



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



INOWASIA

**Development of innovative multilevel
formation programs for the new water
leading professionals in Southeast Asia**

Thủy văn căn bản

Dr Didier
ORANGE

IRD



Fundació Solidaritat
UNIVERSITAT DE BARCELONA





Một số gợi ý để học tốt môn học này...



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Môn học này có 7 chương, mỗi chương kết thúc với một bài tập ngắn. Bạn nên tạm dừng và kiểm tra mức độ tiếp thu thông qua làm bài tập ra giấy. Sau đó bạn có thể tham khảo ở phần giải đáp, phân tích câu trả lời của mình và so sánh với đáp án. Nên dành nhiều thời gian làm bài tập, đừng ngại nếu phải đọc lại phần lý thuyết và tập trung vào những nội dung quan trọng. Đồng thời có thể tham khảo thêm tài liệu từ mạng internet và các tài liệu tham khảo đề xuất trong bài.

Môn học này cung cấp tổng quan về khoa học thủy văn.

Đối với những người học chưa có kiến thức về thủy văn, bạn có thể tham khảo thêm quyển sách sau:

Davie T & Quinn NW, 2019. Fundamentals of hydrology. Routledge Ed., 306 p. ISBN 9780415858700

Fundamentals of Hydrology giới thiệu về nhập môn thủy văn ở trình độ đại học. Nó cung cấp cho người học kiến thức về các quá trình thủy văn, kiến thức về các kỹ thuật được sử dụng để hiểu biết về nguồn nước, và cập nhật các thông tin liên quan đến quản lý nguồn tài nguyên nước. Thông qua bài học, các ví dụ và tình huống cụ thể từ nhiều nơi trên thế giới cũng được giới thiệu và phân tích. Các câu hỏi ôn bài, hướng dẫn đọc thêm, và các đường link tham khảo cũng được cung cấp.

Chào mừng đến với thế giới của thủy văn!



Tài liệu tham khảo

để học tốt môn học...



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Brady NC, Weil RR, 2014. The nature and properties of soils. Pearson Ed., ISBN 978-1-292-02079-2

Ward AD, Trimble SW, 2004. Environmental hydrology. CRC Press, USA, ISBN 1-56670-616-5

Calder IA, 1999. The blue revolution. Earthscan Publ., ISBN 1-85383-634-6

Sutcliffe JV, 2044. Hydrology: a question of balance. IAHS Publ., ISBN 1-901502-77-5

Roche A et al., 2012. Hydrologie quantitative. Springer Ed., ISBN 978-2-8178-0105-6

Radcliffe DE, Simunek J, 2010. Soil physics with Hydrus. CRC Press, ISBN 978-1-4200-7380-5

Chicharo L et al., 2015. Ecosystem services and river basin ecohydrology. Springer Ed., eBook ISBN 987-94-017-9846-4

Zalewski M, Wagner-Lotkowska I, 2004. Ecohydrology and Phytotechnology, Manual. In: Integrated management, ISBN 92-9220-011-9



Nội dung

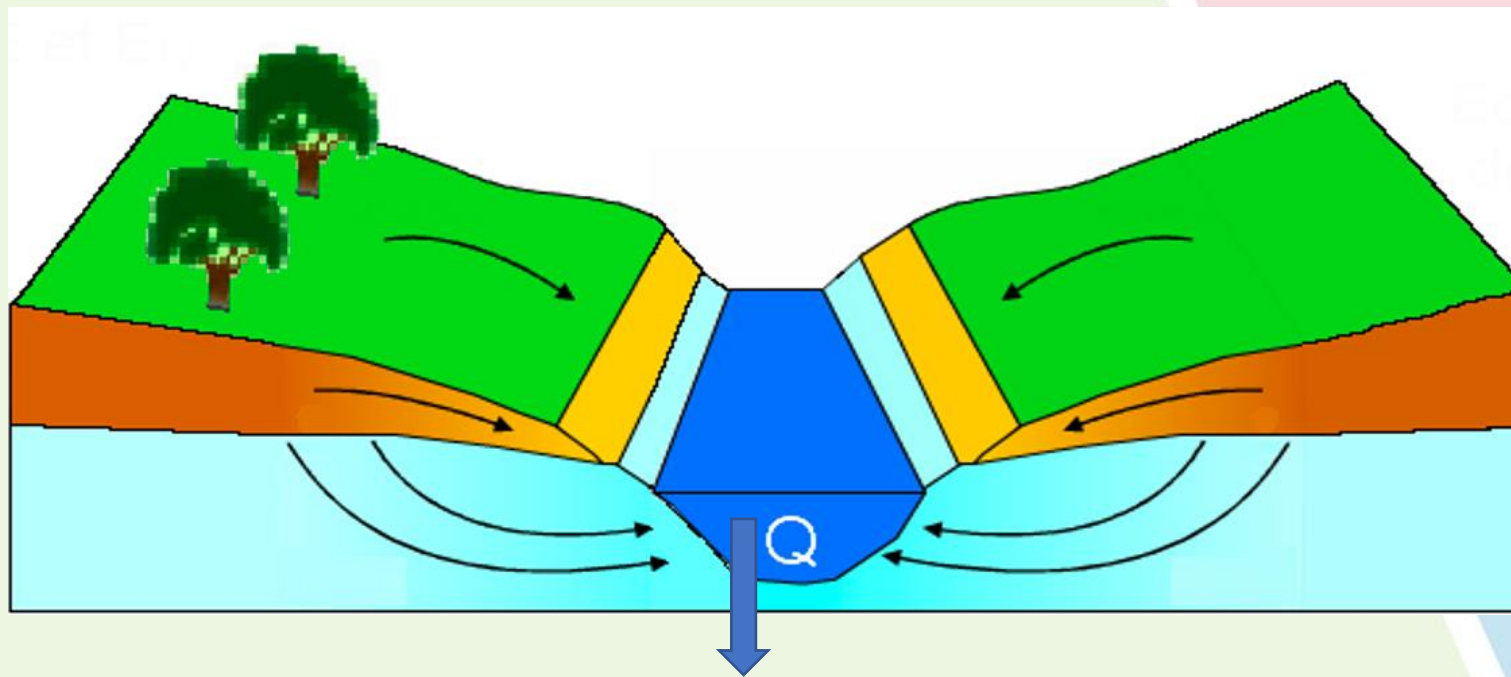


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

- Mục tiêu chính: **Hiểu biết các nguyên tắc và quá trình di chuyển của nước trong tự nhiên và trên bề mặt trái đất**
- 7 chương
 1. **Sông là gì?**
 2. **Chu trình thủy văn**
 3. **Bốc hơi và mưa**
 4. **Thấm lậu và dòng chảy**
 5. **Nước dưới đất**
 6. **Cân bằng nước**
 7. **Đường tần suất**

1. Sông là gì?

- Chỗ giao nhau giữa hai sườn dốc có dòng nước chảy từ vùng cao xuống vùng thấp



Q: lưu lượng của sông (m^3/s).

Q đại diện cho lượng nước chảy qua một đoạn sông tính theo thể tích trong một đơn vị thời gian.

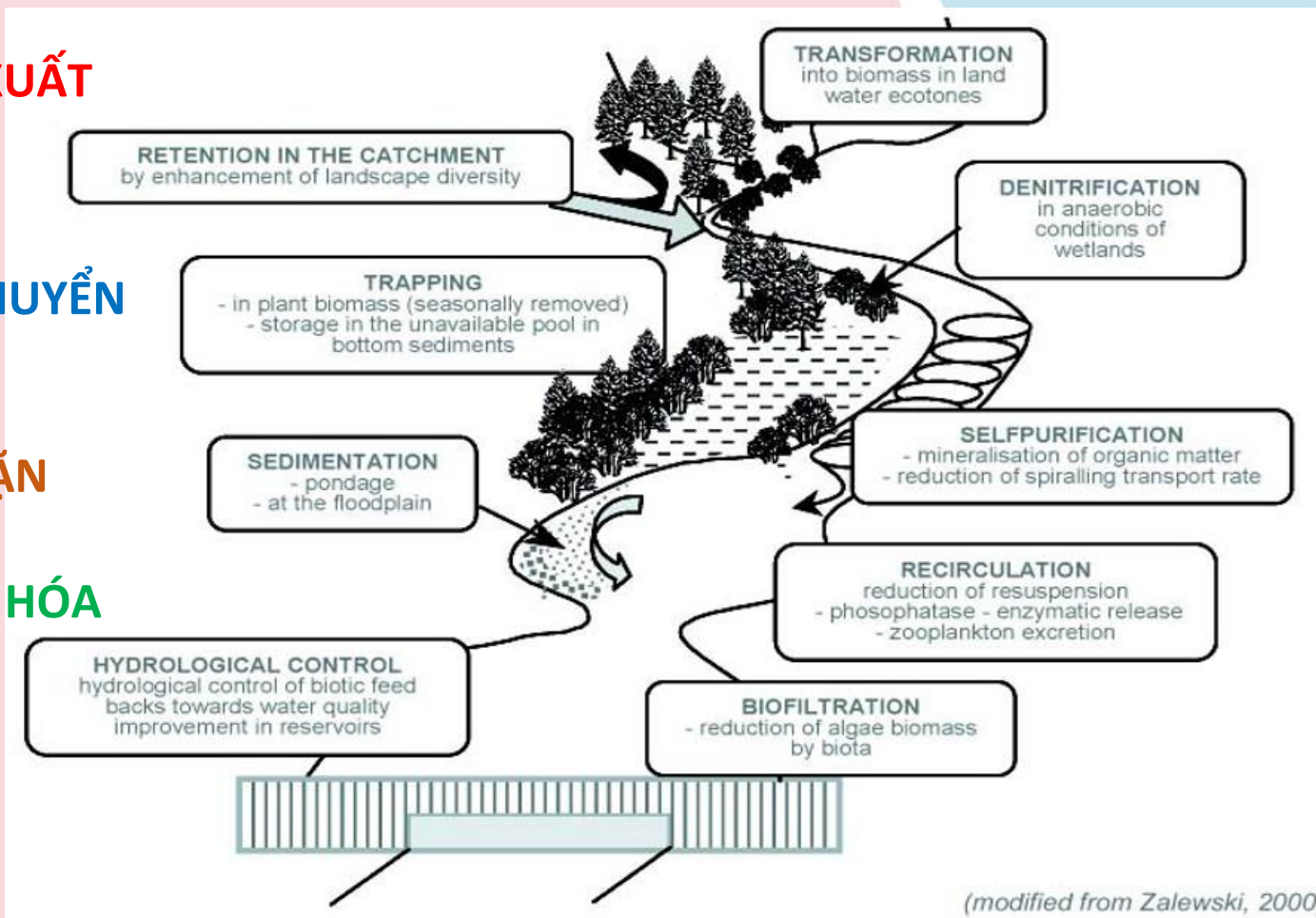
- Một con sông không chỉ mang theo nước, còn có những chất hòa tan và chất lắng, và đời sống sinh vật (nhỏ và lớn).

SẢN XUẤT

VẬN CHUYỂN

LẮNG CẶN

CHUYỂN HÓA



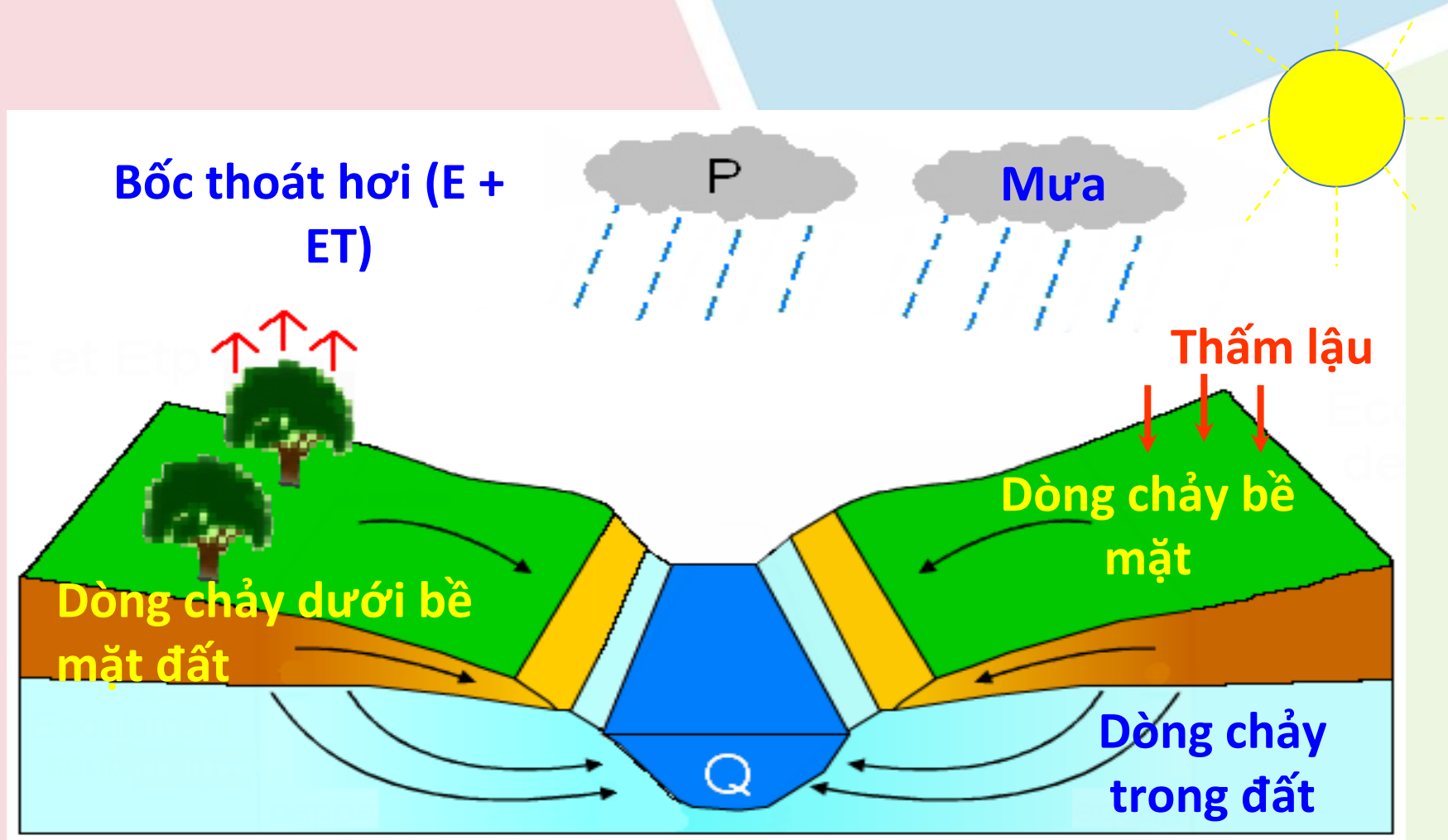
Con sông là nơi diễn ra nhiều quá trình vật lý (vận chuyển, lắng cặn), hóa học (khoáng hóa), sinh học (dưỡng hóa), sinh – địa – hóa (lọc sinh học).

