

**Premiers éléments de compte rendu**  
**Les jaugeages réalisés sur le tronçon Seine aval le mardi 29 septembre 2015**

Les équipes présentes :

L'Unité Hydrométrie et Réseaux de Mesures de la DRIEE Île-de-France : Noël DUVINAGE, Christophe DYCKE, Élise JACOB, et Julien DIRIBARNE ;

L'Unité Bathymétrie et Sédimentologie du LR de Blois (CEREMA, DTer NC) : Erwan BOURBAN, Francis GARNIER, Sébastien KOPP, et Arnaud SEGUY ;

L'Unité Hydrométrie Hydrologie de la DREAL Basse-Normandie : Boris ALEXANDRE, Lin DECAËNS, Alain DEMARQUET, et Cédric FLOUZAT ;

L'Unité Hydrométrie Hydrologie de la DREAL Haute-Normandie : Brice BOUTET, Claude GIRARD, Stéphane HELOUIN, Gilles LEMERCIER, Guillaume MOREL, Delphine NZUSSING, et Stéphane PINEY, avec l'appui d'André HEBRARD, Emmanuel RAIMBAULT, et Cédric ZANIOLO du SPC SACN.

## **1.- Objectifs des mesures**

L'objectif de la journée était de réaliser des jaugeages sur 3 sites (Rouen / Heurteauville / Aizier) sur un cycle de marée presque « complet », lors d'un coefficient de marée significatif. Aussi à la suite de la journée test du 21 avril dernier, la journée du mardi 29/09/2015 a été retenue (coefficients de marée de 114 et 117).

L'objectif final de l'opération est de disposer d'une chronique de débits au droit de ces 3 secteurs sur un cycle de marée complet. Ces données permettront, entre autres, de confronter les débits mesurés aux valeurs issues du modèle hydraulique utilisé par le SPC SACN, et de mieux appréhender, en particulier, les volumes rentrant au flot et les champs de vitesses correspondant.

Elles pourront aussi servir à l'ensemble de nos partenaires (GPMR, GIPSA etc.) qui disposent eux aussi, non seulement, de modèles hydrauliques, mais pour lesquels les champs de vitesses issus des mesures offrent aussi de potentiels intérêts en matière d'hydromorphologie.

Elles permettent enfin de disposer d'une chronique de débits (et vitesses) sur un secteur, sous influence maritime où elles sont particulièrement rares (à l'aval du barrage de Poses) : si des données historiques sont disponibles dans l'article de D. Laval, Mesures de débits faites en Seine-Maritime lors de la crue de janvier 1955, combinaison de la crue et de la marée (La Houille Blanche, 1955), ces données restent anciennes, et la reconfiguration du chenal à l'aval de l'estuaire qui est intervenue depuis, et sa recalibration, sont assurément de nature à ne pas permettre leur utilisation, quand bien même elles offrent des ordres de grandeur intéressants.

Les sites proposés correspondent (ou sont situés à proximité) de ceux au droit desquels le GPMR<sup>1</sup> a précédemment réalisé des campagnes de mesures de vitesses en Seine. Ils se situent systématiquement au droit d'un marégraphe du GPMR pour lequel on dispose de données de hauteurs exprimées, dans le même système, en cotes marines du Havre ( $m \text{ CMH} = m \text{ IGN69} + 4,378 \text{ m}$ ) au pas de temps de 5', ce qui nous permet de connaître au droit de chaque section de jaugeage les variations correspondantes de la ligne d'eau.

Pour cette première campagne, il a été décidé de retenir comme site le plus aval, Aizier (Vieux Port), dans la

<sup>1</sup> Grand Port Maritime de Rouen

mesure où nous nous situons au-delà de la remontée des eaux saumâtres (salinité < 5 g/l, cf. [Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : La salinité dans l'estuaire de la Seine, GIPSA, 2013](#)).

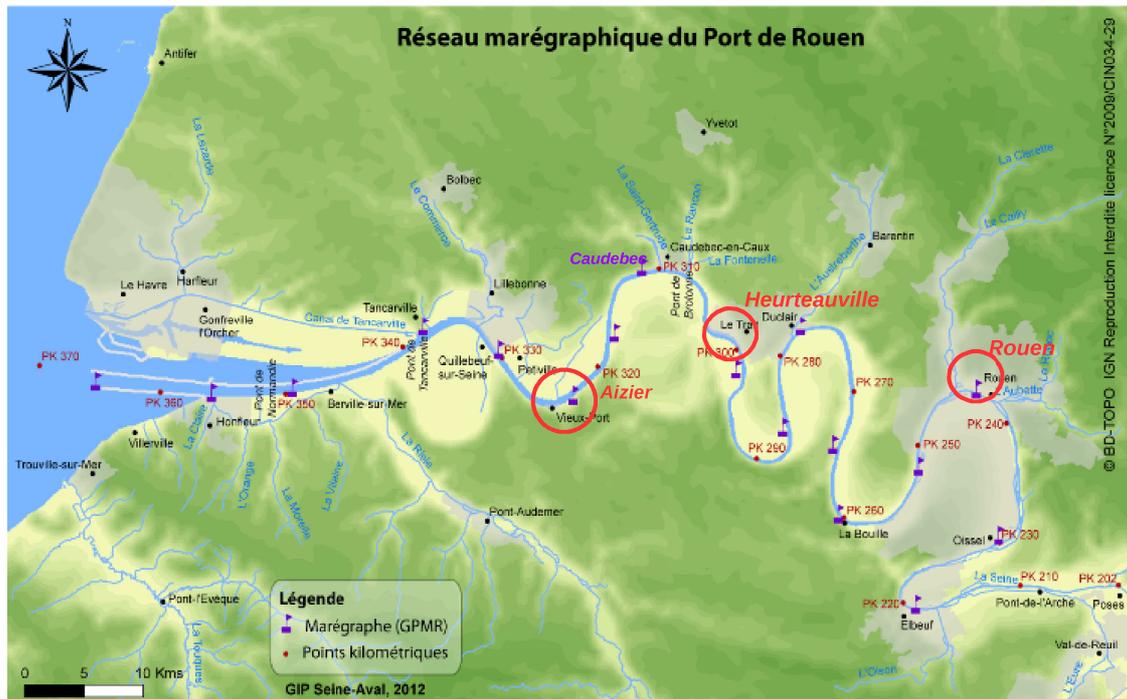


Illustration 1 : les 17 marégraphes de Seine du GPMR. Sites de jaugeages du 29 septembre 2015, fond GIPS Seine-Aval

