



Dynamique de la zone de *swash* : influence de la marée et de la morphologie sur les paramètres du *run-up*

Camille ENJALBERT¹, Nadia SENECHAL¹, Karin R. BRYAN²,
Giovanni COCO³, Jamie MACMAHAN⁴, Jenna BROWN⁴

1. Université Bordeaux 1, UFR Sciences de la Terre et de la Mer, UMR 5805 CNRS – EPOC, bat. B18, avenue des facultés, 33705 Talence, France.
c.enjalbert@epoc.u-bordeaux1.fr, n.senechal@epoc.u-bordeaux1.fr
2. Department of Earth and Ocean Science, University of Waikato, Nouvelle Zélande.
kbryan@waikato.ac.nz
3. Institute of Environmental Hydraulics, University of Cantabria, Santander, Espagne.
giovanni.coco@unican.es
4. Oceanography department, Naval Postgraduate School, Monterey, California, USA.
jhmacmah@nps.edu, jenna.a.brown@gmail.com

Résumé :

L'influence de la pente de plage et de la morphologie sur le *run-up* sont étudiées, au cours d'un cycle de marée dans des conditions dissipatives, à partir de données vidéo. Le *run-up* est dominé par la composante infragravitaire qui présente une variation d'un facteur deux au cours du cycle de marée qui ne peut s'expliquer uniquement par une variabilité du forçage au large. Une forte variabilité de la pente de plage est observée et, contrairement aux études précédentes, le *run-up* n'est pas relié linéairement à H_0 . La forme du profil de plage ainsi que l'évolution des vagues dans la zone de surf sont significativement corrélées au *run-up*.

Mots-clés :

Run-up – Imagerie vidéo – Marée – Paramètres environnementaux – Pente de plage – Bande infragravitaire – Conditions dissipatives

Abstract:

The impact of tide and morphology on run-up parameters in dissipative conditions is assessed, using high-frequency video observations. The infragravity *run-up* is dominant and shows variations of about 60% during an entire tidal cycle. This behavior cannot be explained by the evolution of offshore wave conditions. Wave conditions in the surf zone and the beach slope are tidally modulated and significantly correlated to the run-up. The role of the shape of the beach profile is also investigated.

Key-words:

Run-up – Video imaging – Dissipative conditions – Infragravity frequency – Beach slope

1. Introduction

Le *swash* représente la dynamique de la ligne d'eau à l'interface océan-rivage. Le terme *run-up* désigne les fluctuations de cette ligne d'eau autour d'une valeur moyenne, le *setup*. Le *run-up* est le principal processus impliqué dans l'érosion du haut de plage et les problèmes de submersion marine, d'autant plus lors de conditions énergétiques. Sa dynamique varie en fonction de paramètres hydrodynamiques (conditions de vagues) et environnementaux (pente de plage) et est généralement reliée au paramètre d'Iribaren :

$$\xi_0 = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_0/L_0}} \quad (2)$$

avec β =pente de plage, H_0 et L_0 =hauteur et longueur d'onde des vagues au large (m), respectivement. Lors de conditions dissipatives, la dynamique du *swash* est généralement dominée par la composante infragravitaire du *run-up* ($0.005 \text{ Hz} < f < 0.05 \text{ Hz}$) (RUESSINK *et al.*, 1998 ; RUGGIERO *et al.*, 2004) alors que lors de conditions réfléchives, la composante incidente ($0.05 \text{ Hz} < f < 0.25 \text{ Hz}$) domine (GUZA & THORNTON, 1982 ; STOCKDON *et al.*, 2006). Des incertitudes demeurent quant à la paramétrisation du *run-up* en fonction des différents paramètres environnementaux. De récentes études ont notamment montré que la marée et la morphologie ont une influence sur le comportement du *run-up* (GUEDES *et al.*, 2011). Cependant, l'impact de ces paramètres reste encore peu connu, notamment lors de conditions énergétiques. Nous souhaitons ici étudier la dynamique du *run-up* lors de conditions énergétiques, en se focalisant sur l'influence de la marée et la morphologie, à partir de données vidéo. Le rôle de facteurs tels la hauteur des vagues dans la zone de surf et la forme du profil de plage est également abordé.