Một con sông từ thượng nguồn xuống đến hạ nguồn có nhiều chức năng:

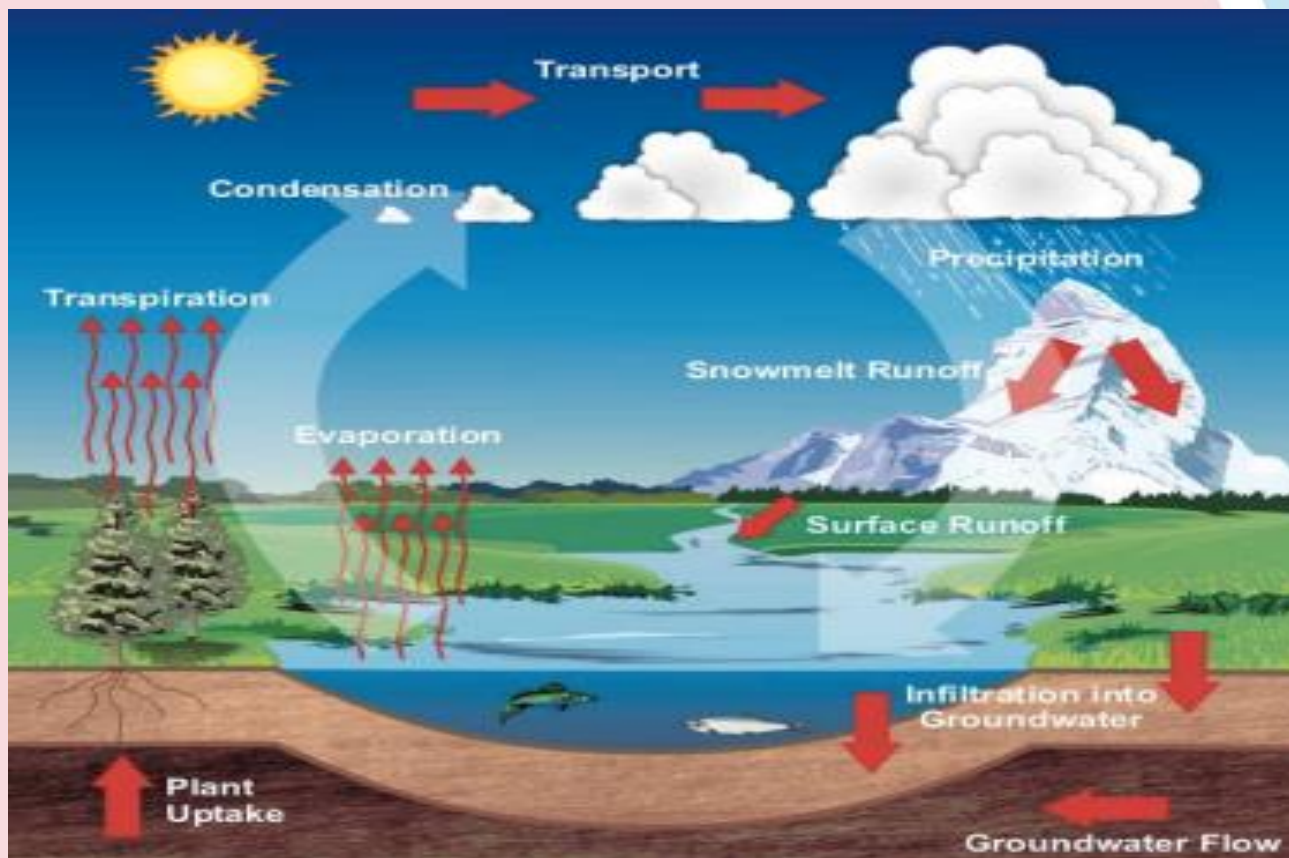
- Sản xuất,
- Vận tải,
- Sa lắng,
- Chuyển hóa.

2. Chu trình thủy văn

- Nguồn năng lượng cơ bản là mặt trời.



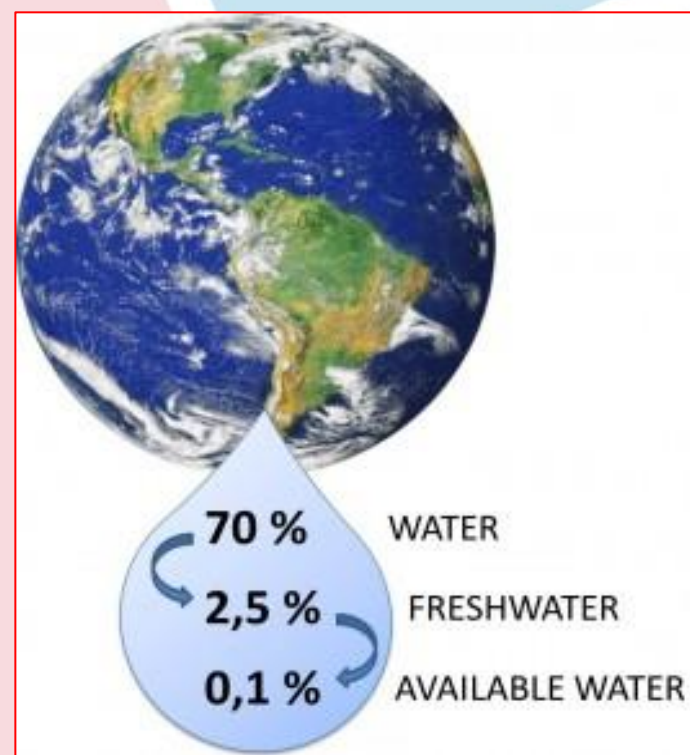
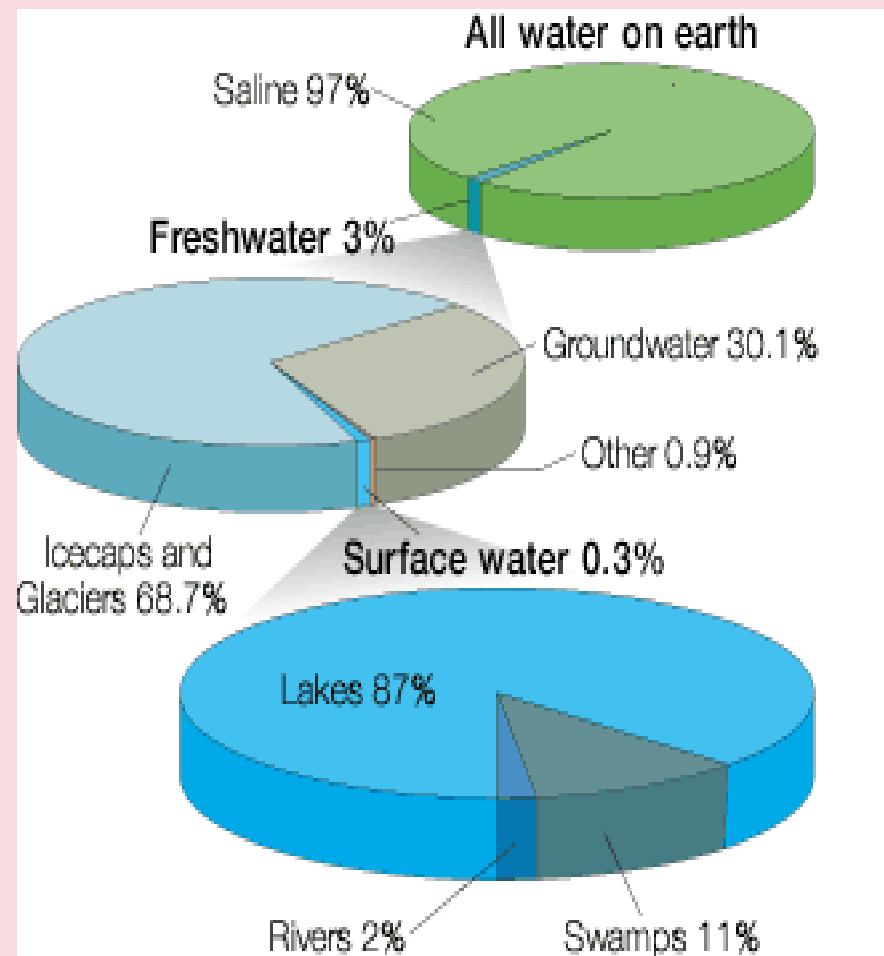
- Chu trình thủy văn giải thích sự phân bố của nước theo không gian và thời gian.



Giả sử **75% bề mặt trái đất** bị bao phủ bởi nước biển.

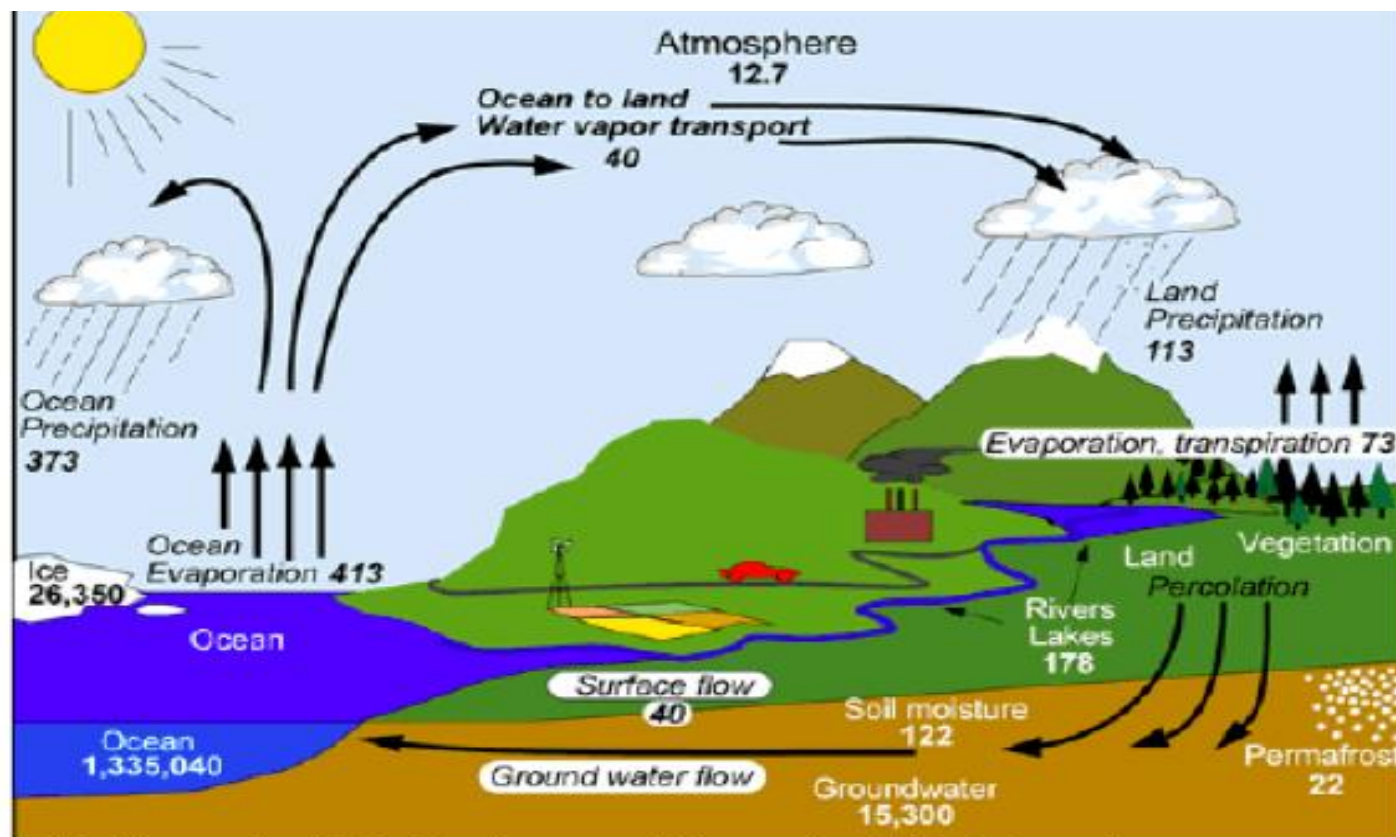
Chỉ có 2% - 1% lượng nước là phù hợp cho con người sử dụng!

- Nước là một nguồn tài nguyên có giới hạn.



• Lưu trữ và dòng chảy (10^3 km^3)

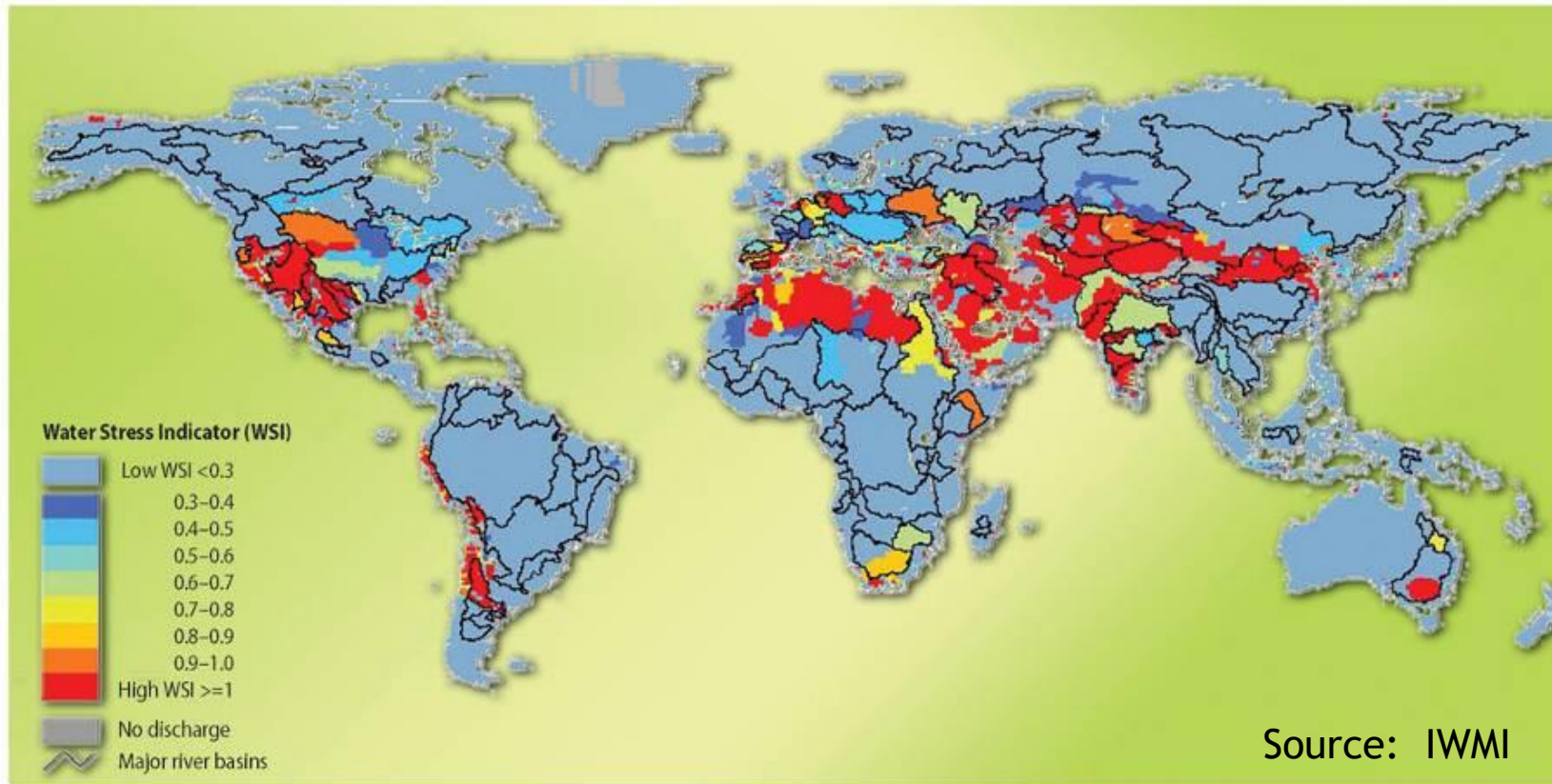
Chu trình thủy văn



Đơn vị: ngàn m^3 nước lưu trữ, và ngàn $\text{m}^3/\text{năm}$ lượng nước trao đổi

Bản đồ toàn cầu về lượng nước lưu trữ (chữ trắng) và dòng chảy (chữ đen)

- Nước có thể gặp bất cứ nơi đâu trên 75% diện tích xanh... nhưng lại không phân bố đều trên các lục địa.