## 2.- Méthodologie et équipements déployés

La journée du 21 avril 2015 pour laquelle des jaugeages ont été réalisés au droit des sites d'Aizier et de Rouen avait permis de tirer les premiers enseignements suivants :

- compte tenu de la forte variation des débits mesurés, il est impossible d'envisager plusieurs traversées pour valider les données de débit mesurées. Les temps de traversées sont ainsi de l'ordre de 15 mn sur le site d'Aizier : le débit mesuré sera déjà un débit moyen sur cette durée. Aussi, il s'agira à chaque fois de mettre en œuvre simultanément deux ADCP (à tribord et bâbord des bateaux déployés), travaillant à des fréquences différentes en vue d'éviter les « interférences » entre signaux et de manière à ce que chaque appareil réceptionne bien le train d'ondes qu'il a lui-même émis ;
- si le doublement des appareils permet de lever aussi un maximum de « doutes » sur la mesure, il est aussi apparu nécessaire d'équiper un maximum d'entre eux d'un système GPS au regard d'un fond mobile présent en particulier sur le(s) site(s) aval ;
- Les jaugeages prévus nécessitent des mesures « continues » sur une période de l'ordre de 6 à 8h, ce qui suppose un relais des équipes de jaugeages et des pilotes et donc le dimensionnement des équipes en conséquence.

Aussi les bateaux et matériels suivants ont été déployés sur chacun des sites :

- sur le site d'Aizier (Vieux-Port) : zodiac semi-rigide « Hydromètre » (5,25 x 2,15 m), moteur Mercury Jet 110Cv. Il portait les deux ADCP suivants de la DRIEE IdF : Rio Grande 1200, et un SonTek M9 équipé d'un GPS. Un GPS de poche a été embarqué ; il transmettait ces données en continu au logiciel d'exploitation des données du modèle RDI (« WinRiver ») : d'une faible précision, elle était néanmoins suffisante au regard de la section mesurée (largeur 400 m) ;

- sur le site d'Heurteauville : zodiac semi-rigide « Lorca » (5 x 2.1m), de puissance 58.9kW, moteur Mercury Jet 85Cv. Il portait les deux ADCP suivants : Rio Grande 1200 de la DRIEE IdF, et un SonTek M9 équipé d'un GPS de la DREAL HN. Sur ce site, aucune information GPS n'a été utilisée pour la mesure de débit via le Rio Grande ;
- sur le site de Rouen : bateau rigide « Méandre », arkip 460, coque alu (4.60 x 1.85 m), moteur de 50Cv, du LR de Blois (CEREMA). Il portait les deux ADCP suivants : RiverRay (RDI) du LR de Blois, et M9 (SonTek) de la DREAL BN; les deux appareils étaient équipés de GPS.



*Illustration 2 : vue du bateau « Hydromètre » sur le site aval (Vieux Bourg), à bâbord le SonTek M9 avec son GPS, à tribord le Rio Grande (RDI) sur sa potence*



*Illustration 3 : vue du bateau « Lorca » sur le site d'Heurteauville, à bâbord le SonTek M9 avec son GPS, à tribord le Rio Grande (RDI) sur sa potence lors de sa mise à l'eau*



*Illustration 4 : vue du bateau « Méandre » sur le site de Rouen, à bâbord le SonTek M9 avec son GPS, à tribord le RiverRay (RDI) avec son GPS*

**Bateaux et équipements déployés  
sur les 3 sites de Vieux-Port,  
Heurteauville et Rouen**

### 3.- La journée du mardi 29 septembre, les sites de mesures et les caractéristiques marégraphiques et hydrologiques

Le débit de la Seine à Vernon était de l'ordre de  $Q = 210$  à  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  (lundi 28 et mardi 29/09) ; celui de l'Eure à Louviers de l'ordre de  $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$  ; aussi un ordre de grandeur de  $Q \approx 250 \text{ m}^3/\text{s}$  peut être retenu pour le débit de la Seine, en amont du tronçon concerné.

Le coefficient de marée correspondant au pic de PM du mardi 29/09 matin est de 117. La situation météorologique était particulièrement « favorable » : faible vent, hautes pressions. Au marégraphe du Havre (SHOM), on observait une décote instantanée allant de  $-0,12$  à  $-0,47 \text{ m}$ , et de  $-0,24$  à  $-0,32 \text{ m}$  à la pleine mer (cf. tenue de plein de l'ordre de 2h20).

Marégraphe	Basse Mer (29/09/2015 matin)		Pleine Mer suivante (29/09/2015)			Marnage (m)
	Horaire (TU+1)	z (m CMH)	Horaire début (TU+1)	Horaire fin (TU + 1)	z (m CMH)	
Le Havre (SHOM)	5h15	0,34 m	8h45	11h05	8,20 m	7,86 m
Aizier (GPMR)	8h55	2,24 m	10h50	13h20	8,24 m	6 m
Heurteauville (GPMR)	9h50	3,27 m	11h30 (13h25)*	14h15	8,06 m	4,79 m
Rouen (GPMR)	11h35	4,19 m	15h30	16h00	7,96 m	3,77 m

Tableau 1 : synthèse des données (cotes et horaires) mesurées aux marégraphes du Havre (SHOM) et d'Aizier, Heurteauville et Rouen (GPMR) [\* tenue de plein à partir de 13h25, z > 7,50 m à partir de 11h30]

