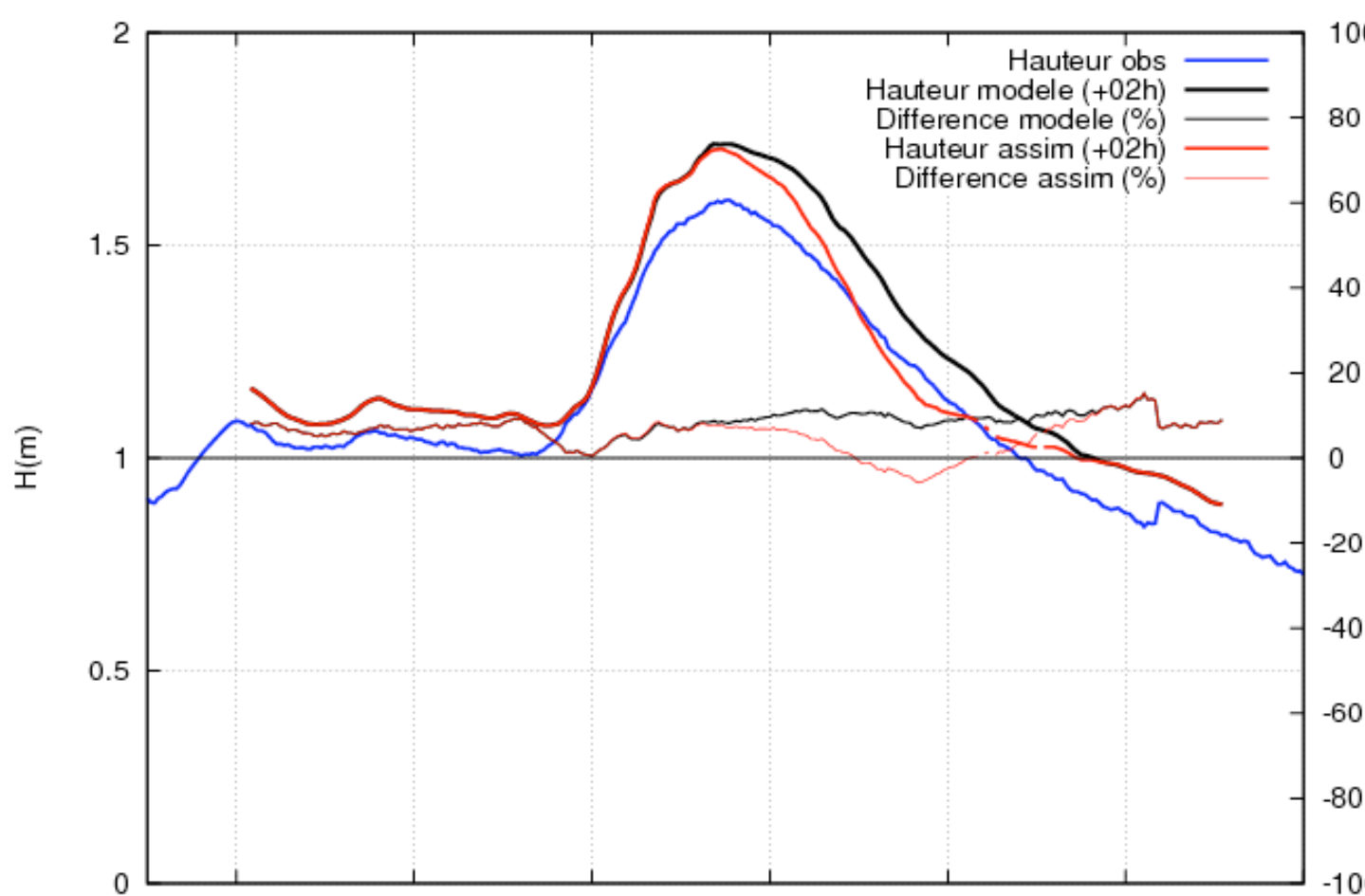
Biais Station Joinville lag 2 h



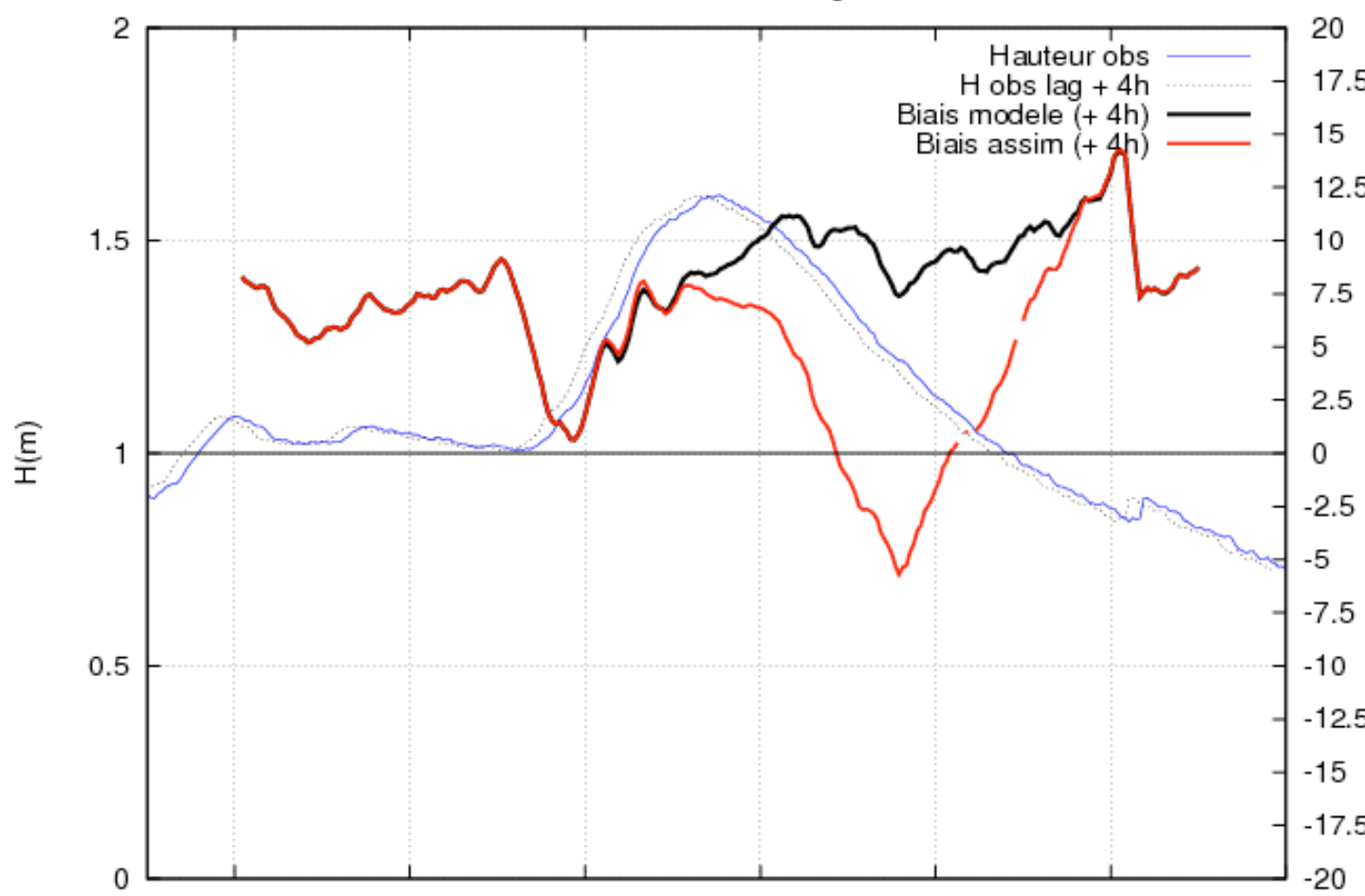
Precision Station Joinville lag 2 h



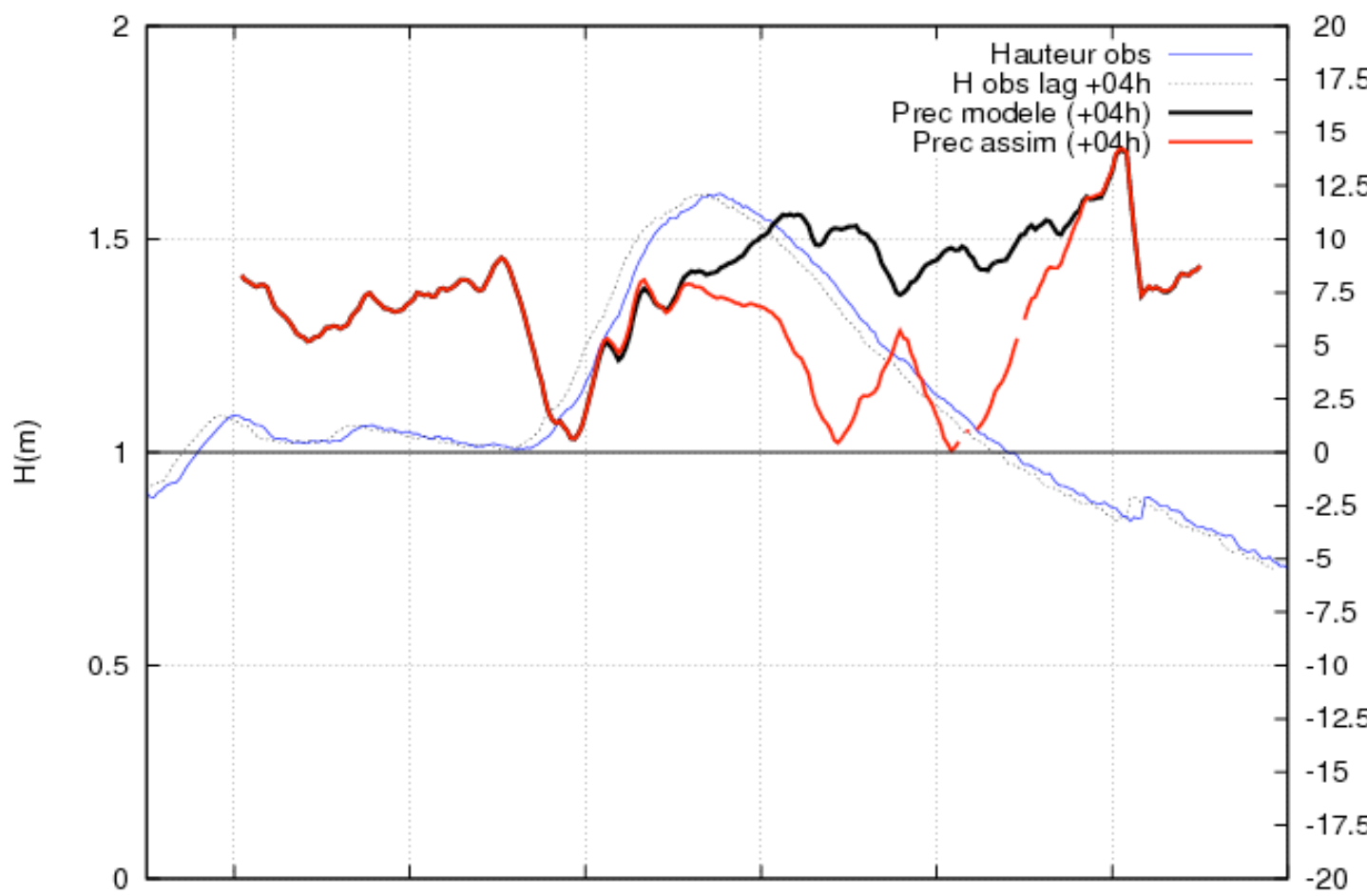
Prevision Station Joinville echeance 2 h



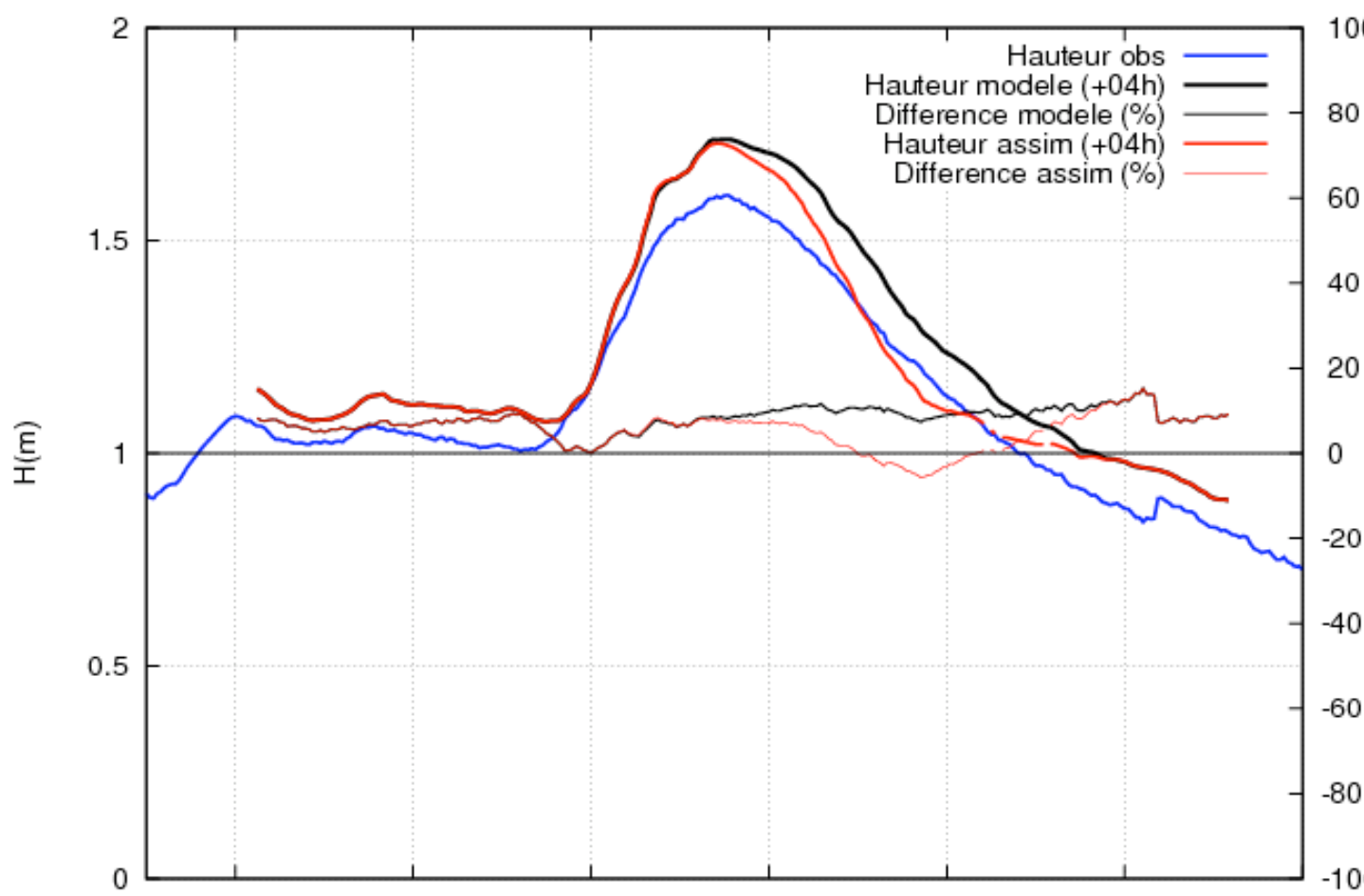
Biais Station Joinville lag 04 h



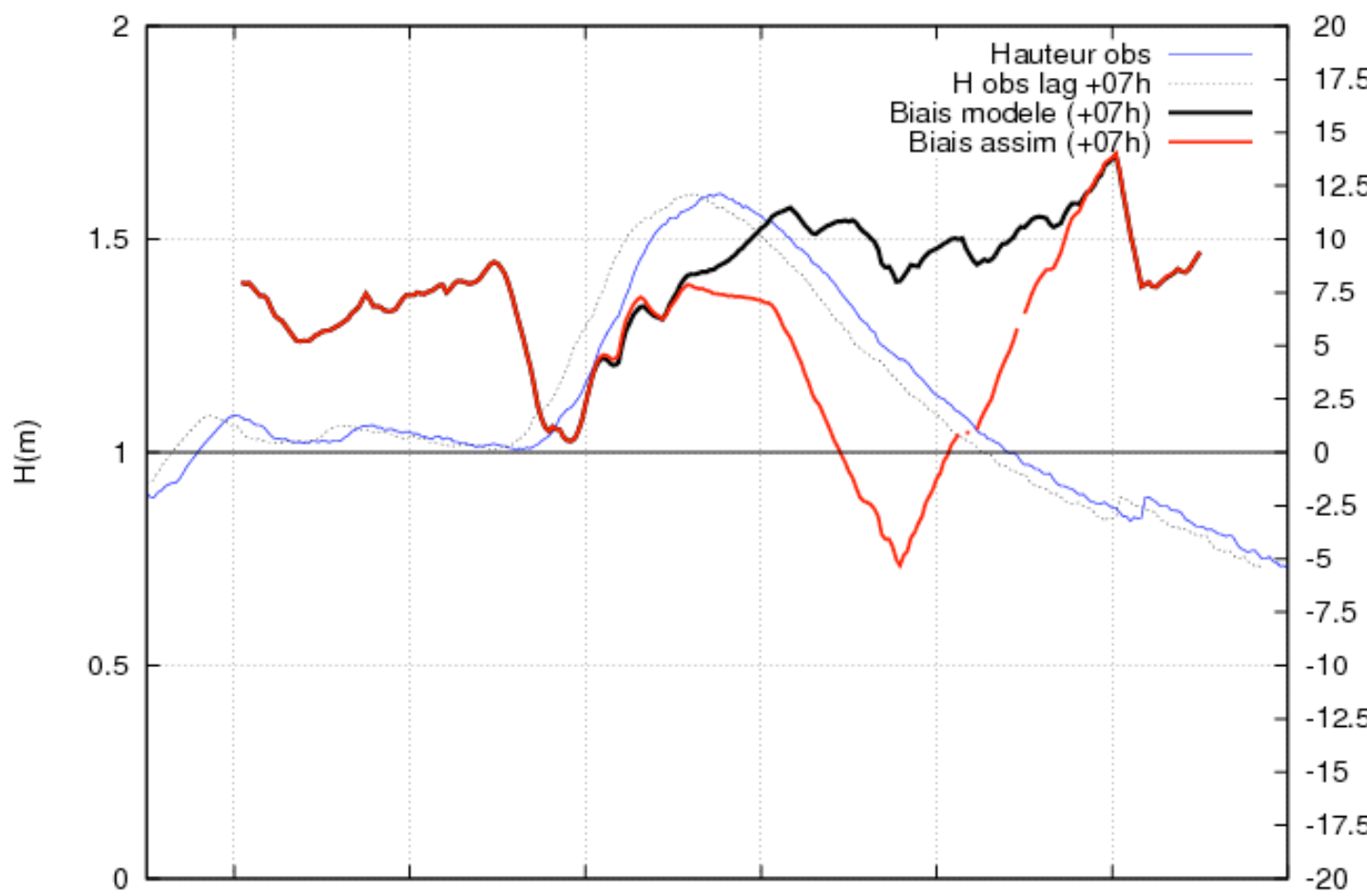
Precision Station Joinville lag 04 h



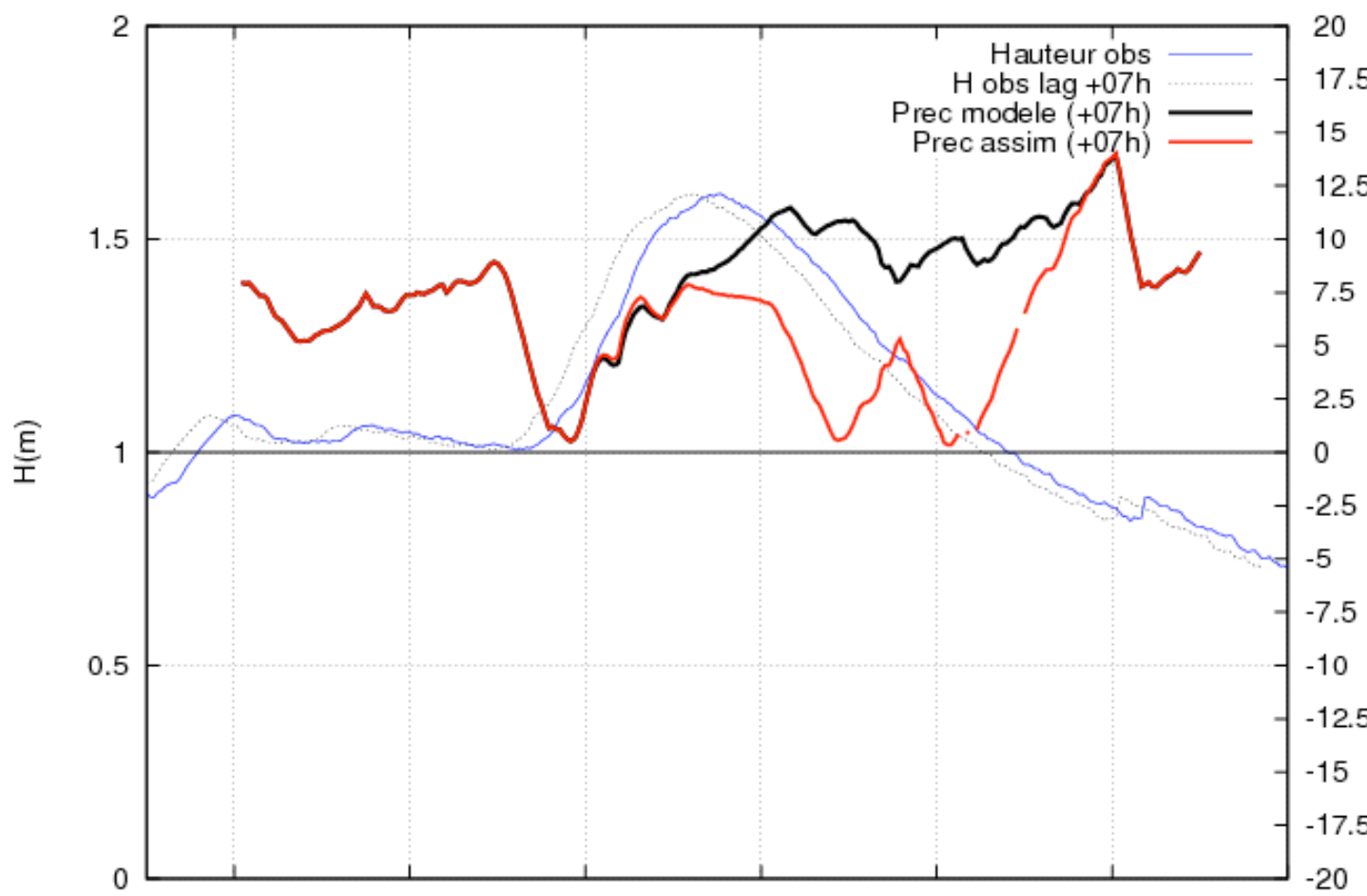
Prevision Station Joinville echeance 4 h