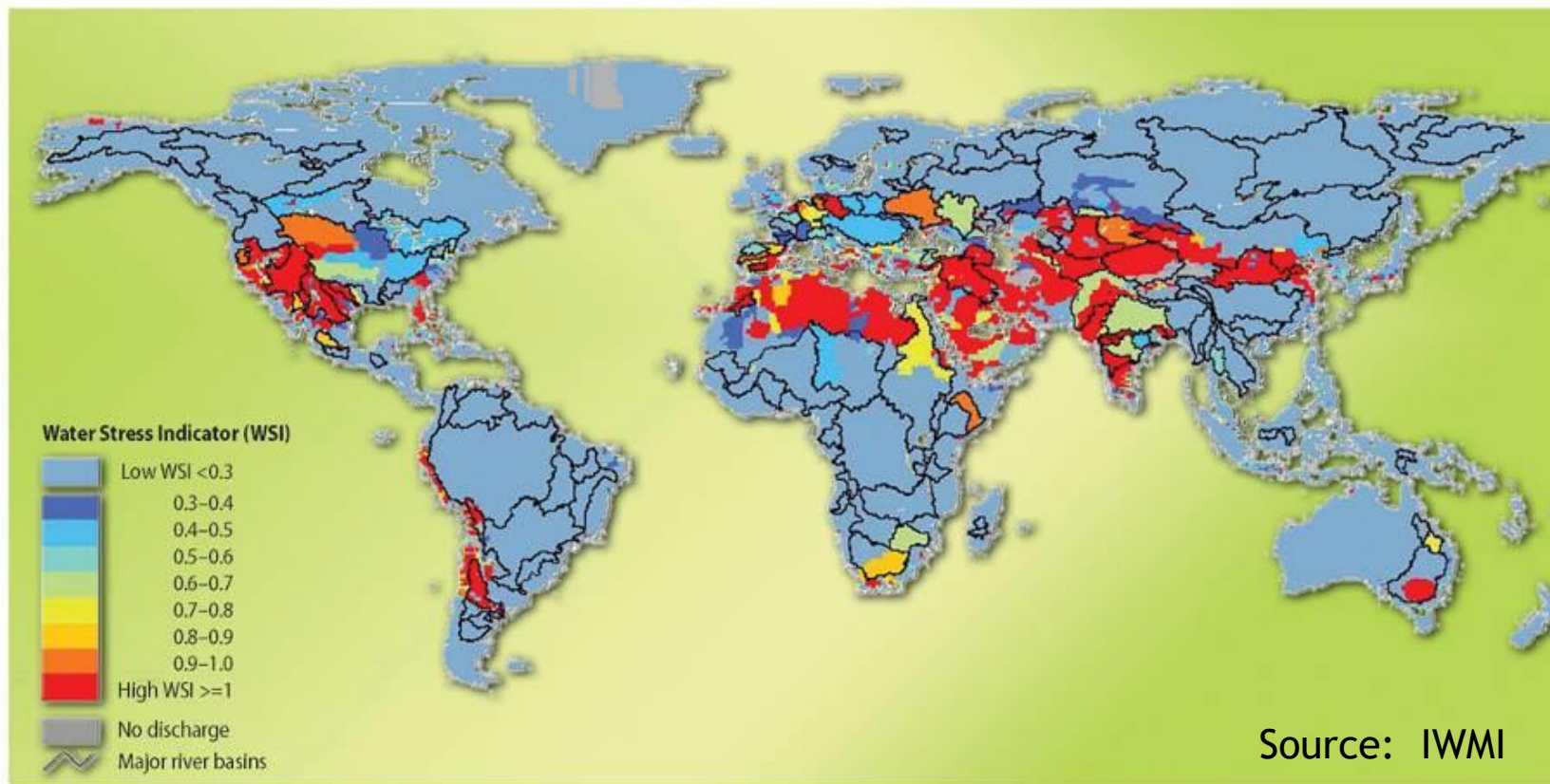


Bài tập 1:

Giải thích về sự phân bố gây ra thiếu nước trên trái đất?

Bản đồ toàn cầu về những nơi thiếu nước

- Nước có thể gặp bất cứ nơi đâu trên 75% diện tích xanh... nhưng lại không phân bố đều trên các lục địa.



Bài tập 1:

Giải thích về sự phân bố gây ra thiếu nước trên trái đất?

Trả lời:

Sự phân bố của nước kết nối với đặc điểm khí hậu (nước thiếu ở những vùng nhiệt đới khô cằn, những vùng hạn hán ở Ấn Độ và Nam Mỹ do những rào cản về địa hình).

3. Bốc hơi và mưa

- Bốc hơi và mưa bị ảnh hưởng bởi các điều kiện địa phương và toàn cầu.

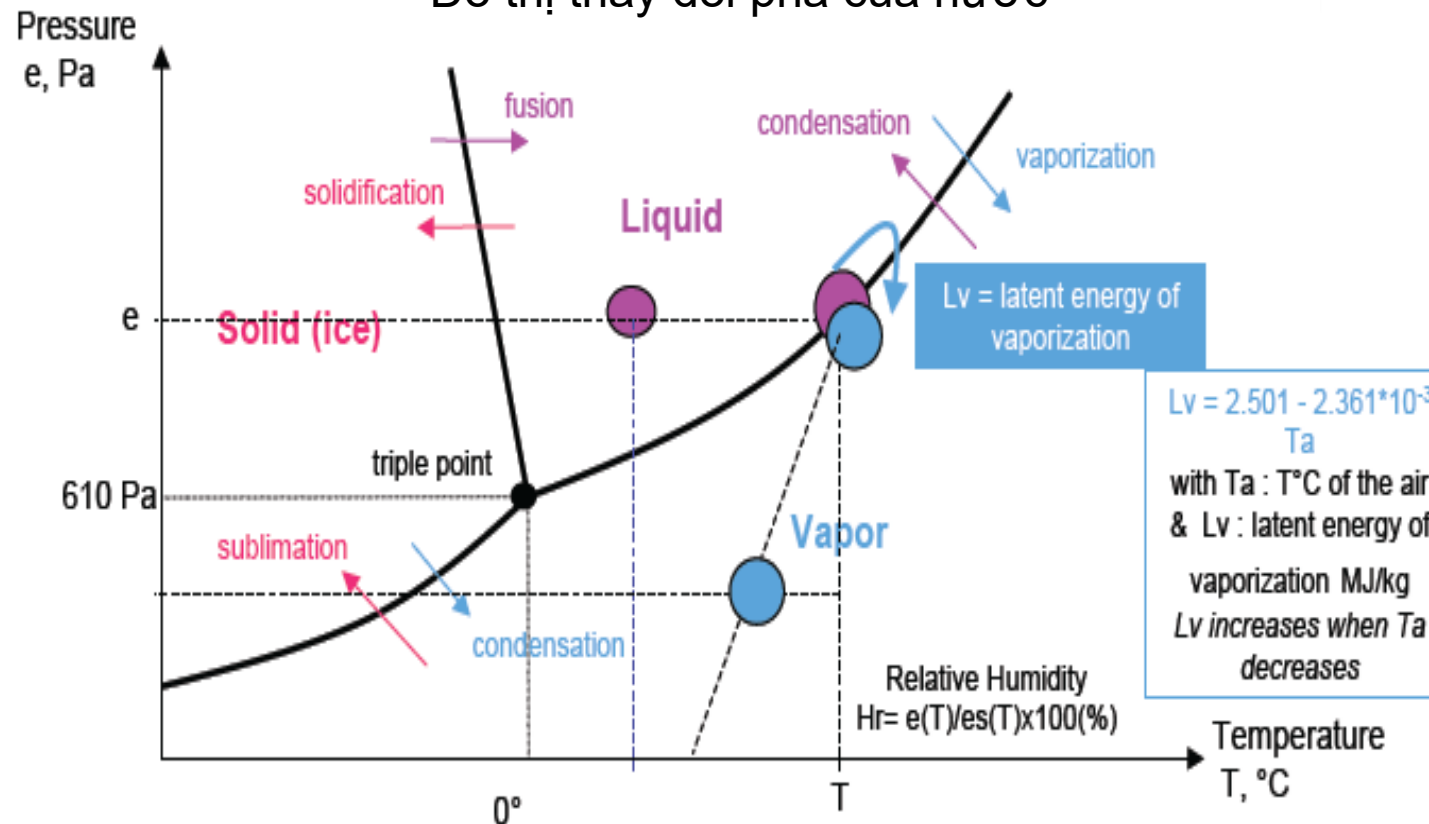
Các điểm chính



- 1. Điều kiện khí hậu bị điều chỉnh bởi mặt trời**
Thông qua quá trình trao đổi nhiệt, chu trình thủy văn toàn cầu là một phần quan trọng của hệ thống khí hậu.
- 2. Nhiệt năng mặt trời khác nhau làm gia tăng gradient nhiệt từ vùng xích đạo đến vùng cực**
Kết quả là gradient ở những bề mặt có áp suất khí quyển cao gây ra sự tuần hoàn khí quyển toàn cầu.
- 3. Loại hình mưa và bốc thoát hơi phản ánh ảnh hưởng của vĩ độ và khu vực đến sự tuần hoàn khí quyển** liên kết với linked to địa hình, sự phân bố của lục địa và đại dương, và những yếu tố khác.

- Bốc hơi chỉ là một quá trình vật lý.

Đồ thị thay đổi pha của nước



Bốc hơi là một sự thay đổi trạng thái (hoặc pha).

Trong suốt quá trình bốc hơi, phân tử nước (H_2O) chuyển từ thể lỏng sang thể hơi.

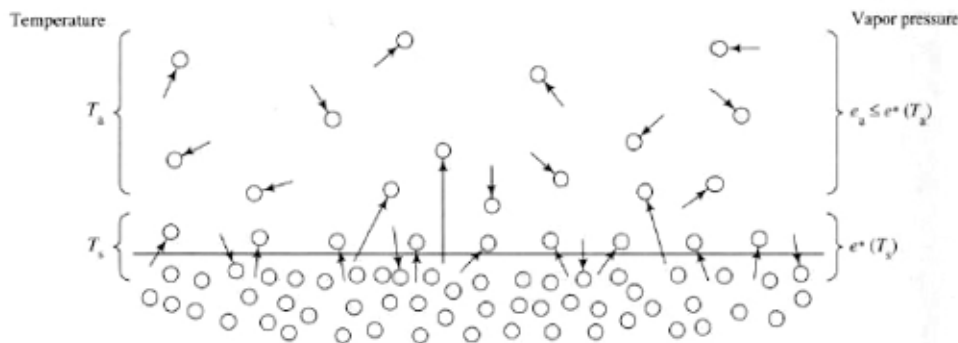
Sự thay đổi trạng thái này cần năng lượng: năng lượng bay hơi (Lv), có liên quan đến nhiệt độ.

Giả sử xét cho một thể nước, chẳng hạn hồ, không khí với nhiệt độ T_a nằm phía trên bề mặt nước có nhiệt độ T_w . Các phân tử tại bề mặt nước liên kết với nhau qua kết nối hydro, nhưng một số có đủ năng lượng có thể cắt đứt kết nối này và nhập vào không khí, số phân tử có đủ năng lượng để bề gãy kết nối hydro tỷ lệ thuận với T_w . Muốn gia tăng T_w cần phải bổ sung năng lượng. Các phân tử tập hợp với nhau ngay lập tức phía trên bề mặt và phát triển đến trạng thái cân bằng với nhiều phân tử quay trở lại thể nước hơn. Khi đó lớp màn mỏng trên bề mặt hồ trở nên bão hòa với áp suất hơi nước e_s tại nhiệt độ T_s . Tốc độ bốc hơi là tốc độ mà khi đó phân tử đi vào lớp không bão hòa phía trên với áp suất hơi nước thấp hơn e_a tại nhiệt độ T_a .

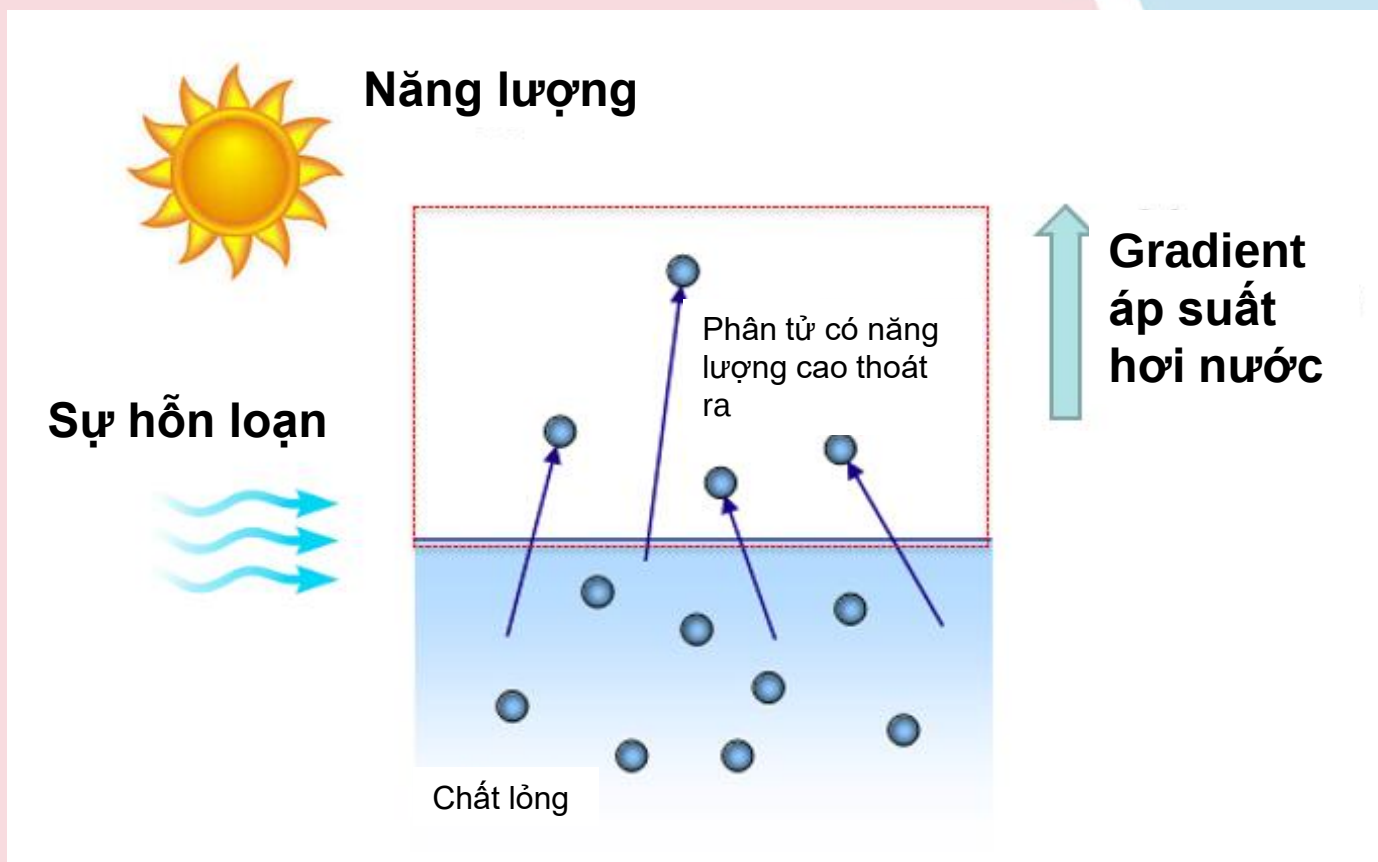
Định luật Dalton:

E tỷ lệ thuận với $e_s - e_a$

Khi đó, khối khí khô nằm phía trên mặt nước có gradient áp suất hơi nước tăng đứng cao hơn, lượng bốc hơi cao hơn. Các thông số khác không đổi.