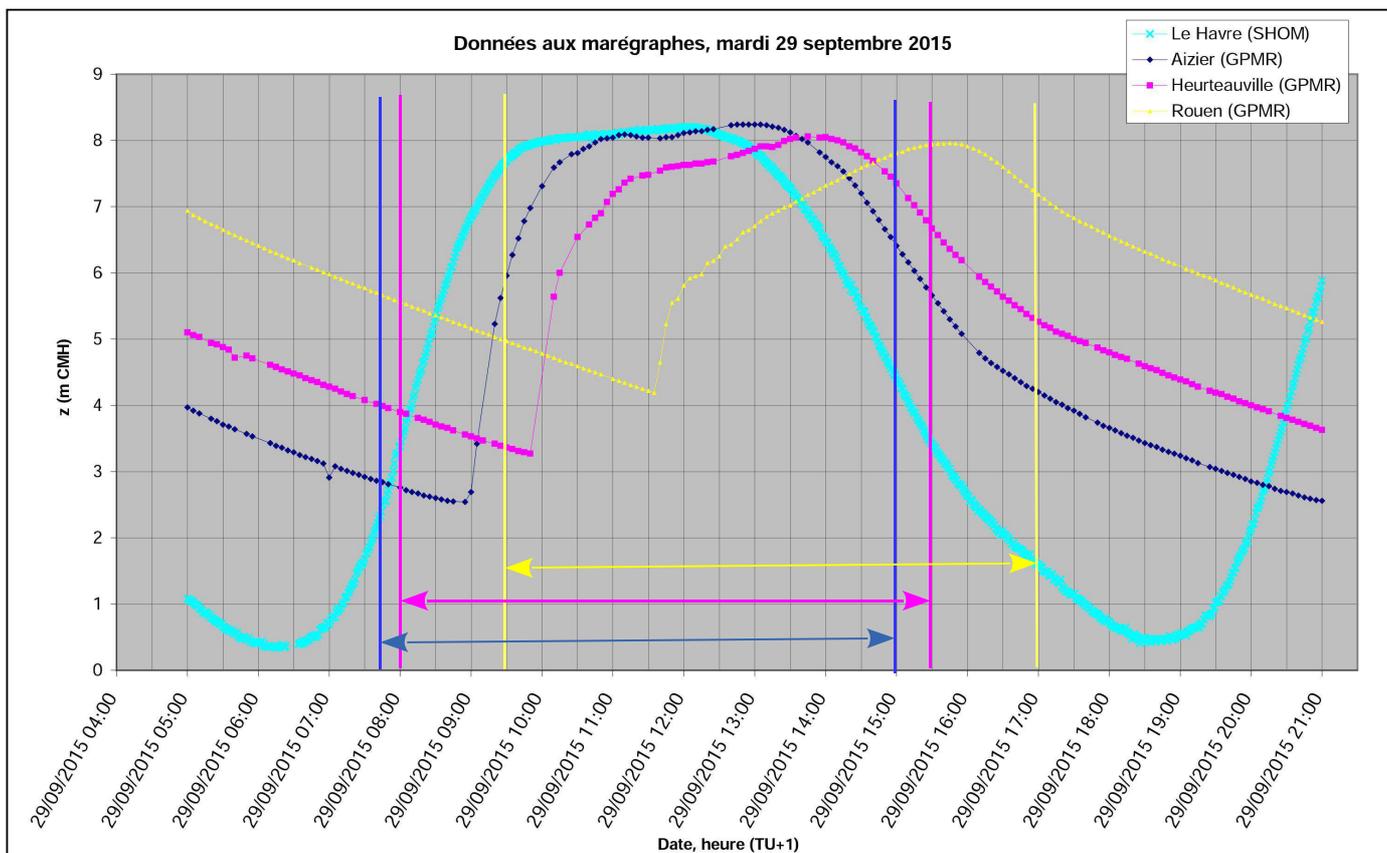


Illustration 5 : cotes mesurées aux marégraphes le 29/09/2015 (en TU+1 (= HL-1)) lors des mesures, et plages des mesures sur chaque site

La lecture des courbes précédentes permet de mettre en évidence le fort gradient de montée qui suit la BM : + 2,54 m en 20' à Aizier, + 2,40 m en 20' sur Heurteauville, et +1,36 m en 15' à Rouen.

Sur les 3 sites de mesures, la Seine présente une largeur respective de l'ordre de 400 m (Aizier), de 250 m (Heurteauville) et 200 m (Rouen), aussi les durées de chaque mesure (par les 2 ADCP de chaque bateau) étaient de 3' à 10'30" à Rouen<sup>2</sup>, de 2'30" à 11'55" Heurteauville, et de 4'40" à 10'35" sur Vieux-Port (Aizier) (durée de la traversée, fonction des vitesses mesurées) : les valeurs de débits et de vitesses mesurées correspondent donc à une moyenne sur cette durée.



Illustration 6 : site de mesures à Vieux-Port en aval du marégraphe d'Aizier, largeur de la Seine de l'ordre de 400 m