2. Matériel et méthodes

2.1 Site d'étude

La plage du Truc Vert se situe sur la côte Atlantique, en Gironde. Elle est localisée à environ 10 km au Nord de l'embouchure du Bassin d'Arcachon et environ 90 km au Sud de l'estuaire de la Gironde (figure 1) et n'est donc ni influencée par l'hydrodynamique de l'estuaire ni par celle du Bassin d'Arcachon. Elle se situe dans une zone non anthropisée et sa dynamique est donc essentiellement contrôlée par des facteurs naturels. Cette plage sableuse est de type intermédiaire et constitue un système plage-dune complet associé à un double système de barres (CASTELLE *et al.*, 2007). Le régime de marée est de type méso-macrotidal, semi-diurne avec des amplitudes moyennes de 3,7 m en vives-eaux et 1,8 m en mortes-eaux. La plage du Truc Vert est soumise à une dynamique importante avec des hauteurs de vagues annuelles moyennes de 1,4 m et périodes associées de 6,5 s (BUTEL *et al.*, 2002).

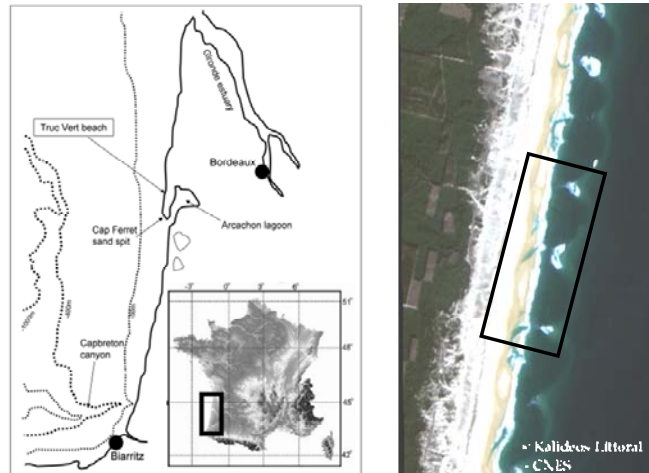


Figure 1. Localisation du site d'étude : plage du Truc Vert, Gironde.

2.2 Données

Les données présentées ici ont été acquises dans le cadre de la campagne ECORS –Truc Vert 2008 (SENECHAL *et al.*, 2011a). Le forçage au large a été mesuré par une bouée houle directionnelle située à 20 m de profondeur en face de la zone d'étude, à environ 1,5 km de la plage (SHOM). Une ligne de capteurs de pression piézorésistifs a été déployée par la Naval Postgraduate School sur la barre interne et a ainsi permis d'évaluer l'évolution des vagues en zone de surf ainsi que d'estimer plus précisément l'altitude du plan d'eau. Des relevés topographiques journaliers ont été réalisés à marée basse à l'aide d'un GPS cinématique dont la résolution est de 10cm. Durant la campagne, un système de caméras vidéo a été installé en haut de la dune située à l'arrière de la plage à une hauteur par rapport au niveau de marée moyen de 24 m. Il comportait deux caméras haute résolution permettant un enregistrement à haute fréquence (2 Hz) continu durant la journée. Les deux caméras étaient orientées de façon à couvrir une distance dans la direction parallèle à la plage de 800 m en zone intertidale, et 2 km en zone subtidale.

A partir des images vidéo, des images *timestack* ont été générées au droit des capteurs de pression, le long de transects perpendiculaires à la plage (figure 2). La position de la ligne d'eau a été détectée de manière semi-automatique en se basant sur la différence d'intensité des pixels à l'interface entre l'eau et le sable (figure 2). Les valeurs d'élévation du *run-up* ont été obtenues par redressement géométrique des images vidéo et le signal obtenu a été rectifié à l'aide d'un profil de plage interpolé à partir des données topographiques brutes mesurées. La hauteur du *run-up* a été estimée par intégration du spectre d'élévation (équation 2) par pas de 15 minutes sur les différentes bandes de fréquence afin de déterminer les composantes incidente ($0.05 \text{ Hz} < f < 0.24 \text{ Hz}$) et infragravitaire ($0.004 \text{ Hz} < f < 0.05 \text{ Hz}$). La hauteur des vagues en zone de surf a été estimée de manière similaire à partir des données issues des capteurs de pression.

$$R = 4 * \sqrt{\sum PSD(f)df} \quad (2)$$

avec R =élévation du *run-up* (m), PSD =spectre de densité d'énergie du *run-up*. Afin de raccorder les données à la littérature (RUGGIERO *et al.*, 2004 ; STOCKDON *et al.*, 2006 ; SENECHAL *et al.*, 2011b), la pente de plage a été estimée à partir de la pente linéaire calculée sur une zone définie par ± 2 fois l'écart type de l'excursion du *run-up*.