Đặc tính vật lý của bốc hơi (2/2)



Đối với quá trình bốc hơi, phân tử có năng lượng cao hơn sẽ thoát khỏi bề mặt chất lỏng vì:

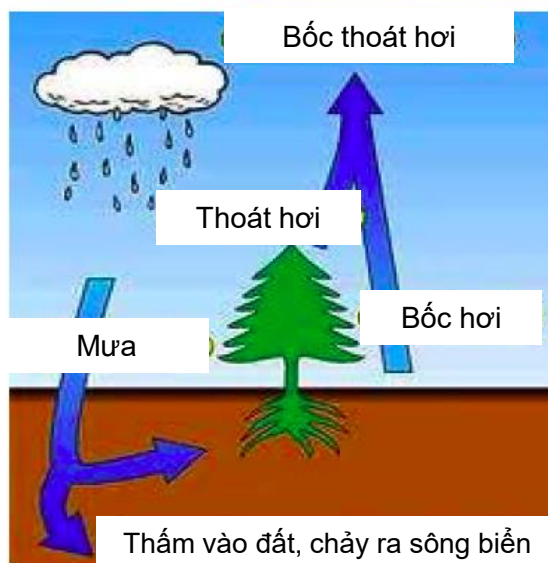
- Đủ năng lượng để bẻ gãy kết nối hydro,
- Gradient áp suất hơi nước thẳng đứng,
- Sự hỗn loạn (gió).

Những phân tử này sẽ thoát ra không khí xung quanh.

- ET, định nghĩa bốc thoát hơi

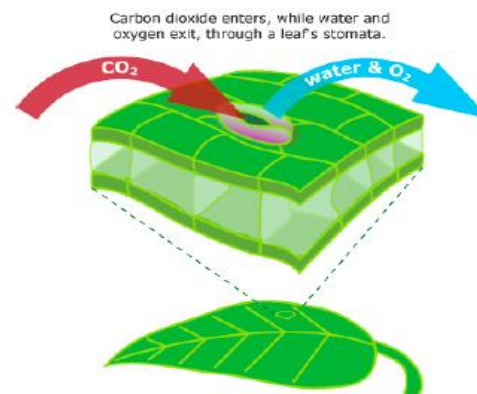
$$ET = \text{Bốc hơi} + \text{Thoát hơi}$$

Bốc thoát hơi là gì?



<http://eoedu.belspo.be/en/applications/evap-contexte.asp?section=4.1>

Bốc thoát hơi là một thuật ngữ tổng hợp tất cả các quá trình nước từ thể lỏng hoặc rắn chuyển thành hơi nước khí quyển. Nó bao gồm bốc hơi từ đất trống, sông, hồ và bề mặt thực vật. Nó cũng bao gồm quá trình thoát hơi nước qua lá cây (thông qua khí khổng).



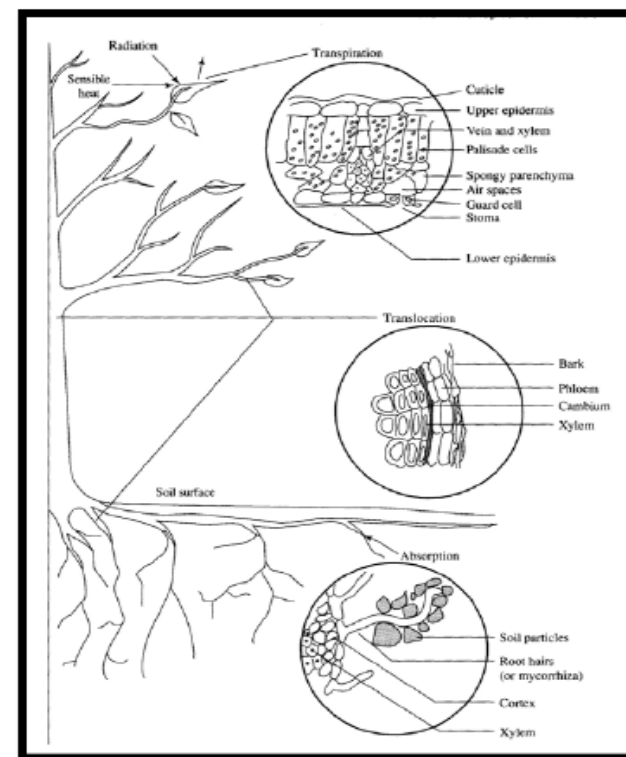
http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/mcelwain_02

Thoát hơi

Đối với thoát hơi, lượng nước ở bề mặt rất hạn chế, không có phân tử nào nhận được năng lượng và việc tích trữ năng lượng để sử dụng là không có. Phương pháp để đo đặc thông số này gồm có truyền khối và Penman-Monteith.

Các đặc điểm chính:

- Thoát hơi là một quá trình vật lý (không phải trao đổi chất). Sự dịch chuyển hơi nước từ các khí khổng vào không khí được thay thế bởi việc bốc hơi từ các thành khí khổng; việc mất nước đã làm kích thích mao dẫn nước trong thân cây. Trong quá trình này, có một gradient giữa rễ cây và đất dịch chuyển nước từ đất vào rễ cây (theo định luật Darcy), và thu hút nước từ những vùng lân cận rễ cây giúp cây phát triển.
- Cây có thể kiểm soát kích thước mở của các khí khổng giúp hơi nước di chuyển dễ dàng hơn nhờ các tế bào bảo vệ.

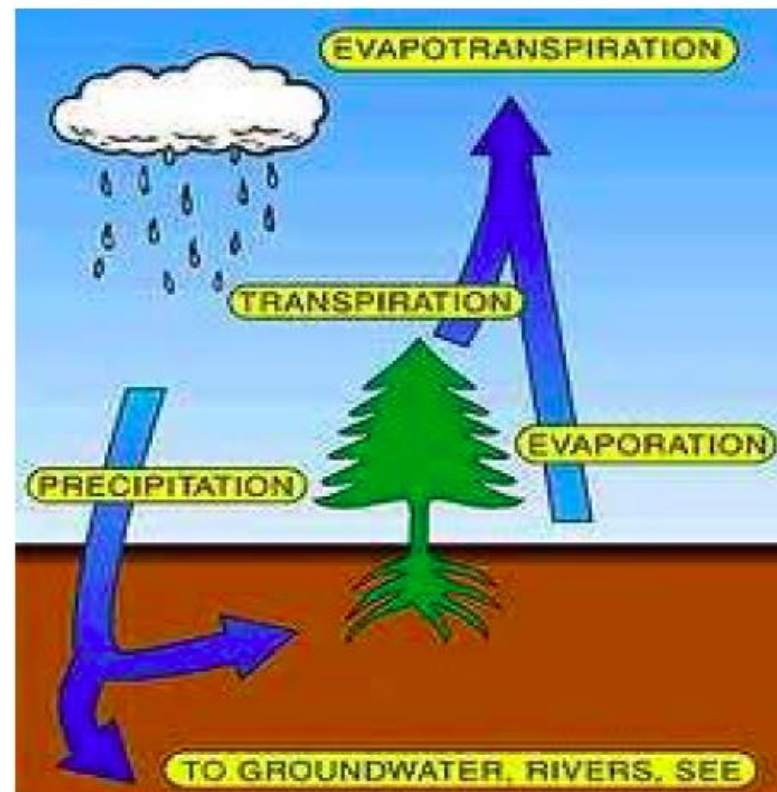


Dingman 2002, Figure 7-9

Các yêu cầu của bốc thoát hơi

Để thúc đẩy và duy trì tình trạng bốc thoát hơi cần:

- (1) Đảm bảo duy trì lượng nước
- (2) Năng lượng để bẻ gãy liên kết hydro
- (3) Gradient áp suất hơi nước thẳng đứng
- (4) Sự hỗn loạn để duy trì gradient áp suất hơi nước thẳng đứng



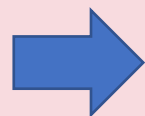
<http://eoedu.belspo.be/en/applications/evap-contexte.asp?section=4.1>

Tầm quan trọng của ET ở quy mô toàn cầu



Ở quy mô toàn cầu, 62% lượng mưa rơi trên các lục địa bị bốc thoát hơi ($72000 \text{ km}^3/\text{năm}$, hoặc 37 cm trên mỗi đơn vị diện tích lục địa)

- 97% diện tích đất liền (bốc hơi, thoát hơi)
- 3% diện tích bề mặt nước trên đất liền (bốc hơi)



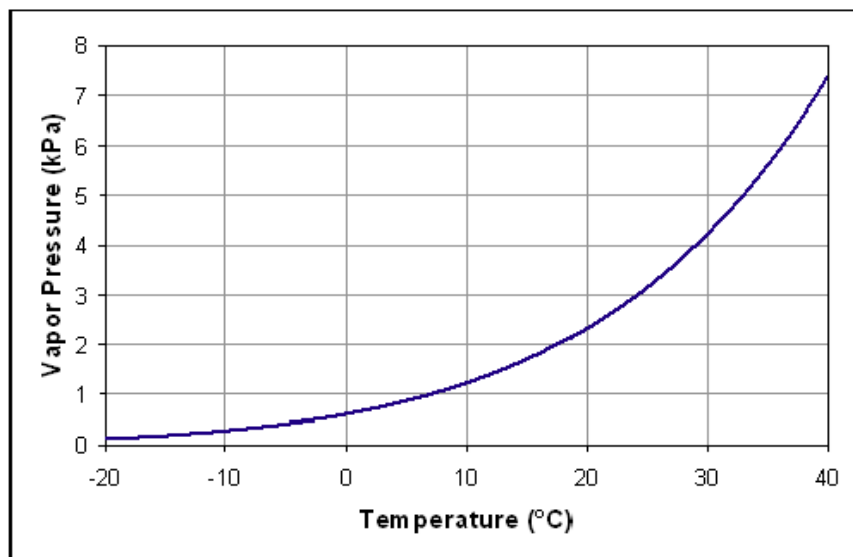
ET làm gia tăng lượng mưa ở tất cả các vùng, trừ vùng cực.

ET là liên kết căn bản trong chu trình thủy văn toàn cầu giữa đất và khí quyển. ET đóng vai trò quan trọng tạo dòng chảy và lượng nước cung cấp cho nông nghiệp. Hầu hết nguồn cung cấp thực phẩm trên thế giới phát triển trên đất tưới tiêu, và hiệu quả của tưới tiêu đòi hỏi kiến thức về thoát hơi.

- Cơ chế xuất hiện mưa

Để xuất hiện mưa cần có hơi nước

Áp suất hơi nước bão hòa vs nước

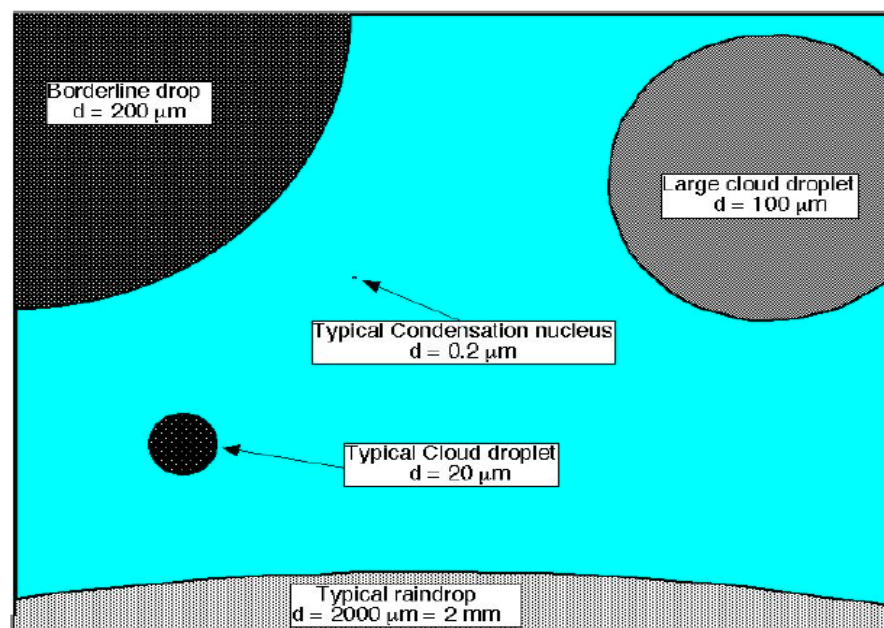


Lượng hơi nước mà khí quyển có thể chứa (áp suất hơi nước bão hòa) phụ thuộc vào nhiệt độ. Áp suất hơi nước bão hòa không tăng tuyến tính với nhiệt độ nhưng tăng hàm số mũ với công thức Clausius-Clapeyron.

Yêu cầu lượng hơi nước trong khí quyển là cần nhưng chưa đủ để tạo mưa. Còn cần thêm các cơ chế để thúc đẩy nâng lên, làm mát và ngưng tụ.

Mưa là một quá trình vật lý

Mối quan hệ giữa hạt nhân ngưng tụ mây (CCN), mây và giọt mưa



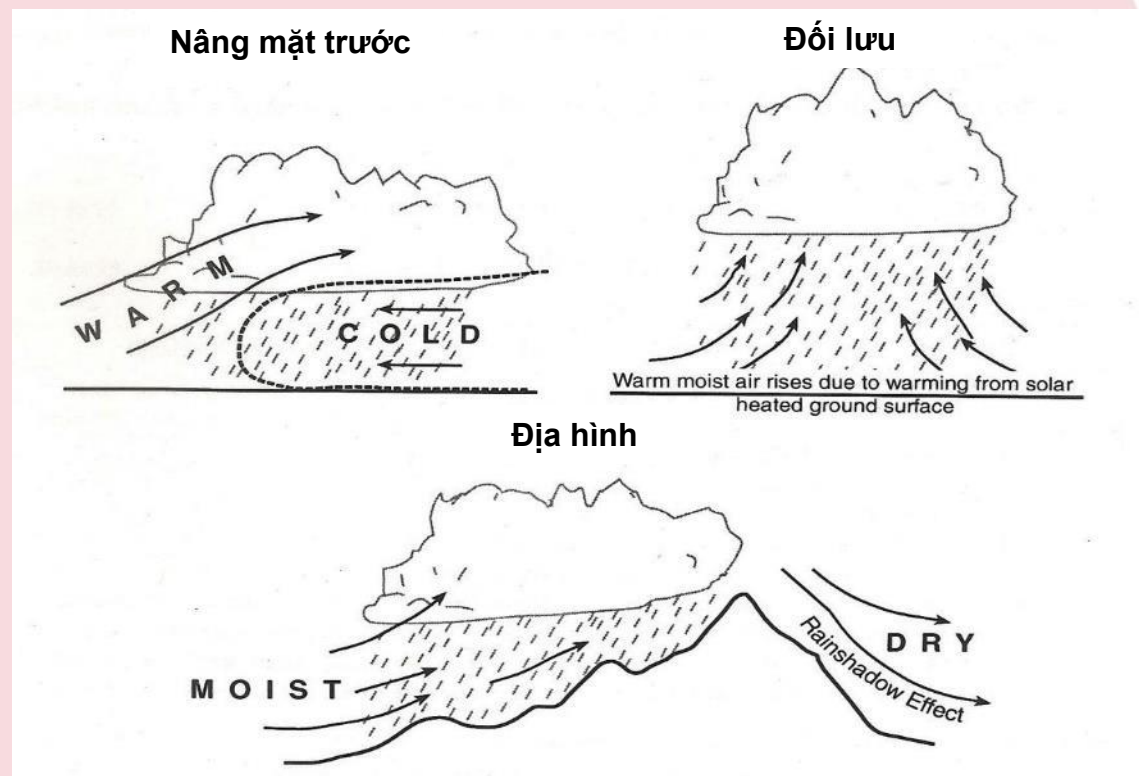
Các yêu cầu để xuất hiện mưa

- Hiện tượng ngưng tụ xuất hiện khi nhiệt độ thấp hơn điểm sương T_d (1)
- Nếu không có bụi trong không khí để tạo thành hạt nhân ngưng tụ mây (CCN), không khí sẽ trở nên siêu bão hòa. Cần phải có bụi $> 10^{-4} \text{ mm}$ để tạo giọt mây
- CCN đặc trưng $= 0,2 \mu\text{m}$
- Giọt mây đặc trưng từ $20 - 100 \mu\text{m}$
- Giọt mưa rơi xuống từ $2000 \mu\text{m}$ đến 2 mm
- Vận tốc mưa phải lớn hơn vận tốc bốc hơi để đảm bảo rơi xuống. Vận tốc bốc hơi trong cơn bão thường lớn.