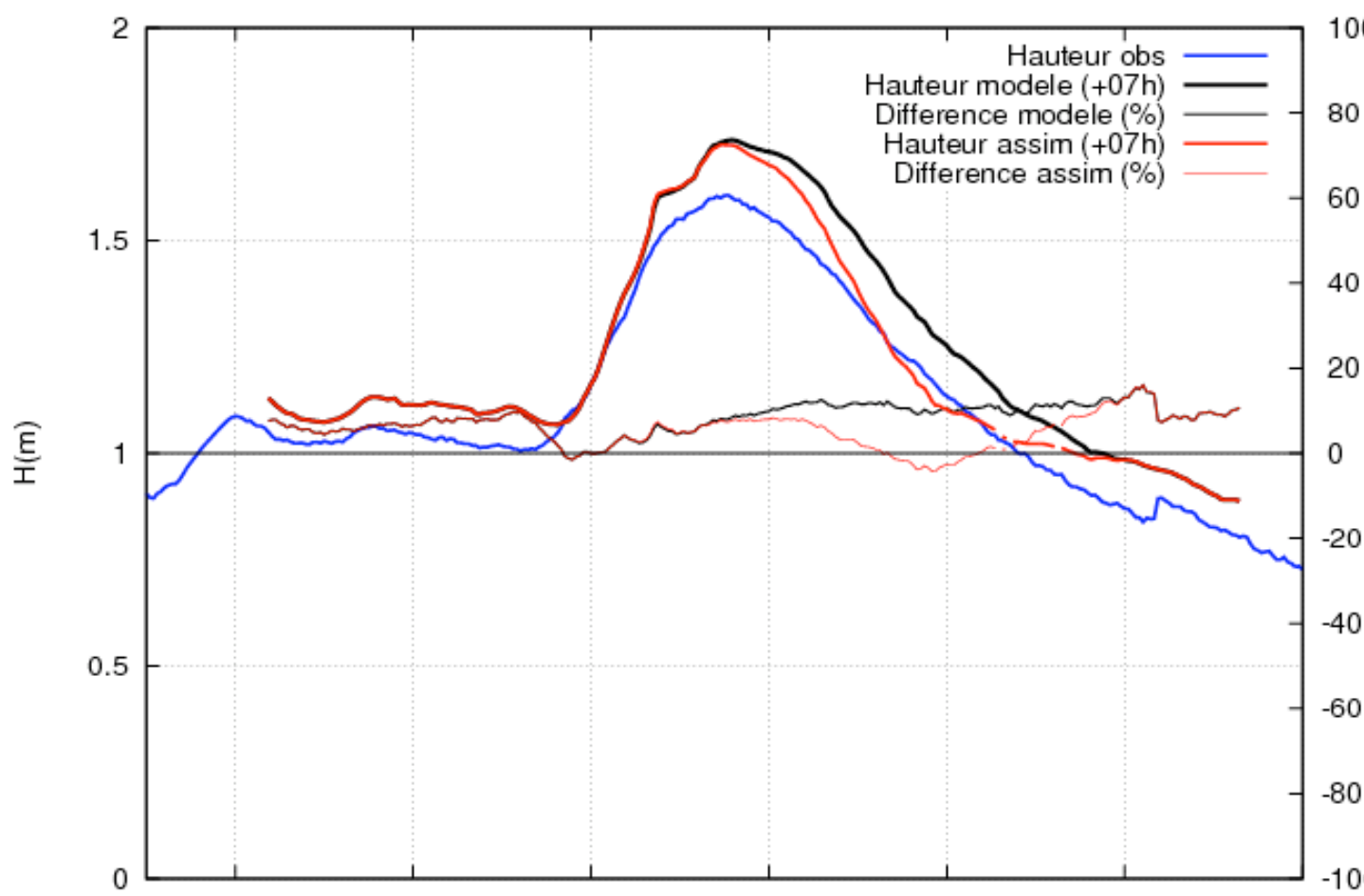
Biais Station Joinville lag 7h



Precision Station Joinville lag 7h

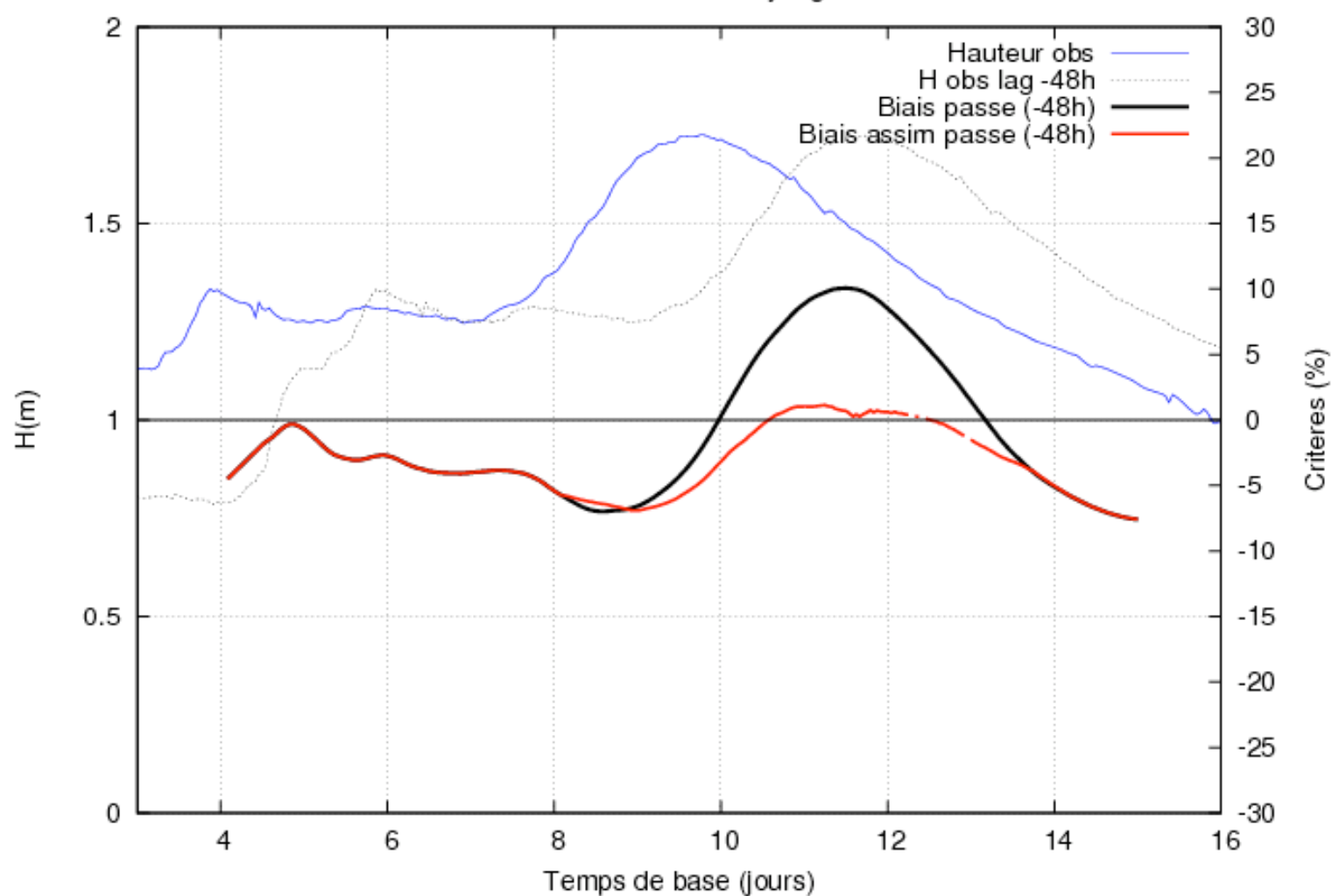


Prevision Station Joinville echeance 7 h

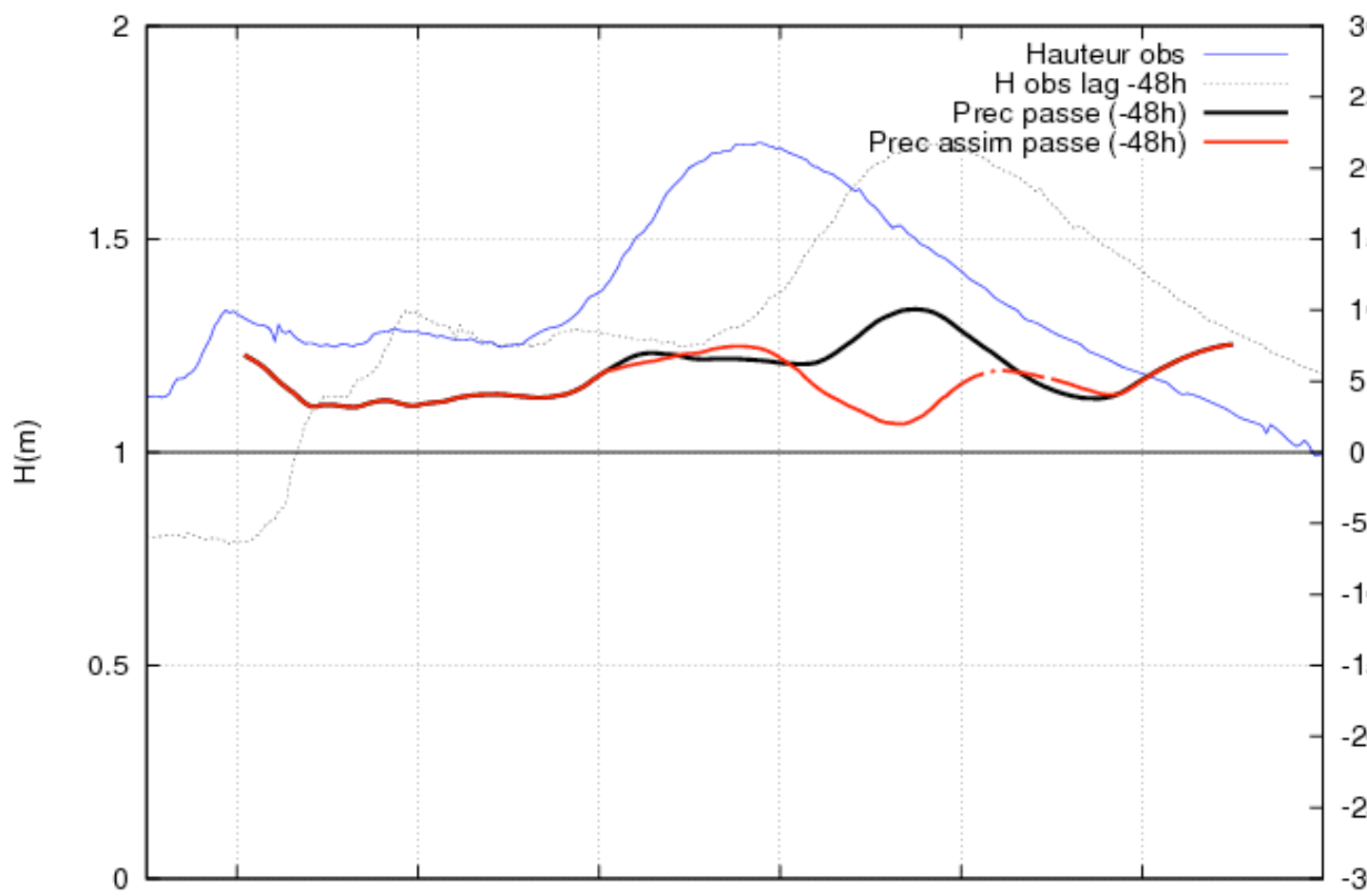


11 Figures $E3_{Chamouilley}$

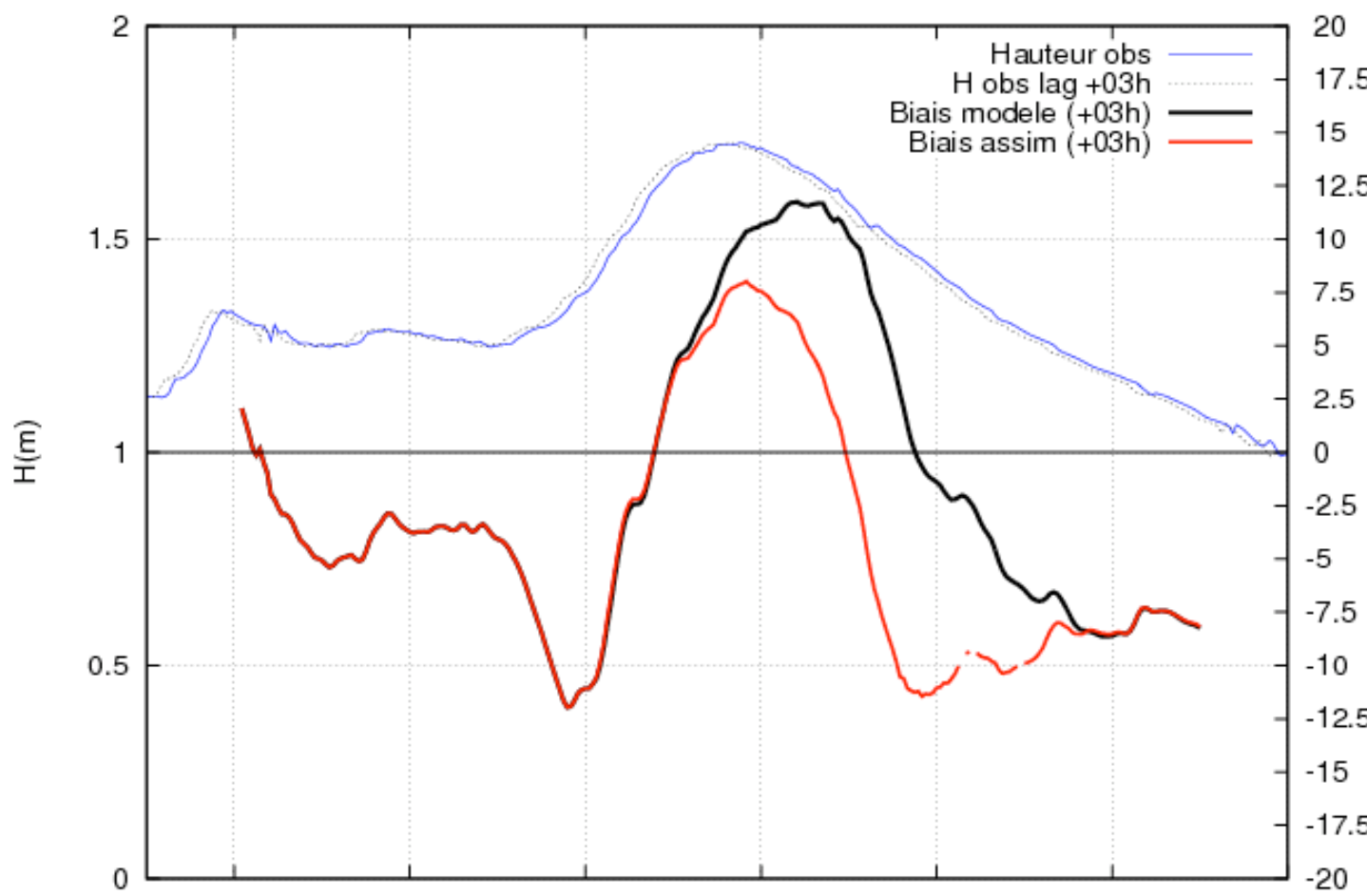
Biais Station Chamouilley lag 48 h



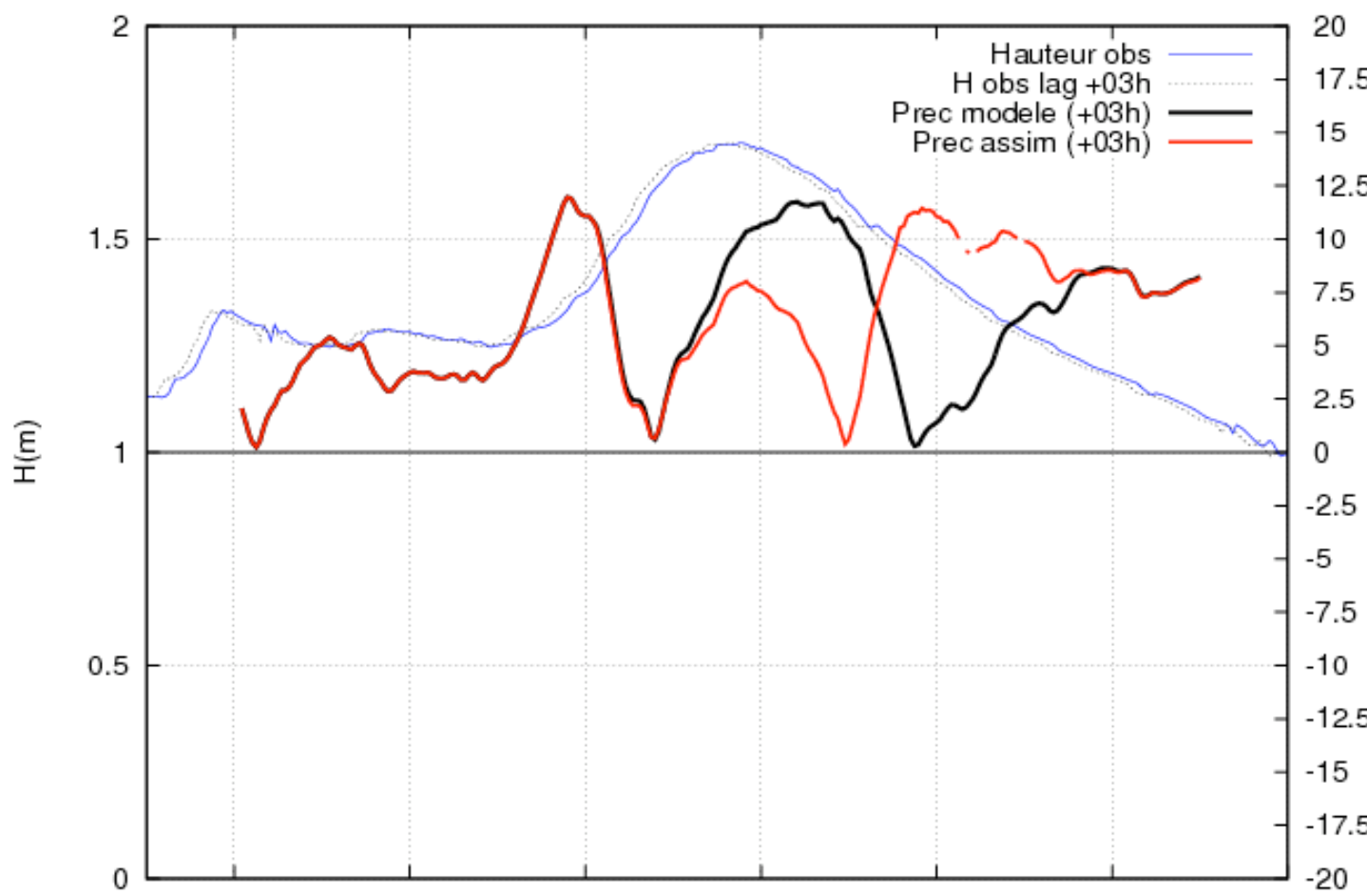
Precision Station Chamouilley lag 48 h



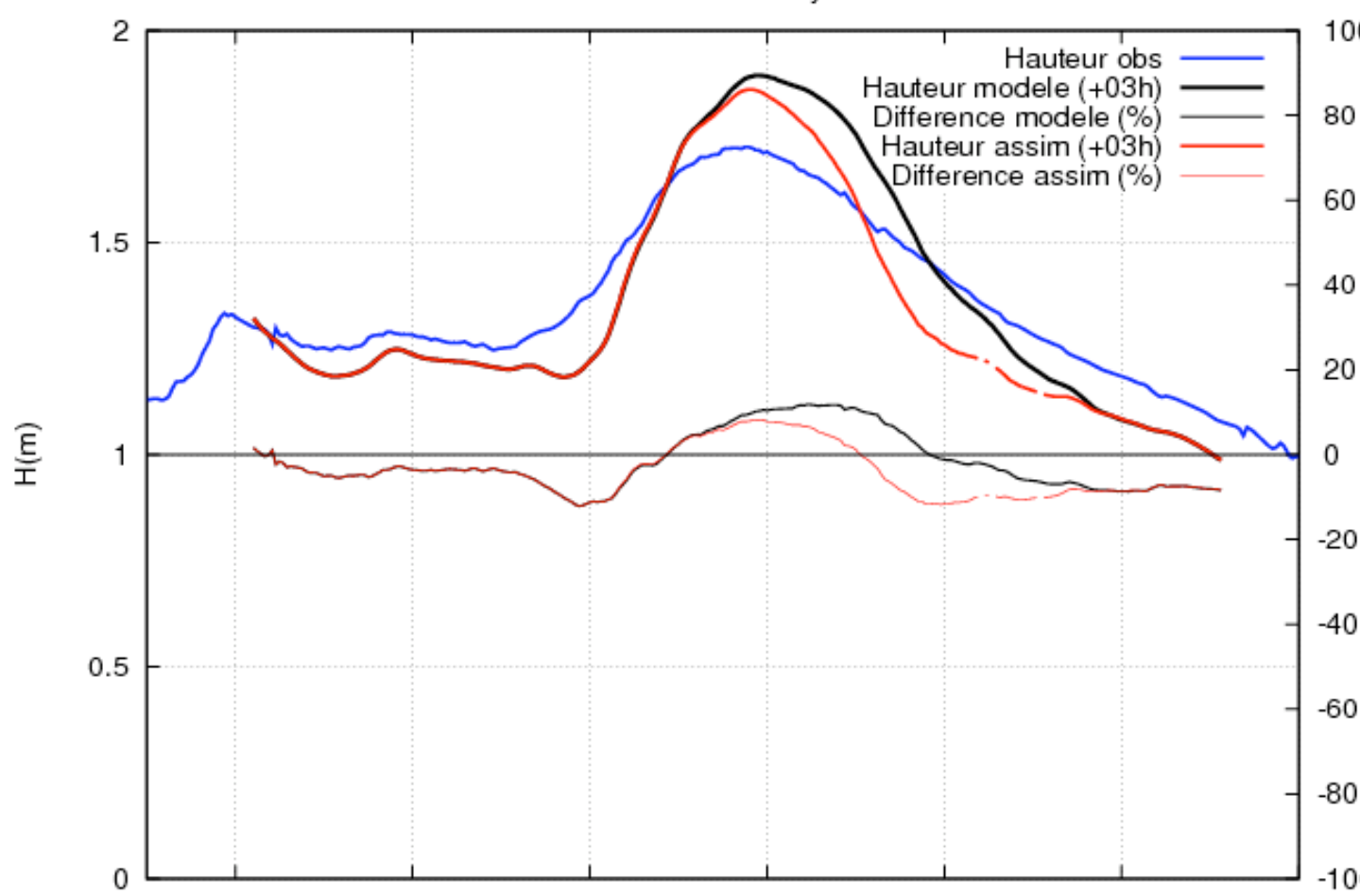
Biais Station Chamouilley lag 3 h



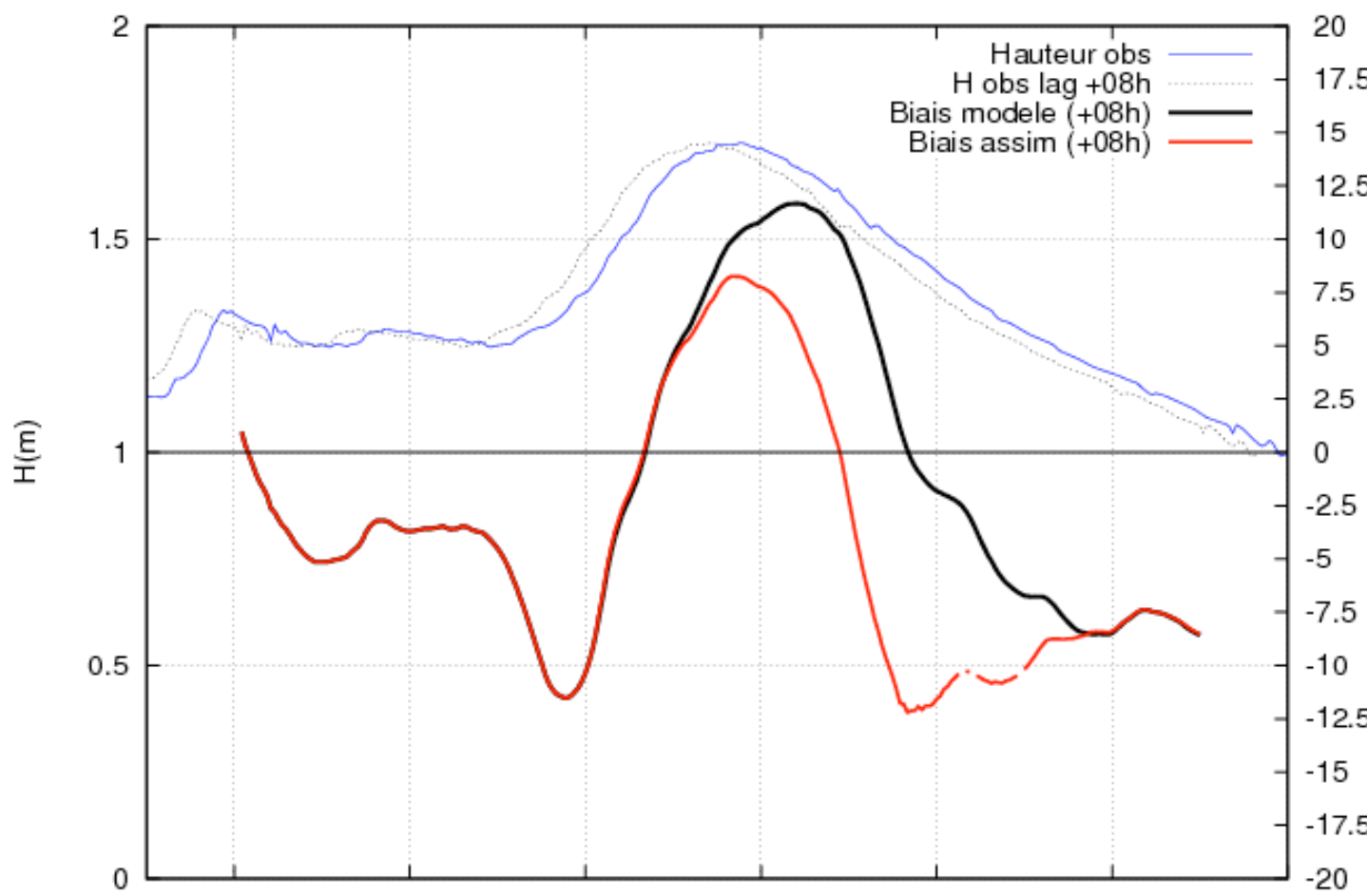
Precision Station Chamouilley lag 3 h



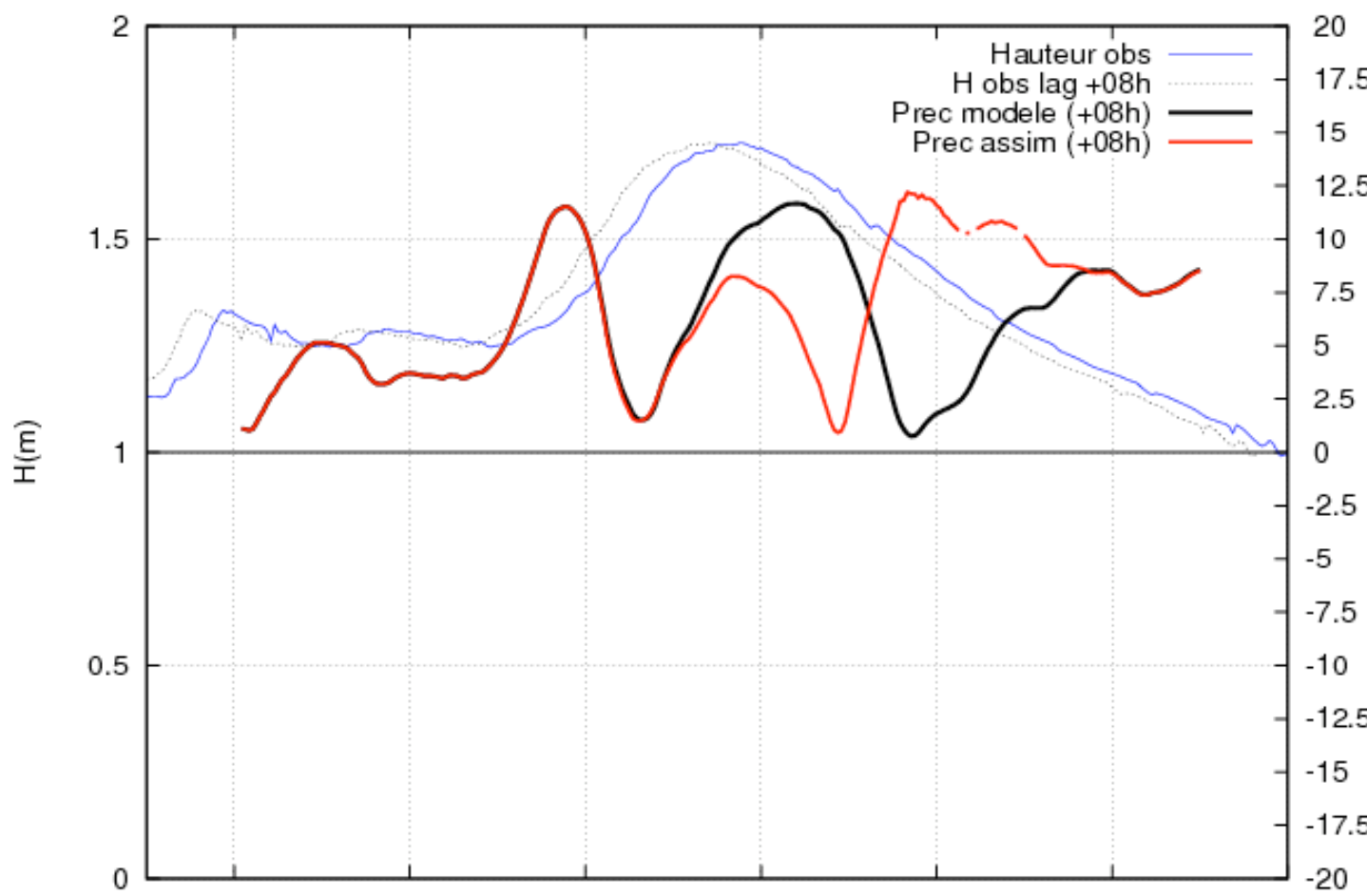
Prevision Station Chamouilley echeance 3 h



