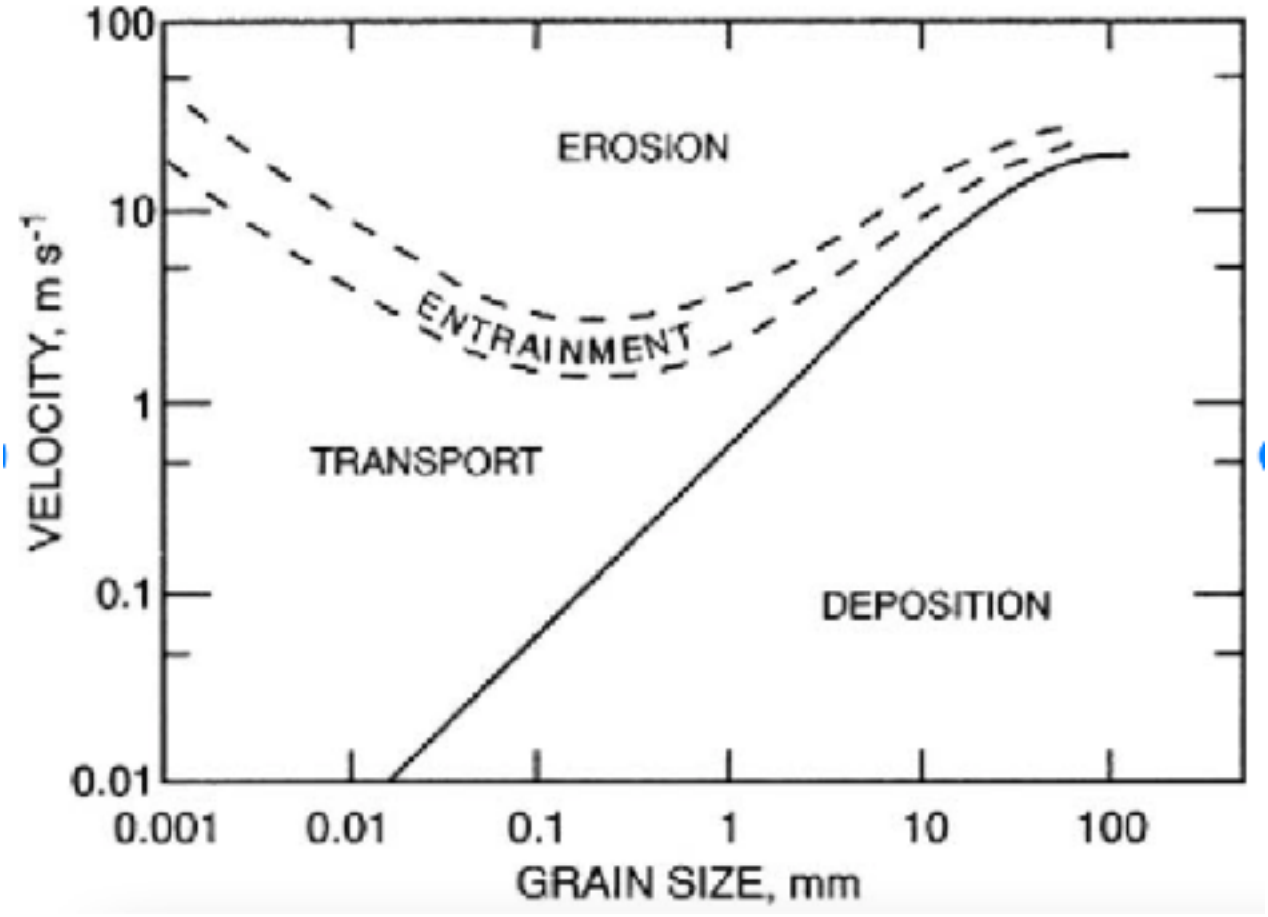
# *Le sable de la barre et de la ria d'Etel :*

***Pourquoi le sable marin entre-t-il dans l'estuaire de la rivière d'Etel et construit un banc de sable : la célèbre barre d'Etel à son embouchure.***

Une simple réflexion disons de «bon sens», voudrait que le sable roulé et apporté par le courant de la rivière soit transporté vers l'aval dans l'estuaire et poussé par le débit fluvial qui en s'additionnant à la pompe aspirante et refoulante de la marée **expulse au jusant, hors de l'estuaire, un volume «eau douce + eau salée» supérieur à la seule eau salée qui est entrée au flot**.

**Notions générales mais indispensables sur le transport et de sédimentation du sable et de la vase :** Voici un graphique, un peu ancien certes, mais très facile à lire. Pour en trouver une explication plus détaillée il suffit de taper «diagramme de Hjulström» dans Wikipedia. La **granulométrie** en abscisse est représentée entre 1micron = vases à G et 10 cm = galets à D, les **vitesses de courant** sont en ordonnée, U = entre 1cm/s et 30m/s. Pour représenter lisiblement sur un seul graphe ces très larges fourchettes dimensionnelles les échelles du graphe sont bilog.