(1) Điểm sương hoặc nhiệt độ sương là nhiệt độ dưới ngưỡng sương lắng tự nhiên. Chính xác hơn, việc dưới nhiệt độ này phụ thuộc vào áp suất và độ ẩm xung quanh, hơi nước chứa trong không khí ngưng tụ trên các bề mặt, do hiệu ứng bão hòa.

Kết luận về đặc tính vật lý của mưa

- Quá trình mưa đòi hỏi sự ngưng tụ.
- Cũng cần có: **nâng lên, làm nguội rồi ngưng tụ.**



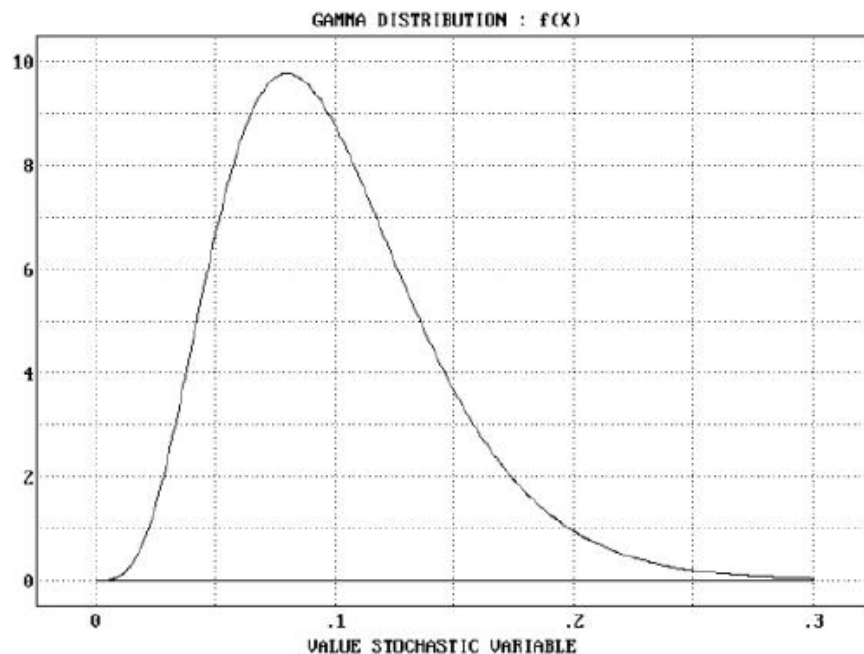
Các quá trình chính bao gồm:

- **Nâng mặt trước**
- **Đối lưu**
- **Buộc phải vượt qua các rào cản địa hình**

Mưa có thể xác định bởi:

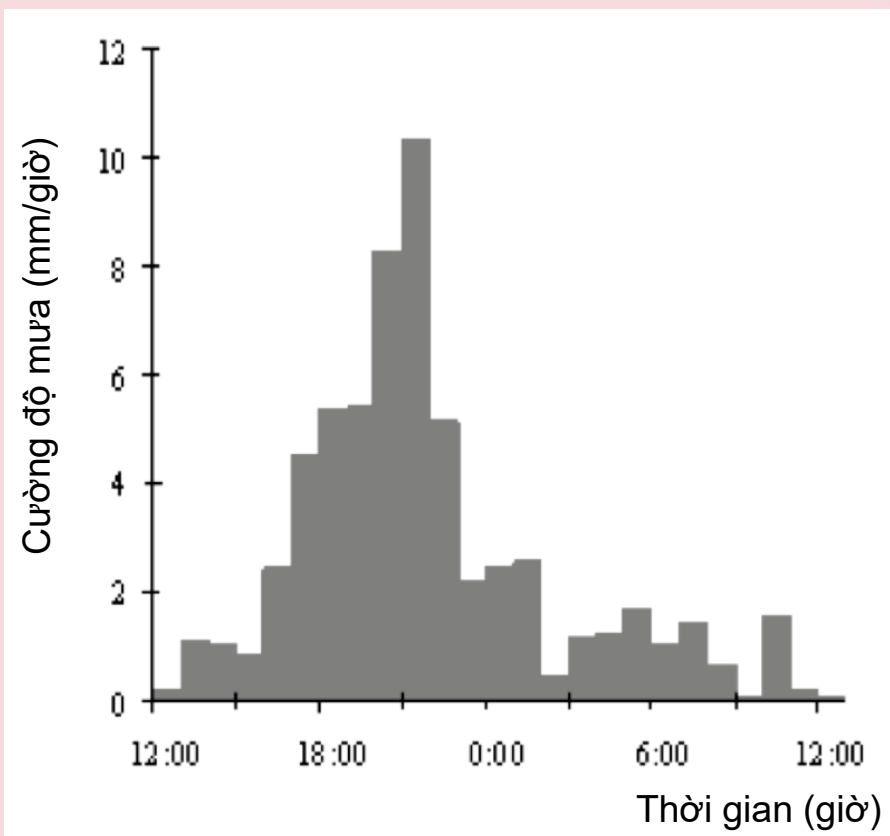
- Loại, thời gian, khối lượng, cường độ
- Kết cấu của cơn bão

Hàm mật độ xác suất (PDF) của mưa

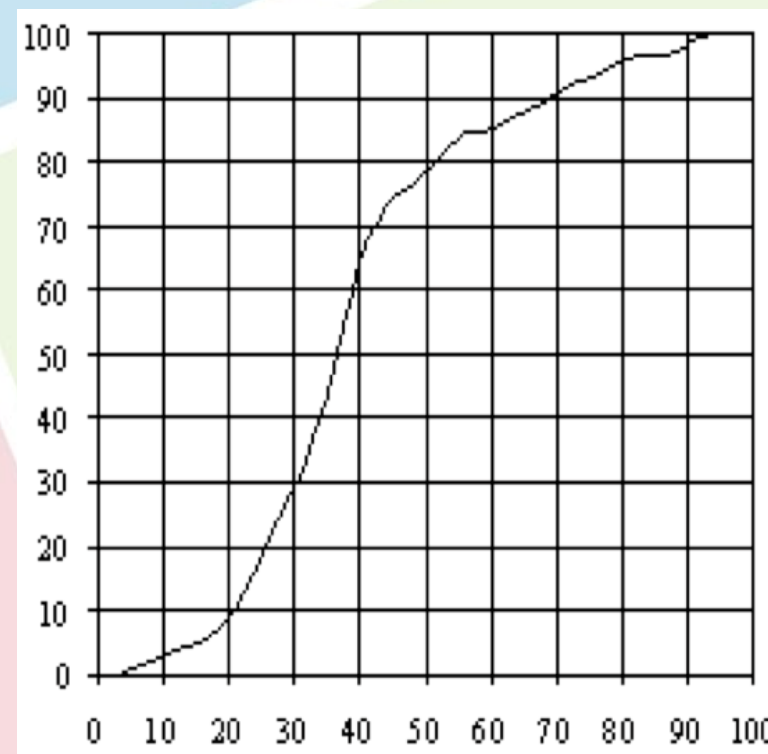


Hàm mật độ xác suất (PDF) của mưa ngày tại một vị trí bất kỳ trong giống một hàm gamma với đuôi kéo dài biểu thị cho cơn mưa lớn. Nếu xét đến CDF, tổng lượng mưa chính hàng năm có thể được tính bằng số lượng nhỏ tương đối của nhiều cơn mưa lớn. Với phân bố gamma, lượng mưa trung bình lớn hơn lượng mưa trung tâm.

Cấu trúc của cơn mưa được xác định bởi sự phân bố lượng mưa theo thời gian. Sự phân bố này ảnh hưởng trực tiếp đến diễn biến thủy văn của lưu vực sông.



Lượng mưa tích lũy (%)



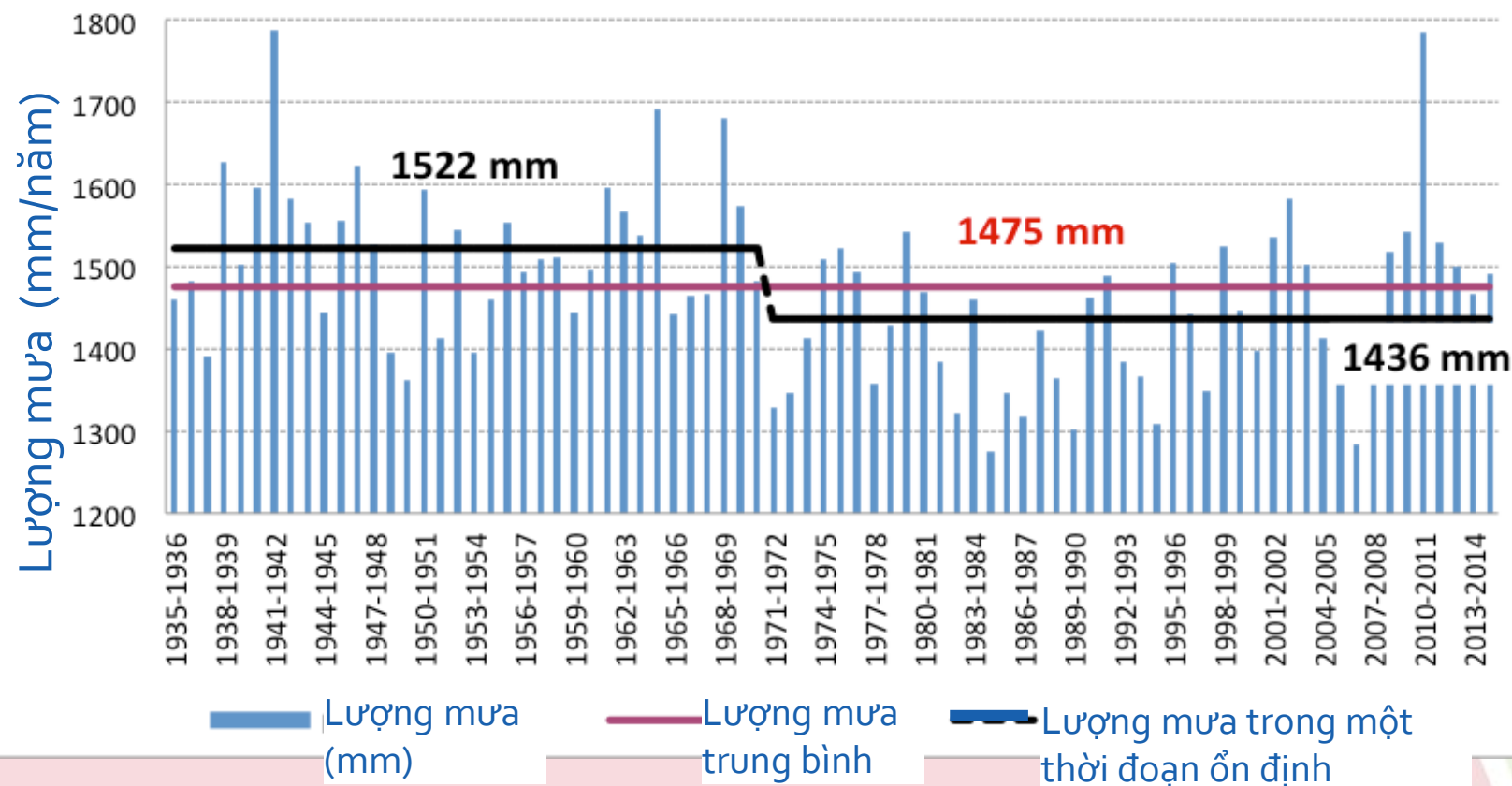
Thời gian tích lũy (%)

Lượng mưa được đo bằng mm trên một đơn vị thời gian.

(trên giây, trên giờ, trên ngày, trên tháng hoặc trên năm)

Bài tập 2:

Tại sao lượng mưa được đo bằng mm trên một đơn vị thời gian?



Lượng mưa được đo bằng mm trên một đơn vị thời gian.

(trên giây, trên giờ, trên ngày, trên tháng hoặc trên năm)

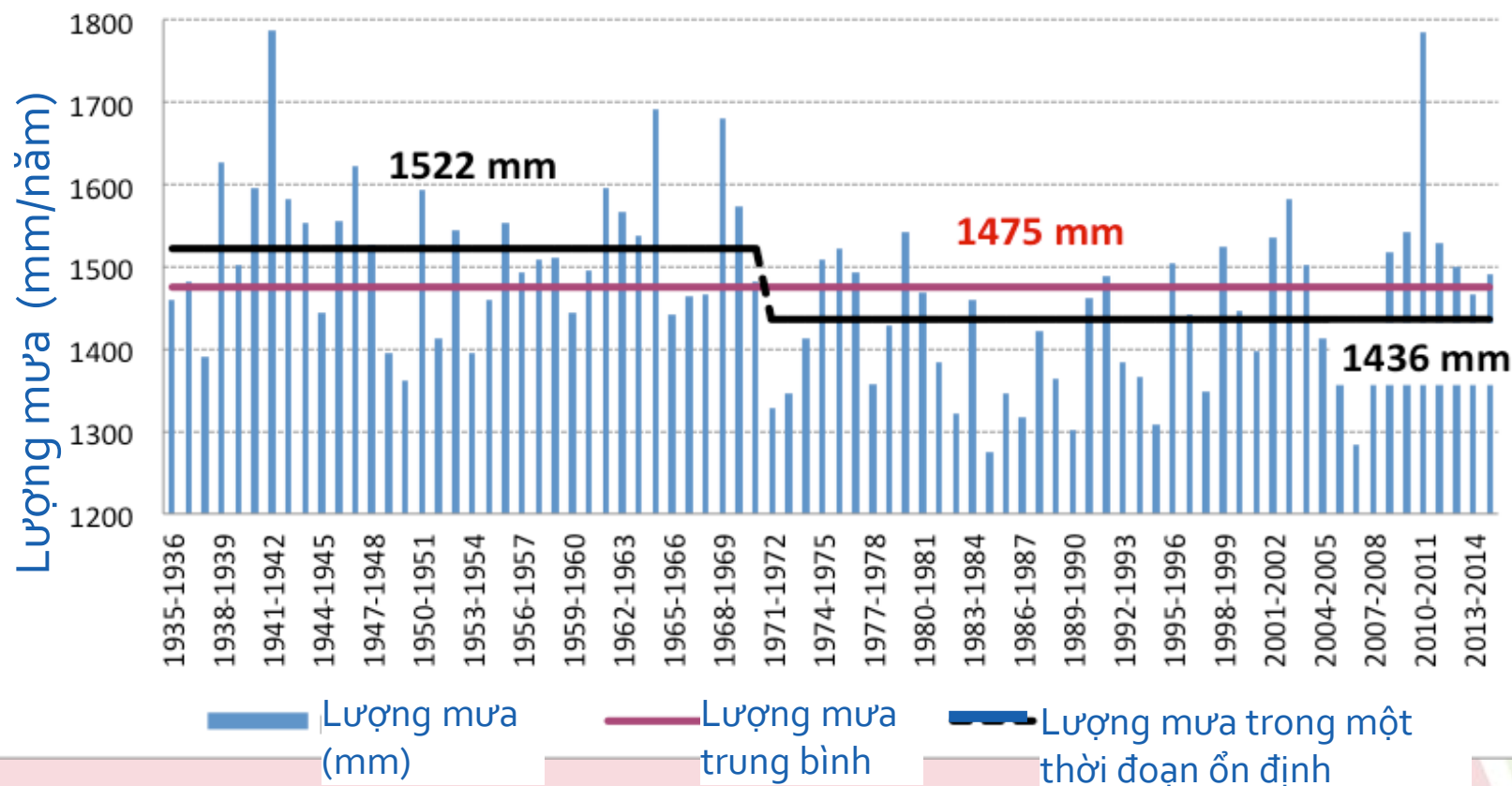
Bài tập 2:

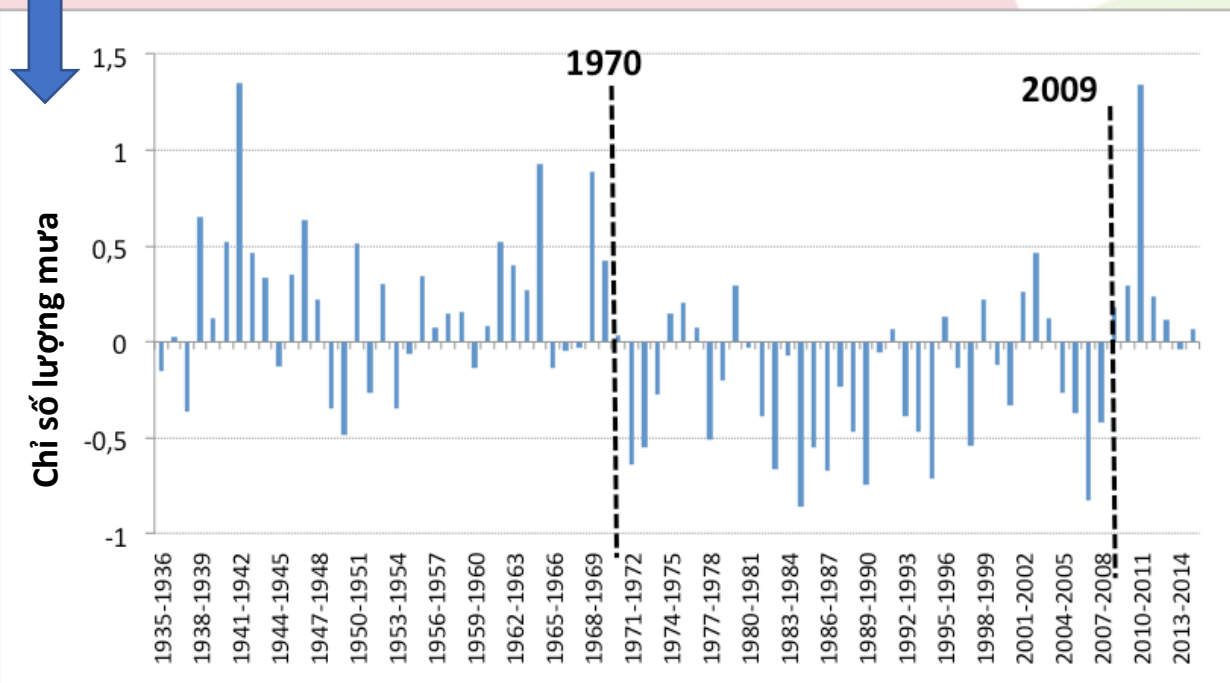
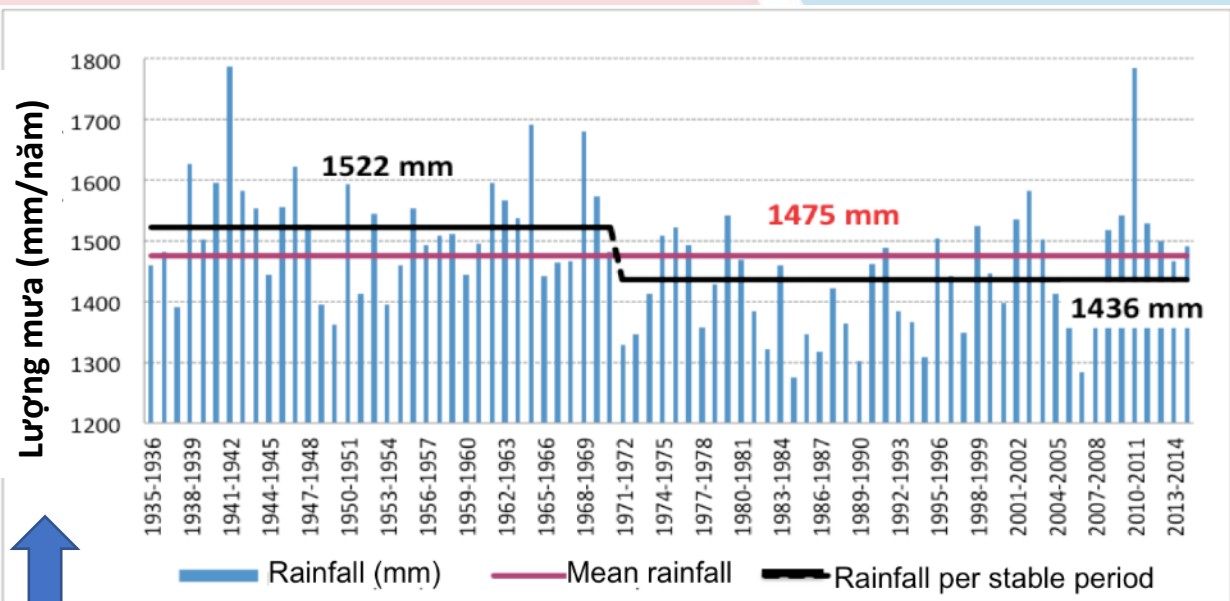
Tại sao lượng mưa được đo bằng mm trên một đơn vị thời gian?

Trả lời:

Lượng mưa là một biến ngẫu nhiên. Đó là một quá trình ngẫu nhiên được xác định bởi đường cong phân phối. Khi đó lượng mưa phải được đo bằng lượng mưa trên một đơn vị thời gian.

Khi đó lượng mưa luôn được biểu thị bằng biểu đồ (chứ không phải một đường cong như lưu lượng sông).





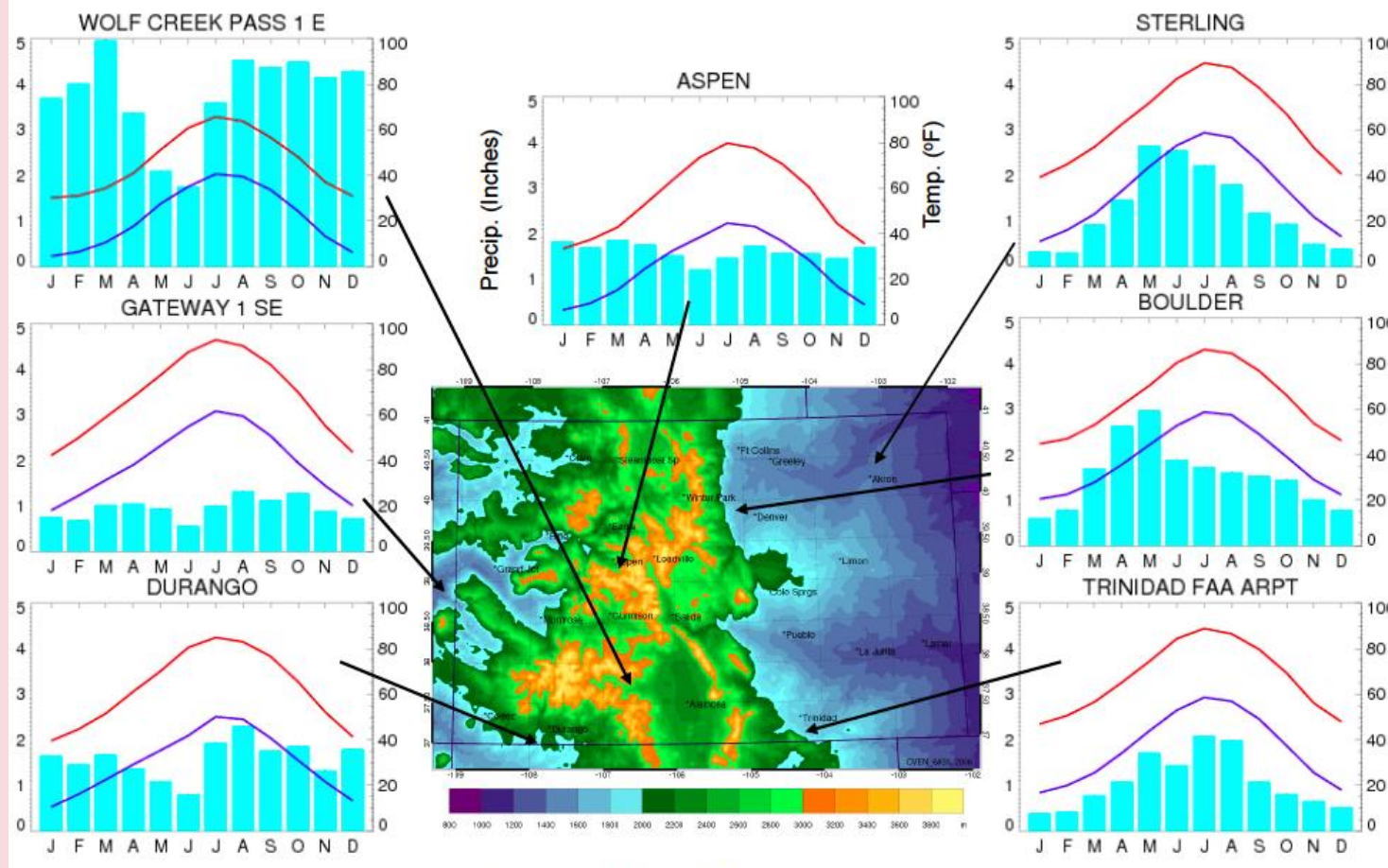
Chỉ số lượng mưa rất hữu ích để nhanh chóng hình dung các cơn mưa ít và các cơn mưa lớn.

Chỉ số lượng mưa

$$R_i = \frac{R - \bar{R}}{STD(R)}$$

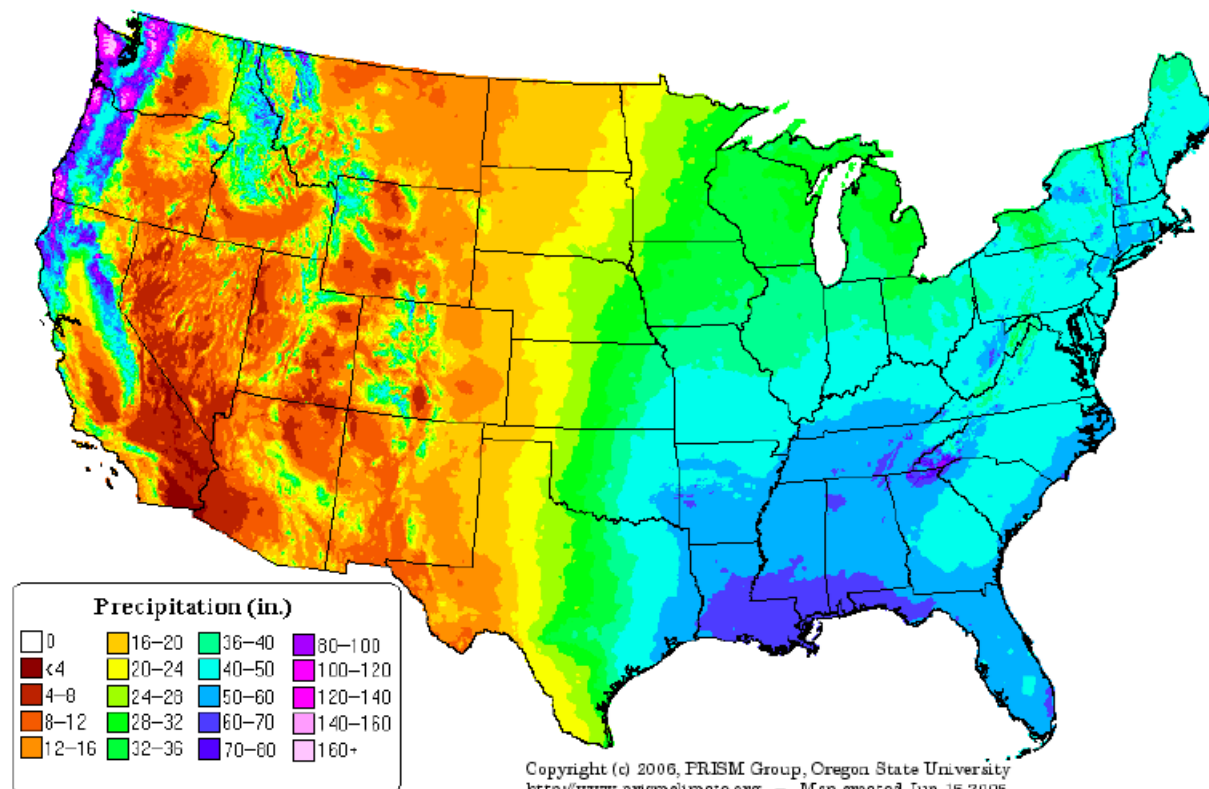
Phương trình tính chỉ số lượng mưa R_i với: độ lệch chuẩn lượng mưa ($STD(R)$), lượng mưa trung bình ($\bar{R}$) và lượng mưa R .