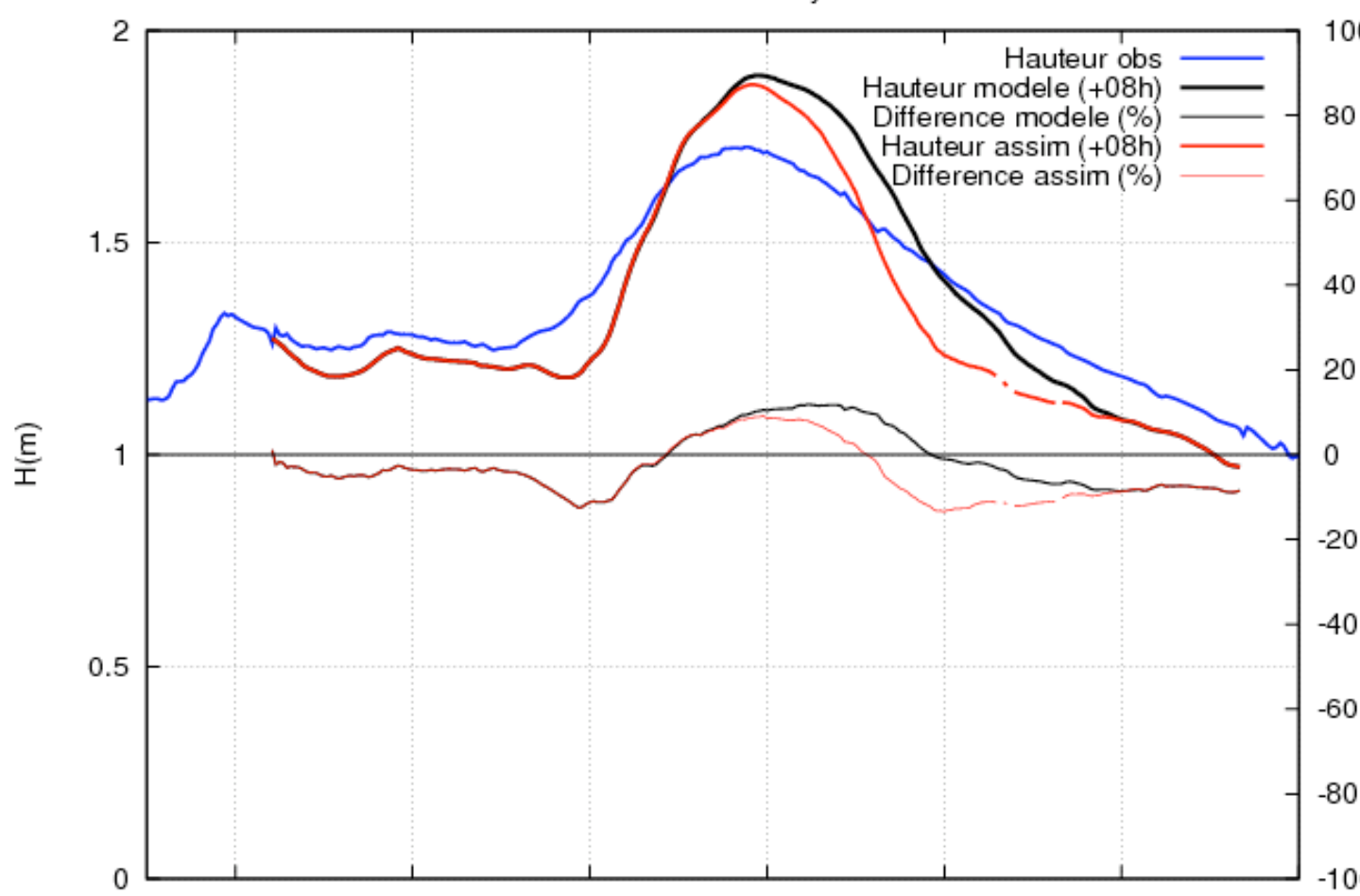
Biais Station Chamouilley lag 8 h



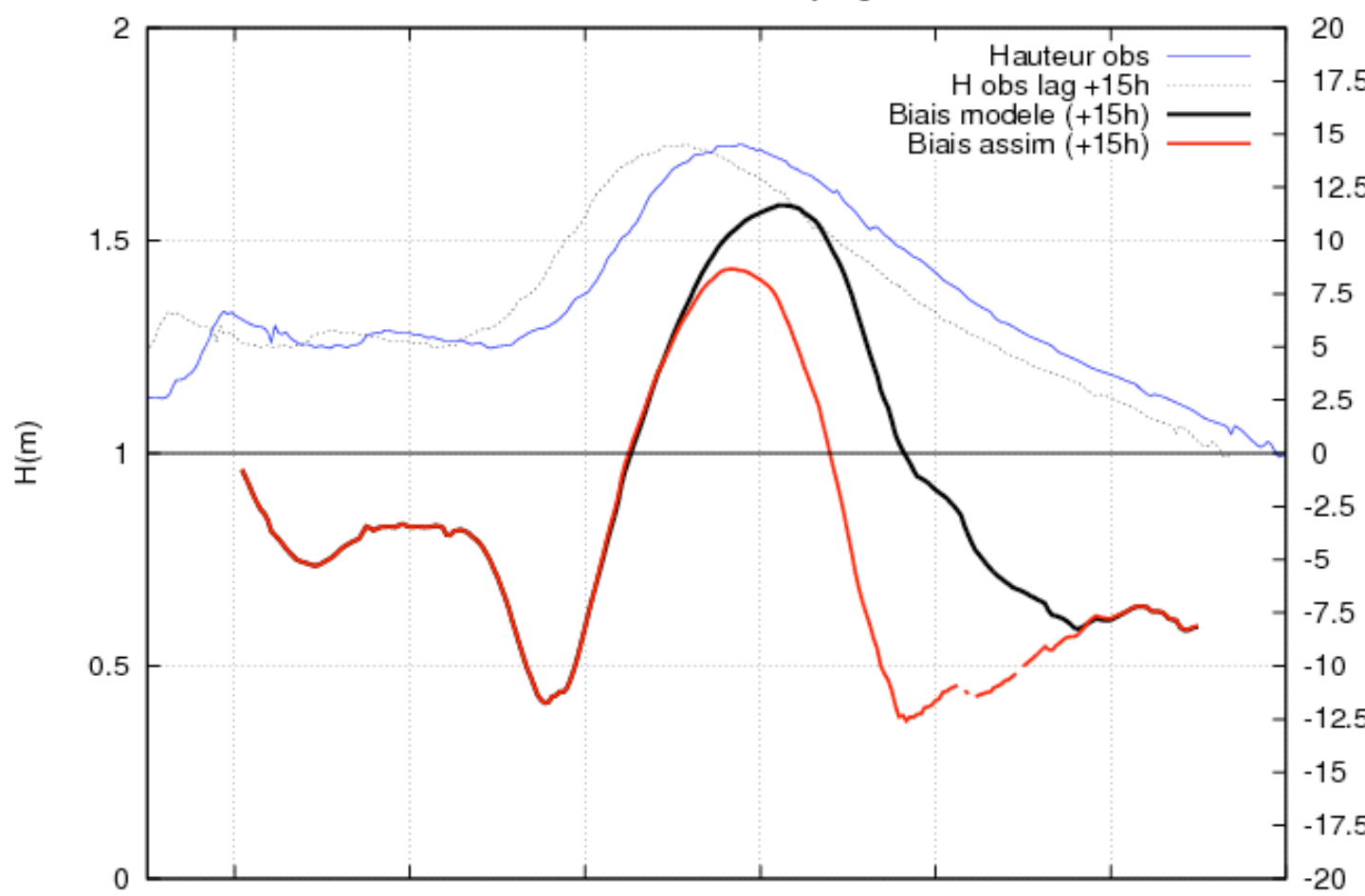
Precision Station Chamouilley lag 8 h



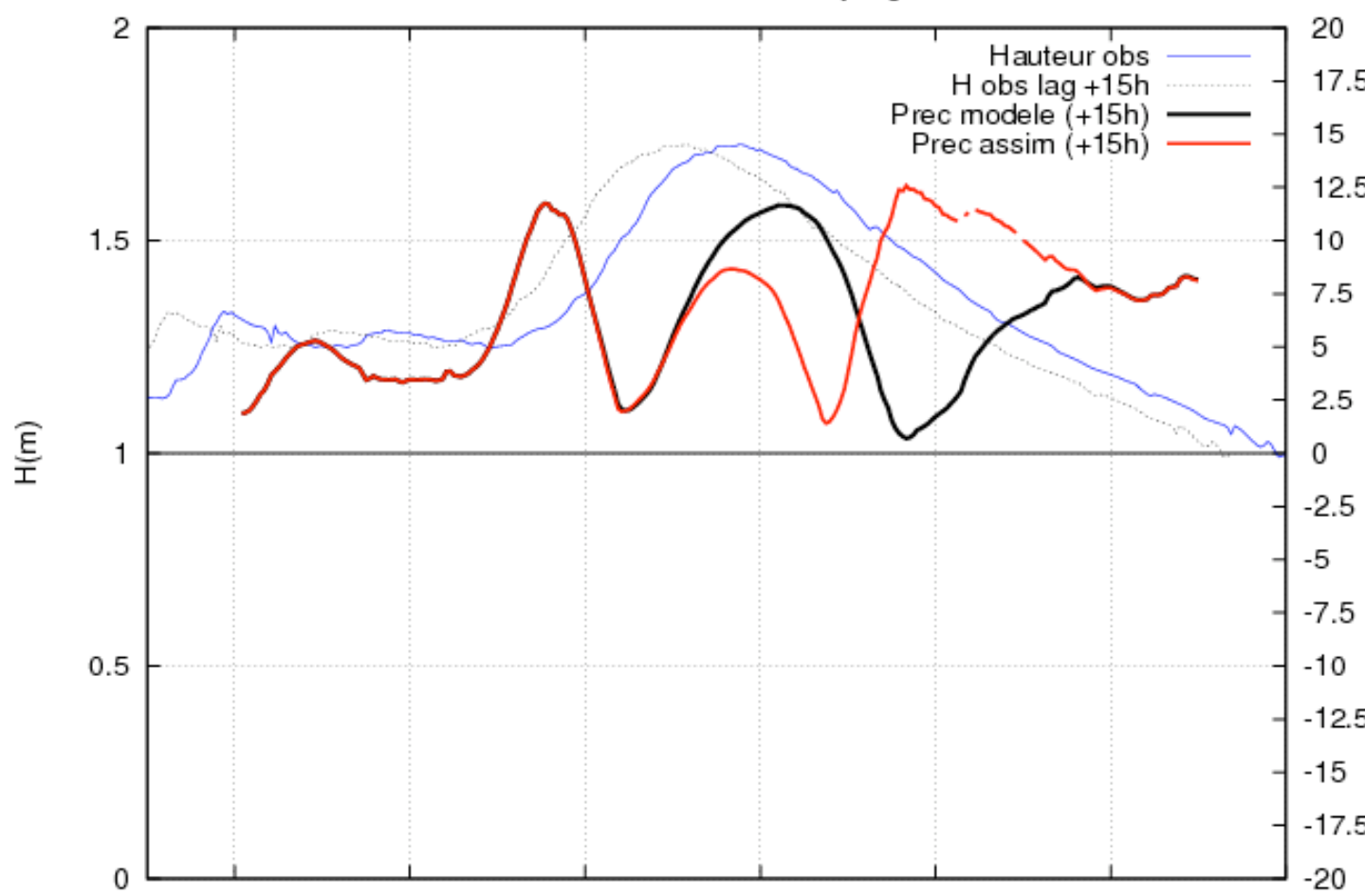
Prevision Station Chamouilley echeance 8 h



