



Effets couplés avec la mer et la perméation des sols

Richard Saurel

Richard.Saurel@univ-amu.fr

Effets couplés avec la mer

Effets thermiques et thermodynamiques

- On a vu que l'évaporation de l'eau à la surface des océans était la source de production des pluies.
- La concentration de vapeur d'eau dans l'air augmente sensiblement avec la température de l'eau.

Effet 'mécanique'

- Augmentation du niveau de la mer.
- Blocage du débit des fleuves.

Vagues = Instabilités de Kelvin-Helmoltz

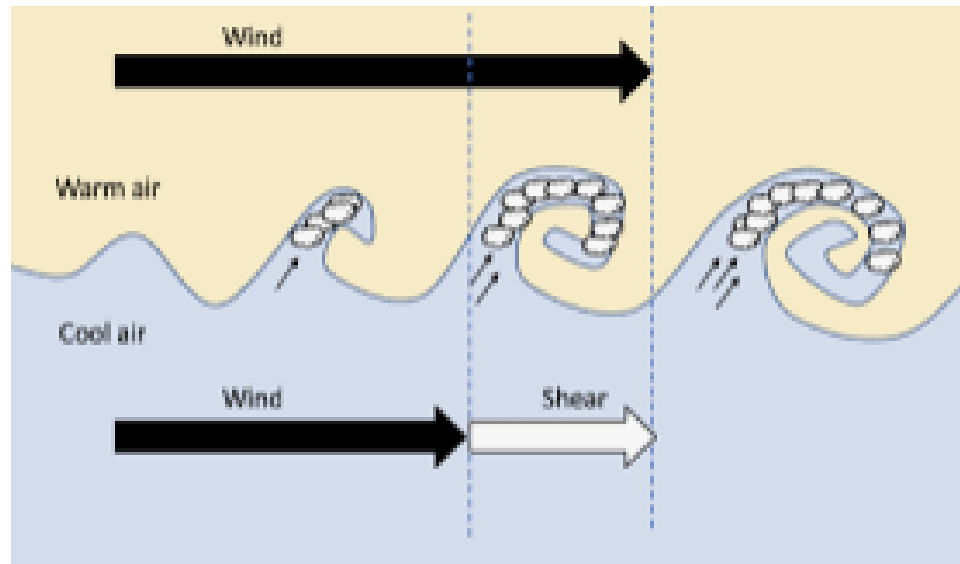
- Dans les nuages



A la surface de la mer ...



Le moteur de cette instabilité ..

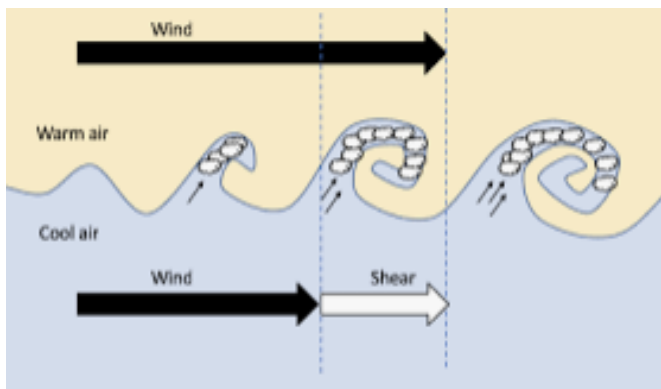
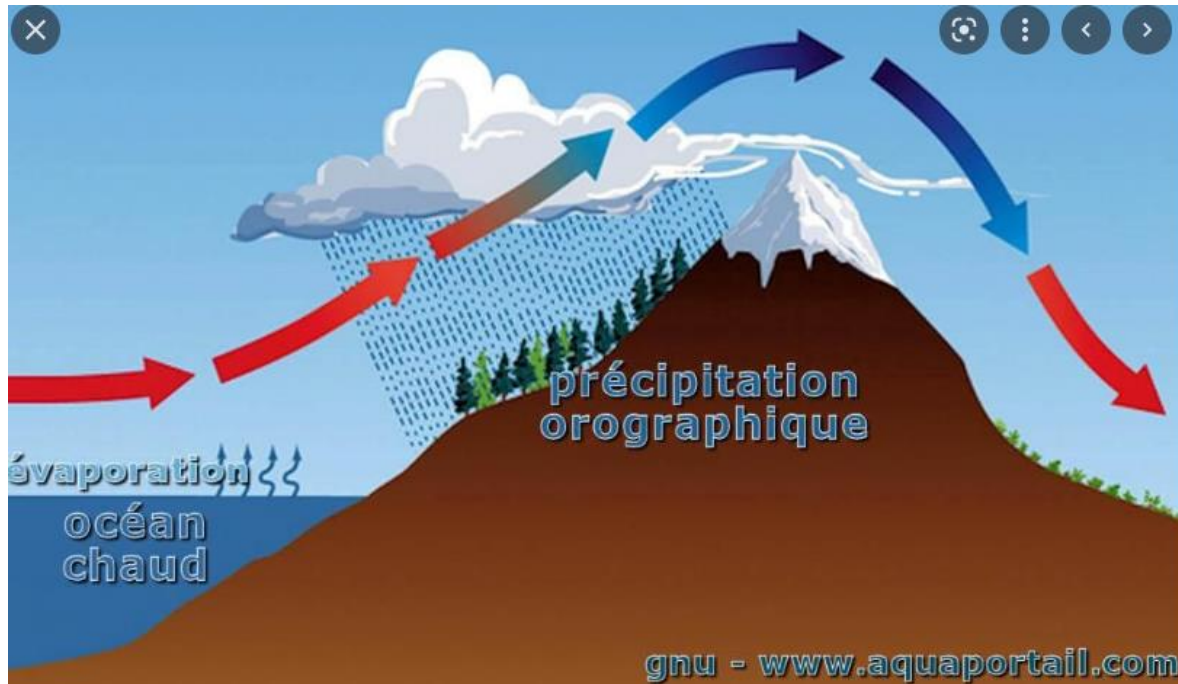