Mưa ở Colorado

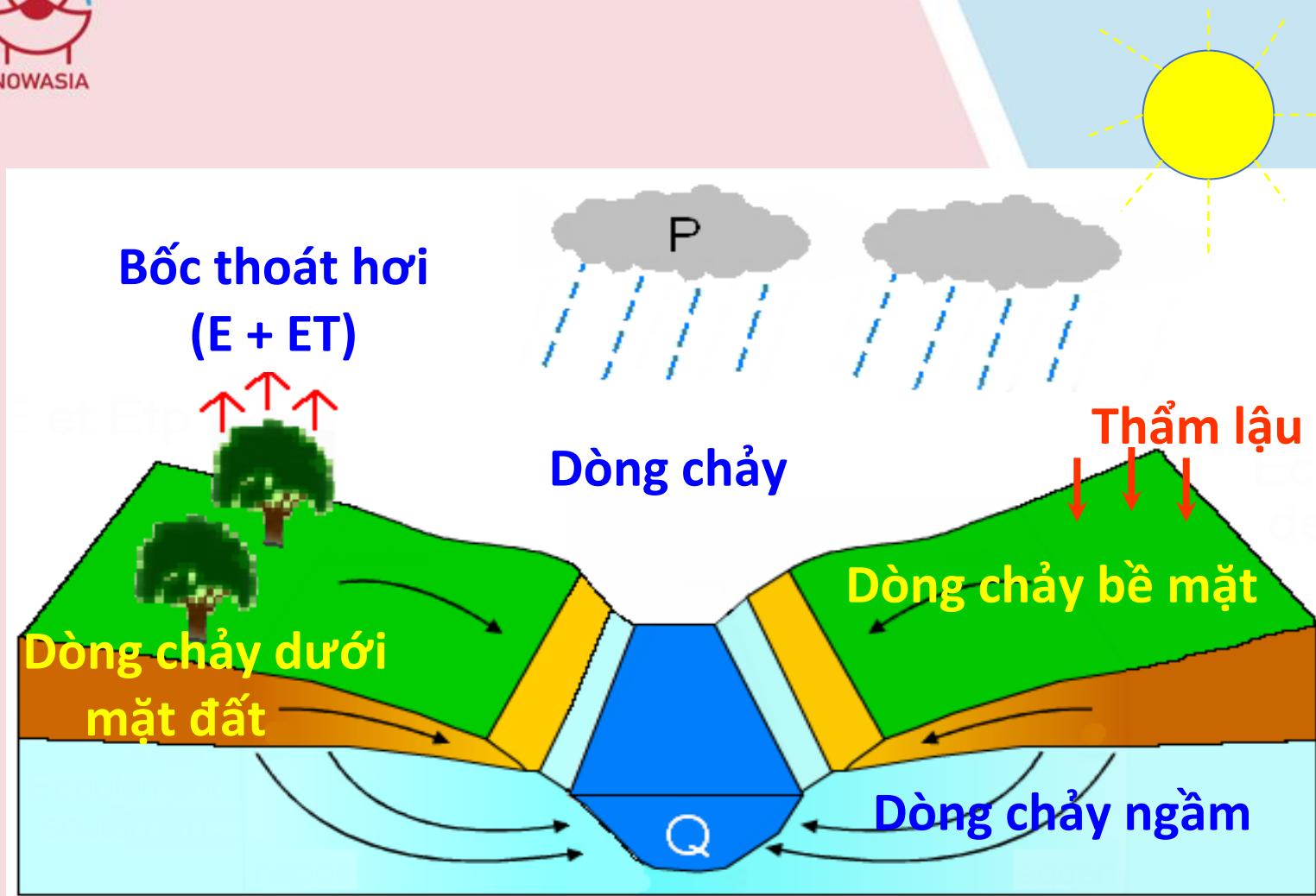


Lượng mưa năm ở US

Về phía bờ Tây, lượng mưa lớn hơn ở các vĩ độ cao do sự thay đổi địa hình. Khu vực giữa các ngọn núi, mưa rất thấp. Bờ Đông mưa nhiều, lượng mưa cao về phía Đông Nam gần với vịnh Mexico.



4. Thẩm lậu và dòng chảy



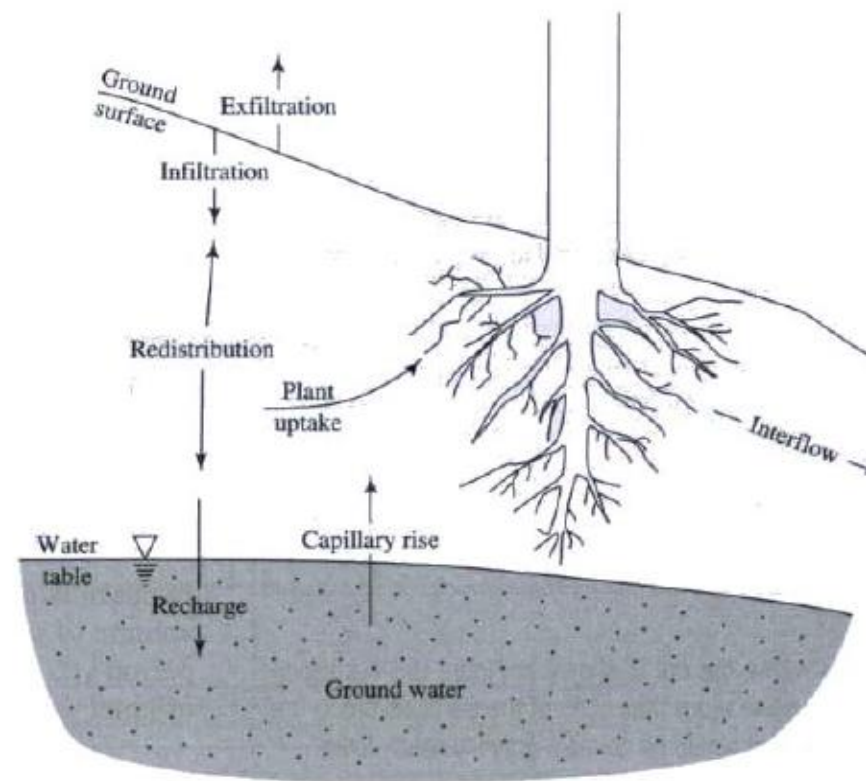
Dòng chảy dưới mặt đất là dòng chảy vào vùng đất không bão hòa.

Dòng chảy ngầm là dòng chảy vào vùng đất bão hòa.

Quá trình thấm lậu

Thấm lậu: sự dịch chuyển của nước qua bề mặt đất vào trong lớp đất
Tái phân phối: chuyển động tiếp theo của nước thấm lậu trong tầng không bão hòa của lớp đất. Nó có thể bao gồm lọc (sự bốc hơi từ tầng phía trên của lớp đất), mao dẫn (dịch chuyển lên cao từ tầng đất bão hòa đến tầng đất không bão hòa nhờ sức căng bề mặt), tái nạp (nước dịch chuyển từ tầng đất không bão hòa đến tầng đất bão hòa), tạo dòng (dòng chảy len lỏi trong các rãnh dốc). Thấm thấu nhằm chỉ hiện tượng dòng chảy đi xuống từ tầng đất không bão hòa.

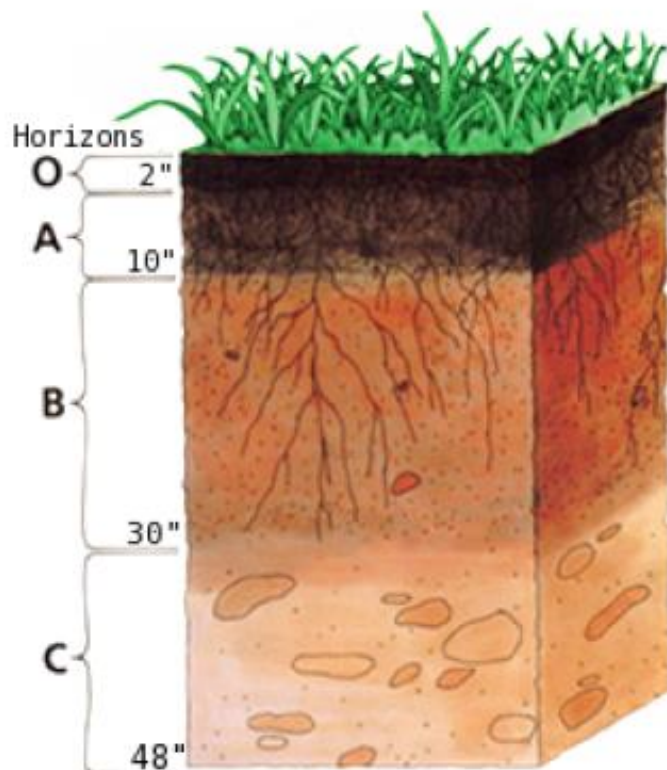
Thấm lậu và tái phân phối phụ thuộc vào cấu trúc và đặc trưng thủy lực của tầng đất.



Dingman 2002, Figure 6-1

Phẫu diện đất là gì?

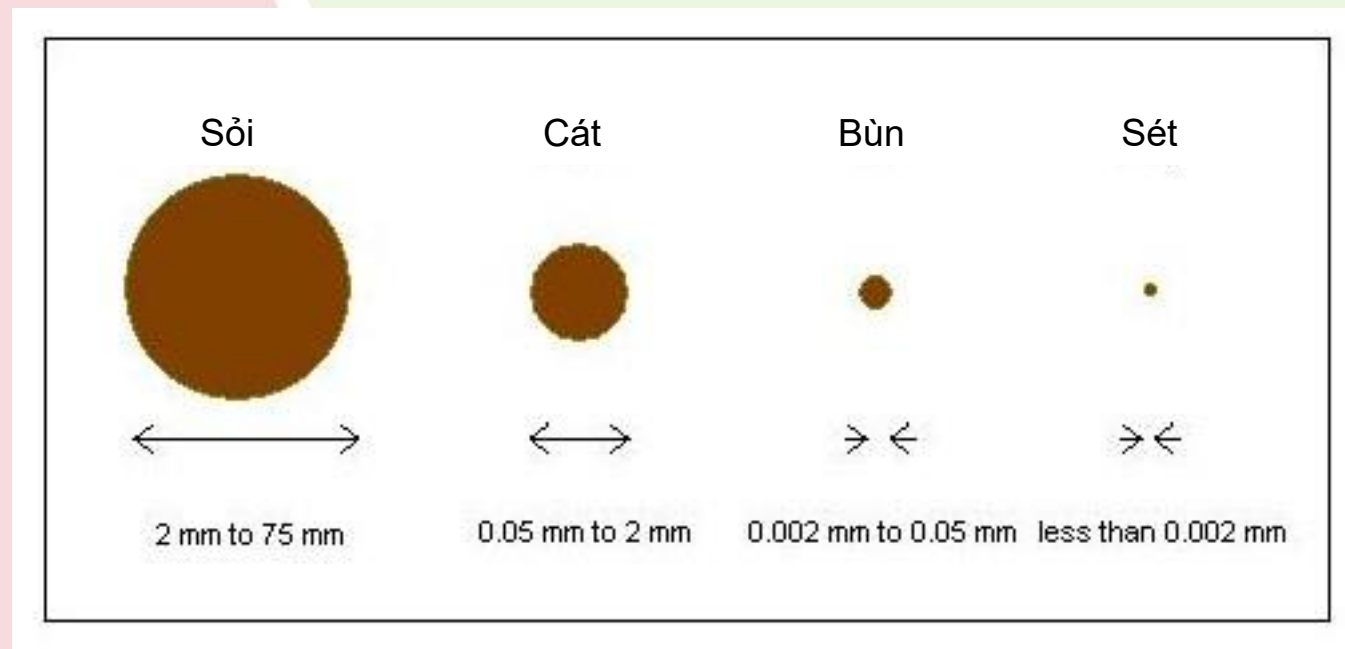
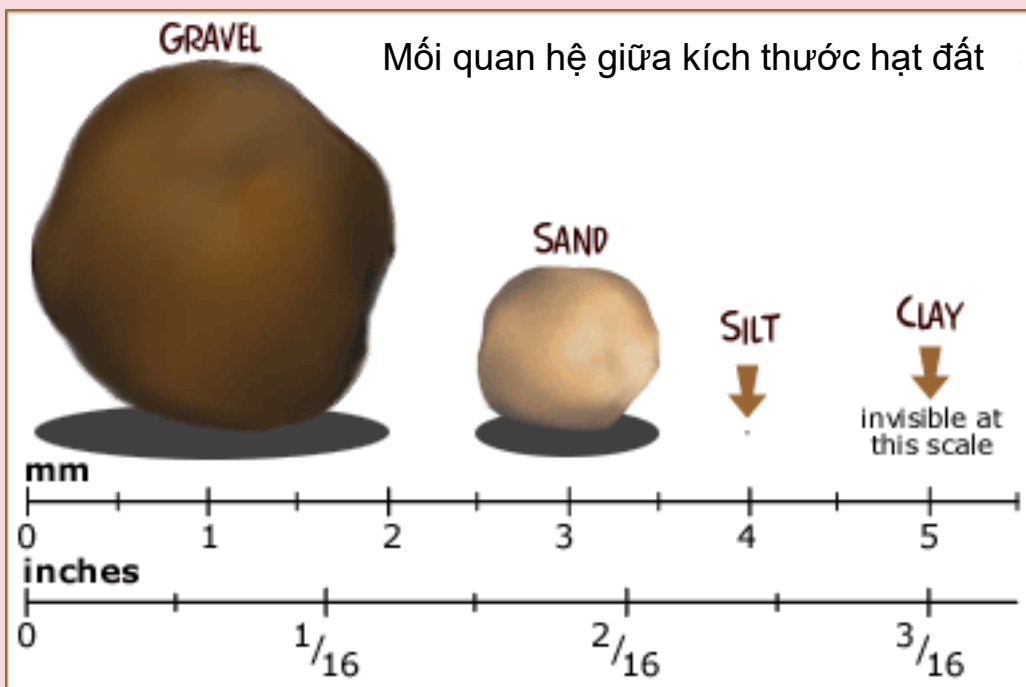
Phẫu diện đất



Hầu hết lớp đất chia thành 3 tầng:
tầng mặt (a)
dưới bề mặt (B)
tầng nền (C)

Một số lớp đất có tầng hữu cơ (O) trên bề mặt, nhưng tầng này có thể bị vùi lấp
Tầng chính (E) dễ bị mất các khoáng chất do rửa trôi
Tầng đá cứng (R)

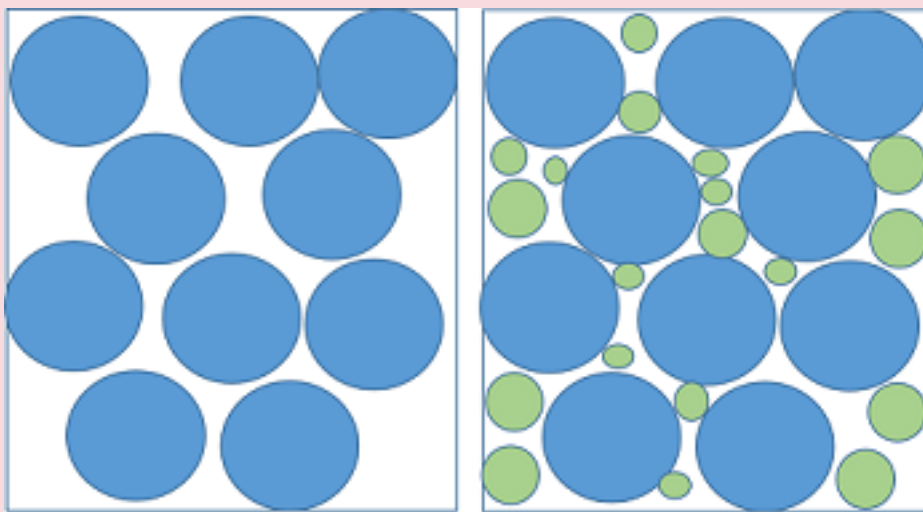
- Kích cỡ các hạt phân bố trong phẫu diện đất sẽ xác định đặc điểm của lớp đất liên quan đến lượng nước – đất có được.



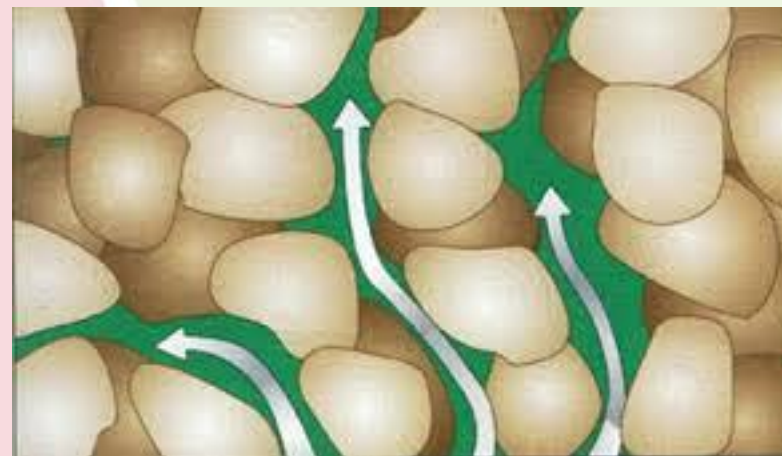
- Hai đặc trưng của lớp đá điều chỉnh cấu trúc của tầng chứa nước.

Độ rỗng xác định bởi thể tích của phần rỗng và thể tích của đất. Đó là khoảng trống giữa các hạt đất.

Độ thấm là thước đo mức độ dễ dàng mà chất lỏng (trong trường hợp này là nước) có thể di chuyển qua đá xốp.