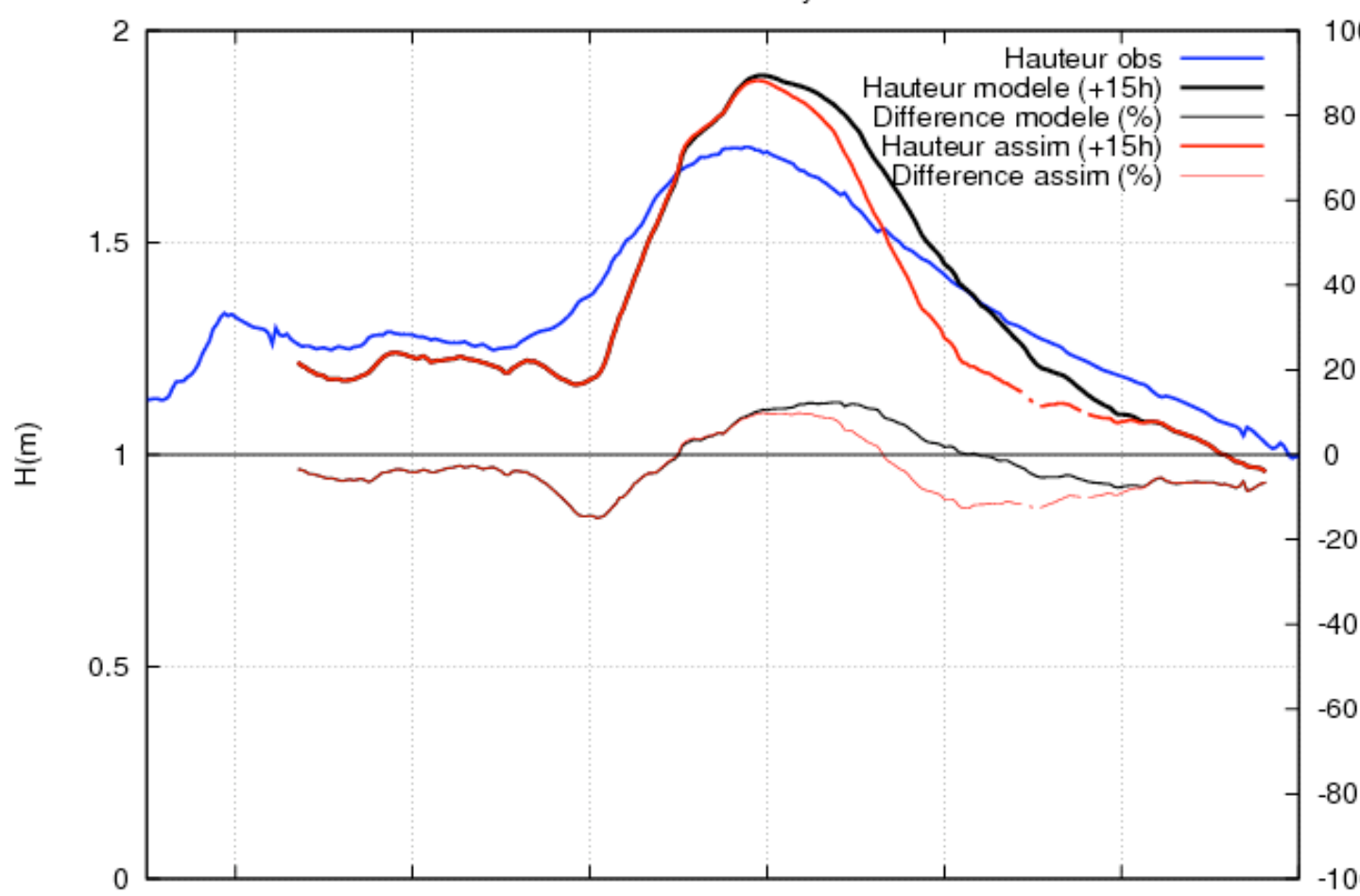
Biais Station Chamouilley lag 15 h



Precision Station Chamouilley lag 15 h

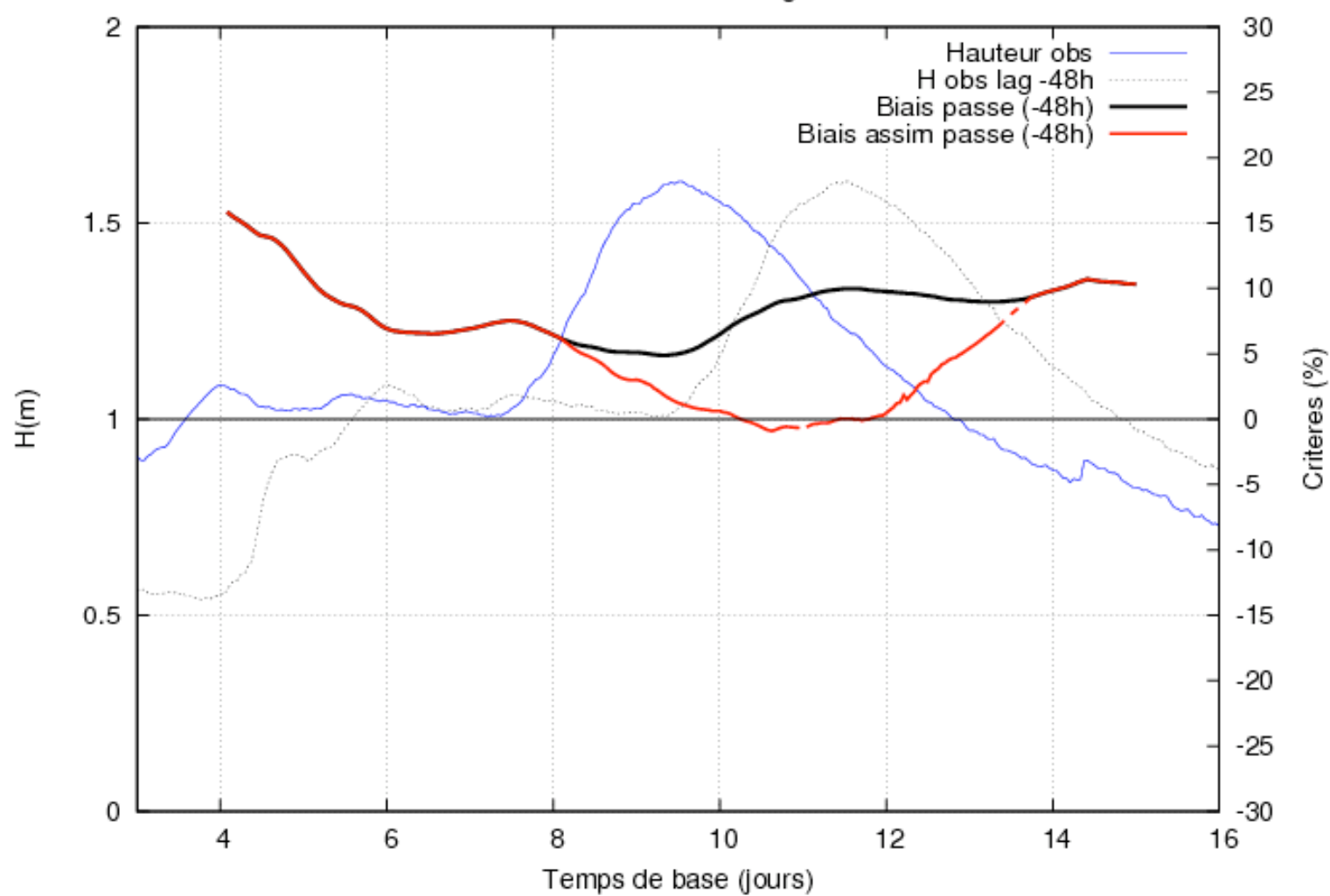


Prevision Station Chamouilley echeance 15 h

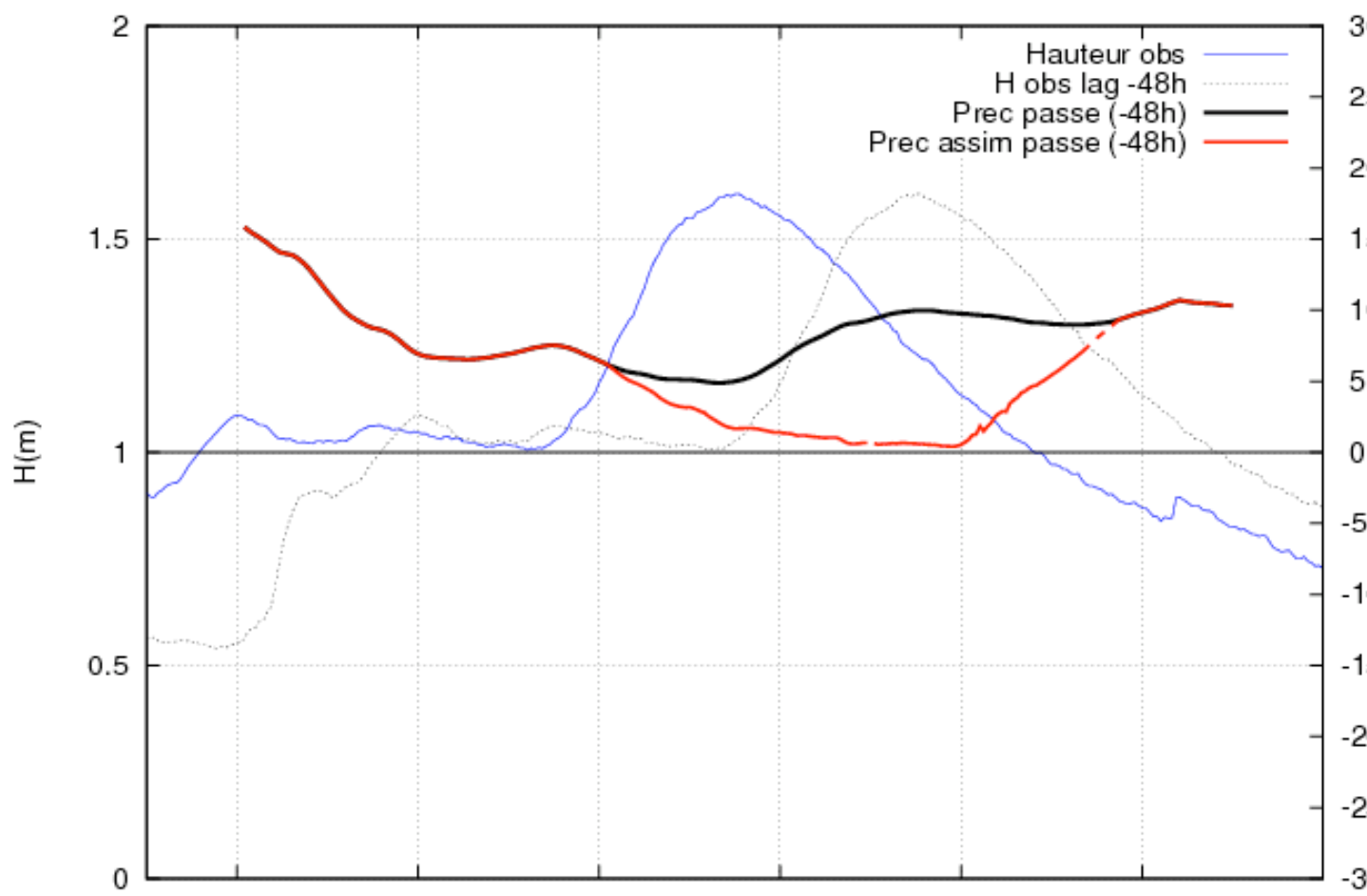


12 Figures $E^4_{Joinville}$

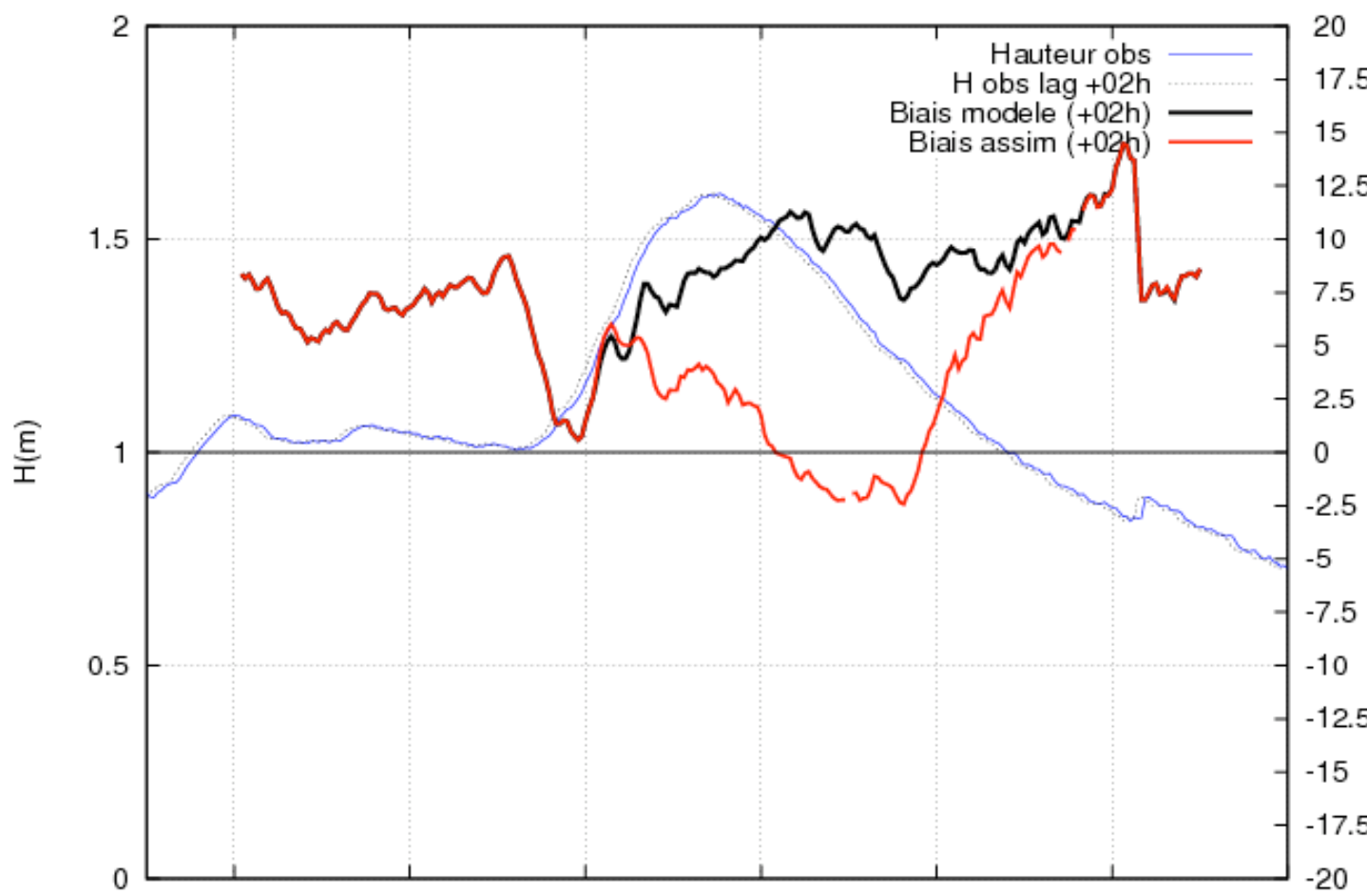
Biais Station Joinville lag 48 h



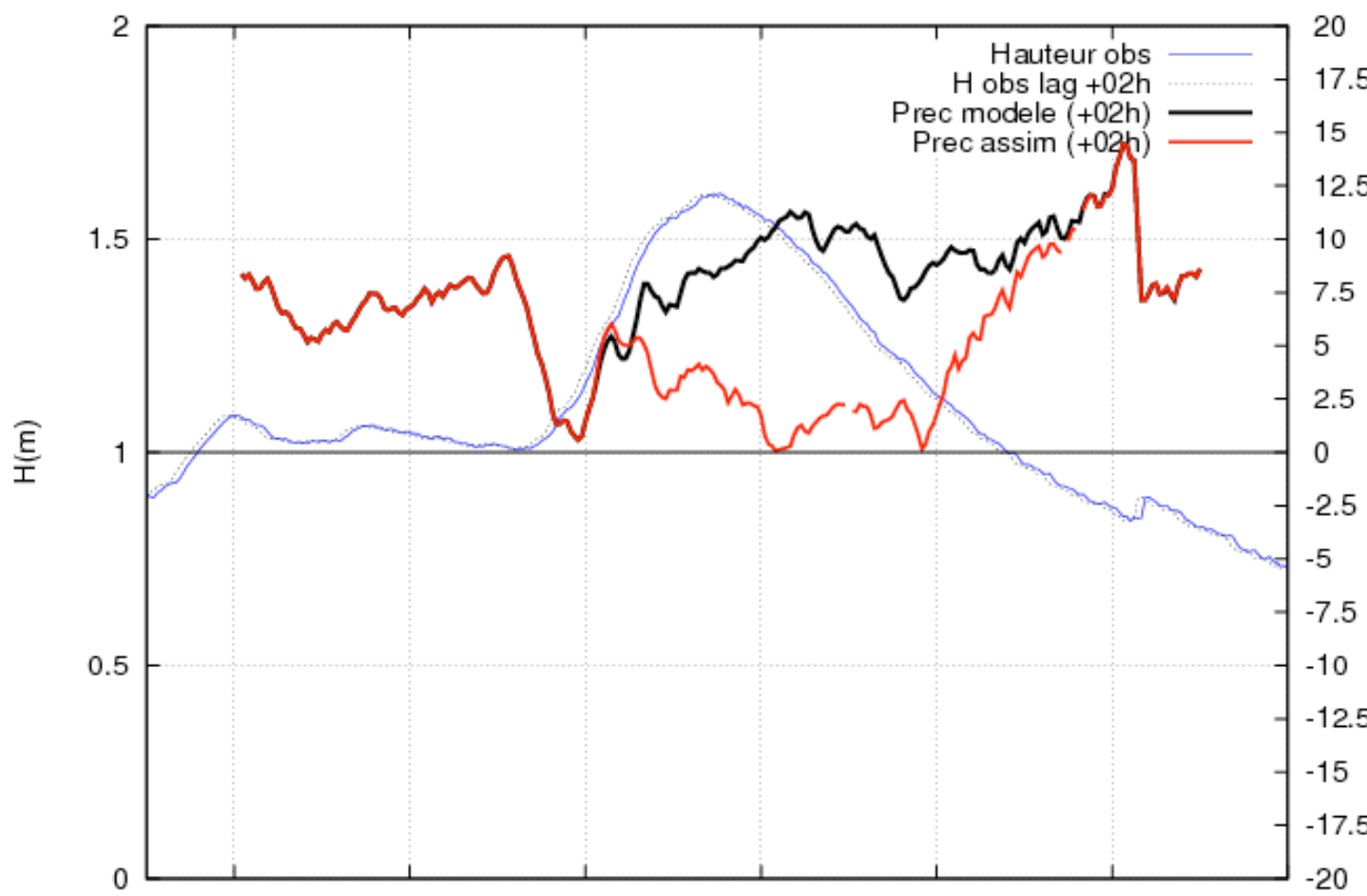
Precision Station Joinville lag 48 h



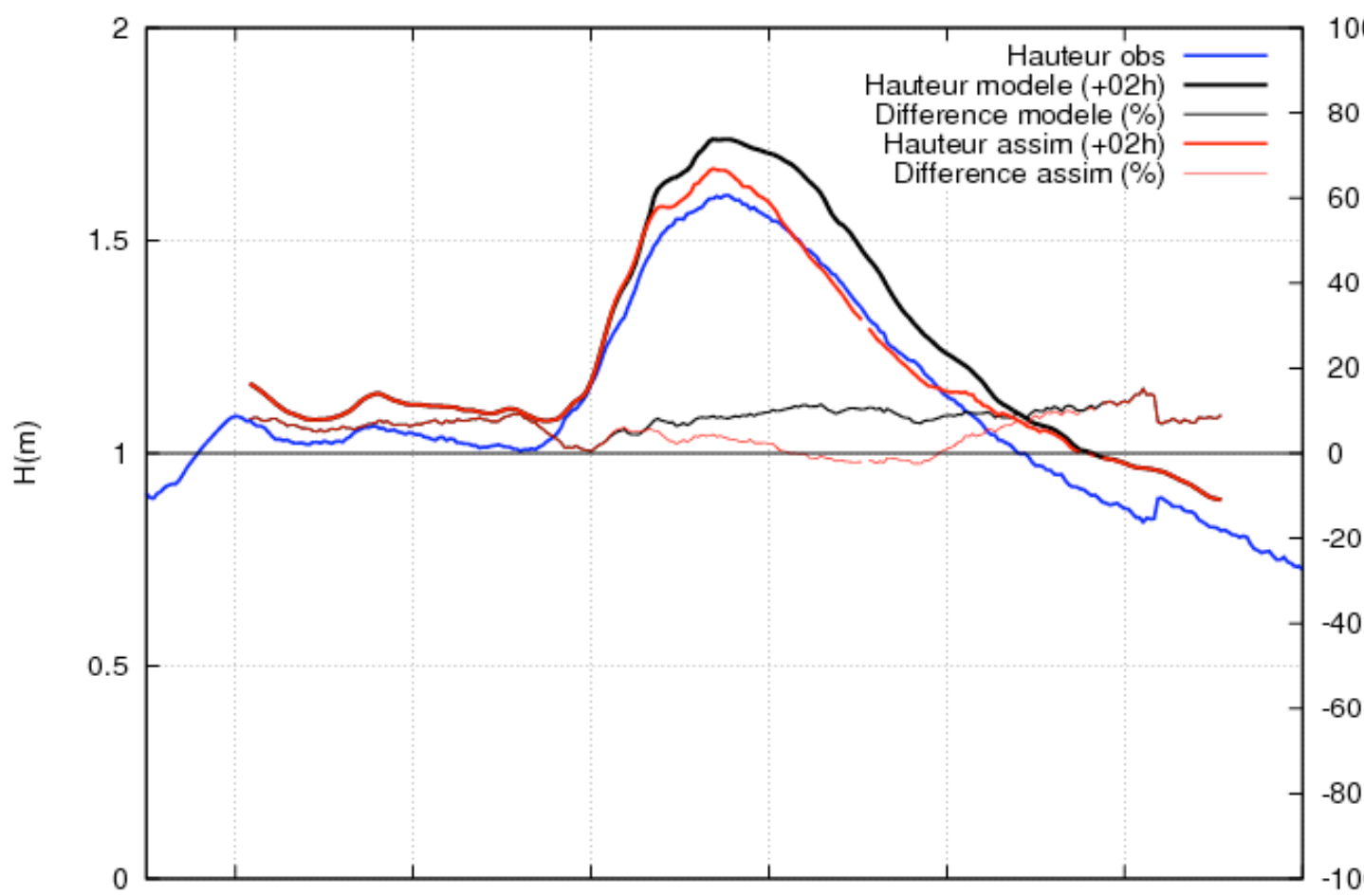
Biais Station Joinville lag 2 h



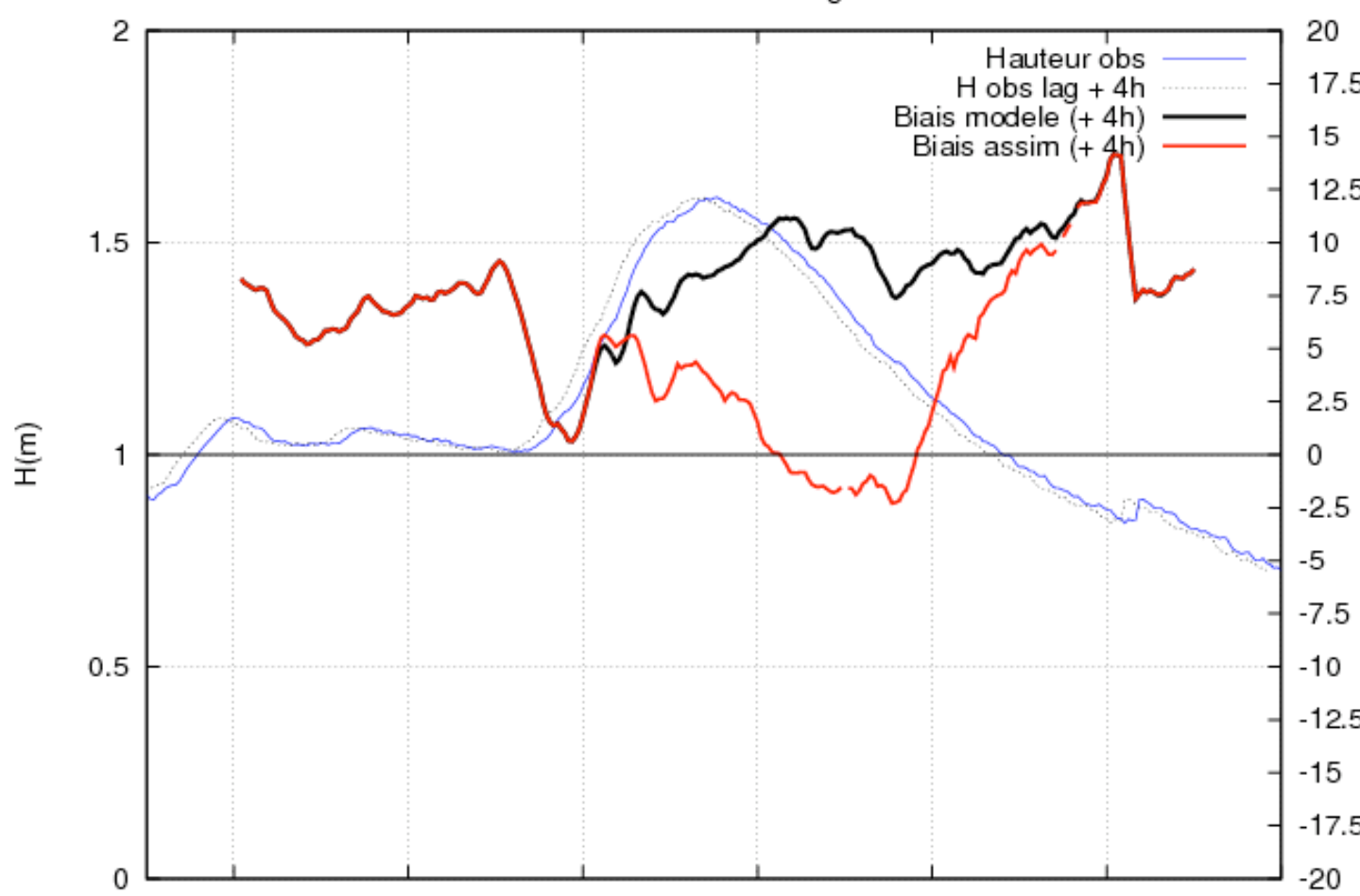
Precision Station Joinville lag 2 h



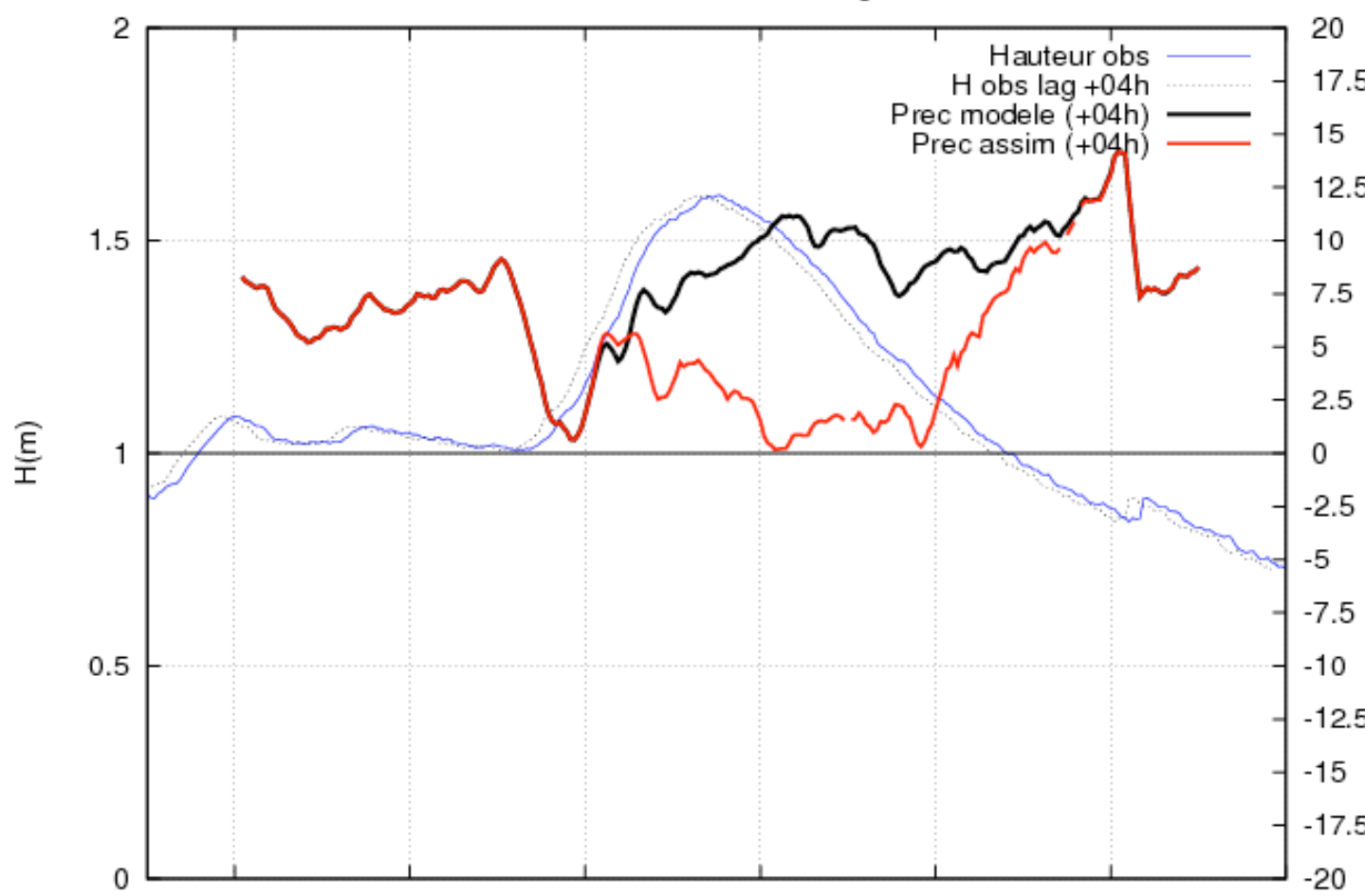
Prevision Station Joinville echeance 2 h



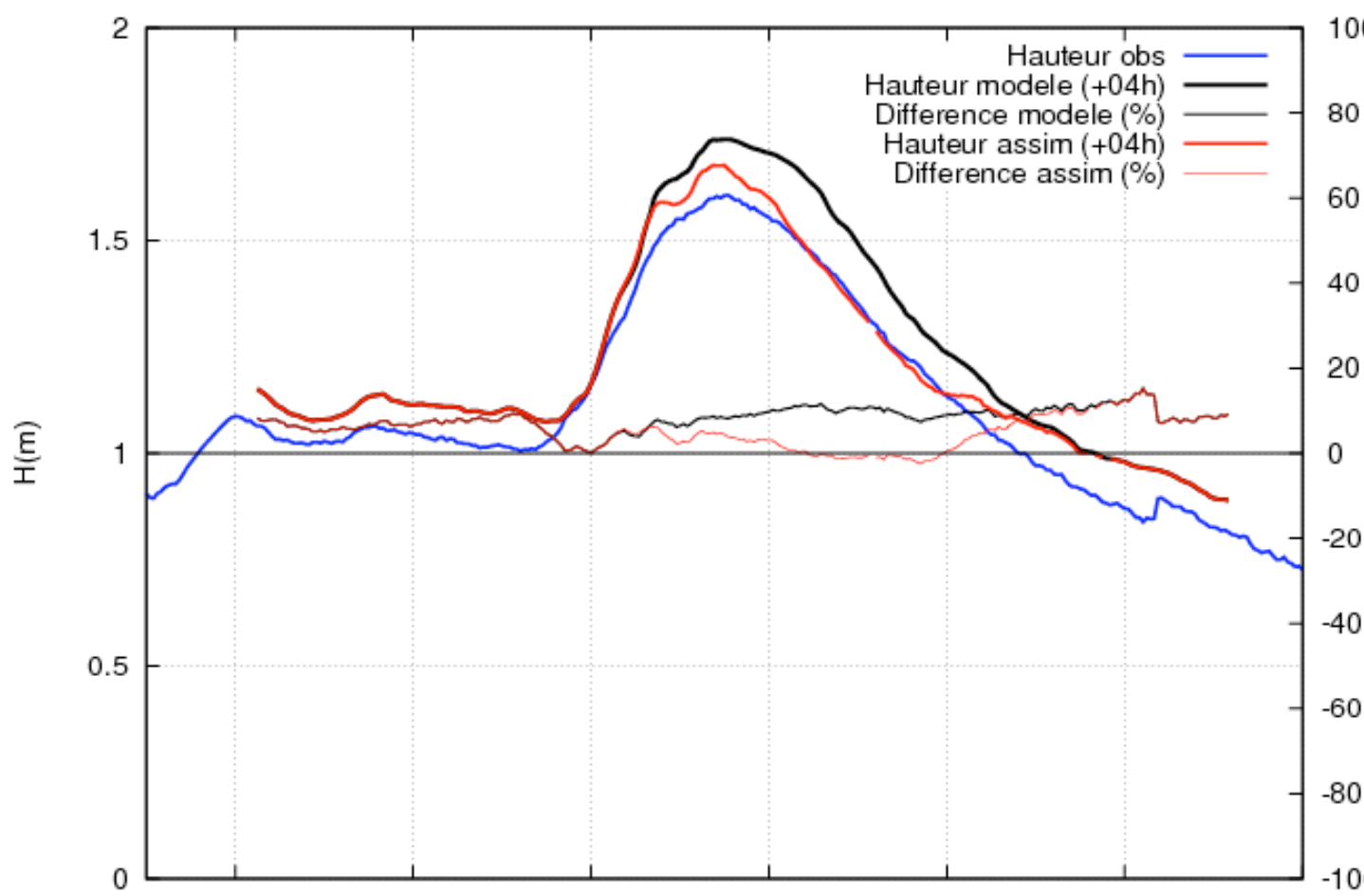
Biais Station Joinville lag 04 h



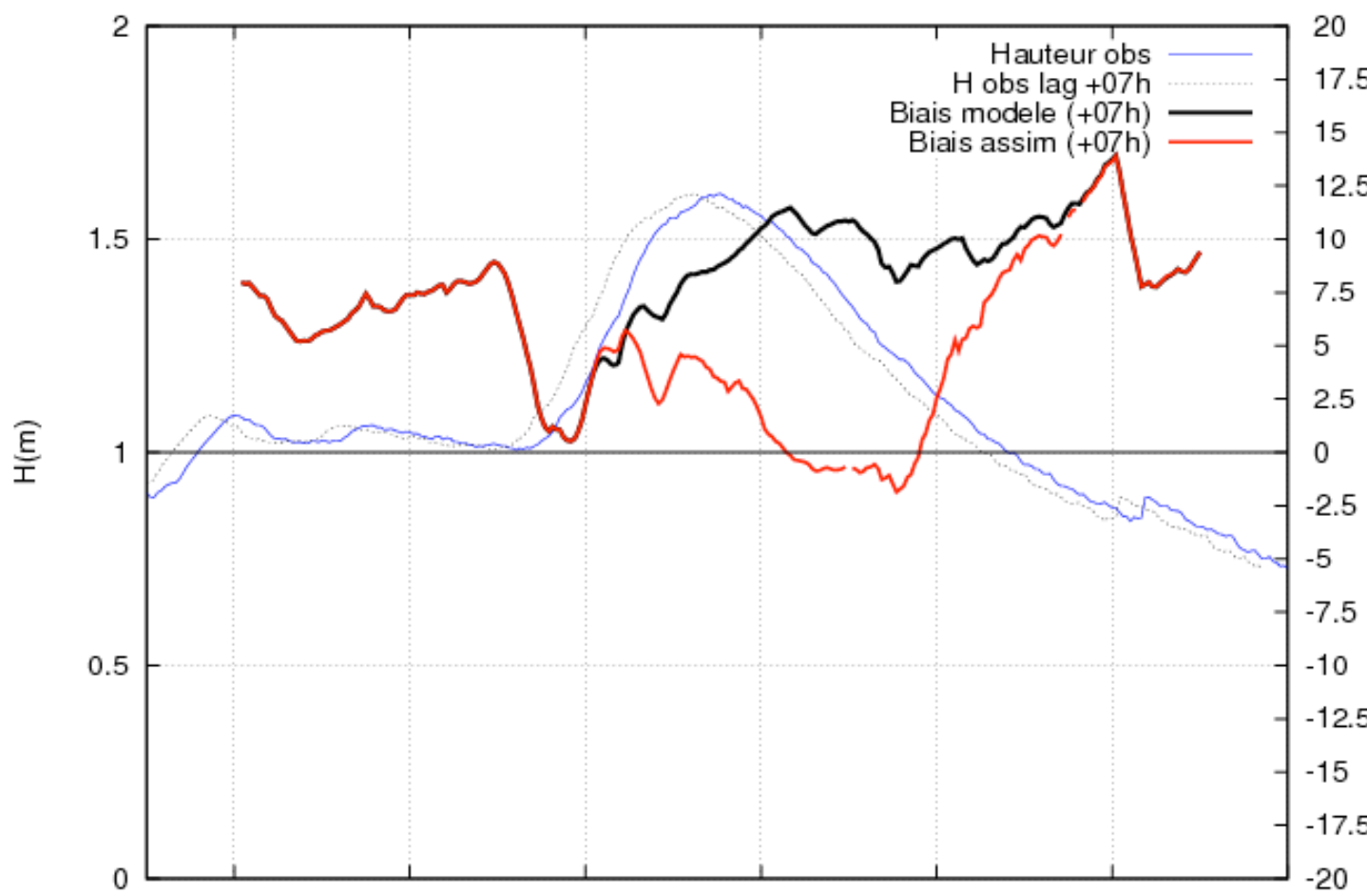
Precision Station Joinville lag 04 h



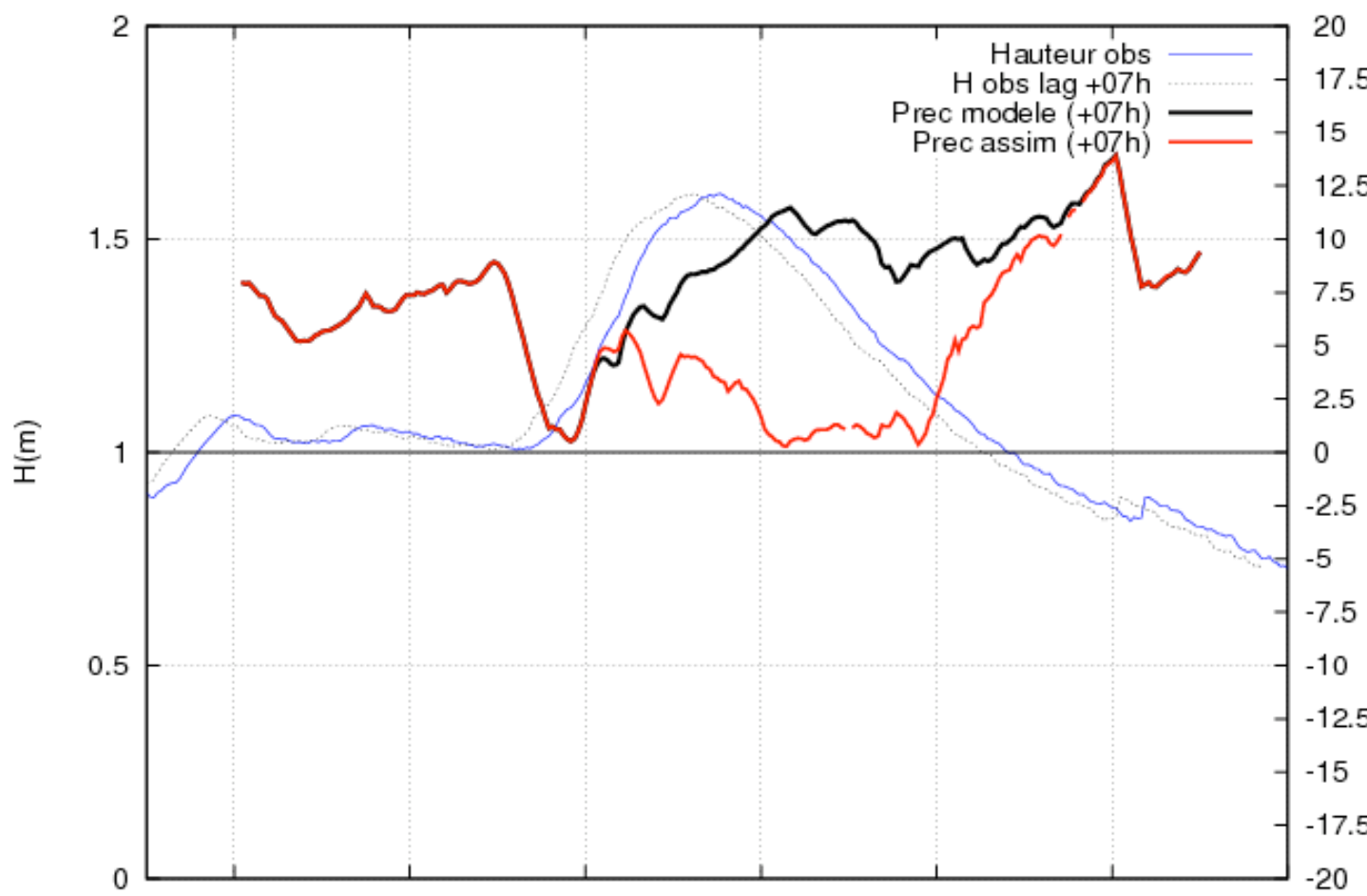
Prevision Station Joinville echeance 4 h