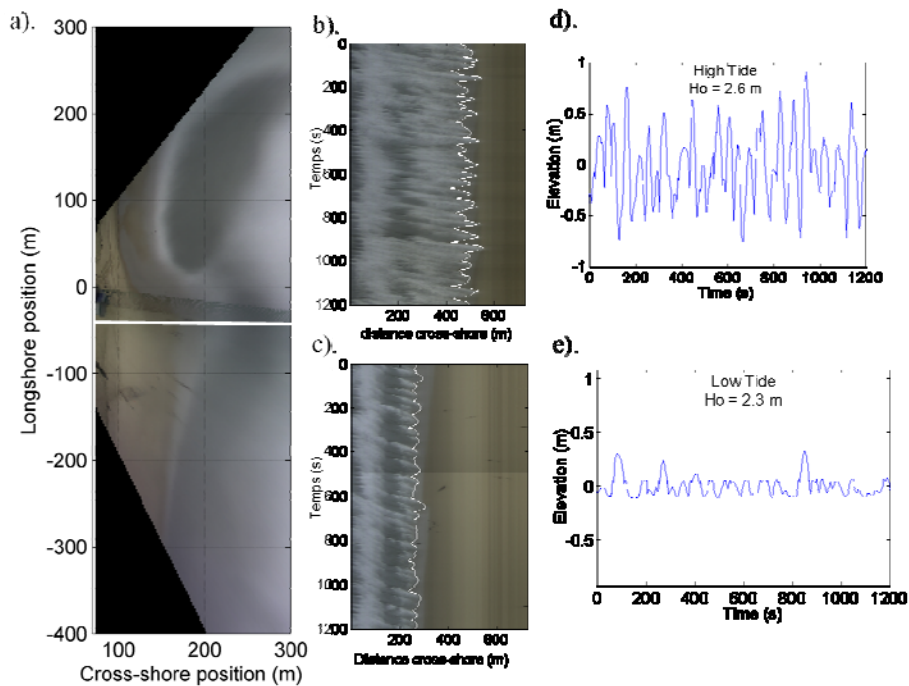


Figure 2. a). Image vidéo moyenne du 27 mars 2008 à marée basse et transect étudié ; images timestack et détection du swash à marée haute (b.) et basse (c.) ; signaux d'élévation du swash à marée haute (d.) et basse (e.).

Les données présentées ci-après concernent la journée du 27 mars 2008, au cours d'un cycle de marée complet le long d'un transect. La hauteur des vagues au large et la période de pic associée étaient respectivement de 2.4 m et 10 s avec un marnage de 2 m.

3. Résultats

La figure 3 représente les conditions hydrodynamiques et environnementales ainsi que l'élévation du *run-up* dans les différentes bandes d'énergie. Une synthèse des conditions hydrodynamiques et environnementales ainsi que les données statistiques d'élévation du *run-up* sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