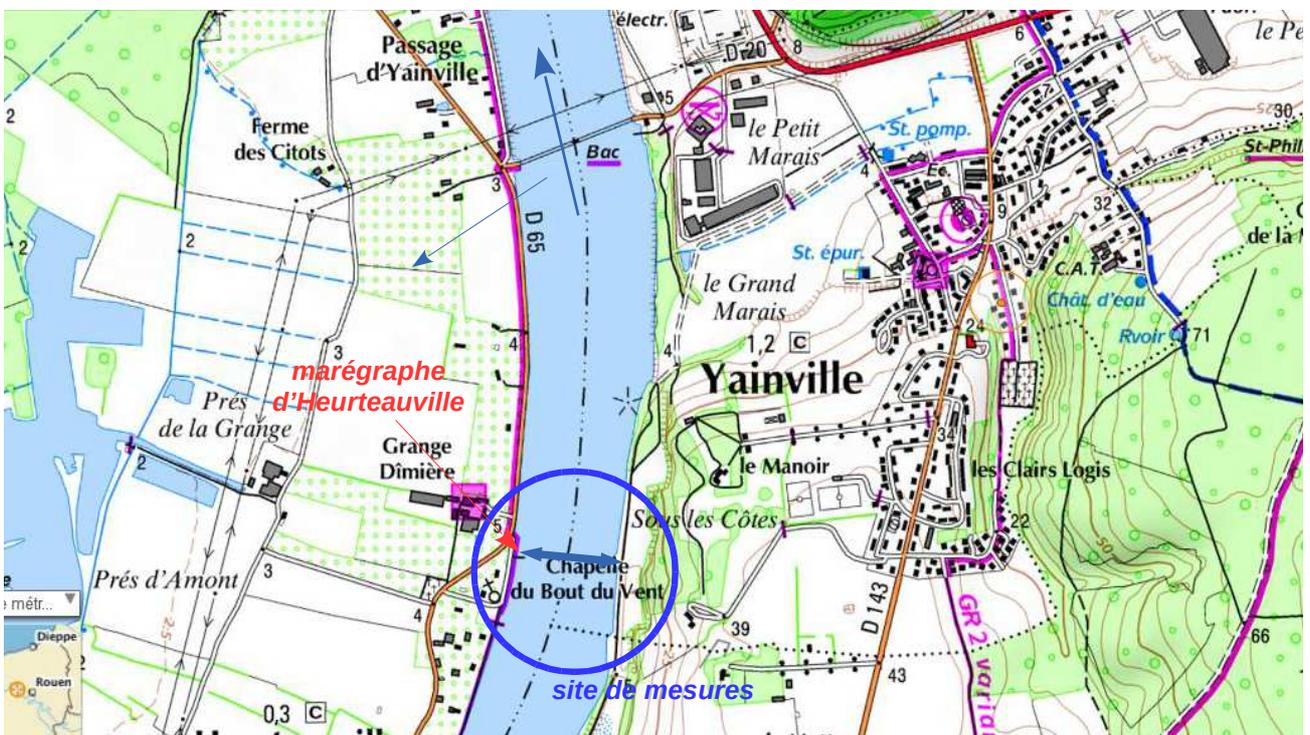


Illustration 7 : site de mesures à Yainville/Heurteauville, largeur de la Seine de l'ordre de 250 m

<sup>2</sup> Excepté 2 mesures de durées 14'56" et 16'10" sur Rouen.

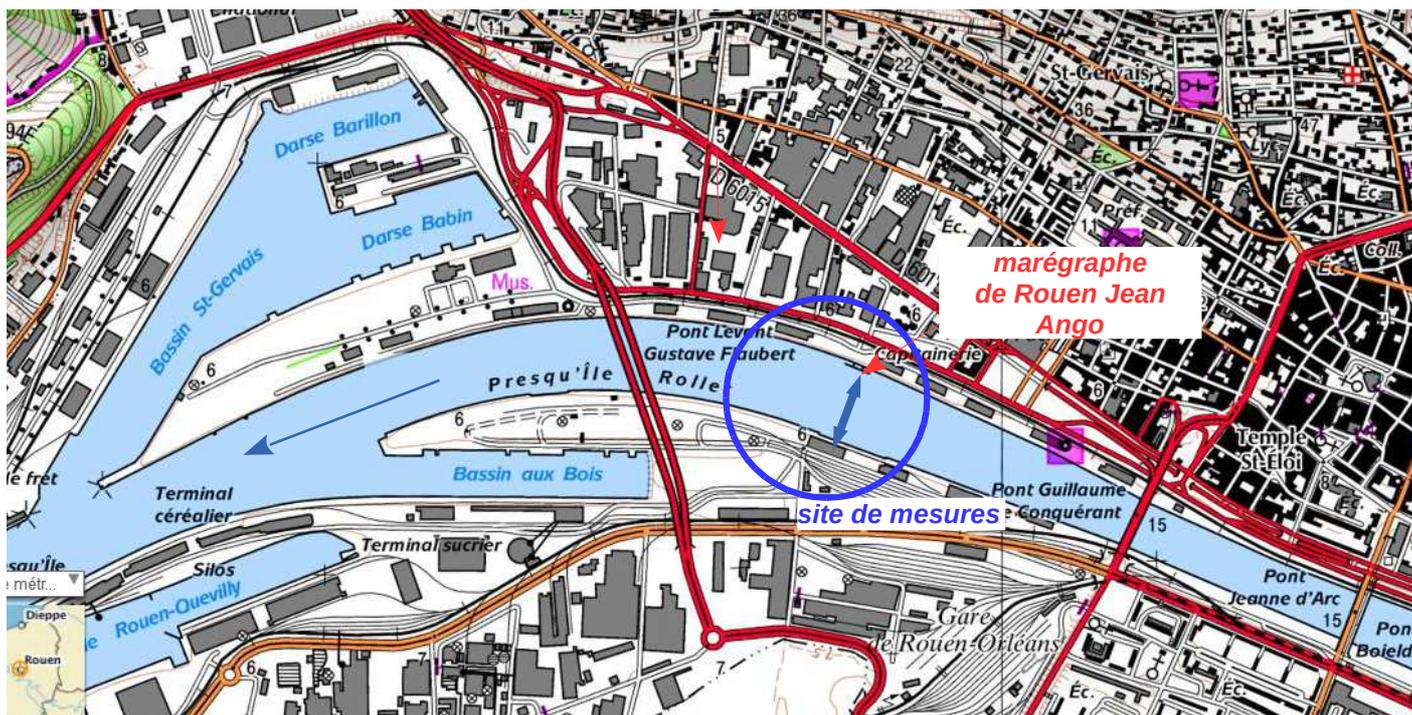


Illustration 8 : site de mesures à Rouen, marégraphe Jean Ango, largeur de la Seine de l'ordre de 200 m

#### 4.- Mesures et résultats

Nous faisons figurer ci-dessous les résultats obtenus, site par site, en indiquant les cotes marines et les débits mesurés, d'une part, et les cotes marines et les vitesses moyennes mesurées, d'autre part. Les mesures se sont concentrées sur l'évaluation du flot, et nous n'avons ni mesuré le débit maximum, ni la vitesse maximale au jusant.

##### 4.1.- Au droit du marégraphe de Rouen

	z (m, CMH)	Q(m <sup>3</sup> /s)		V(m/s)	
		M9 - SonTek	RiverRay - RDI	M9 - SonTek	RiverRay - RDI
Maximum au flot	7,96 m CMH (15h45)	-1 414 m <sup>3</sup> /s (14h57)	- 1 496 m <sup>3</sup> /s (14h57)	- 0,77 m/s (12h27)	- 0,76 m/s (12h41)

Tableau 2 : synthèse des données mesurées (maximum au flot) au marégraphe de Rouen, le 29 septembre 2015 de 9h28 à 16h59 (TU+1)