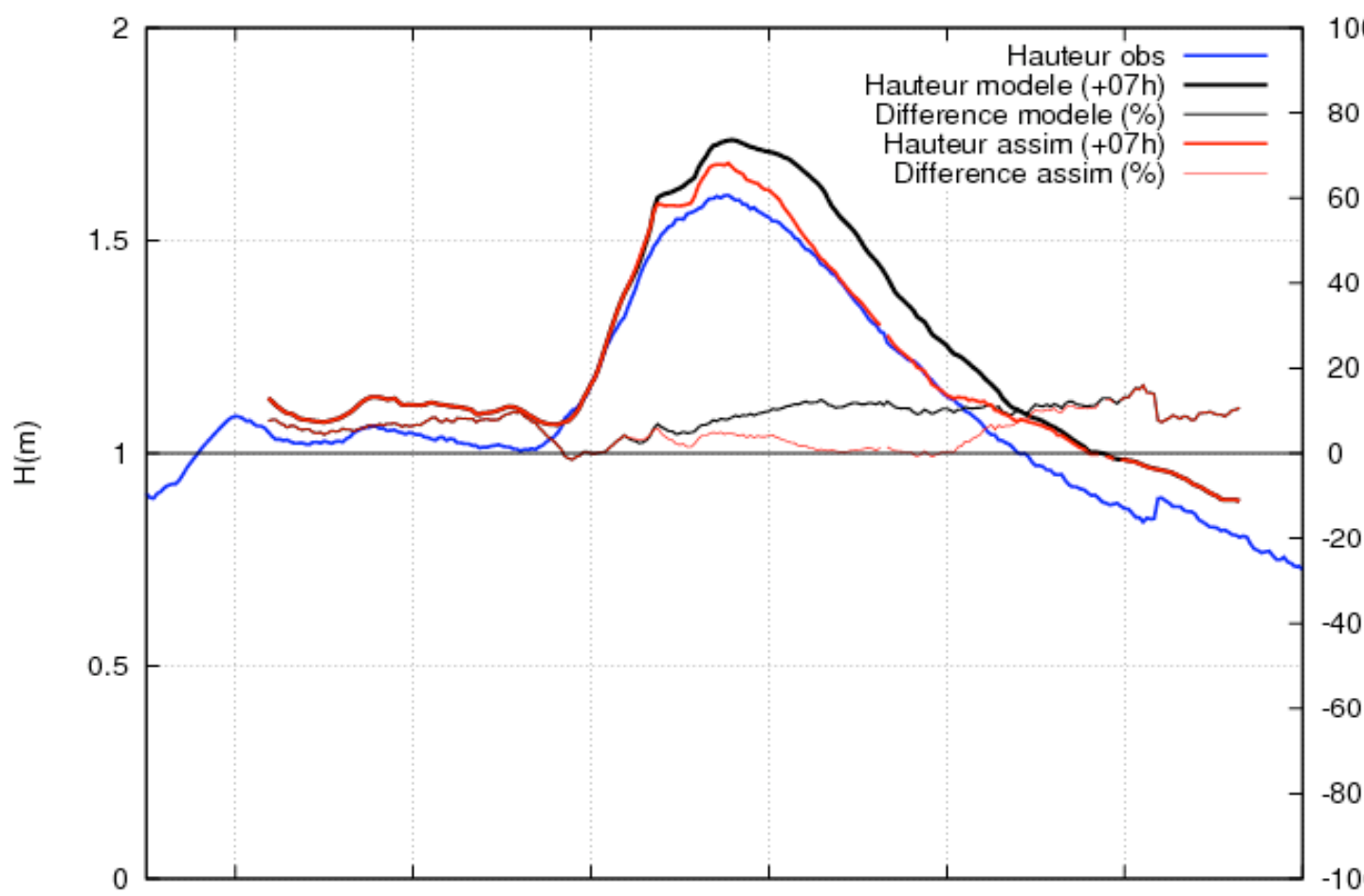
Biais Station Joinville lag 7h



Precision Station Joinville lag 7h

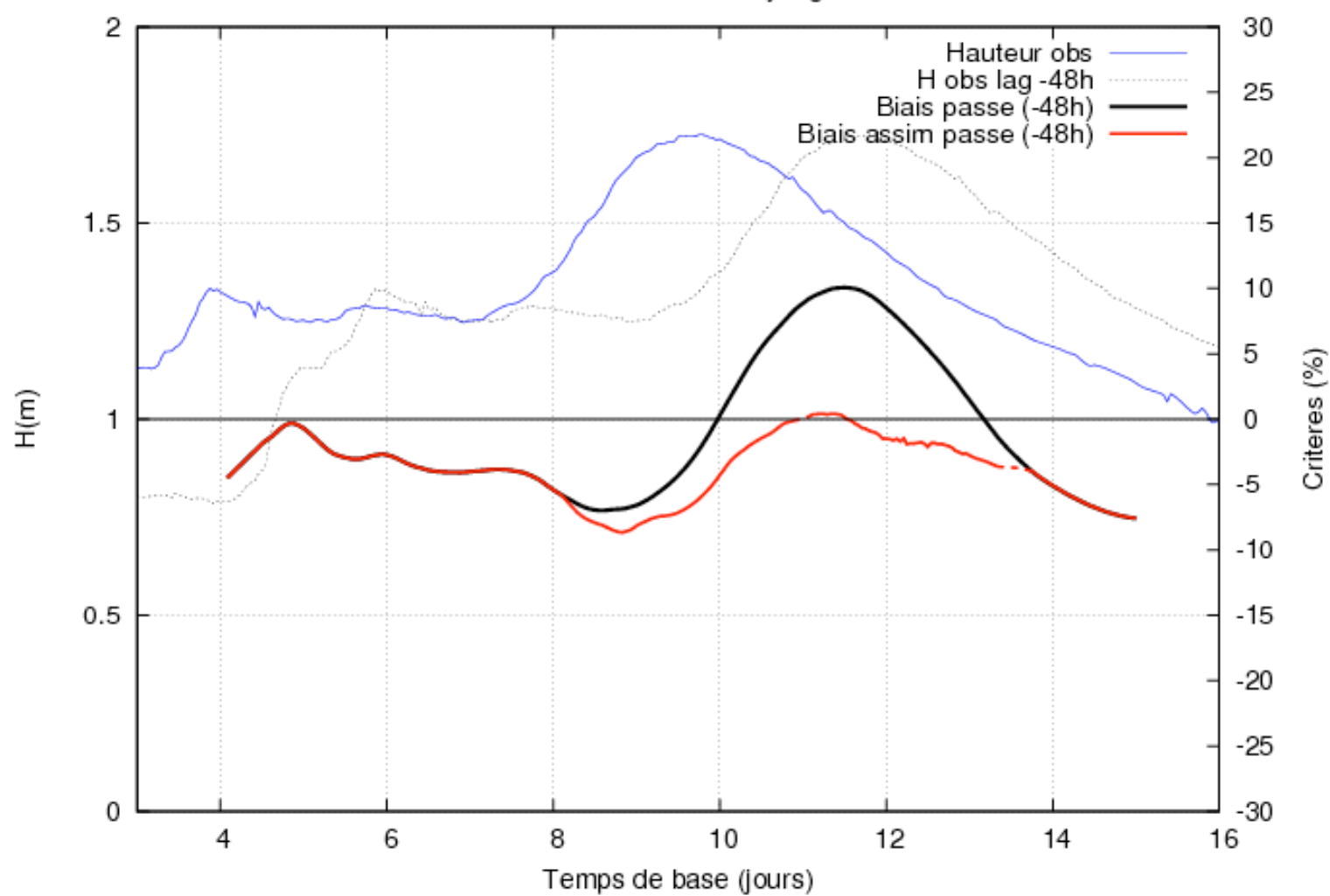


Prevision Station Joinville echeance 7 h

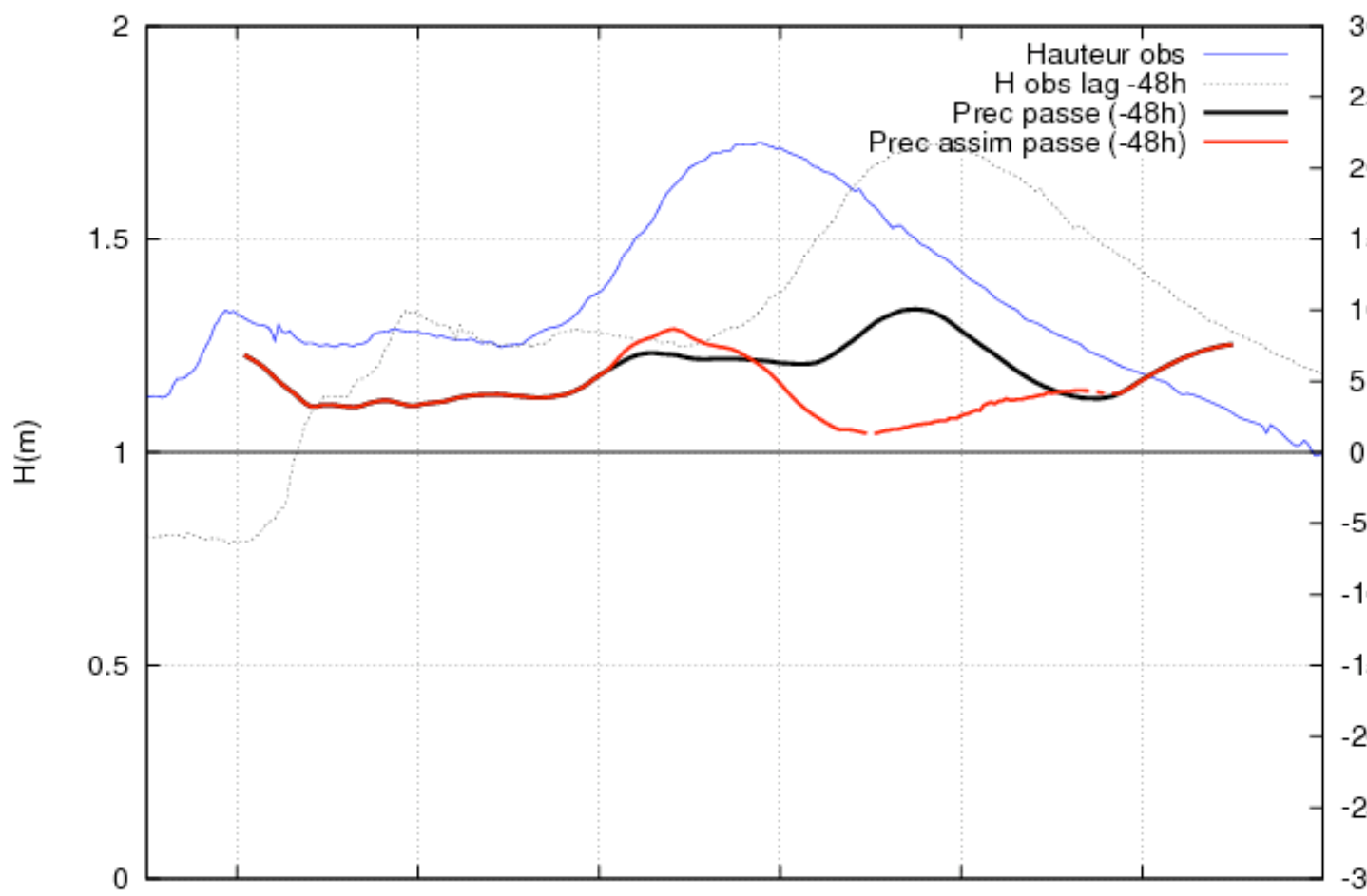


13 Figures $E^4_{Chamouilley}$

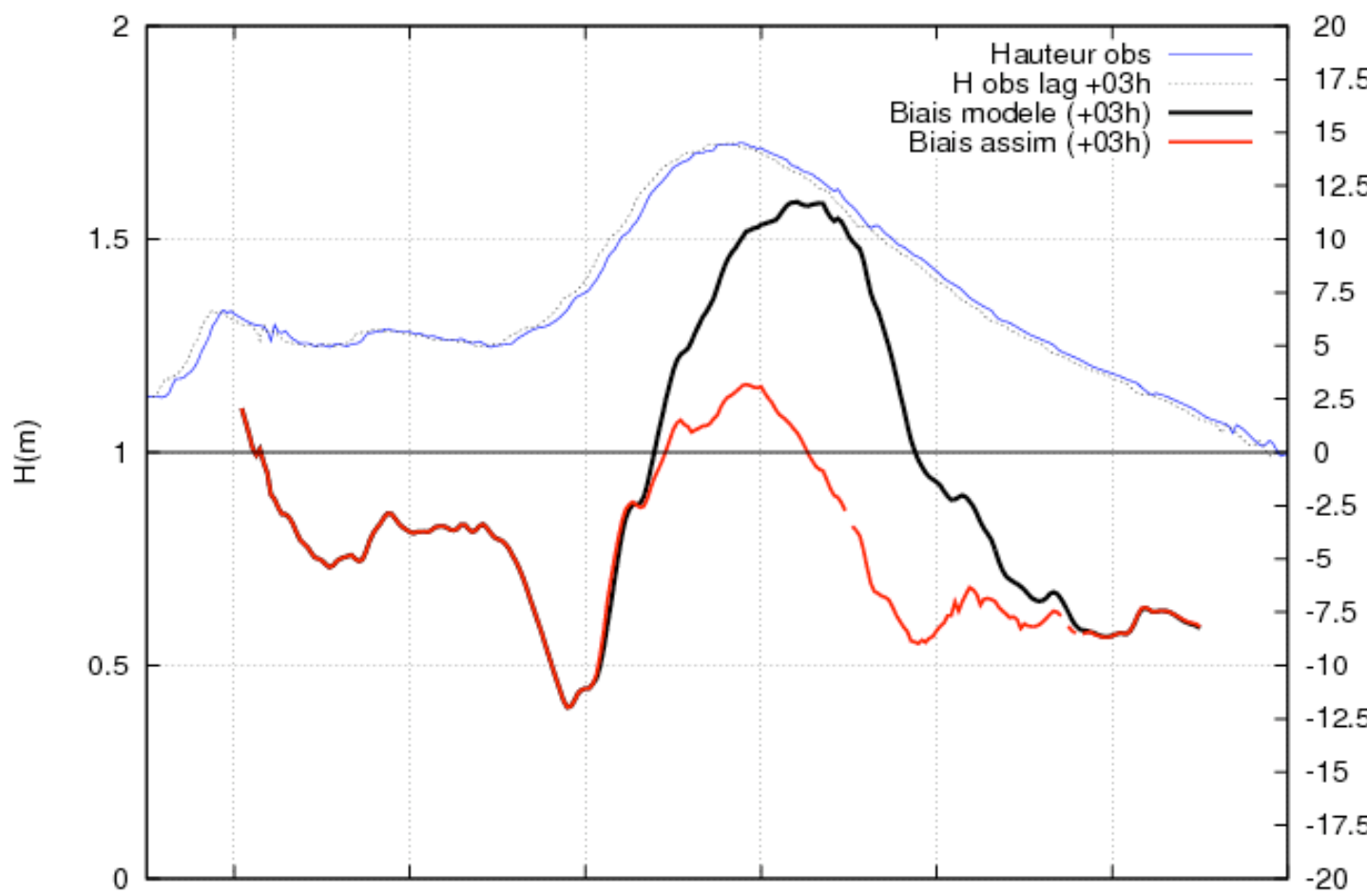
Biais Station Chamouilley lag 48 h



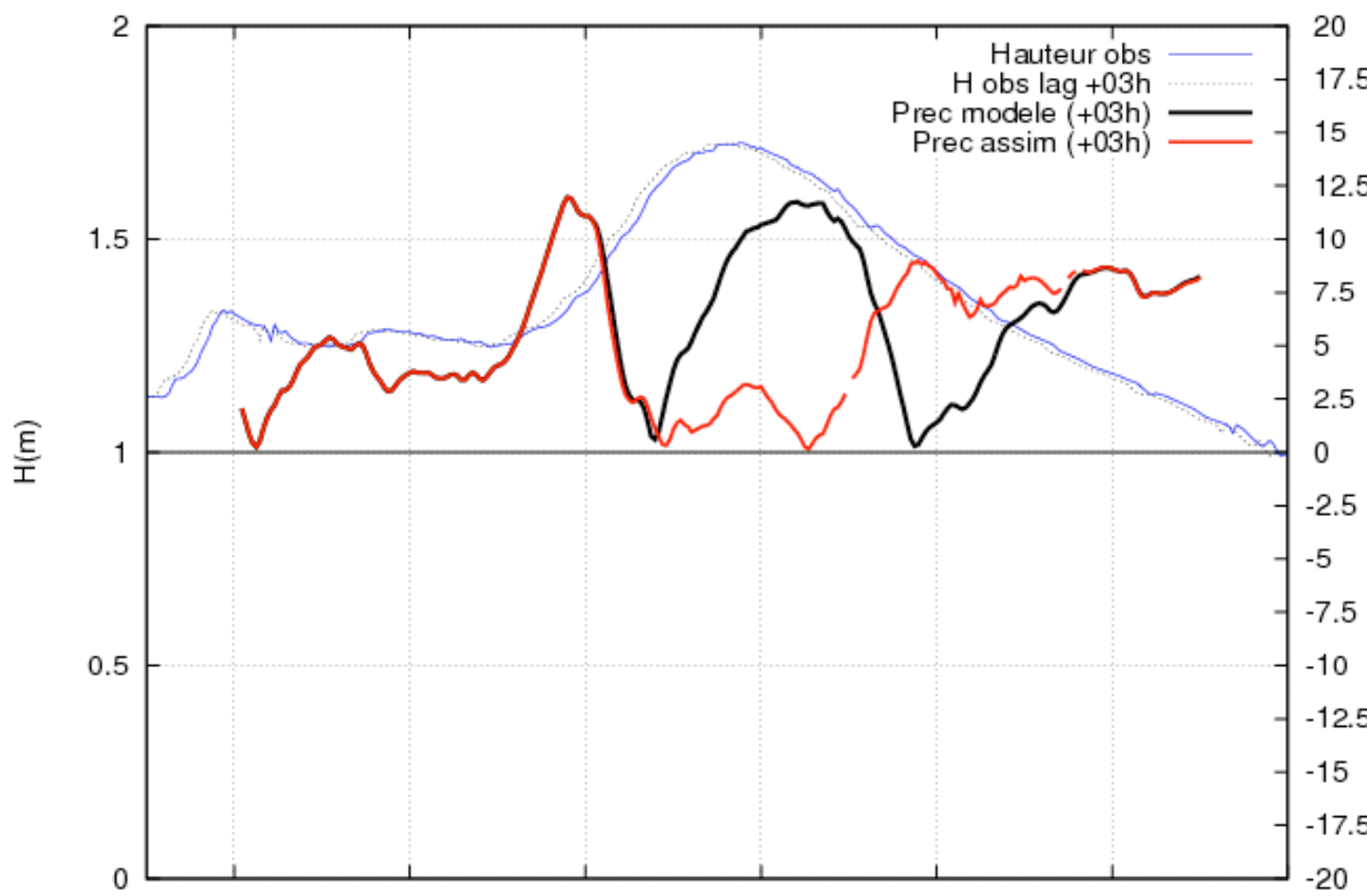
Precision Station Chamouilley lag 48 h



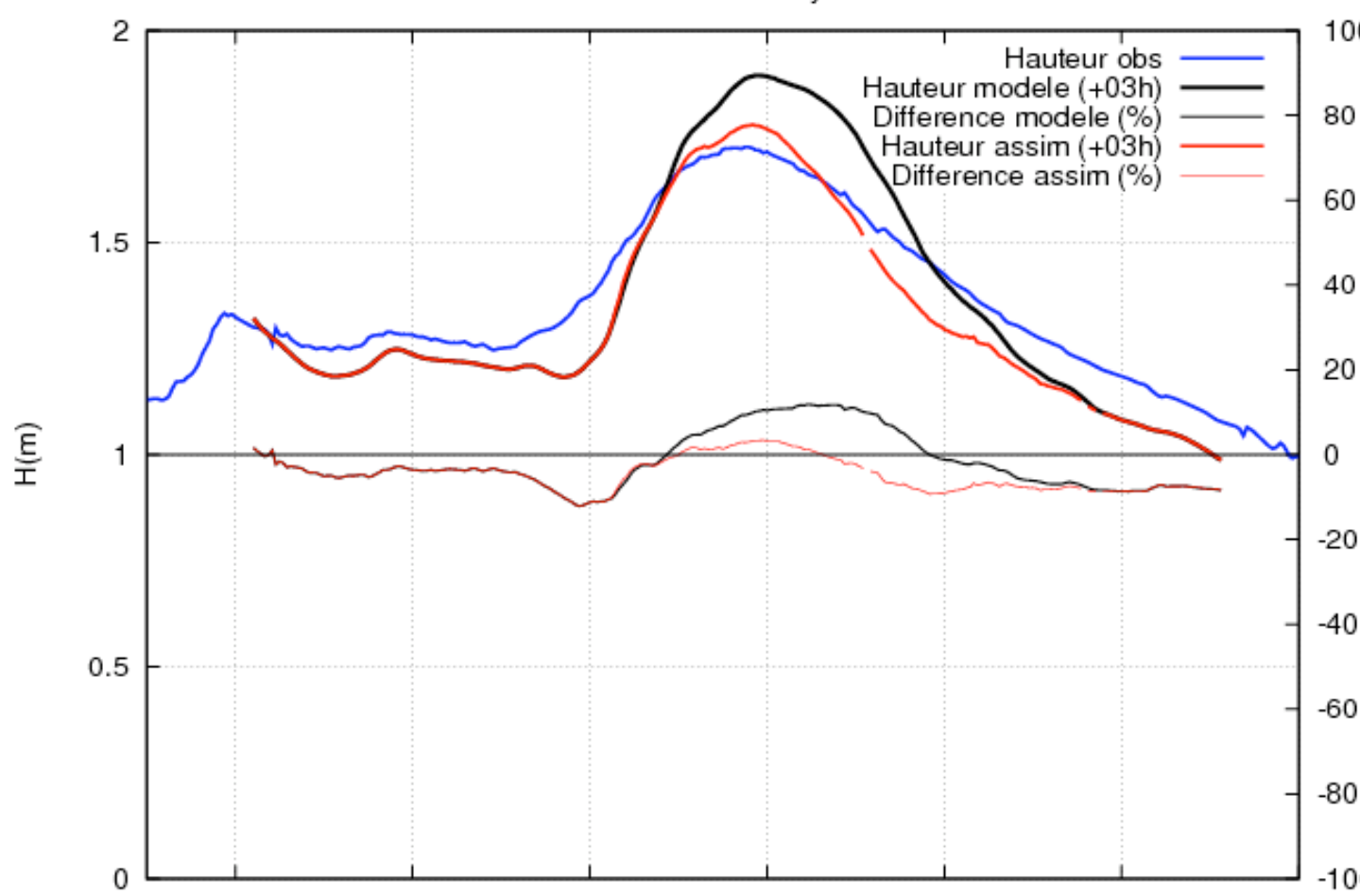
Biais Station Chamouilley lag 3 h



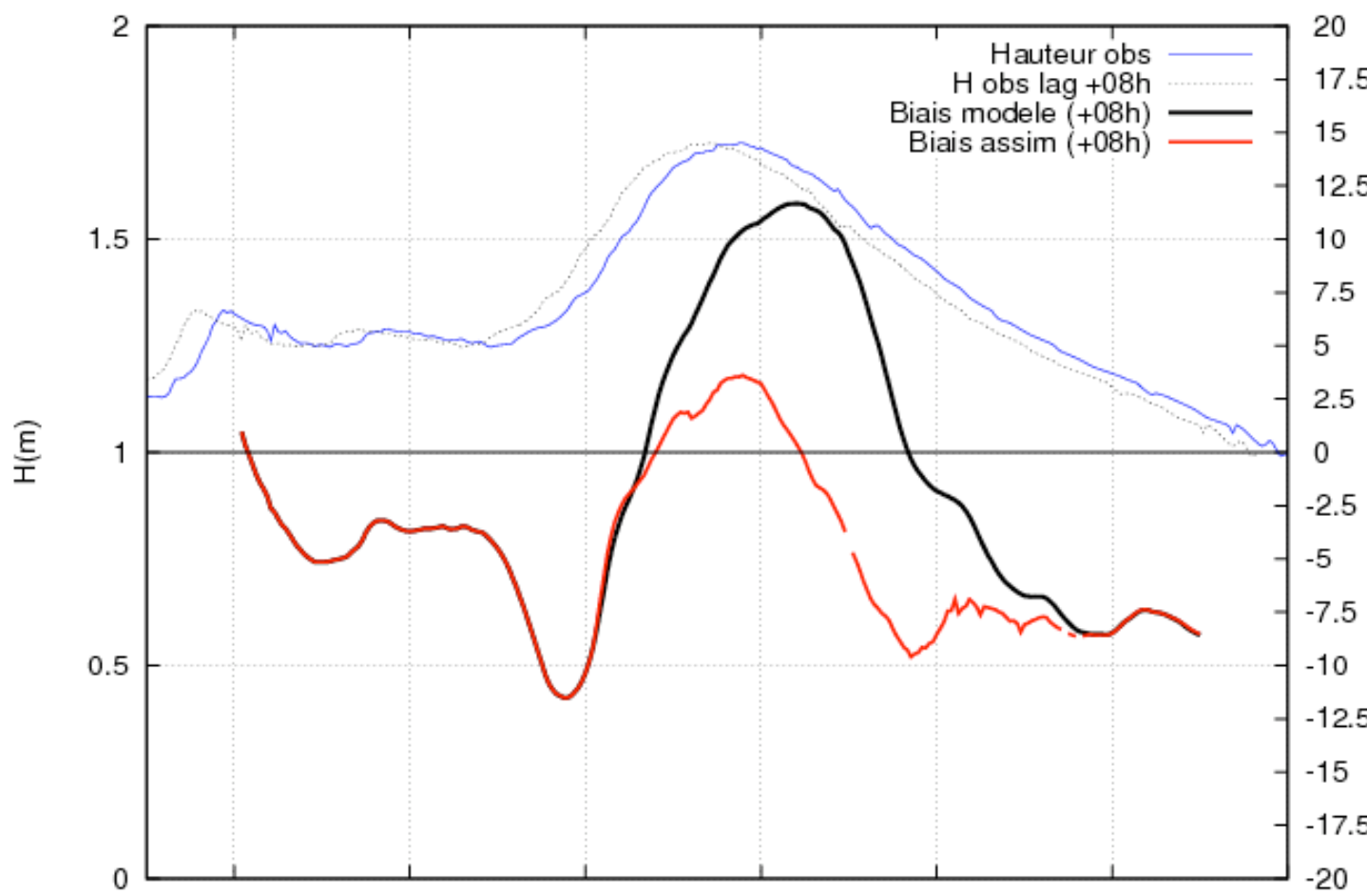
Precision Station Chamouilley lag 3 h



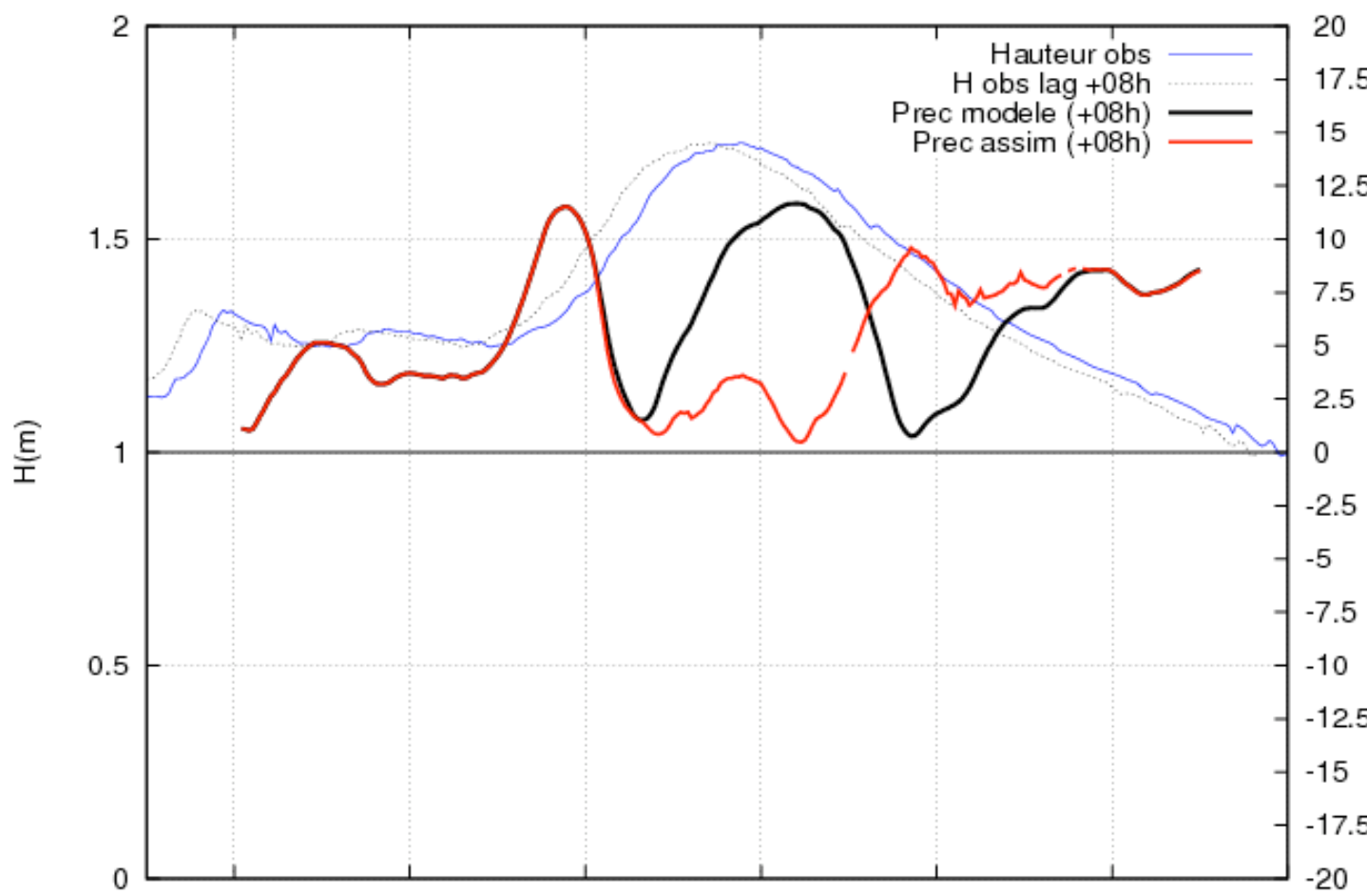
Prevision Station Chamouilley echeance 3 h



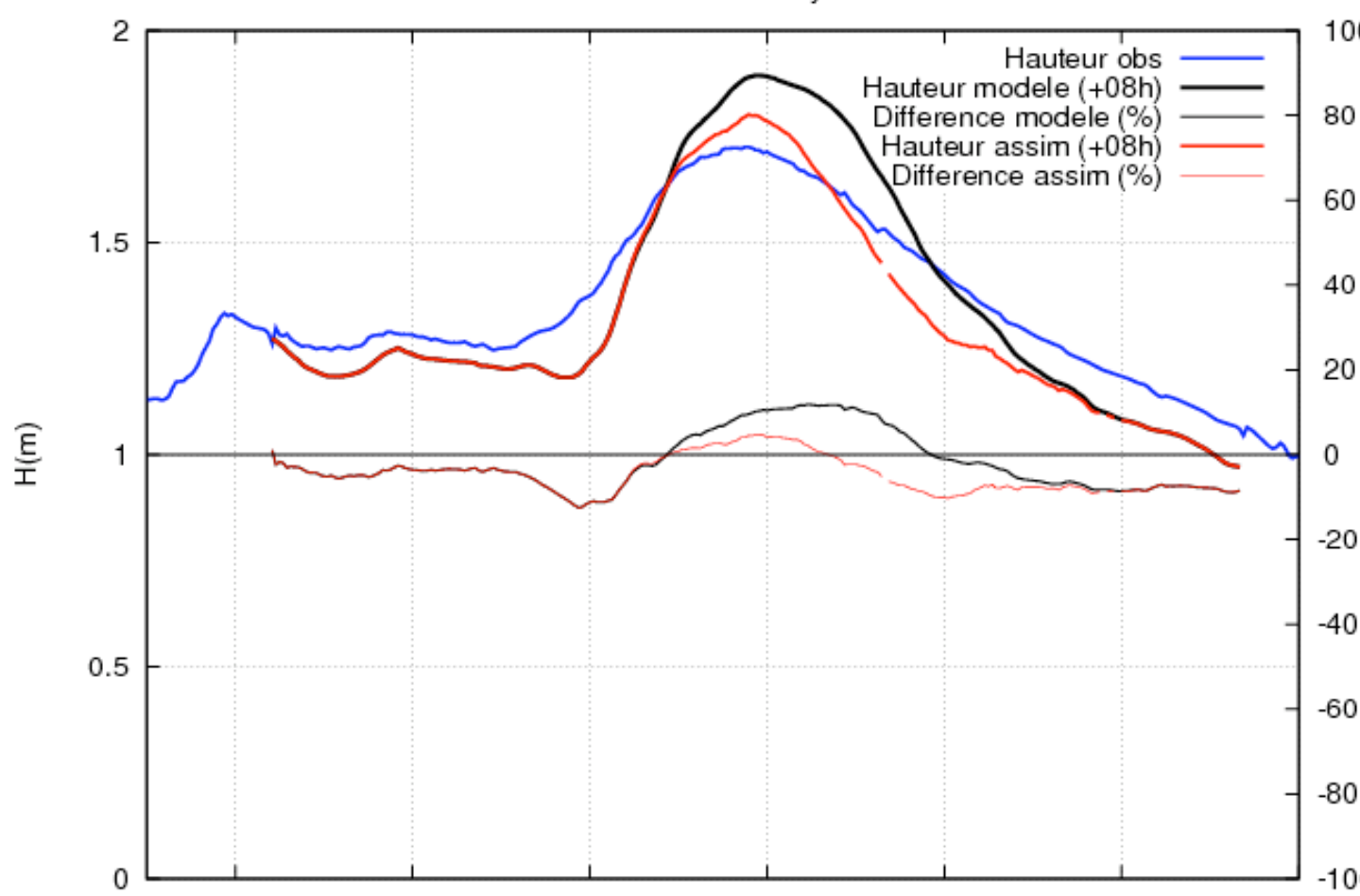
Biais Station Chamouilley lag 8 h



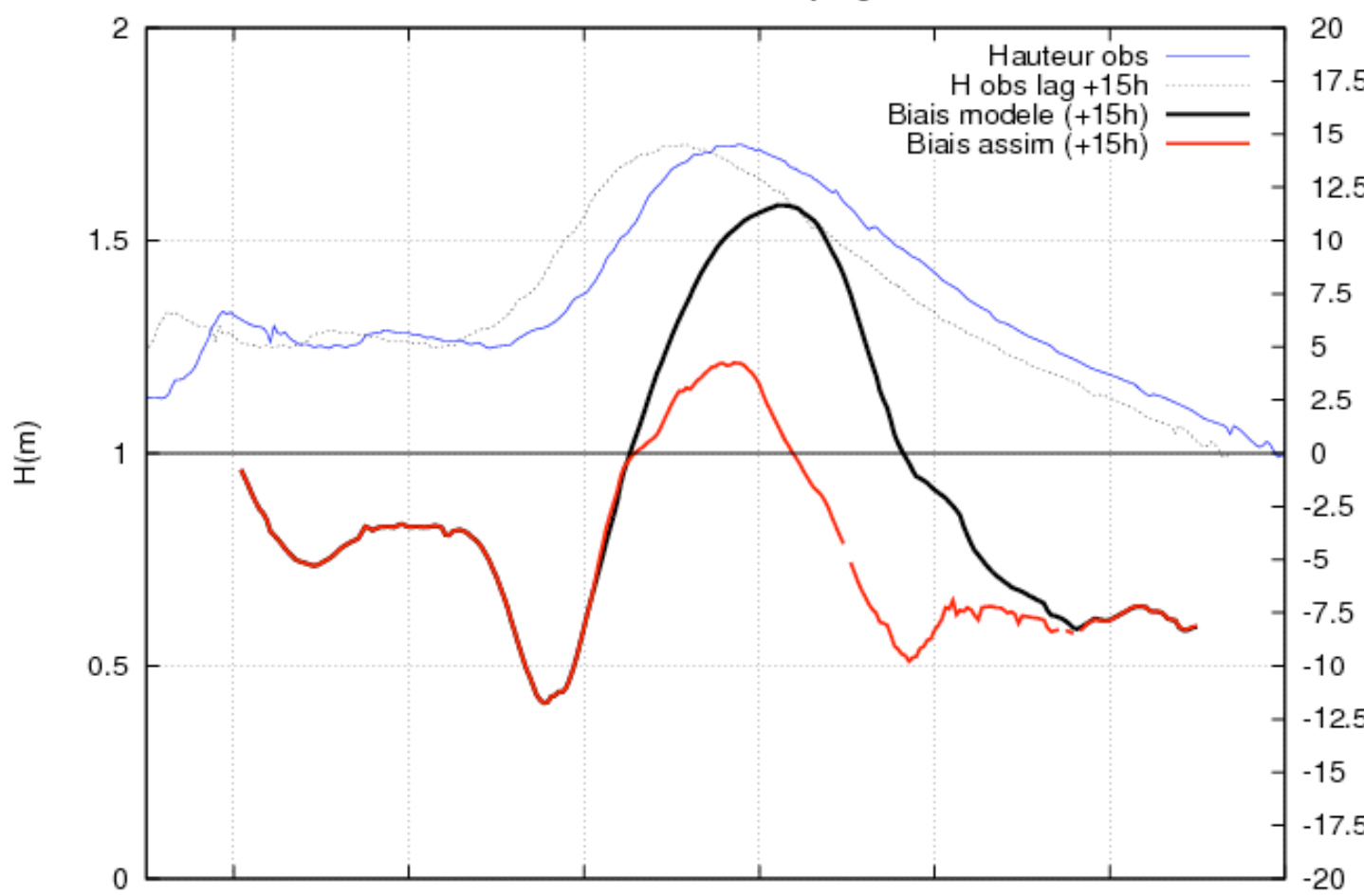
Precision Station Chamouilley lag 8 h



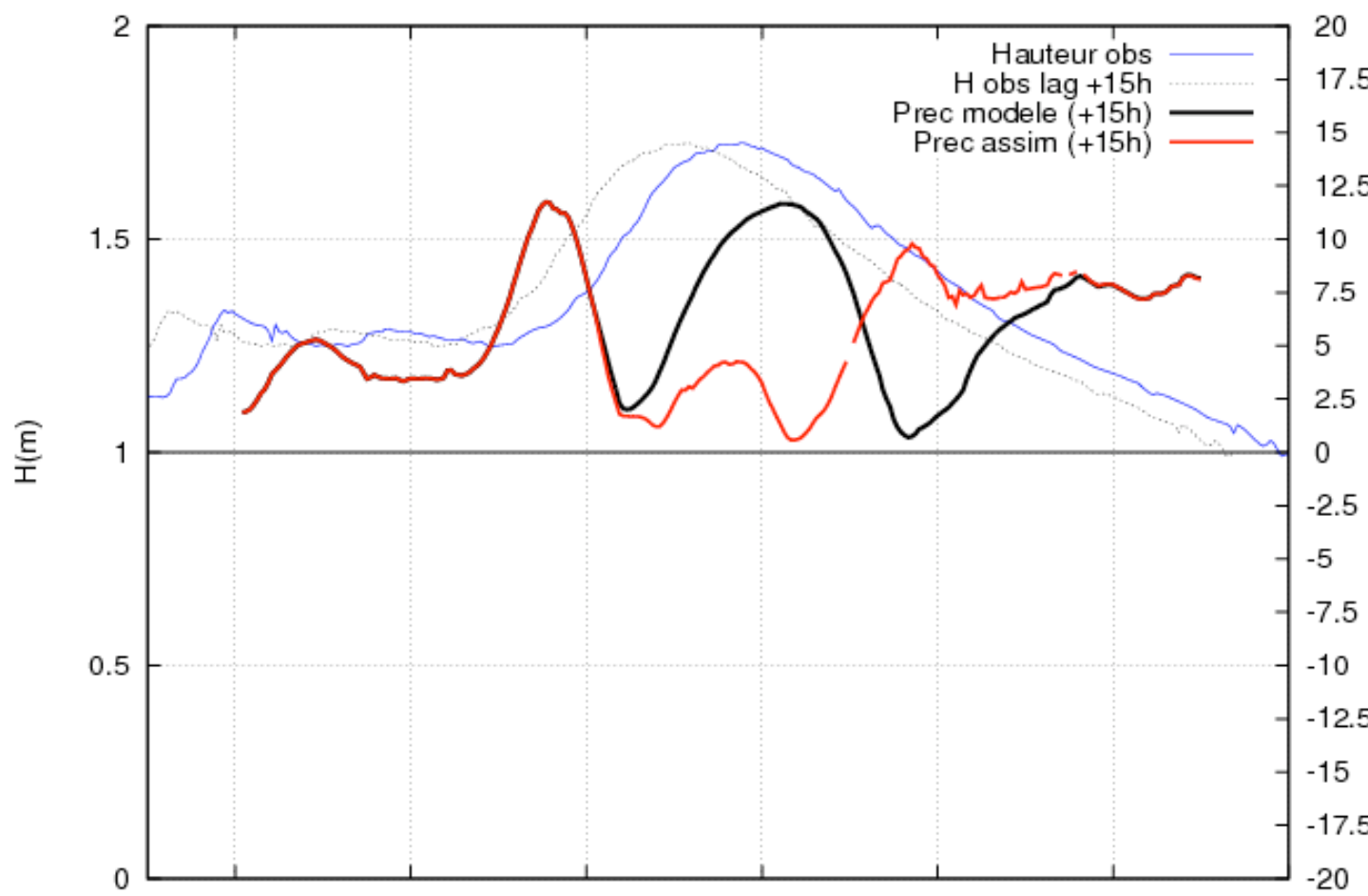
Prevision Station Chamouilley echeance 8 h