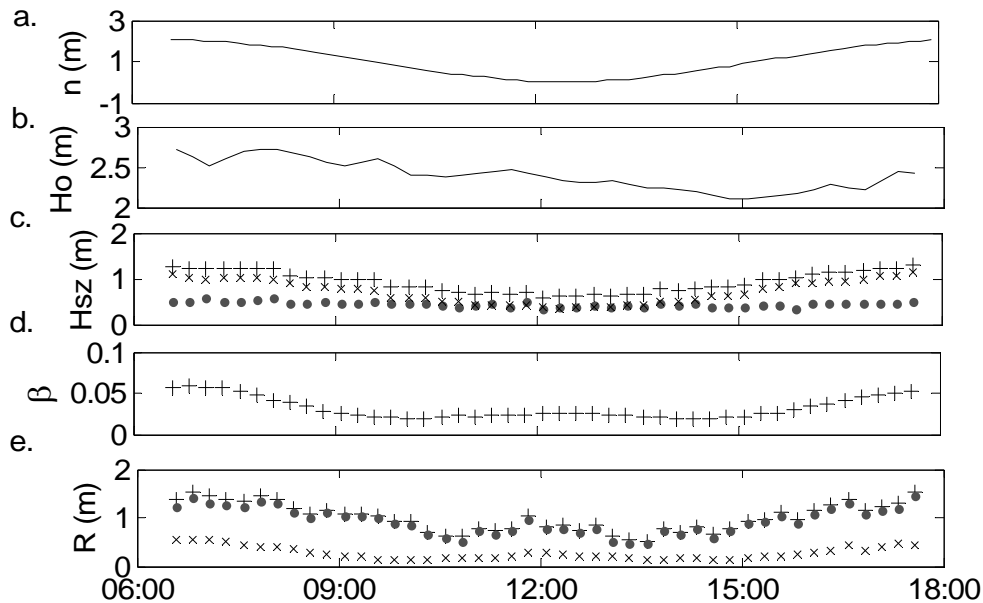


Figure 3. Paramètres hydrodynamiques et environnementaux le 27 mars 2008. a) hauteur d'eau moyenne (m) ; b) hauteur des vagues au large (m) ; c) hauteur des vagues dans la zone de surf (m) selon différentes bandes d'énergie : totale (+), incidente (0.05-0.25 Hz) (x) et infragravitaire (0.005-0.05 Hz) (.) ; d) pente de plage ; e) Elévation du run-up (m) selon les différentes bandes d'énergie.

Les conditions de vagues au large, énergétiques, sont restées relativement stationnaires au cours de la journée avec une variation maximale de 0.6m (soit 22%) (tableau 1). Le *run-up* présente une variation beaucoup plus importante, de l'ordre de 60% (tableau 2) qui touche plus particulièrement la composante infragravitaire qui est majoritairement dominante (tableau 2). Ceci est en accord avec les conditions dissipatives caractérisées par un paramètre d'Iribarren faible ($\xi_0 < 0.3$, tableau 1) et les précédentes études (HOLMAN & SALLENGER, 1985 ; STOCKDON *et al.*, 2006). Dans la littérature, les observations montrent généralement une relation linéaire entre le *run-up* et le forçage au large (GUZA & THORNTON, 1982 ; RUESSINK *et al.*, 1998 ; RUGGIERO *et al.*, 2004). Dans le cas présent, la variabilité du *run-up* ne semble cependant pas pouvoir être imputée uniquement au forçage au large, suggérant l'influence d'autres paramètres. La hauteur des vagues en zone de déferlement ainsi que la pente de plage présentent une modulation tidale importante avec des variations d'un facteur deux au cours du cycle de marée (figure 3, panels c et d respectivement). Au niveau de la barre interne, l'énergie incidente est majoritairement dominante (70%) et l'énergie infragravitaire reste relativement faible (figure 3, panel c). Ces variations n'expliquent pas la chute observée au niveau de la bande infragravitaire du signal d'élévation du *run-up*. L'hypothèse d'un contrôle par des paramètres locaux, en particulier la pente de plage est explorée, notamment au travers de la figure 4.

Thème 1 – Hydrodynamique côtière

Tableau 1. Synthèse des conditions hydrodynamiques et environnementales moyennes aux différents stades de marée

Heure	marée (m)	H_0 (m)	T_p (s)	H_{sz} (m)	β	ξ_0
06 h 30	1,89	2,52	9,96	1,20	0,05	0,36
12 h 30	0,88	2,33	9,98	0,92	0,02	0,41
18 h 30	0,09	2,34	10,04	0,67	0,02	0,17

Tableau 2. Synthèse des valeurs d'élévation du run-up et part des run-up infragravitaire et incident

	R_{tot} (m)	R_{ig} (m)	R_{inc} (m)	R_{ig} (%)	R_{inc} (%)
moyenne	1,01	0,94	0,27	0,92	0,08
écart-type	0,29	0,27	0,13	0,04	0,04
minimum	0,52	0,48	0,13	0,84	0,02
maximum	1,54	1,44	0,56	0,98	0,16