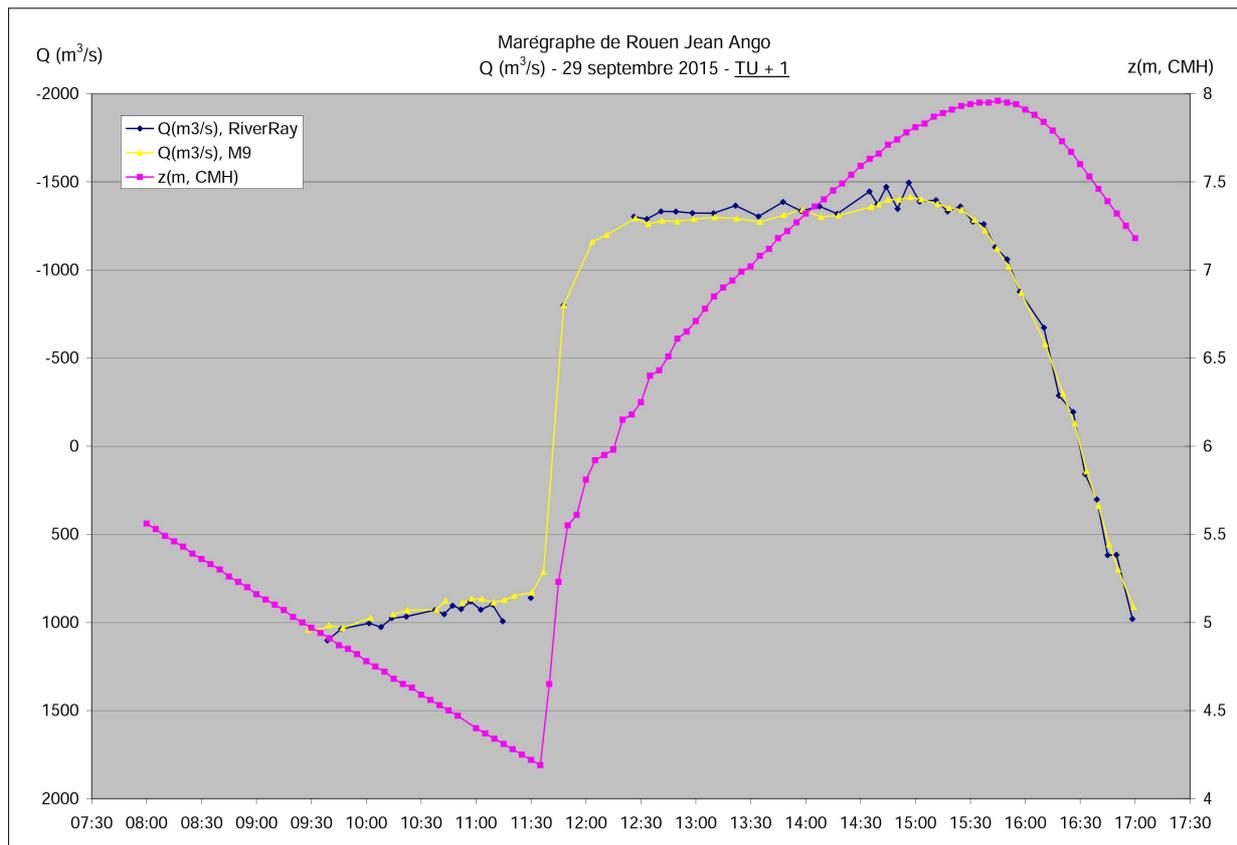


Illustration 9 : site de Rouen, cotes marines et débits (M9 et RiverRay)

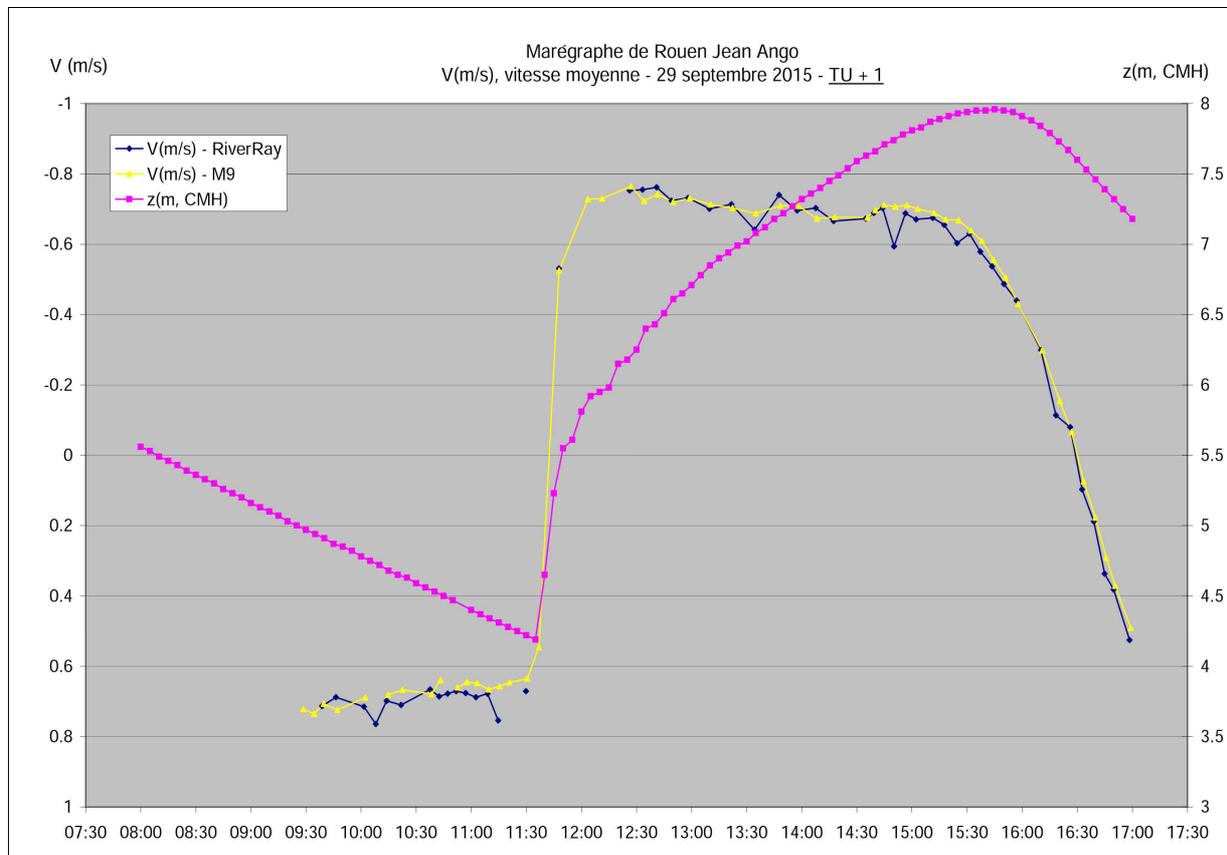


Illustration 10 : site de Rouen, cotes marines et débits (M9 et RiverRay)