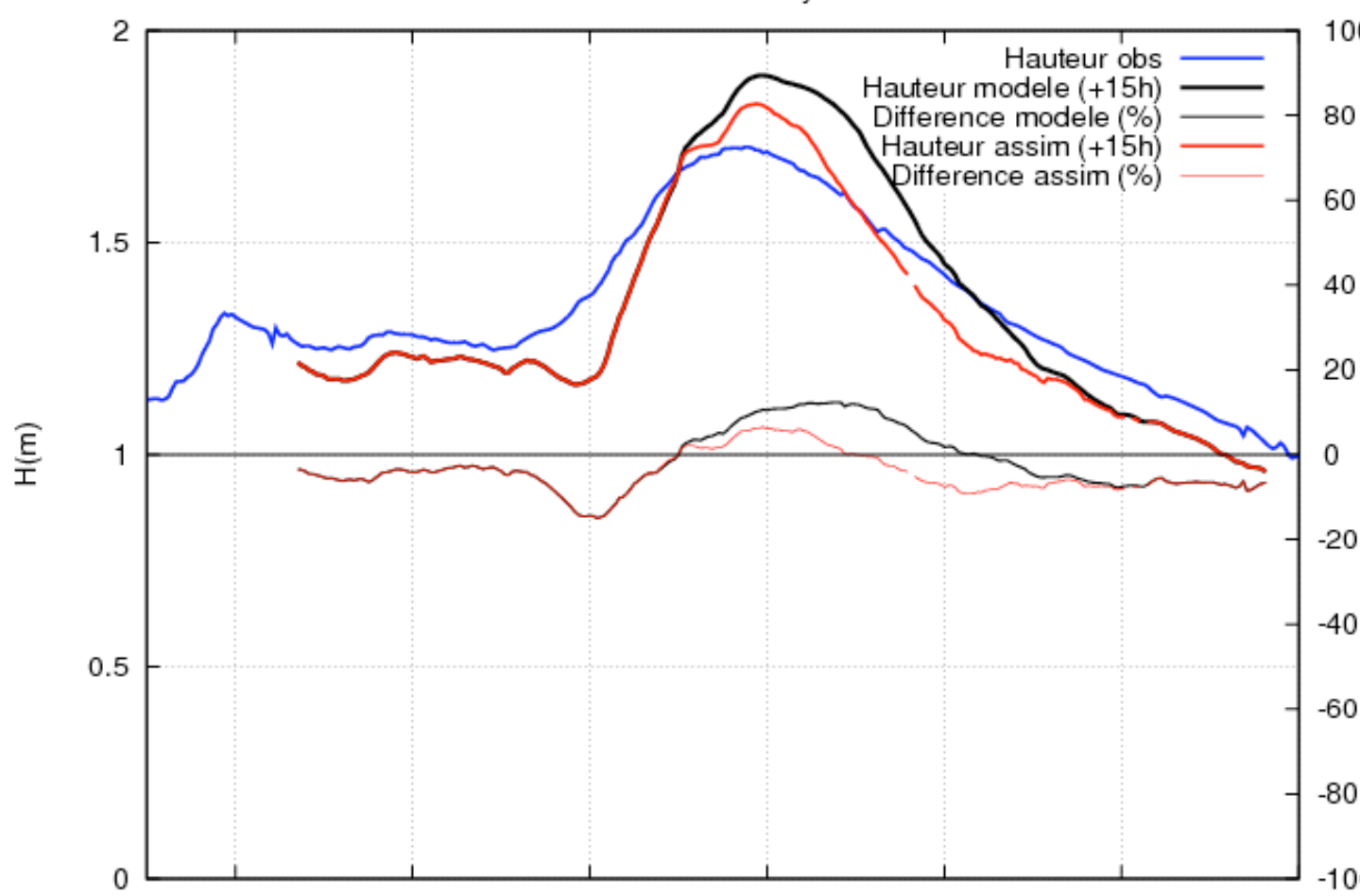
Biais Station Chamouilley lag 15 h



Precision Station Chamouilley lag 15 h

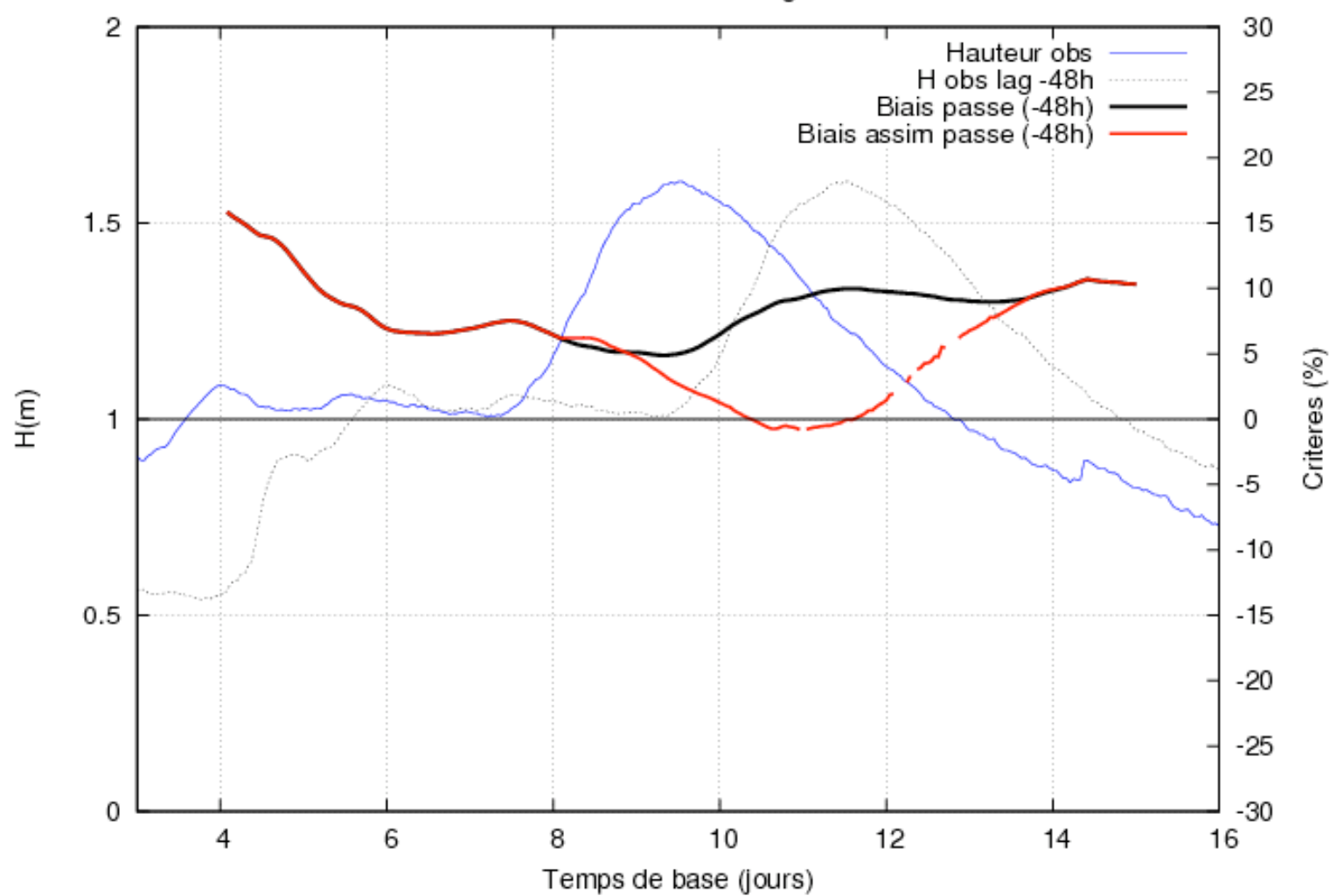


Prevision Station Chamouilley echeance 15 h

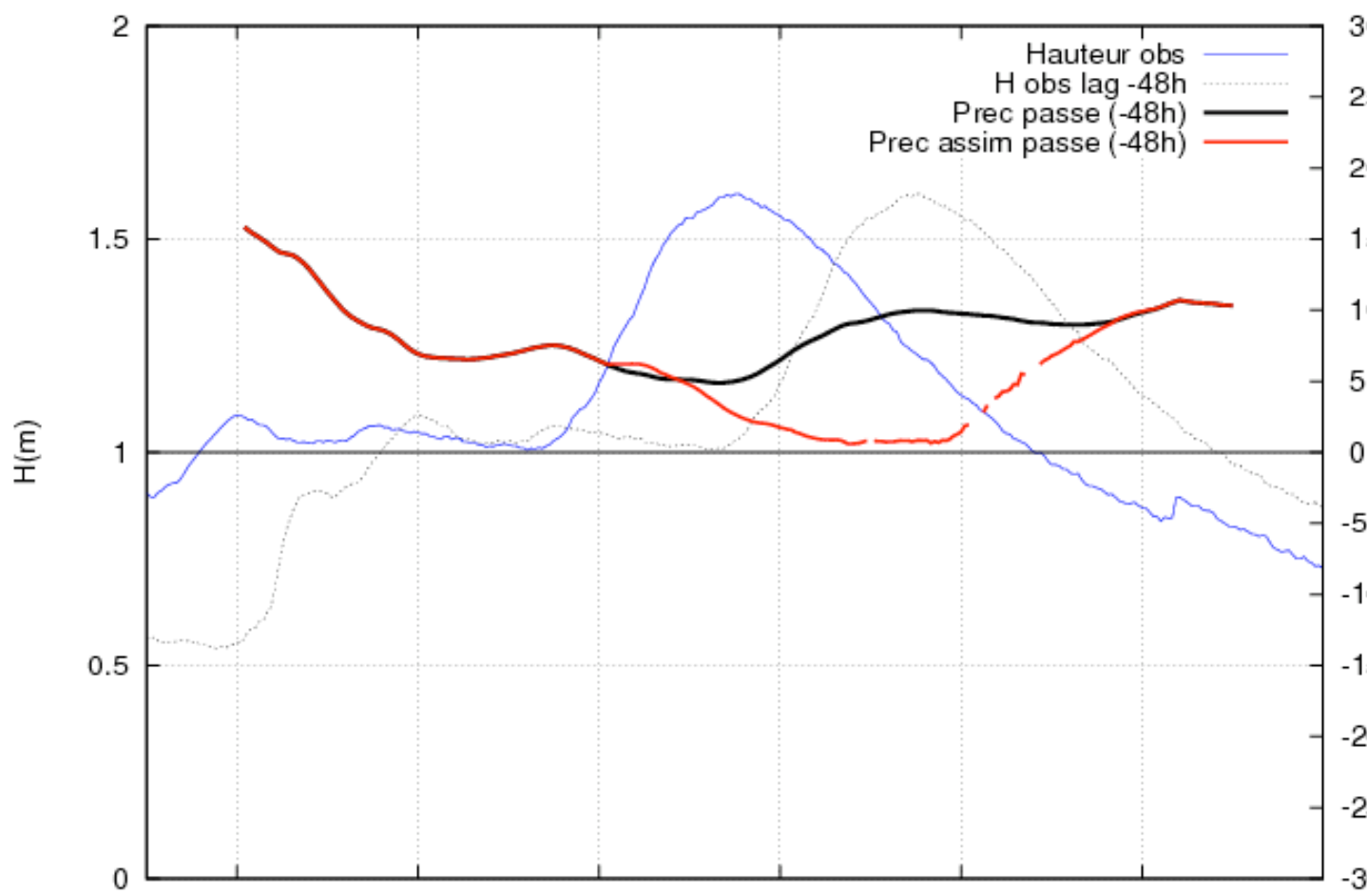


14 Figures $E5_{Joinville}$

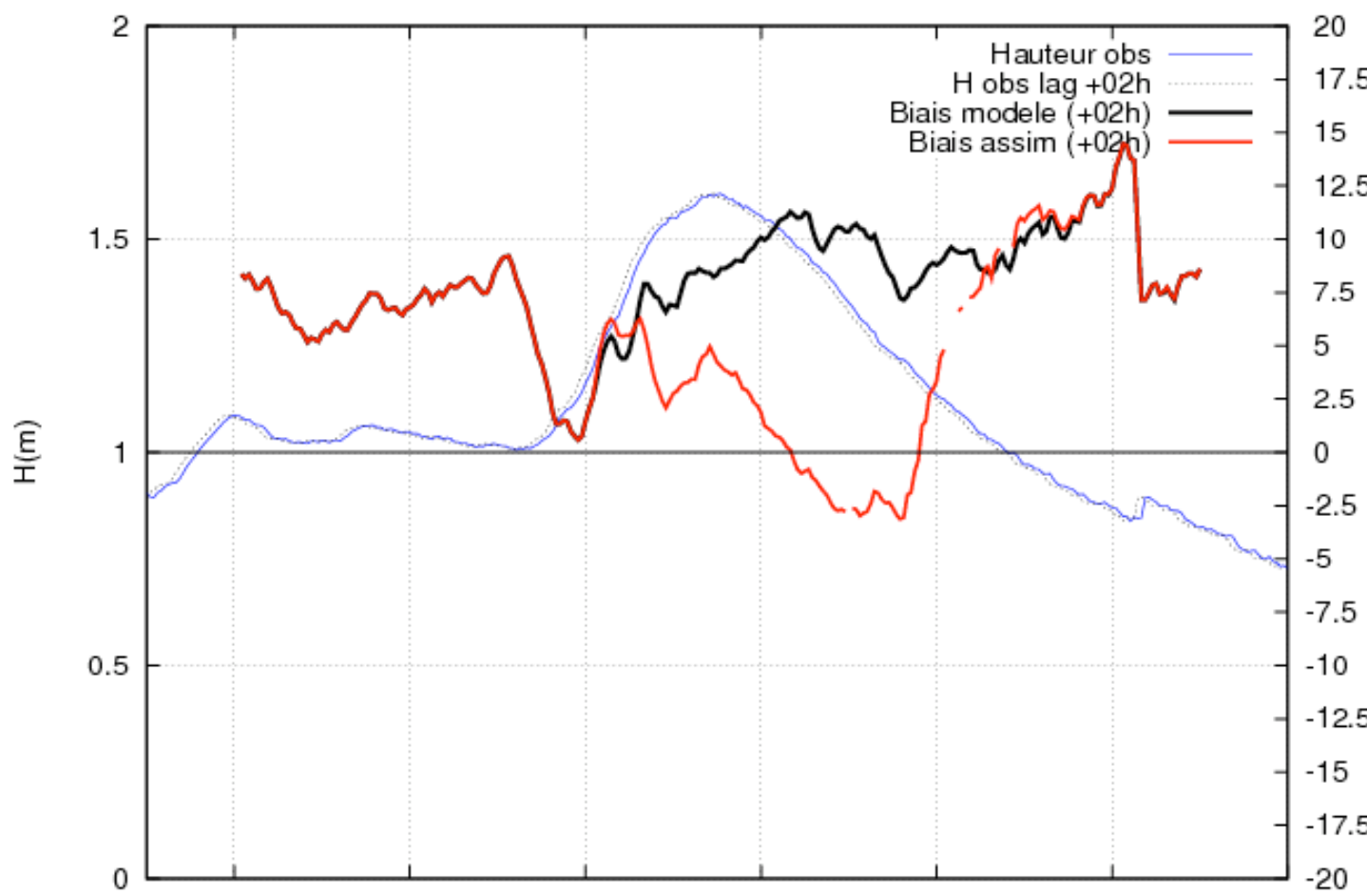
Biais Station Joinville lag 48 h



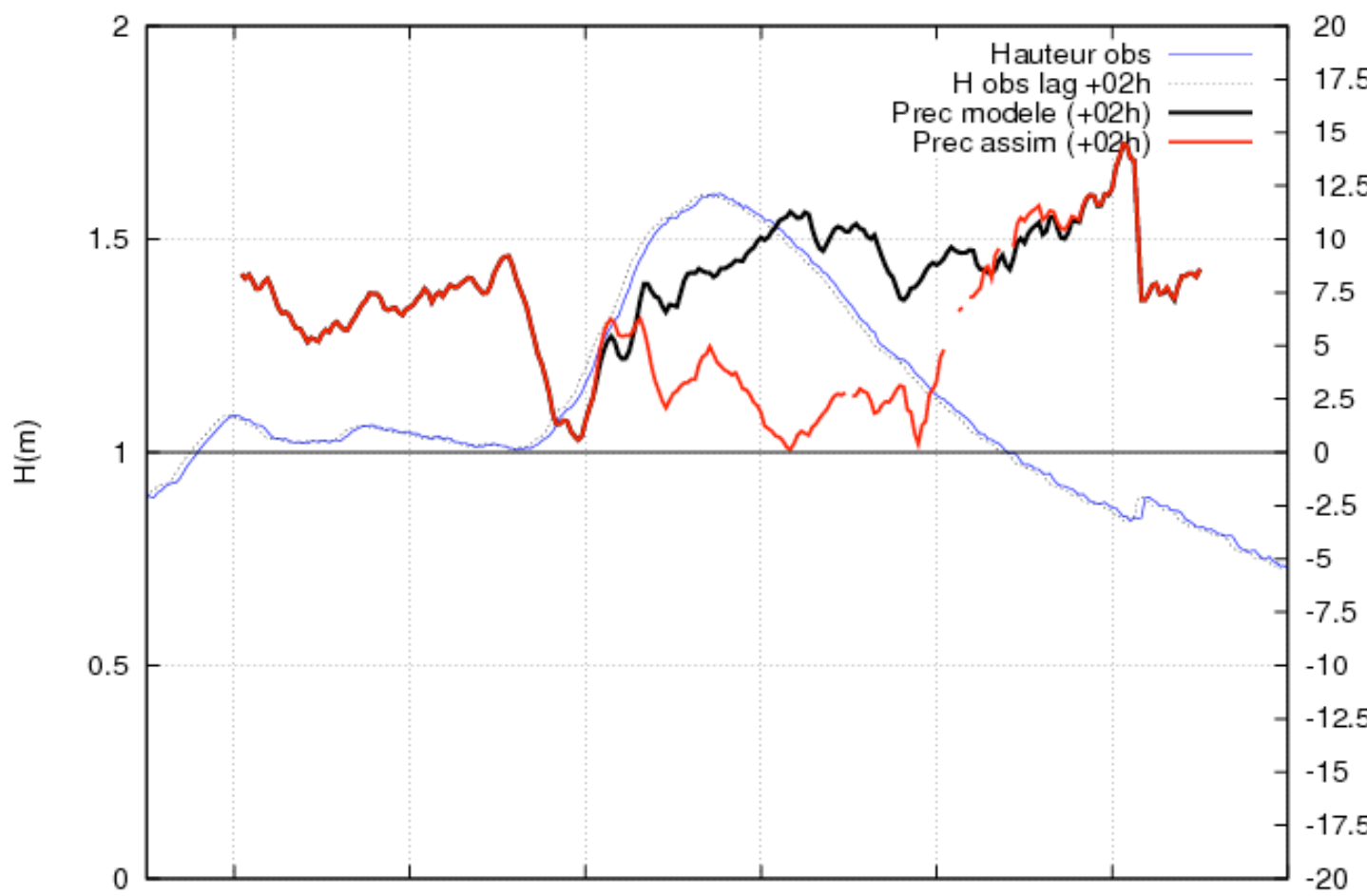
Precision Station Joinville lag 48 h



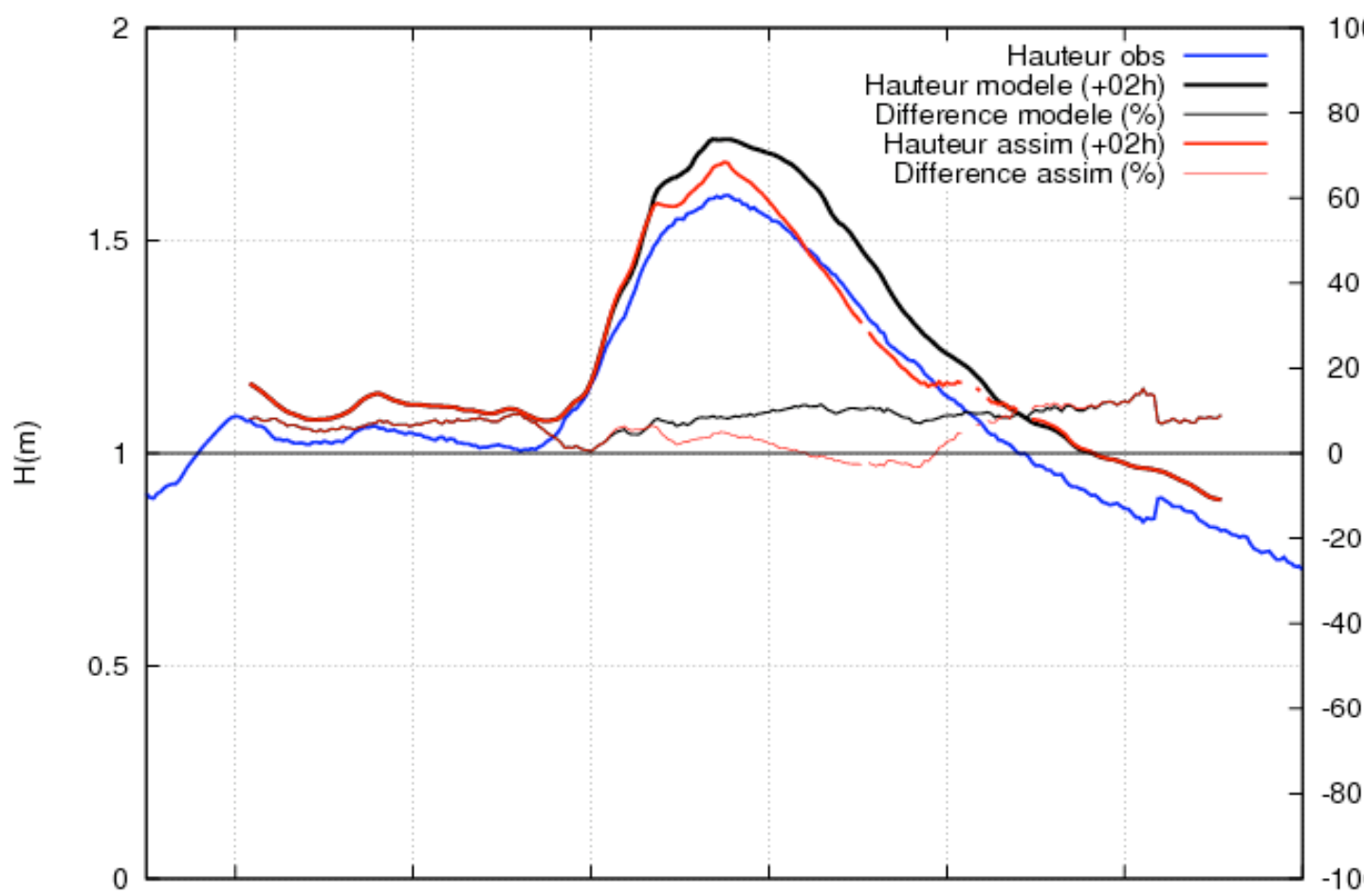
Biais Station Joinville lag 2 h



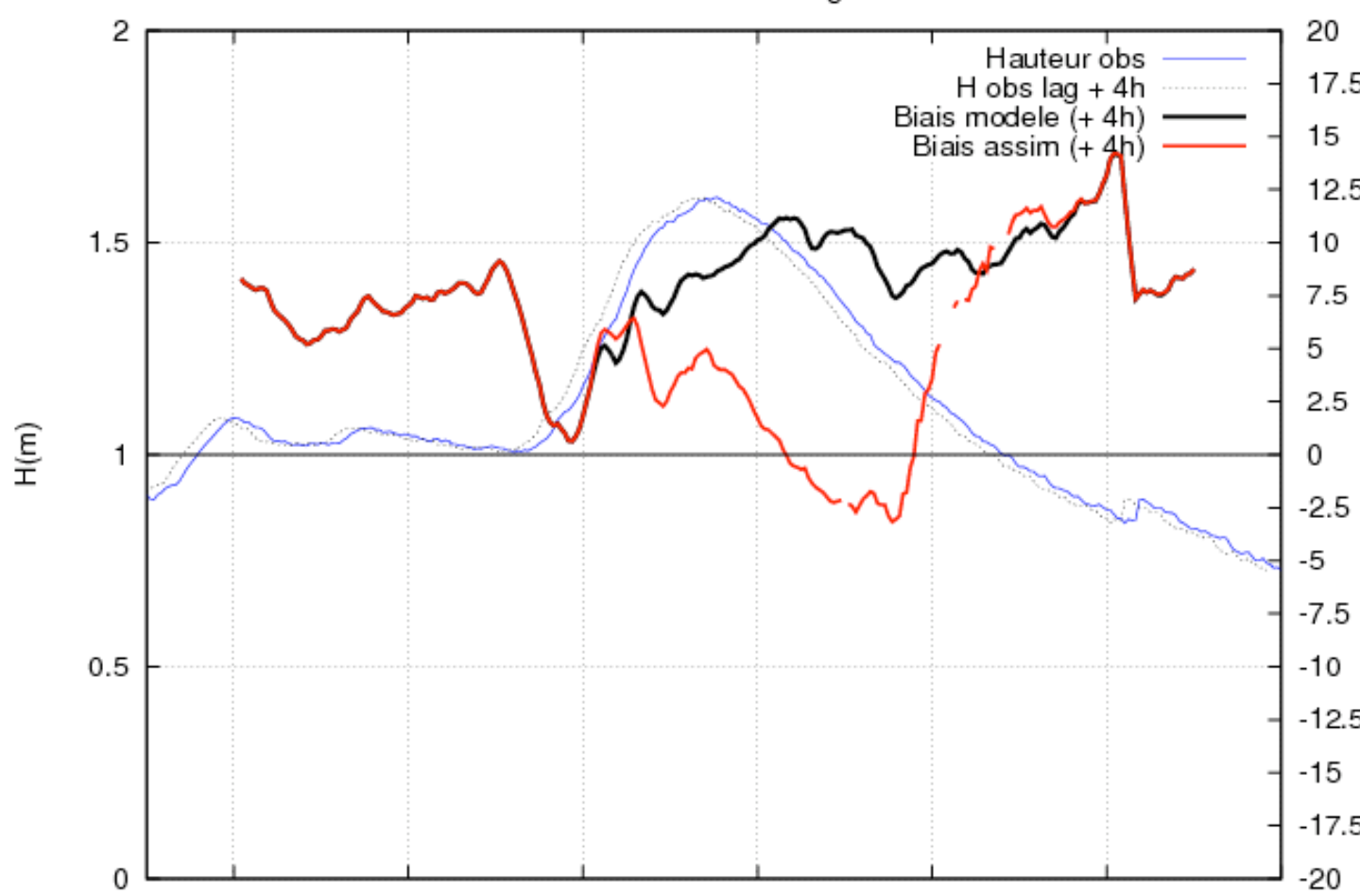
Precision Station Joinville lag 2 h



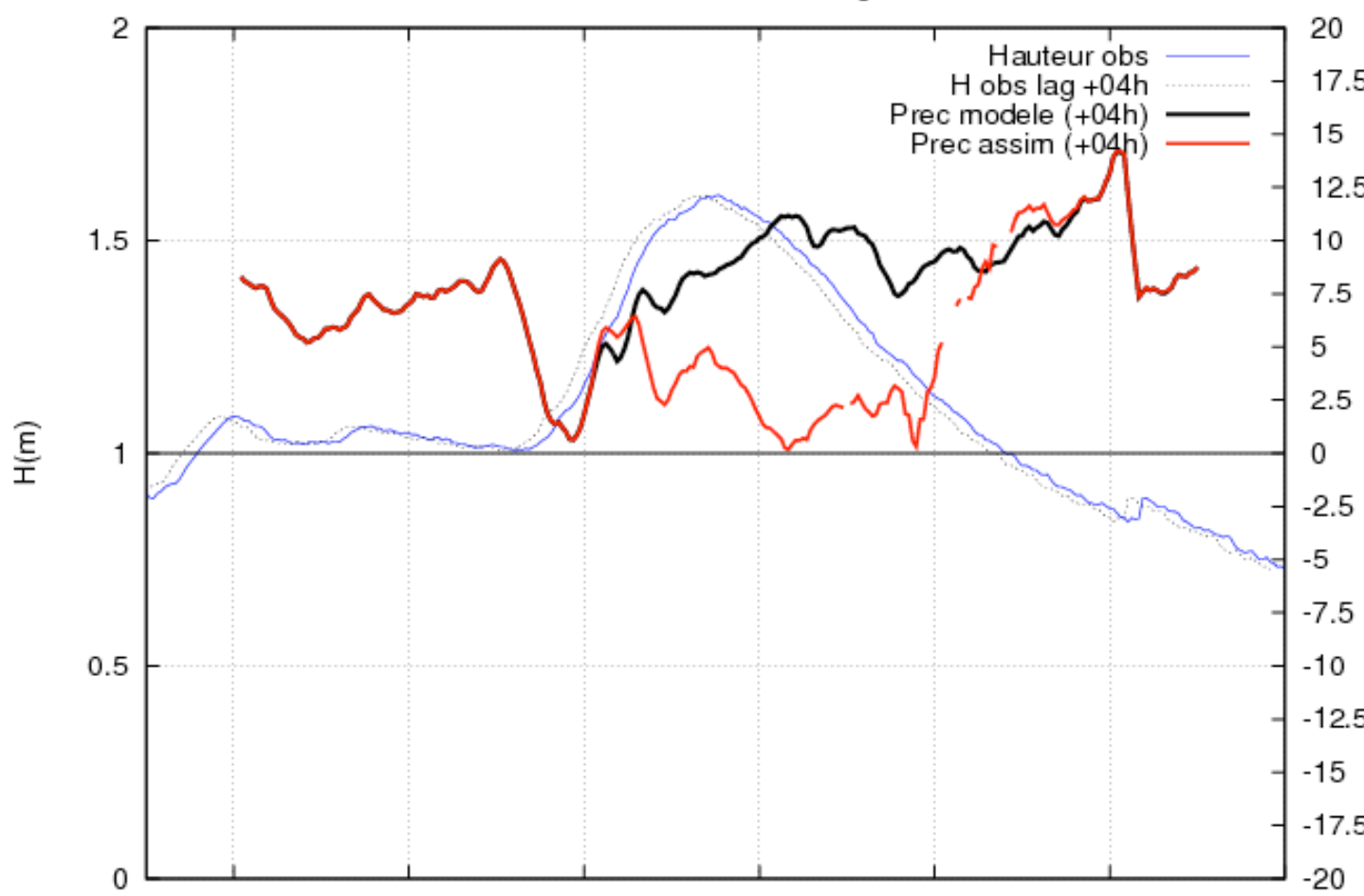
Prevision Station Joinville echeance 2 h