Tel que suggéré dans de précédentes études (RUESSINK *et al.*, 1998 ; RUGGIERO *et al.*, 2004 ; STOCKDON *et al.*, 2006) le *run-up* présente des comportements distincts en fonction du paramètre d'Iribaren (figure 4). La rupture de pente observée confirme la séparation admise pour la valeur $\xi_0=0.3$ et les données sont cohérentes avec les résultats observés dans la littérature. Cependant, il n'existe pas d'équation commune aux différents auteurs, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle la paramétrisation du *run-up* en fonction du paramètre d'Iribaren serait spécifique à chaque site et aux conditions d'études (RUESSINK *et al.*, 1998 ; SENECHAL *et al.*, 2011b).

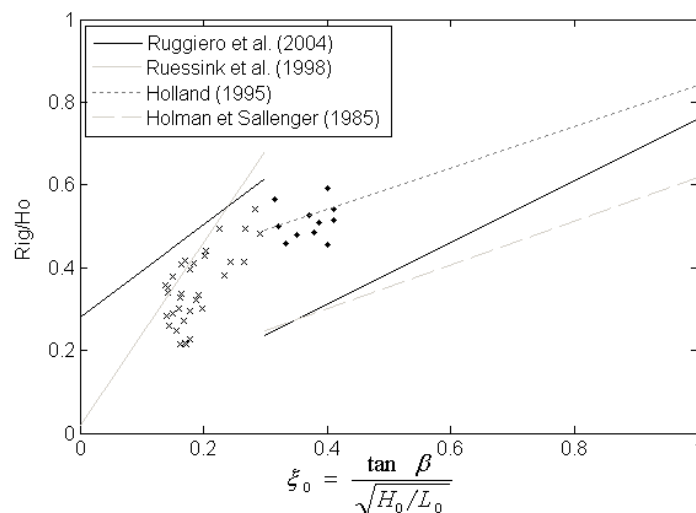


Figure 4. Paramétrisation du run-up infragravitaire normalisé par la hauteur des vagues au large en fonction du paramètre d'Iribaren à marée basse (x) et haute (.).

4. Discussion

Bien que peu explorée jusqu'alors, la modulation tidale observée dans le comportement du *run-up* a déjà été reportée dans la littérature (STOCKDON *et al.*, 2006 ; GUEDES *et al.*, 2011). Cependant, il semble que différents paramètres entrent en jeu dans cette variation de comportement (vagues dans la zone de déferlement, pente de plage) dont les influences ne sont pas clairement établies. L'évolution du *run-up* est contrôlée par le déferlement des vagues dans la zone de surf et la pente de plage qui présente une modulation tidale dont la tendance est similaire à l'évolution du *run-up* (figure 3, panel d). Ces deux paramètres sont directement dépendants du cycle de marée, au cours duquel le niveau d'eau et la position de la zone de *swash* varient (figure 5).

Le paramètre d'Iribaren permet la prise en compte des conditions de vagues au large ainsi que de la pente de plage mais ne semble cependant pas proprement adapté à la caractérisation de la zone de *swash*. En effet, au cours du cycle de marée, la zone de surf est dissipative tandis que la zone de *swash* est considérée dissipative à marée basse ($\xi\sigma < 0.3$) et intermédiaire à mi-marée et marée haute ($0.3 < \xi\sigma < 1.5$). Différentes définitions de la pente de plage ont été explorées, afin de caractériser au mieux la zone de *swash*, notamment en ce qui concerne la forme du profil de plage. A marée haute et basse, la plage du Truc Vert présente un profil de forme concave, contrairement à la mi-marée ou celui-ci est convexe (figure 5). Ce changement de forme pourrait avoir un impact sur la dynamique du *swash* qu'il convient d'étudier plus en détail (figure 3, panel e). L'utilisation de la hauteur des vagues en zone de déferlement et non au large semblerait mieux adaptée à la paramétrisation du *run-up* (STOCKDON *et al.*, 2006 ; GUEDES *et al.*, 2011) mais ne suffit pas cependant à expliquer en totalité le comportement observé.