On observe :

- des mesures très proches entre les deux appareils (M9 et RiverRay) tous deux équipés d'un GPS. La moyenne des écarts à la moyenne des débits mesurés par les deux appareils est de 1,74 %, avec un écart type de 3,67 % ;
- une vitesse moyenne maximale au flot qui s'observe avant le débit maximum. Les débits maximum présentent une « quasi tenue de plein » : ils restent très stables pendant presque 3h. Le maximum en termes de cotes s'observe après la pointe de débit ;
- des vitesses maximales au flot et au jusant (quand bien même nous n'avons pas mesurées ces dernières) qui semblent proches ;
- un gradient maximal du débit à la bascule au flot qui passe de + 714 à - 800 m<sup>3</sup>/s en 9 mn (soit quasi - 168 m<sup>3</sup>/s/mn), le gradient maximal en cotes s'établissant + 1,04 m en 10 mn. La bascule au jusant présente un gradient de débit plus faible (de l'ordre de + 36 m<sup>3</sup>/s/mn).

#### 4.2.- Au droit du marégraphe d'Heurteauville

	z (m, CMH)	Q(m <sup>3</sup> /s)		V(m/s)	
		M9 - SonTek	Rio Grande - RDI	M9 - SonTek	Rio Grande - RDI
Maximum au flot	8,06 m CMH (13h45)	- 4 937 m <sup>3</sup> /s (10h59)	- 4 752 m <sup>3</sup> /s (10h55)	- 1,70 m/s (10h59)	- 1,63 m/s (10h55)

Tableau 3 : synthèse des données mesurées (maximum au flot) au marégraphe d'Heurteauville, le 29 septembre 2015 de 7h59 à 15h37 (TU+1)

On observe :

- une variabilité des mesures de débits et de vitesses mesurées par le M9, en fonction du sens de la mesure (RG vers RD et inv.). Pour autant les ordres de grandeurs des valeurs mesurées sont relativement proches (quand bien même le Rio Grande était dépourvu de GPS) : si on retire les deux mesures réalisées à la bascule, où les débits mesurés par les deux appareils sont fortement différents<sup>3</sup>, la moyenne des écarts à la moyenne des débits mesurés par les deux appareils est de 0,52 %, avec un écart type de 5,2 % ;
- un débit maximum au flot (- 4 840 m<sup>3</sup>/s, moyenne des deux mesures), et une vitesse maximale, ici en phase avec la pointe de débit, qui s'observent bien avant la cote maximale, qui a lieu quasiment 3h plus tard. Le débit du flot diminue tandis que la cote marine continue d'augmenter ;
- des vitesses maximales au flot sans doute plus fortes que celles que l'on observe au jusant ;
- un très fort gradient du débit à la bascule au flot qui passe de + 2 405 à - 1 520 m<sup>3</sup>/s en 10'17" (soit quasi - 385 m<sup>3</sup>/s/mn), le gradient maximal en cotes s'établissant + 2,37 m en 20 mn. La bascule au jusant présente un gradient plus faible (de l'ordre de + 68 m<sup>3</sup>/s/mn).

<sup>3</sup> Respectivement -28,7 m<sup>3</sup>/s (RG) et + 67,2 m<sup>3</sup>/s (M9) (BM vers PM) et + 4,50 m<sup>3</sup>/s (RG) et + 180 m<sup>3</sup>/s (M9) (PM vers BM).

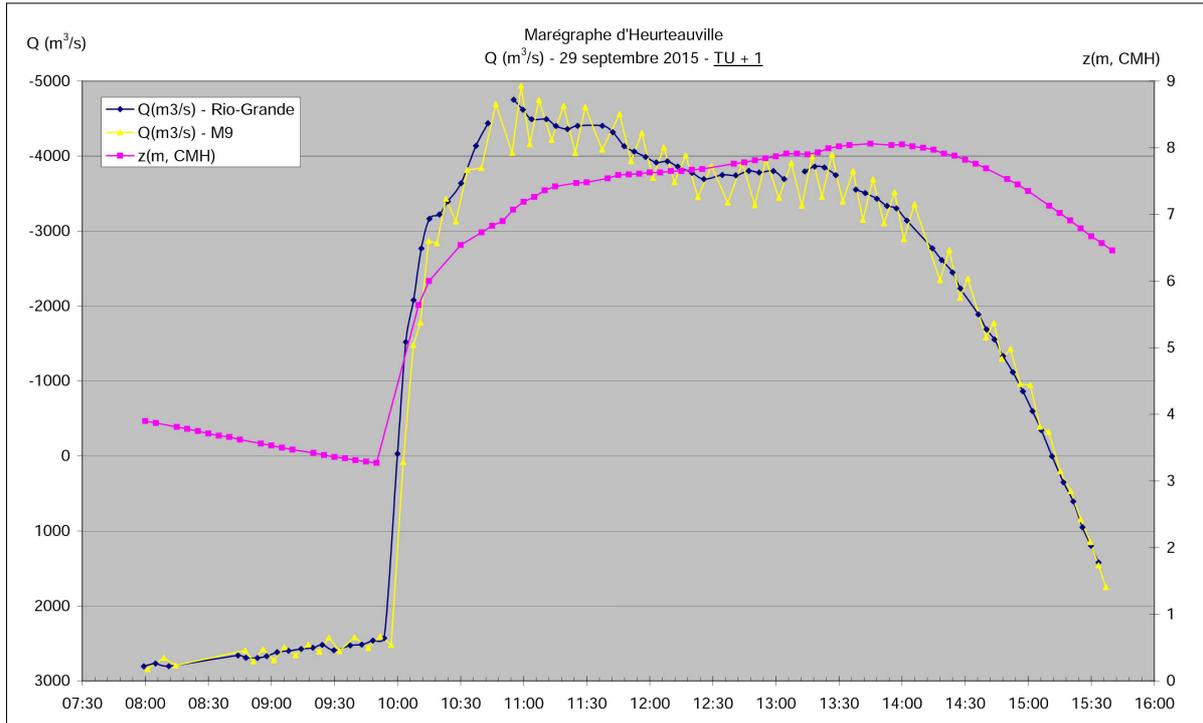


Illustration 11 : site d'Heurteauville, cotes marines et débits (M9 et Rio Grande)