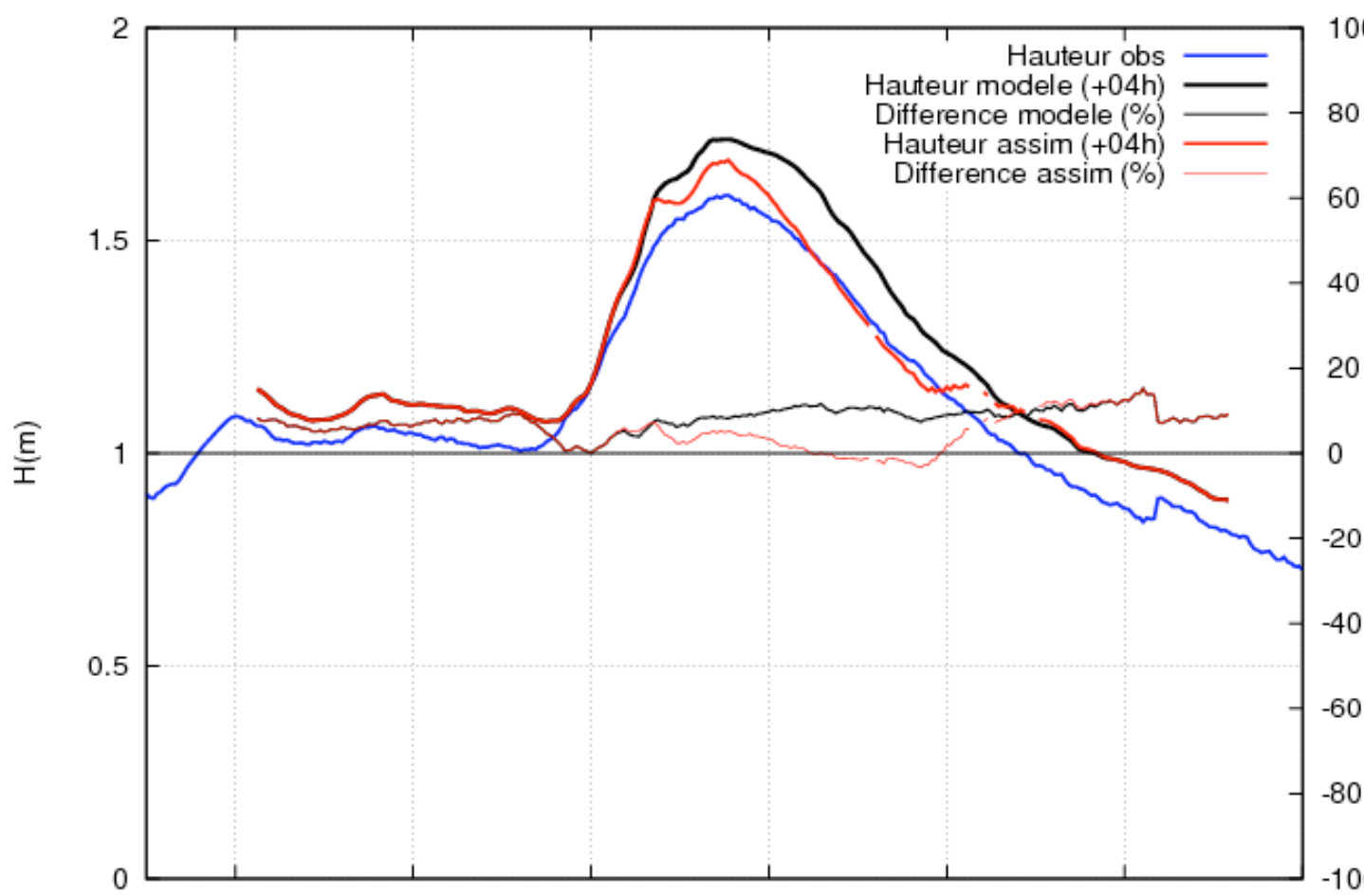
Biais Station Joinville lag 04 h



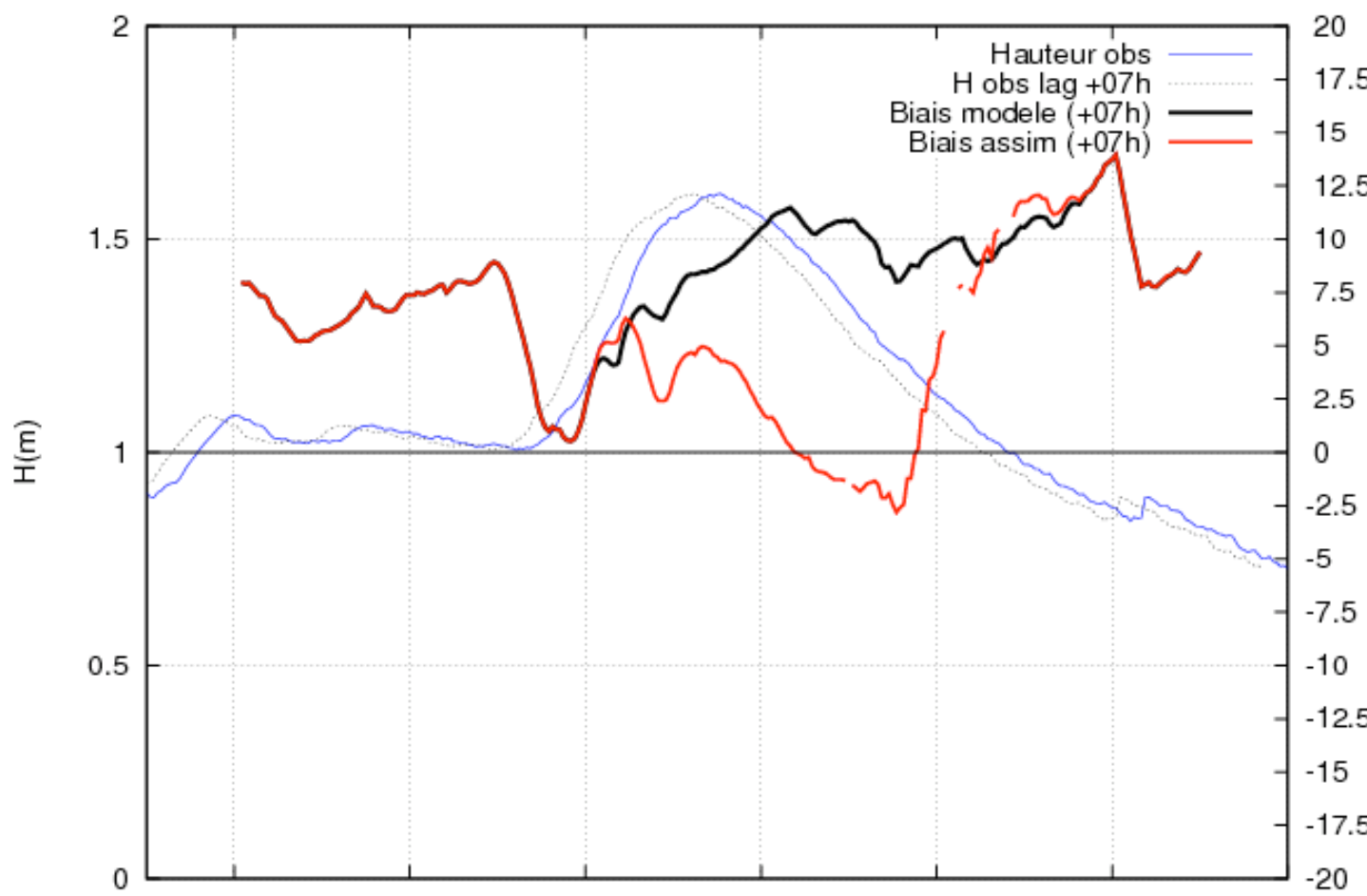
Precision Station Joinville lag 04 h



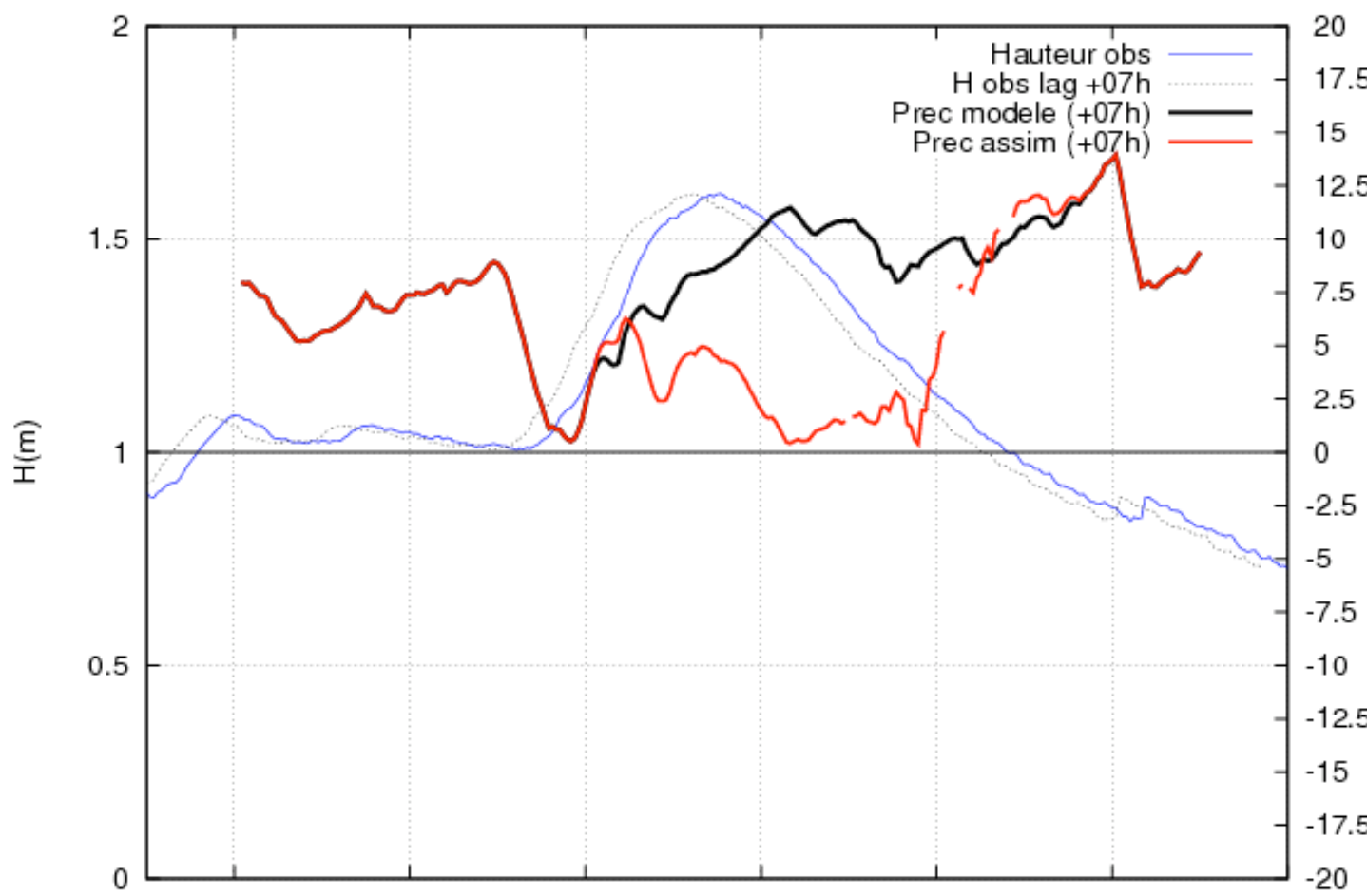
Prevision Station Joinville echeance 4 h