*Si on regarde les courbes pointillées du haut, qui représentent le courant nécessaire, en fonction du diamètre des grains, pour «décoller» une particule déposée au fond (=entrainement). On voit, sur la moitié gauche du diagramme, que bien que la granulométrie continue à décroître, le courant nécessaire pour éroder ces dépôts de plus en plus fins est paradoxalement de plus en plus fort (la courbe pointillée remonte). Ainsi pour faire rouler un gros galet de 10cm ce courant est supérieur à 10m/s et de même pour une minuscule paillette d'argile de 0,001mm*

*(1micromètre) c'est un courant au moins équivalent qui est nécessaire* ***pour la faire décoller du fond*** *!!. Paradoxal n'est-ce pas !*
*Ceci est dû à la propriété de* ***cohésion*** *(une sorte de force de collage) entre les particules fines qui se développe entre les grains fins et les dépôts argileux au dessous de 0,1mm.*

*Mais revenons* ***à l'érosion et au dépôt des sables qui forment la barre d'Etel*** *(c.a.d. de grains dont la taille est comprise entre 2mm et 0,05mm) On voit que le minimum de vitesse de courant qui permet de commencer à déplacer des particules sédimentaires sur le fond (entrainment) correspond sur le graphe*
***A-****en ordonnée****, à un courant d'environ 1,5m/s*** *(c.a.d. au plus bas des courbes en pointillé)*
***B-****en abscisse****, à la granulométrie des sables*** *(soit entre 2mm et 0,05mm).* ***Les sables*** *(contrairement aux fines argiles)* ***sont donc les dépôts les plus mobiles, les plus faciles à éroder et déplacer sur le fond de la mer*** *ou des cours d'eau.*

**Le sable de la barre est calcaire** c.a.d. enrichi de débris de coquilles, les grains sont blancs, brillants, émoussés et luisants, **ce qui est caractéristique du sable de mer contrairement aux grains gris de sable siliceux, non usés et anguleux que l'on trouve à l'amont, entre les cailloutis du lit mineur du fleuve Etel**. Le sable de mer pénètre profondément dans l'estuaire constituant les berges et quelques petites plages comme au Magouer.
**A-C'est donc, à l'évidence, du sable de mer qui constitue la barre d'Etel et qui se dépose également dans l'estuaire externe !**
**B-C'est donc la marée, le courant de flot, qui pourtant déplace un volume d'eau inférieur au courant de jusant, qui fait entrer plus de sable vers l'amont dans l'estuaire que le jusant ne parvient à en faire sortir vers l'aval !**
**Mais comment est-ce possible ?**

https://maree.info/ La figure ci dessus représente la courbe de marée à Etel, aujourd'hui (21/10/25, coef 85) , calculée par l'application en ligne du SHOM : le très officiel Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
Sur le premier cycle semi-diurne qui est représenté, le flot dure environ 5h30mn et le jusant 6h35mn : Le montant et le perdant sont clairement asymétriques.
Pour se faire une meilleure idée de l'asymétrie des courants de marée respectifs il suffit de tracer les tangentes aux courbe du montant et du perdant, Les pentes respectives démontrent sans ambiguïté la différence entre les vitesses de courant au flot, très supérieures aux courants de jusant.

**Mais cette observation suffit-elle à expliquer pourquoi il entre dans l'estuaire plus de sable qu'il n'en sort ?**
Pour le savoir, il est nécessaire de calculer si la force exercée par le courant sur les grains de sable est simplement proportionnelle à la vitesse du courant ou si c'est plus subtil ?. Encore une apparente question de bon sens n'est-ce pas ?

**Calcul de l'influence de la vitesse de courant sur la quantité de sable transporté :**
https://www.paralia.fr/Files/09_45__8p__villaret.pdf . Voici par exemple une publication savante d'un laboratoire d'EDF reconnu en France en matière d'études hydrauliques. Ce n'est pas le plus simple de notre raisonnement mais Il existe de nombreuses formules de calcul du charriage du sable par les courants, car elles s'appliquent à des cas différents : comme chenaux ou mer ouverte par exemple.
**La force** responsable du transport solide du sable sur le fond est calculée par exemple dans cet article par cette formule : $\tau_0 = 1/2 \rho C_d U^2$

-la force de frottement exercée par le courant sur le fond, notée $\tau_0$, **est reliée au carré de la vitesse du courant moyen U** ( facteur $U^2$ dans la formule), $\rho$ est la masse volumique de l'eau, $C_d$ est un coefficient de frottement proportionnel à la pesanteur et la hauteur d'eau.
*Noter que dans cette formule assez simple, que* ***pour calculer la force s'exerçant sur le sable au fond et donc calculer la quantité de sable déplacé, la vitesse de courant mesurée doit être élevée au carré.*** *Par exemple si le courant de flot est de 2m par seconde et au jusant de 1m/s, vous constatez que te transport entrant au flot est multiplié par $2^2$ : c.a.d. proportionnellement quatre fois plus élevé qu'au jusant (par unité de temps),* ***et l'élévation au carré de cette différence de vitesse, change tout ! en devenant un facteur majeur de contrôle du sens de déplacement du sable par les courants de marée alternatifs dans l'estuaire****.*
*C'est ce qui fait la différence entre la forte quantité de sable qui entre au flot dans l'estuaire de la rivière d'Etel (courant fort) et la faible quantité qui parvient à s'en échapper au jusant (courant plus lent).*
Le bon sens est décidément une évidence bien fragile !

**La Barre sableuse d'Etel est la conséquence de l'oscillation de ce volume d'eau saumâtre dans l'estuaire, poussé vers l'amont au flot et vers l'aval au jusant, au rythme semi-diurne de la respiration de la marée.**

**Les courants alternatifs ainsi créés à la sortie de l'estuaire par ce volume oscillant sont transverses par rapport aux courants de marée marins plus au large. Ils produisent ainsi un «effet d'épi hydraulique» qui capture à la sortie de l'estuaire les flux de la dérive littorale des sables marins au profit de l'estuaire. Ces courants alternatifs ont élevé et entretiennent la barre sableuse en mer et font paradoxalement entrer du sable de mer dans l'estuaire.**

***La barre d'Etel est un remarquable monument naturel, «vivant» depuis environ 6mille ans, et construit patiemment par le sable de mer roulé par les courants de marée.***