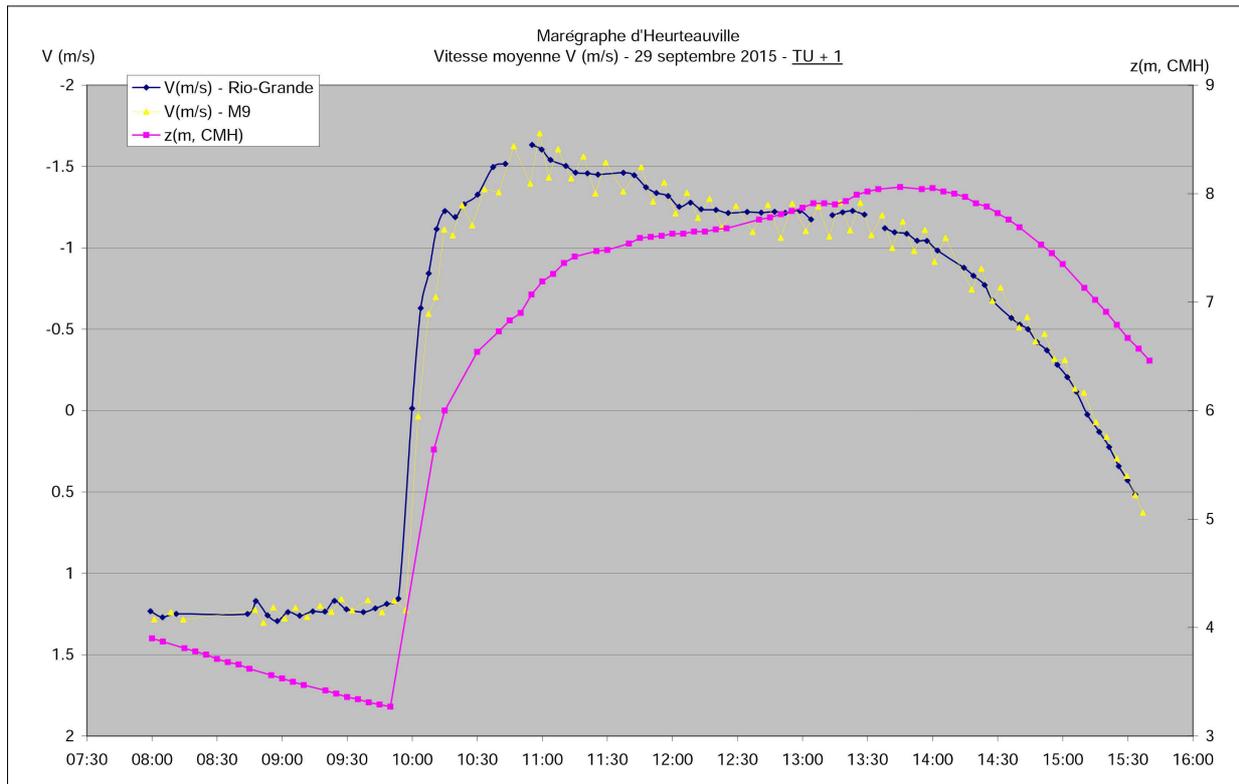


Illustration 12 : site d'Heurteauville, cotes marines et vitesses moyennes (M9 et Rio Grande)

**4.3.- Au droit du marégraphe d'Aizier**

	z (m, CMH)	Q(m <sup>3</sup> /s)		V(m/s)	
		M9 - SonTek	Rio Grande - RDI	M9 - SonTek	Rio Grande - RDI
Maximum au flot	8,24 m CMH (12h45)	- 7 670 m <sup>3</sup> /s (10h22)	- 8 747 m <sup>3</sup> /s (9h57)	- 1,65 m/s (10h01)	- 1,93 m/s (9h50)

Tableau 4 : synthèse des données mesurées (maximum au flot) au marégraphe d'Aizier, et au site de Vieux-Port, le 29 septembre 2015 de 7h44 à 15h07 (TU+1)

On observe :

- des différences plus importantes entre les valeurs mesurées en particulier pour les pointes liées au flot par les deux appareils équipés ici de GPS (cf. fond mobile). La moyenne des écarts à la moyenne des débits mesurés par les deux appareils s'établit à 5,04 % avec un écart type de 16,4 % ;
- une vitesse moyenne maximale au flot qui s'observe avant la pointe de débit, qui s'observe, elle, bien avant la cote maximale. Le débit au flot diminue tandis que la cote continue d'augmenter ;
- des vitesses maximales au flot sans doute plus fortes que celles que l'on observe au jusant ;
- le très fort gradient du débit à la bascule au flot qui passe de + 3 210 à - 3 189 m<sup>3</sup>/s en 18'19" (soit de l'ordre de - 370 m<sup>3</sup>/s/mn, valeur proche de celle d'Heurteauville), le gradient maximal en cotes s'établissant + 2,54 m en 20 mn). La bascule au jusant présente un gradient plus faible (de l'ordre de + 86 m<sup>3</sup>/s/mn).