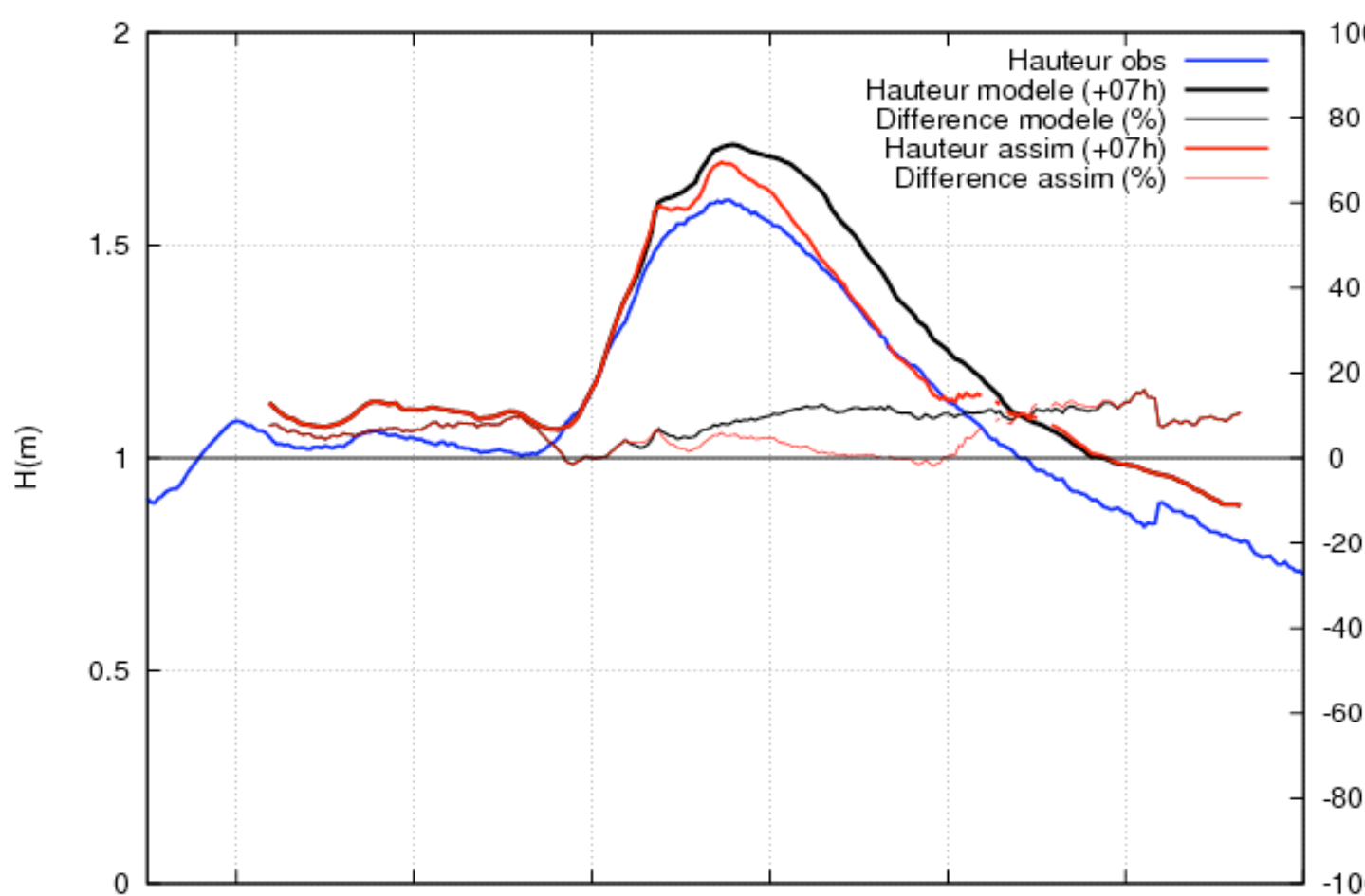
Biais Station Joinville lag 7h



Precision Station Joinville lag 7h

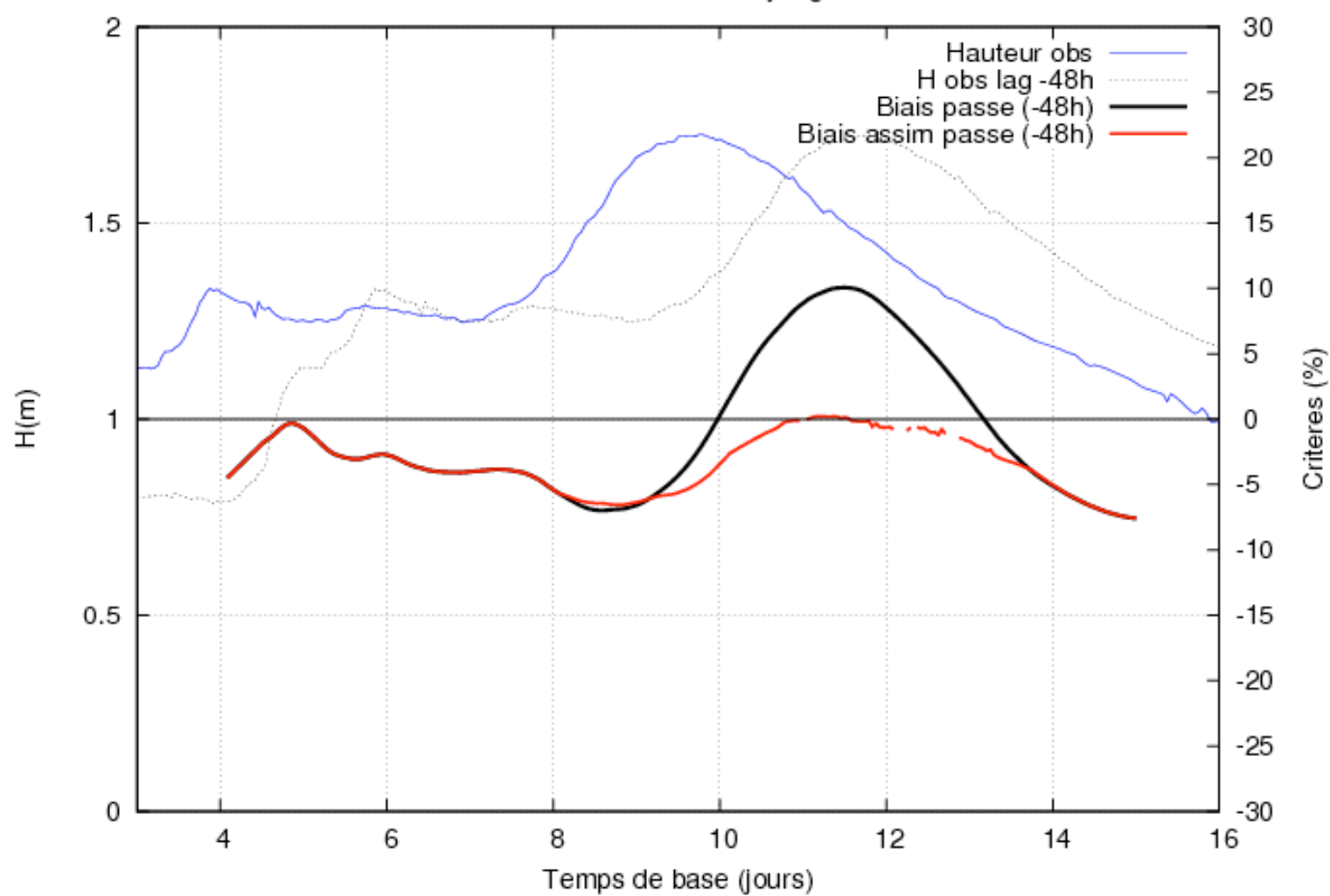


Prevision Station Joinville echeance 7 h

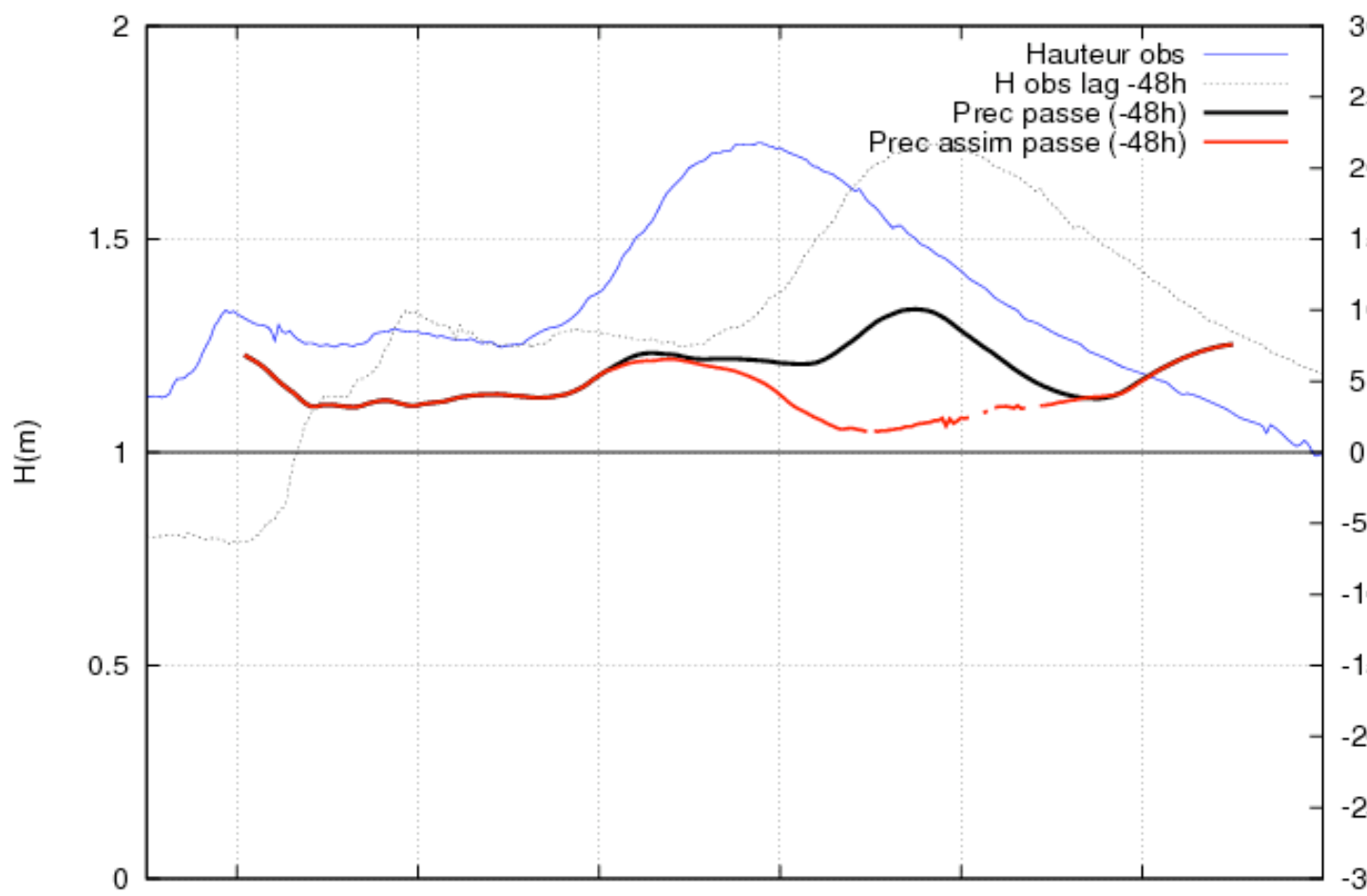


15 Figures $E5_{Chamouilley}$

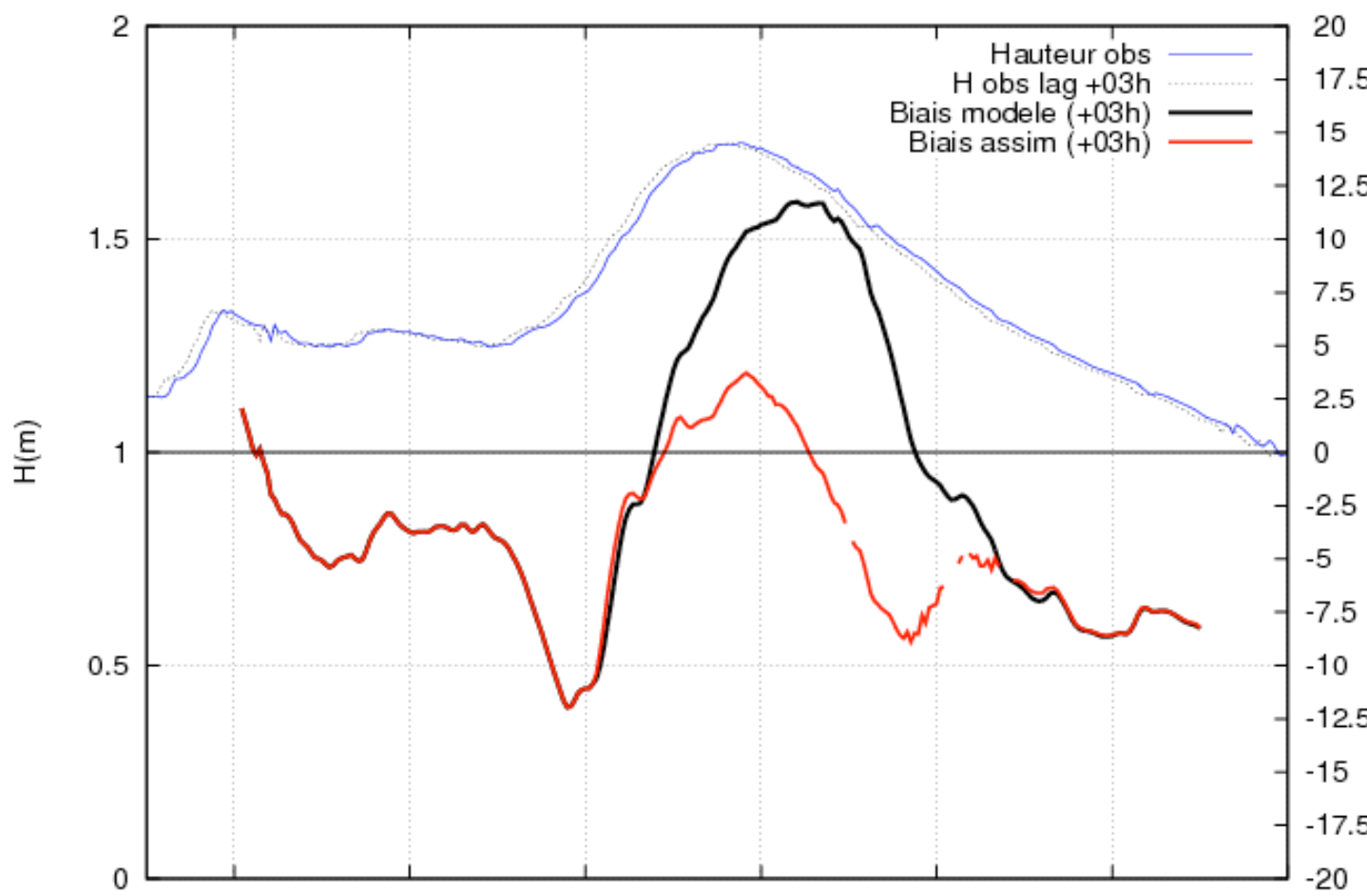
Biais Station Chamouilley lag 48 h



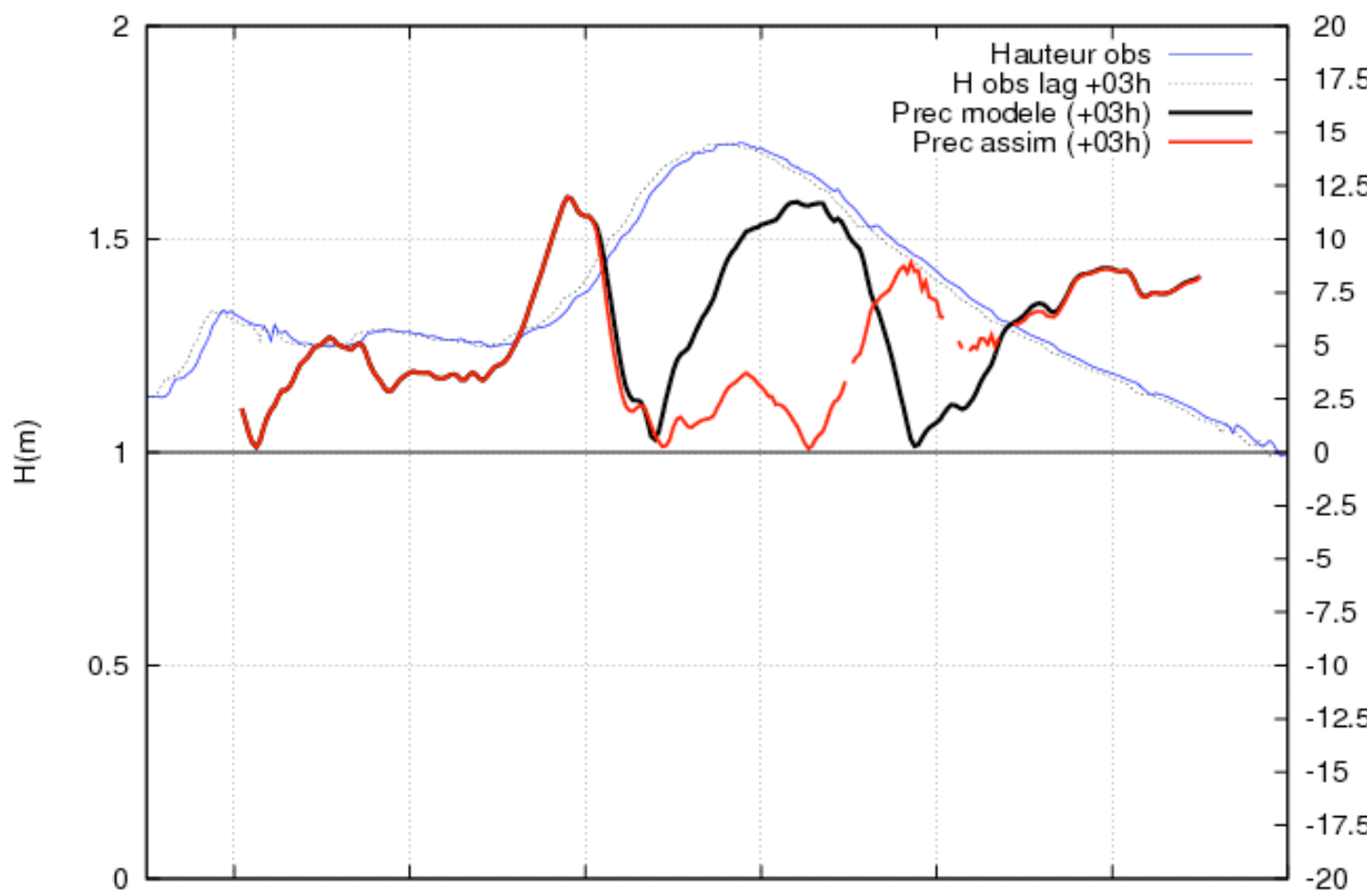
Precision Station Chamouilley lag 48 h



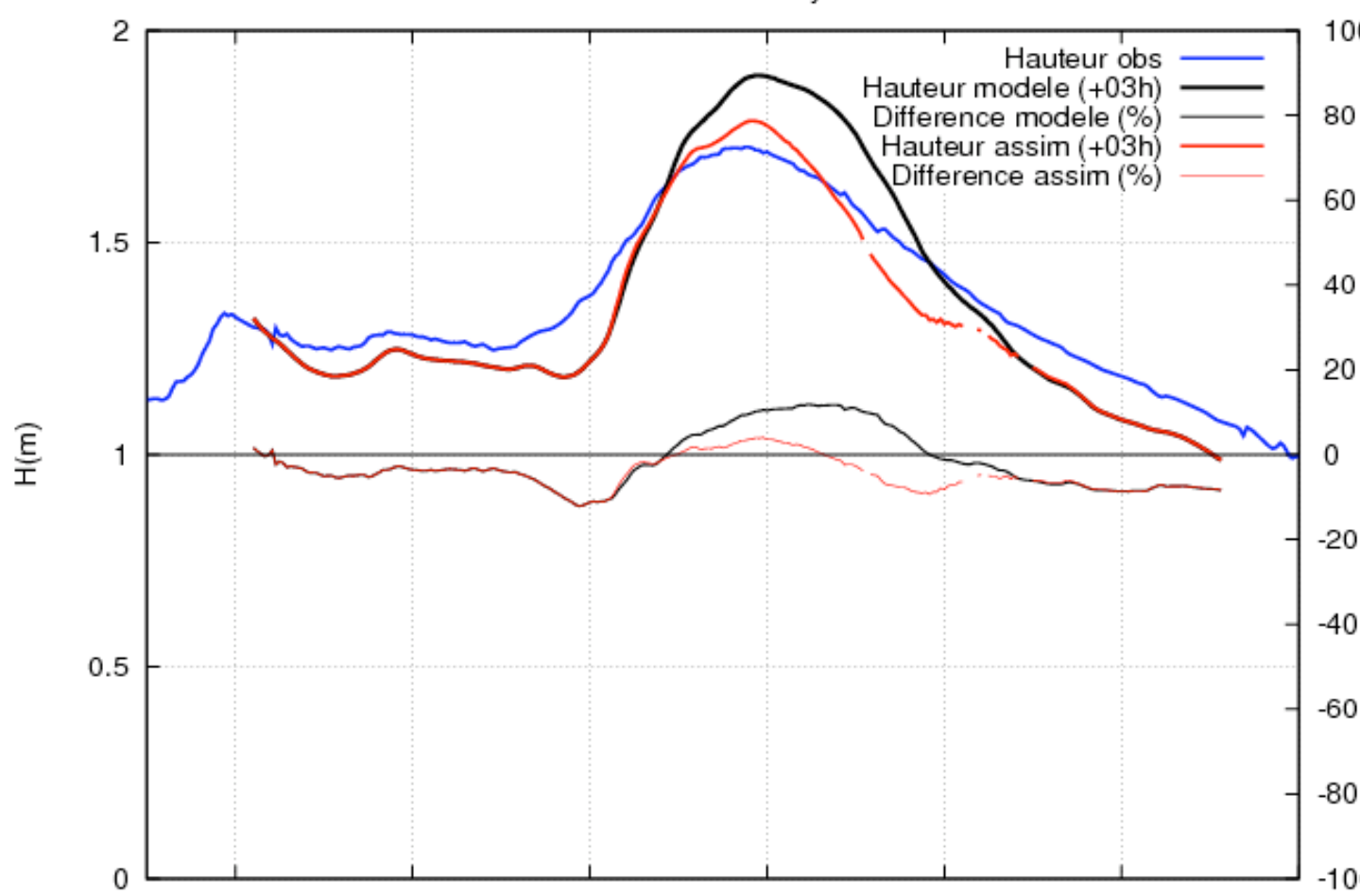
Biais Station Chamouilley lag 3 h



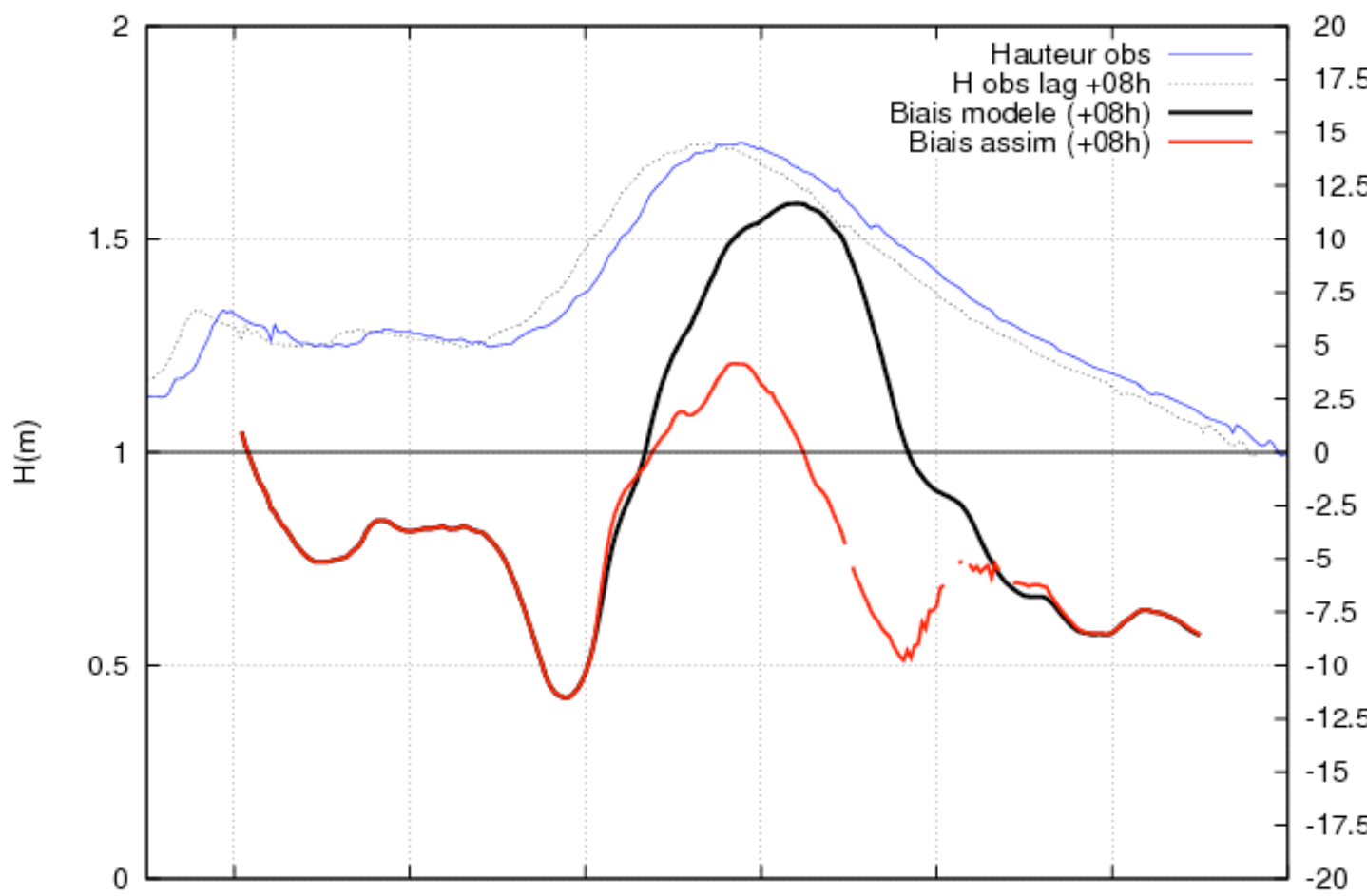
Precision Station Chamouilley lag 3 h



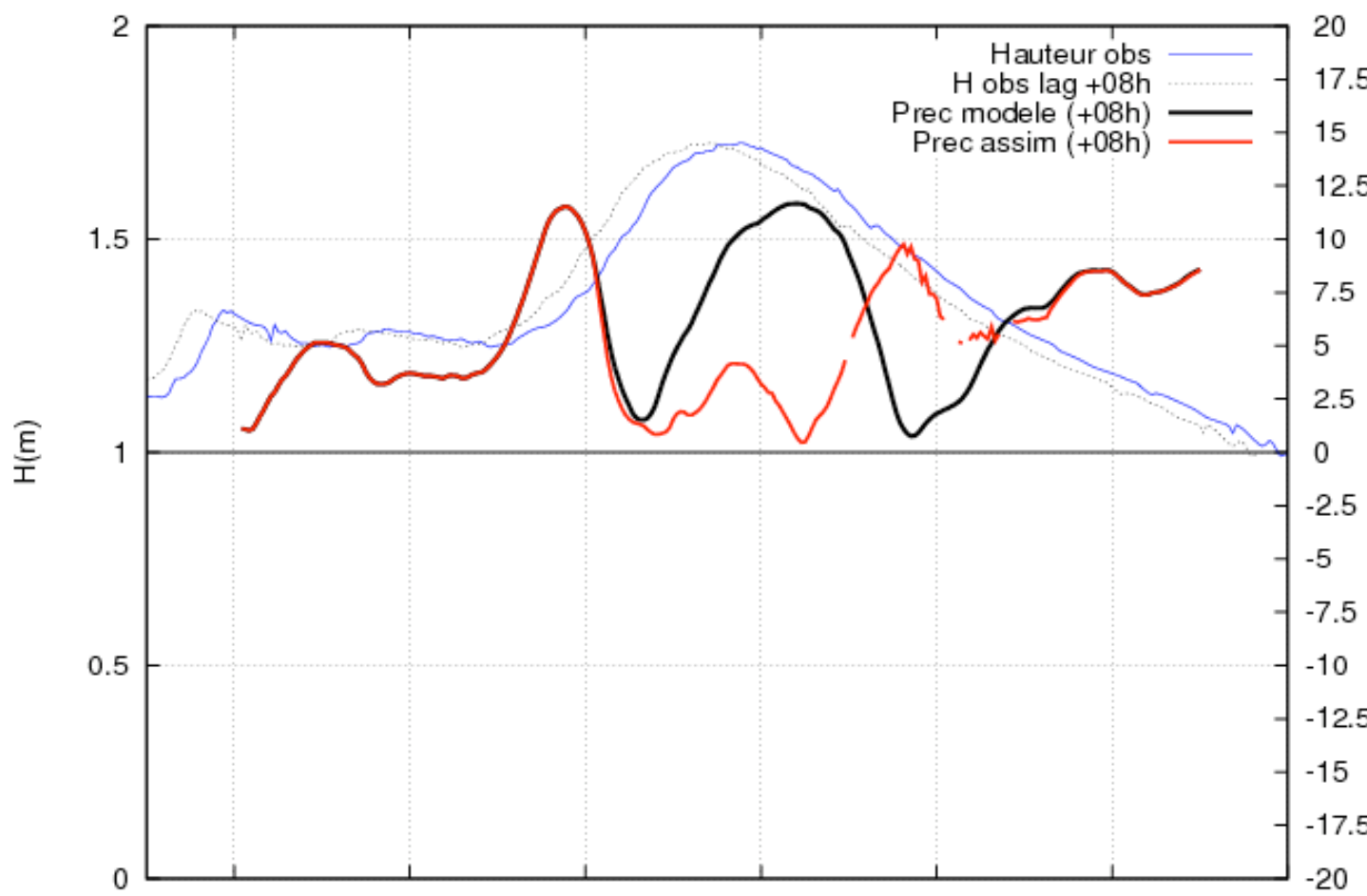
Prevision Station Chamouilley echeance 3 h



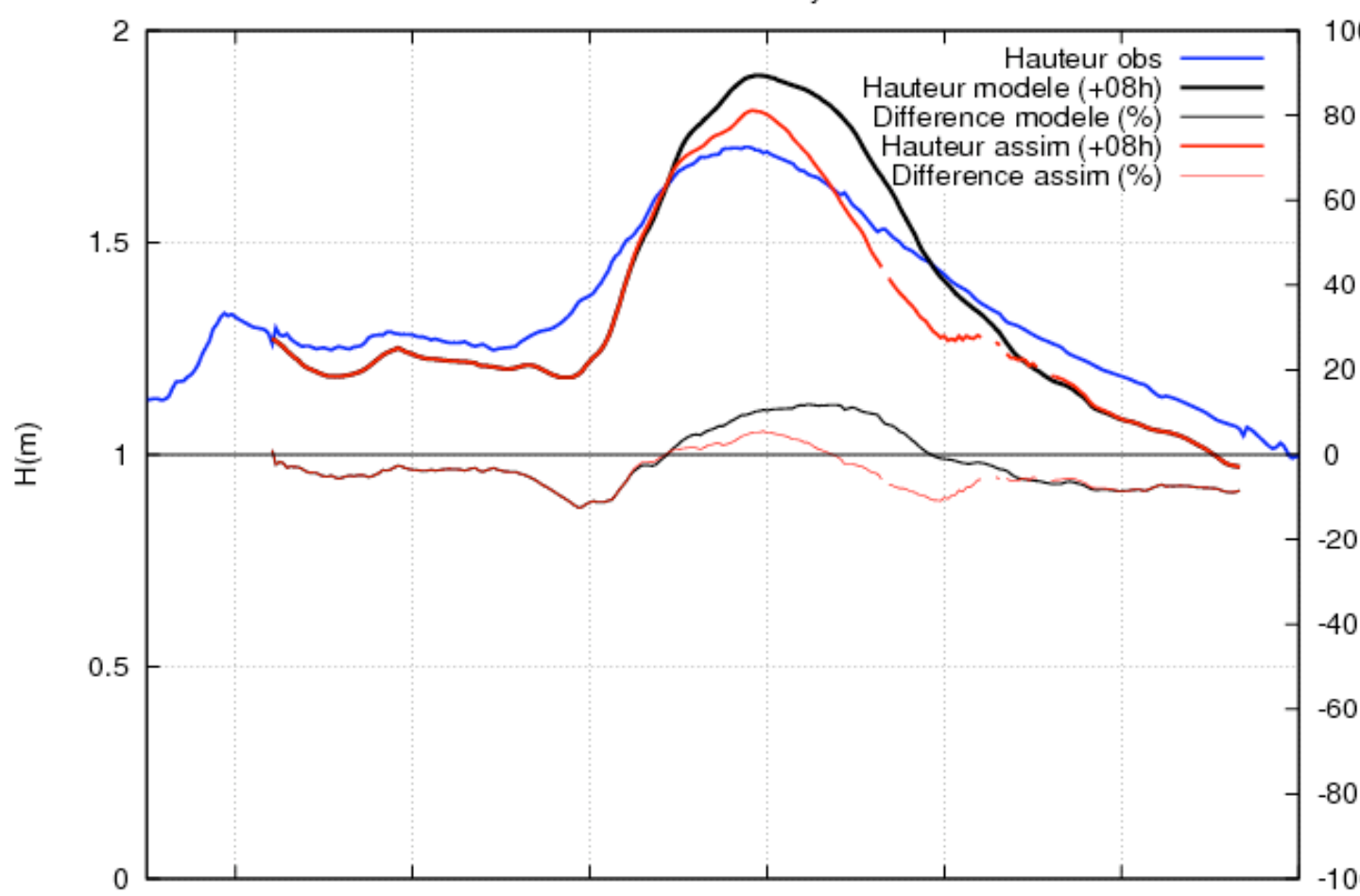
Biais Station Chamouilley lag 8 h



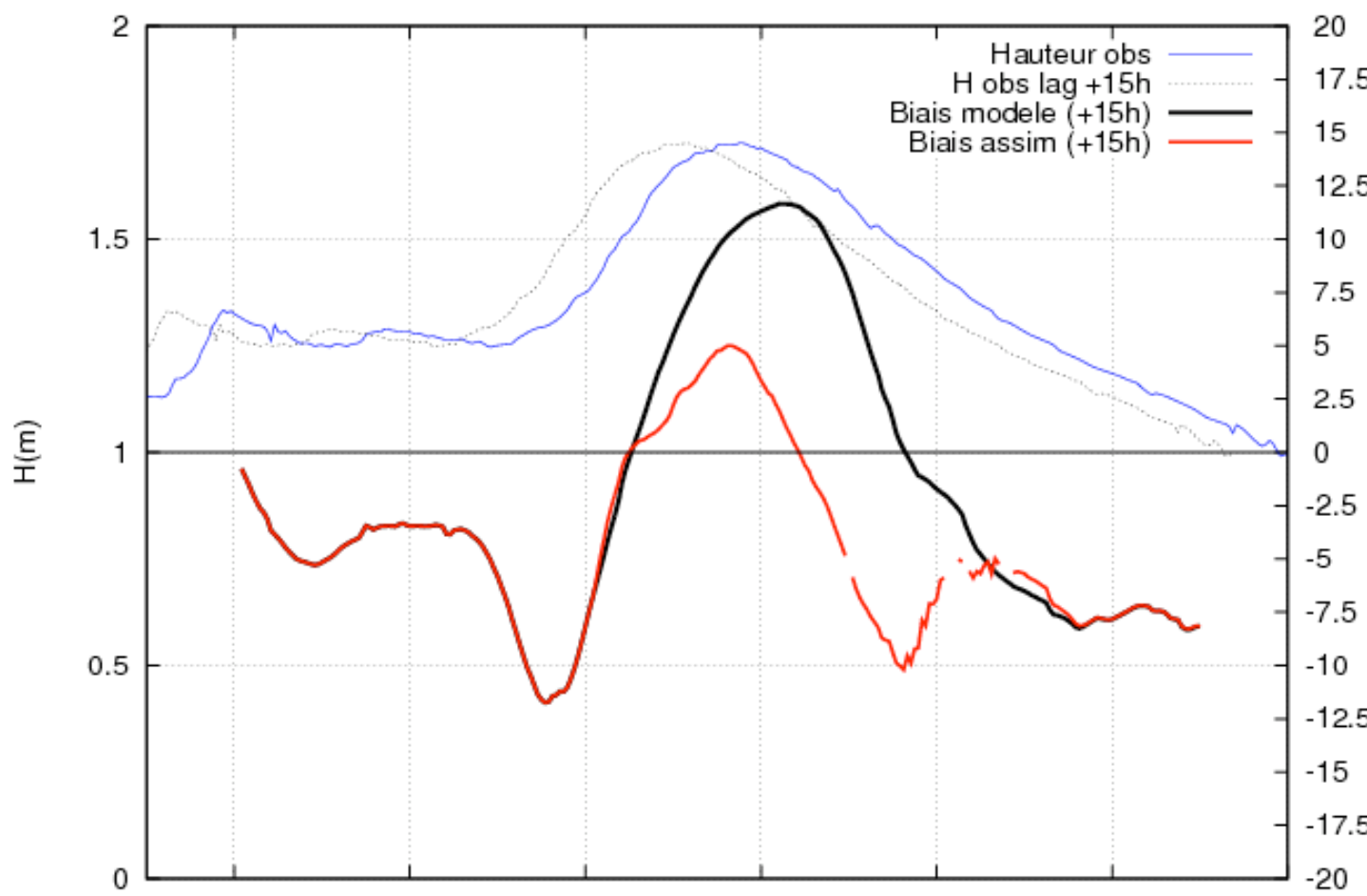
Precision Station Chamouilley lag 8 h



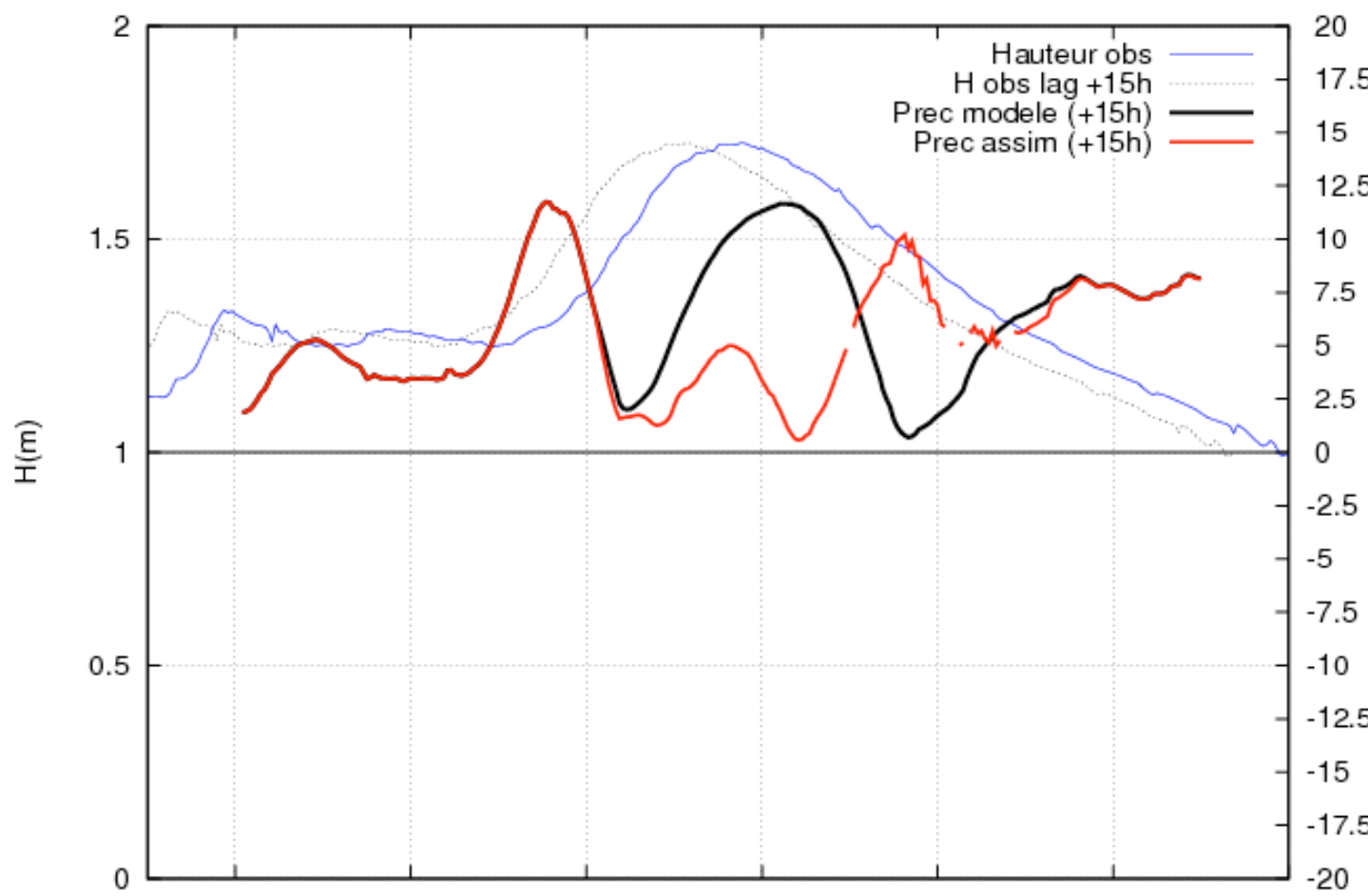
Prevision Station Chamouilley echeance 8 h



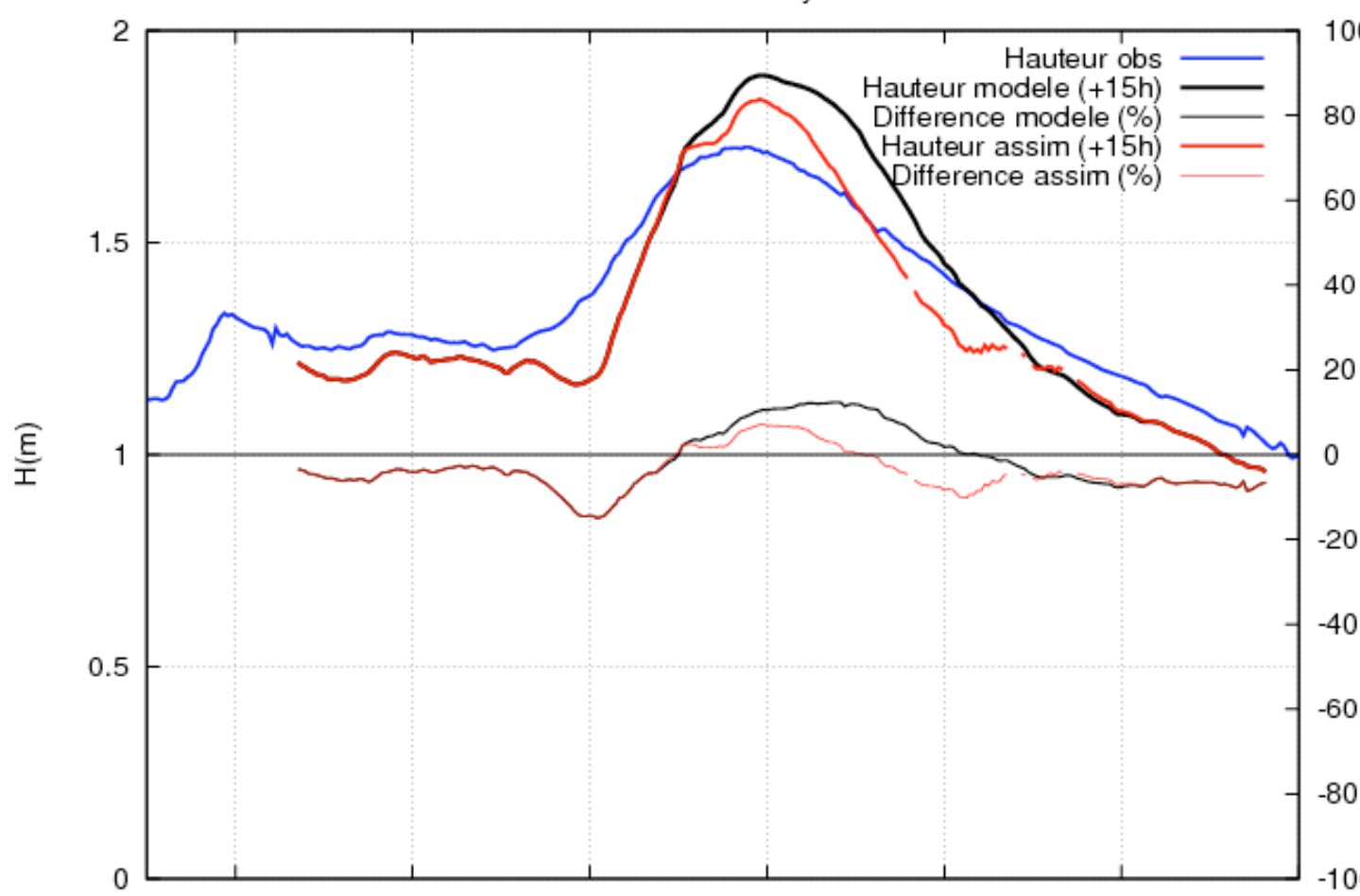
Biais Station Chamouilley lag 15 h



Precision Station Chamouilley lag 15 h



Prevision Station Chamouilley echeance 15 h



References

- [1] A. Piacentini, O. Thual, G. Jonville, C. Ivanoff, S. Ricciand S. Massart, and E. Le Pape. Assimilation de données en hydraulique, maquette pour le modèle mascaret. *Technical Report CERFACS*, TR/CMGC/10/16, 2010.
- [2] S. Ricci, A. Piacentini, O. Thual, E. Le Pape, and G. Jonville. Correction of upstream flow and hydraulic state with data assimilation in the context of flood forecasting. *Submitted to HESS*, 2010.
- [3] J. Munoz Sabater, B. Bouriquet, S. Ricci, J.-Ph. Argaudand A. Piacentini, S. Massart, A. Weaver, and O. Thual. Applications du cerfacs en assimilation de données. *Technical Report CERFACS*, TR/CMGC/09/6, 2009.