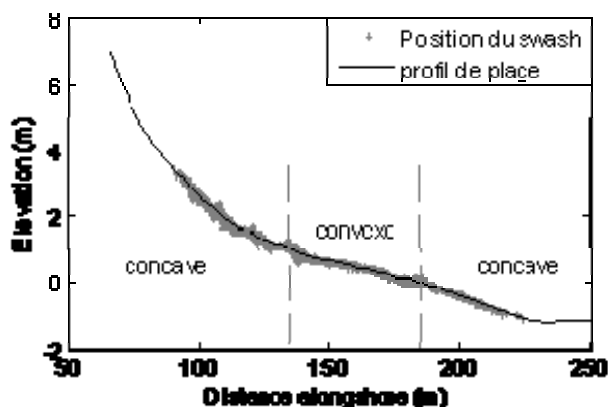


Figure 5. Profil de plage le long du transect étudié et position du swash le 27 mars 2008 au cours d'un cycle de marée. La barre externe est située plus au large ~300 m.

5. Conclusions

Le *run-up* présente une modulation tidale importante qui ne semble pas être reliée aux conditions de vagues au large contrairement à ce qui est admis dans la littérature. Il

semblerait que son comportement soit régi par différents facteurs hydrodynamiques et environnementaux tels la hauteur des vagues en zone de surf et la pente de plage, qui évoluent au cours du cycle de marée. L'influence des différents paramètres n'est cependant pas clairement établie, d'autant plus qu'ils évoluent au cours du cycle de marée et sont inter-corrélés. La définition de nouveaux paramètres prenant en compte la forme du profil de plage et la configuration de la zone de surf semble constituer une piste à explorer afin de caractériser au mieux le comportement de la zone de *swash*.

6. Références bibliographiques

- BUTEL R., DUPUIS H., BONNETON P. (2002). *Spatial variability of wave conditions on the french Atlantic coast using in-situ data*. J. Coastal Res. SI 36, pp 96-108.
- CASTELLE B., BONNETON P., DUPUIS H., SENECHAL N. (2007). *Double bar beach dynamics on the high-energy meso-macrotidal French Aquitanian coast : a review*. Marine Geology 245, pp 141-159. doi:10.1016/j.margeo.2007.06.001
- GUEDES R.M.C., BRYAN K.R., COCO G., HOLMAN R. A. (2011). *The effects of tides on swash statistics on an intermediate beach*. J. of Geophys Res., 116, C04008, doi:10.1029/2010JC006660
- GUZA R.T., THORNTON E.B. (1982). *Swash oscillations on a natural beach*. J. Geophys. Res., 87, pp 483-491. doi:10.1029/JC087iC01p00483
- HOLMAN R.A., SALLENGER A.H. (1985). *Setup and swash on a natural beach*. J. Geophys. Res., 90, pp 945-953. doi:10.1029/JC090iC01p00945
- RUSSINK B.G., KLEINHANS M.G., VAN DEN BEUKEL P.G.L. (1998). *Observations of swash under highly dissipative conditions*. J. Geophys. Res., 103, pp 3111-3118. doi:10.1029/97JC02791
- RUGGIERO P., HOLMAN R.A., BEACH R.A. (2004). *Wave run-up on a high-energy dissipative beach*. J. Geophys. Res., 109, C0625. doi:10.1029/2003JC002160
- SENECHAL N., ABADIE S., GALLAGHER E., MACMAHAN J.H.M., MASSELINK G., MICHALLET H., RENIERS J.H.M., RUSSINK B.G., RUSSELL P.E., SOUS D., TURNER I.L., ARDHUIN F., BONNETON P., BUJAN S., CAPO S., CERTAIN R., GARLAN T., PEDREROS R. (2011a). *The ECORS- Truc Vert'08 nearshore field experiment: presentation of a three-dimensional morphologic system in a macro-tidal environment during consecutive extreme storm conditions*. Ocean Dynamics. doi:10.1007/s10236-011-0472-x.
- SENECHAL N., COCO G., BRYAN K.R., HOLMAN R.A. (2011b). *Wave runup during extreme wave conditions*. J. Geophys. Res. doi:10.1029/2010JC006814
- STOCKDON H.F., HOLMAN R.A., HOWD P.A., SALLENGER JR. A.H. (2006). *Empirical parameterizations of setup, swash and runup*. Coast. Eng., 53, pp 573-588. doi:10.1016/j.coastaleng.2005.12.005