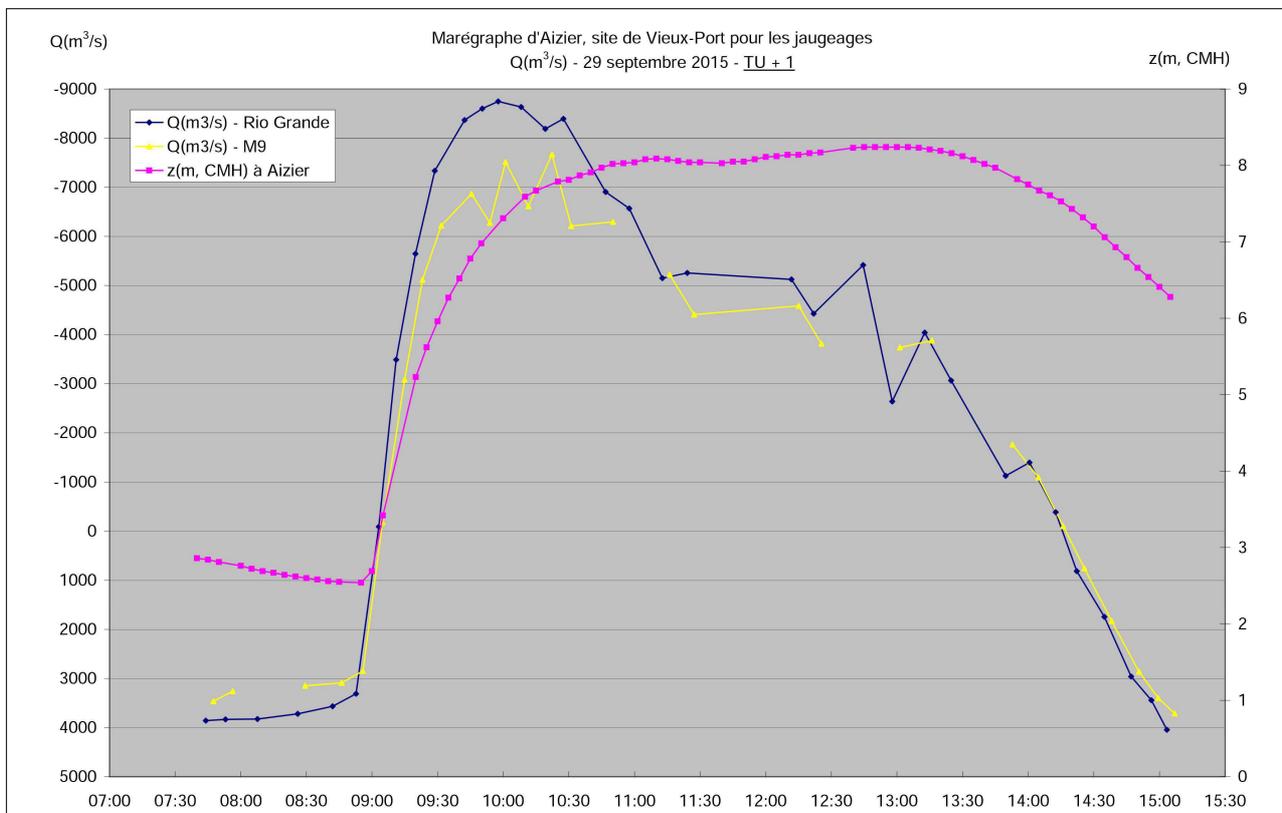


Illustration 13 : site d'Aizier et de Vieux-Port, cotes marines et débits (M9 et Rio Grande)

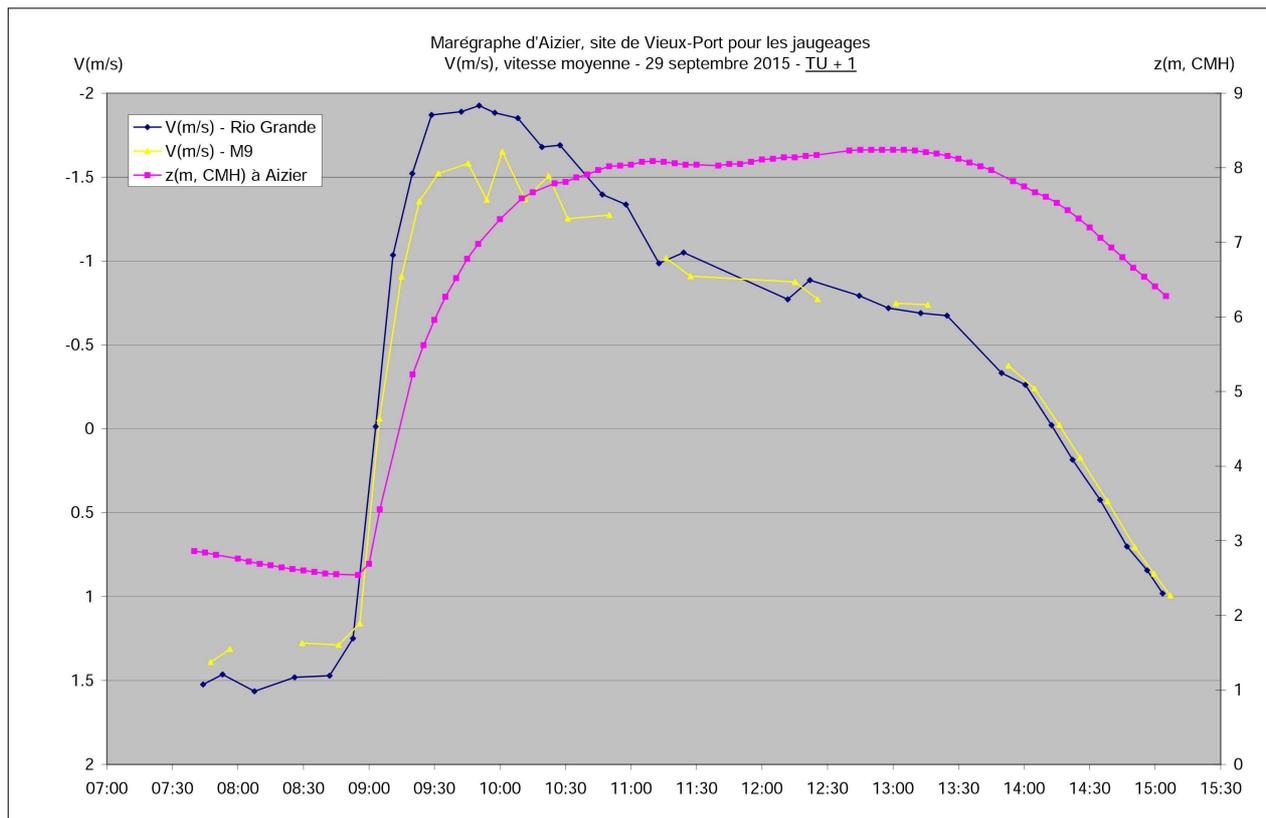


Illustration 14 : site d'Aizier et de Vieux-Port, cotes marines et vitesses moyennes (M9 et Rio Grande)

A Rouen, le 28 octobre 2015  
 SRE/BHPC, DREAL Haute-Normandie