Deux couches de fluides quasiment parallèles:

- animées de vitesses différentes et,
- ayant des densités différentes.

Le moteur est l'écart de vitesse et la condition d'existence, l'écart de densité.

Si la mer est chaude et que le vent est dirigé vers la côte ...



Le niveau de la mer augmente à l'embouchure des fleuves, empêchant l'eau de s'évacuer.

L'eau reste bloquée dans les terres et son évacuation prend des heures et des jours....



Modélisation

Il suffit de résoudre les équations de St Venant en 2D:

- en tenant compte des rivières, qui vont déborder et donc du relief,
- ainsi que de la mer et donc du relief sous marin.

Les mêmes équations s'appliquent pour les rivières et les zones maritimes.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right)}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{\partial b}{\partial x}$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hvu}{\partial x} + \frac{\partial \left(hv^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right)}{\partial y} = -gh \frac{\partial b}{\partial y}$$

Le relief du terrain et le relief sous marin sont dans ces termes.

Loin de la côte, il faudra imposer une condition à la limite générant des vagues.

Avant inondation, la résolution de ces équations permettra de prédire les zones inondées. Pendant l'inondation, elles prédiront le temps de décrue, les lieux par lesquels les secours peuvent intervenir...

Perméation des sols

Les sols sont évidemment perméables:

- S'ils ne sont pas revêtus.
- Si la pluie est suffisamment modérée. En cas d'averse, il y a surtout du ruissellement.
- S'ils sont labourés. Le labourage a deux vocations:
 - Retourner la terre pour mélanger la partie azotée (fertile) avec la partie inférieure, faible en azote. L'azote est présent dans l'air à 80% et fertilise la terre. Lorsque cela ne suffit pas, on apporte des engrais, qui sont principalement des composés azotés.
 - Rendre la terre perméable, comme une éponge. Lorsqu'elle est tassée, sa perméabilité est faible.

Les régions cultivées ont de bonnes potentialités en captation.
Mais l'urbanisation progresse sans cesse.

Quelle est le débit d'eau que peut capter un sol ?

La loi de Darcy (1856) apporte quelques éléments. Il s'agit d'une loi essentiellement phénoménologique.

Loi de Darcy

$$q = -k \frac{h}{L} \quad \text{débit spécifique en kg/m}^2/\text{s}$$

h représente la hauteur d'eau au dessus du sol, telle que calculée par la première équation du modèle de St Venant.

L représente une profondeur caractéristique (1 m par exemple).

k représente la perméabilité du sol. En quelque sorte, l'analogie de la conductivité thermique dans la loi de Fourier.

Ce coefficient de perméabilité k dépend du sol, de son tassement, de son humidité, éventuellement de l'herbe qui pousse dessus... Il doit être déterminé expérimentalement dans différentes conditions pour disposer d'une loi suffisamment générale.

Lors de la détermination de k on choisira une longueur L représentative de ce que l'on étudie.

Par exemple, la loi de Darcy utilisera $L=1\text{m}$ environ pour les problèmes de crues, alors qu'en milieu pétrolier, on utilisera la même loi mais avec $L=\text{distance entre deux points de forage}$. h/L représente un gradient de pression.

Modélisation tenant compte des différents effets

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = \dot{h}_{\text{pluie}} - k \frac{h}{L}$$

← perméation

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right)}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{\partial b}{\partial x}$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial \left(hv^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right)}{\partial y} = -gh \frac{\partial b}{\partial y}$$

relief du terrain

\dot{h}_{pluie} est en principe donné par la météo.

k nécessite des expériences dédiées et est fonction de nombreux paramètres, dont la quantité d'eau absorbée.

$b(x,y)$ représente la topographie. Celle-ci nécessite des courbes d'élévation connues à partir des instituts géographiques (IGN) et maritimes (SHOM). La topographie sous marine est souvent nécessaire pour déterminer le débit de la zone inondée vers la mer.

La connaissance de la trajectographie des effluents (souvent des polluants) peut aussi s'avérer utile.

Compte tenu de ces différentes informations, le modèle de la page précédente se résout avec le schéma de Godunov.