Độ rỗng cao – khoảng trống lớn Độ rỗng thấp – khoảng trống nhỏ

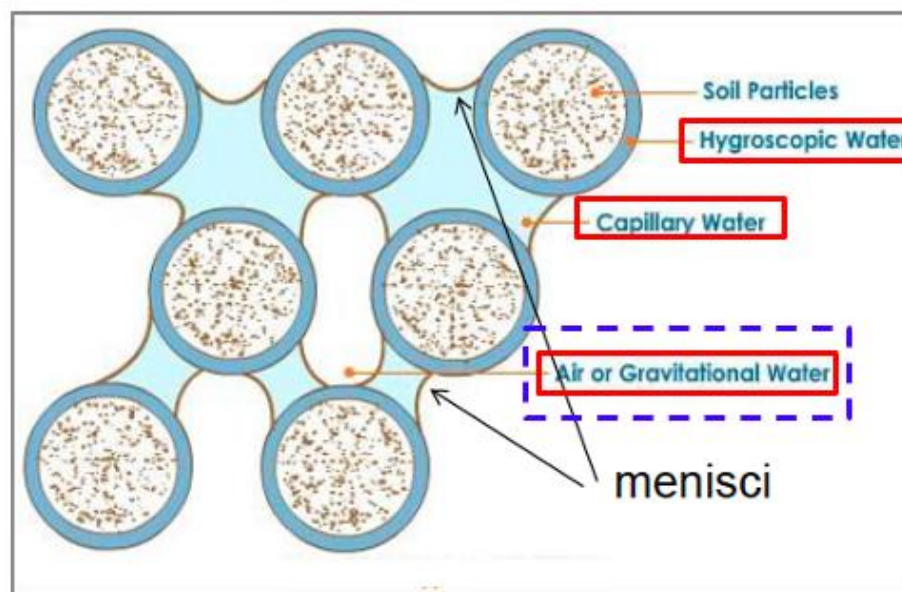


• Khả năng lưu trữ đất – nước

3 trạng thái của nước trong đất: trọng lực, mao dẫn hoặc hút ẩm.

Nước bị thu hút bởi các hạt đất. Trường hợp có đủ nước, nước sẽ bị giữ lại giữa các hạt đất, còn được biết dưới tên nước mao dẫn. Khi đất khô, sức căng mao dẫn gia tăng, nước được giữ càng chặt giữa các hạt đất. Nếu đất khô hơn nữa, nước mao dẫn biến mất, chỉ còn một lớp màng nước mỏng bám vào các hạt đất hay còn gọi là hút ẩm. Lượng nước tối đa hạt đất có thể giữ sau khi đã tiêu thoát theo trọng lực (để lại các lỗ rỗng) được gọi là độ ẩm đồng ruộng (θ_{tc}). Điểm héo θ_{pwp} chỉ lượng nước trong đất ở thời điểm cây trồng không thể lấy được nước từ đất nữa.

3 trạng thái của nước trong đất

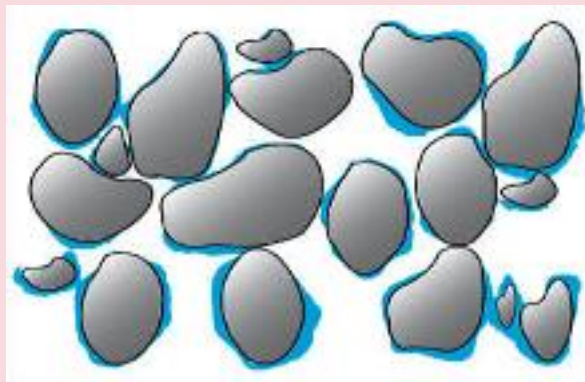


<http://www.tutorvista.com/topic/soil-pore-space>

Điểm héo
(15 bars)

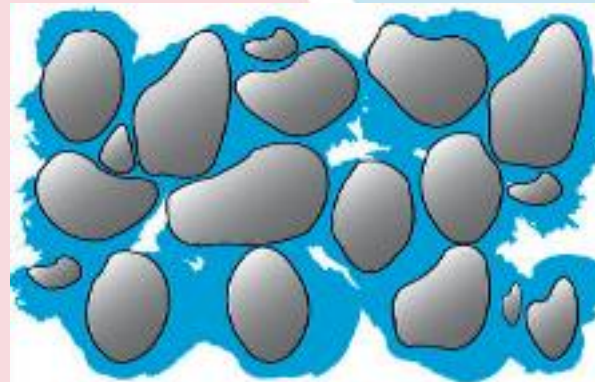
Độ ẩm đồng ruộng
(1/3 bar)

**Nước hút ẩm
(không còn nước)**



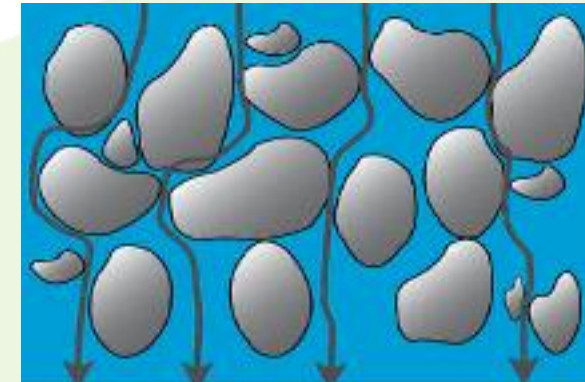
Nước giữ lại trên bề mặt
hạt đất như màng mỏng

**Nước mao dẫn
(cây trồng phát triển)**



Nước giữ lại trong các lỗ
rỗng nhờ mao dẫn

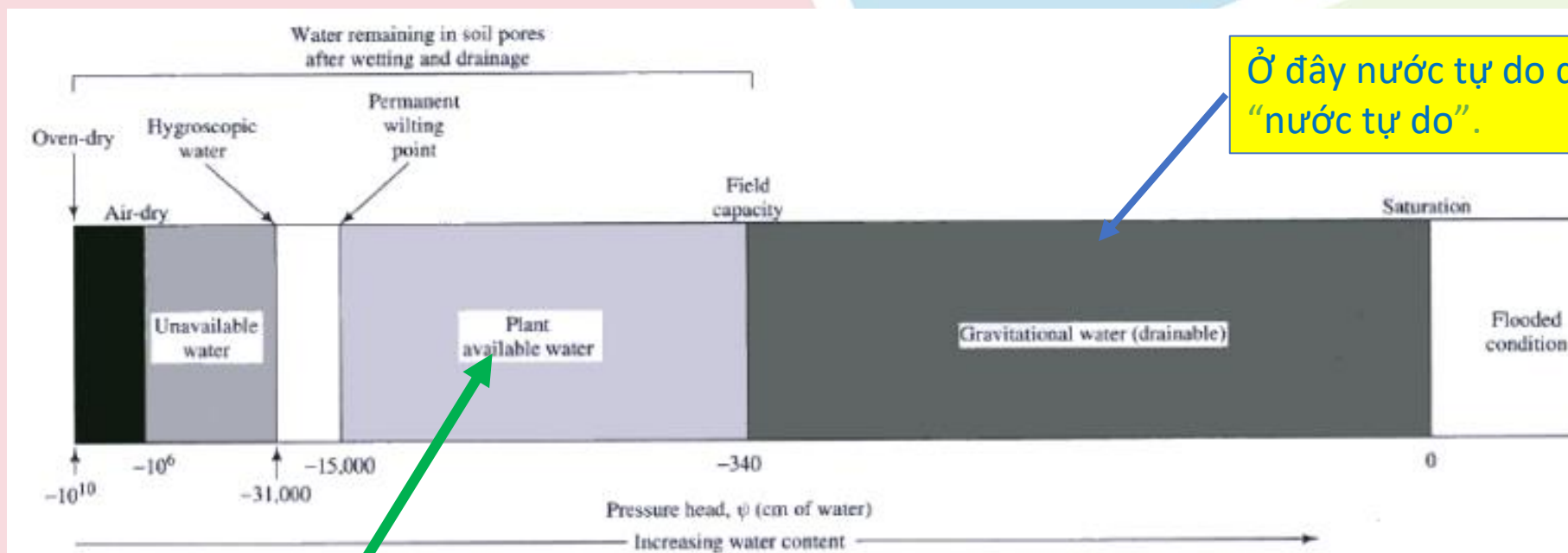
**Nước trọng lực
(cần tiêu thoát)**



Nước chảy qua tầng đất do
trọng lực

• Trạng thái đất – nước trong áp suất.

Trạng thái đất – nước trong lớp đất tự nhiên từ dạng ẩm ướt đến nước mao dẫn và nước hút ẩm. Sức căng trong đất tự nhiên không vượt quá -31000, trong ngưỡng này nước bị hấp thụ từ khí quyển

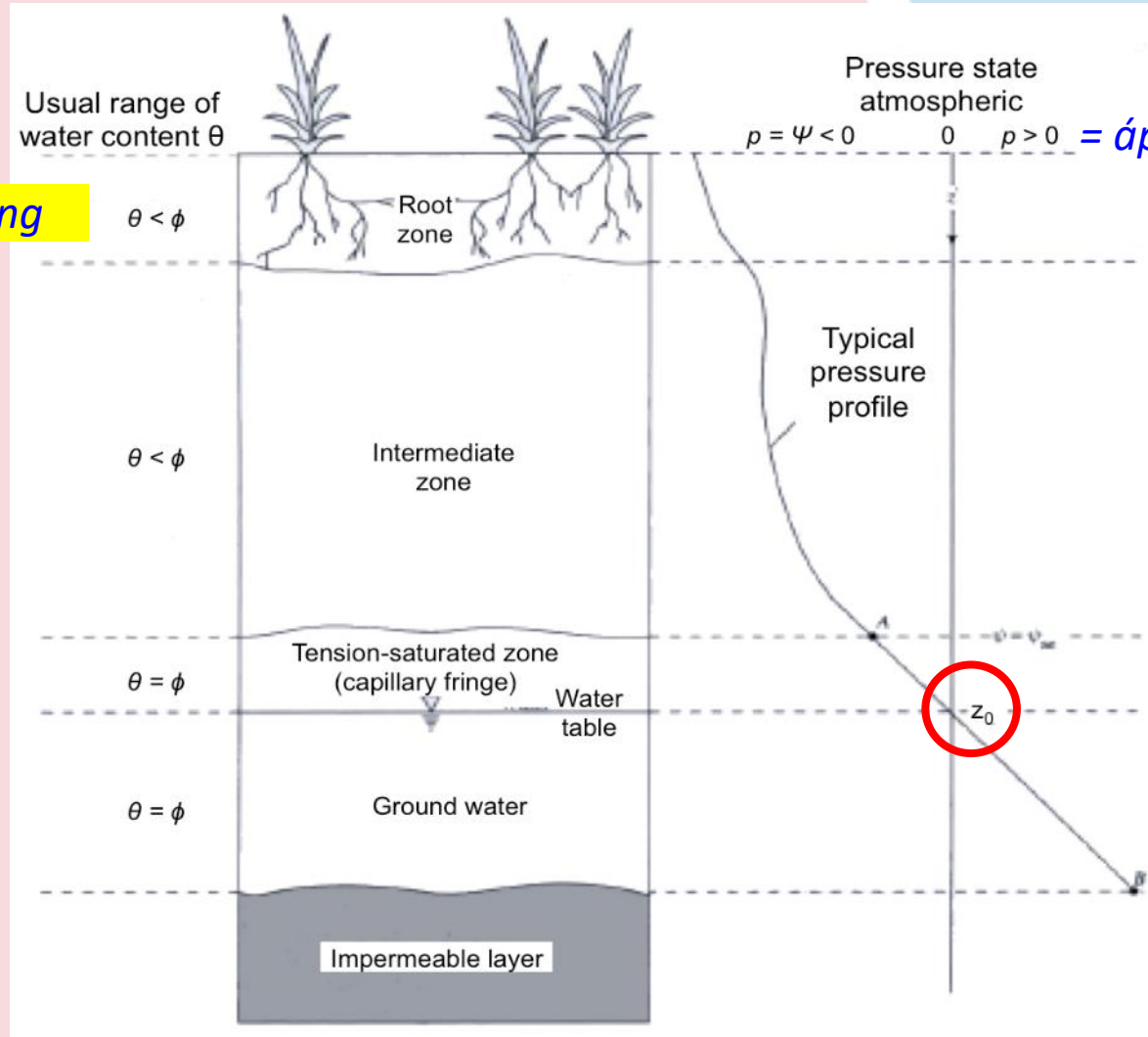


Dingman 2002, Figure 6-13

- Phẫu diện đất giải thích cho các tầng thủy văn



ϕ = độ rỗng



Một phẫu diện đất có thể được mô tả dưới dạng tầng thủy văn.

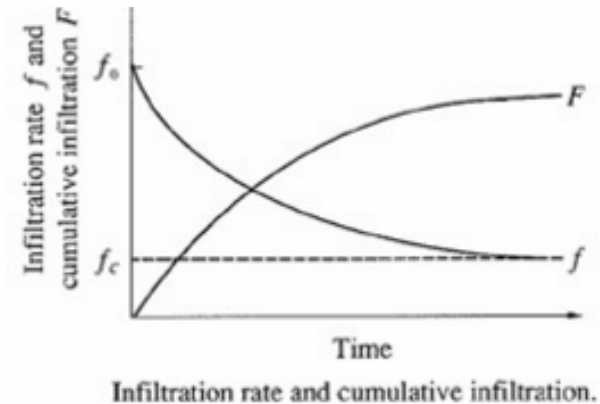
Vùng nước dưới đất là tầng bão hòa.

- Tính toán thấm lậu như thế nào?

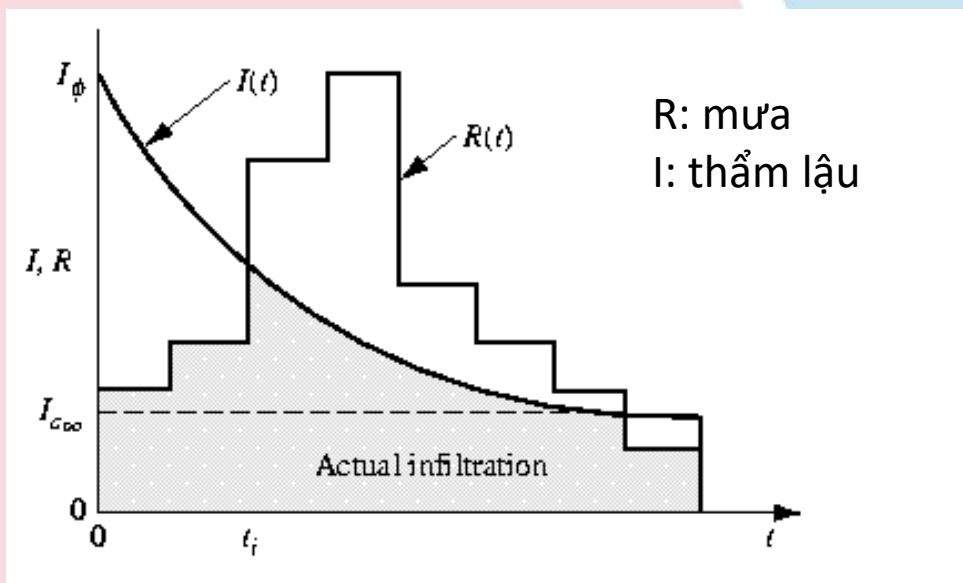
- Tốc độ thấm lậu $f(t)$
 - Tốc độ mà nước thâm nhập và tầng đất bề mặt (cm/giờ)
- Thấm lậu tích lũy
 - Độ sâu tích lũy của nước thấm lậu trong một thời đoạn

$$F(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$



Công thức thấm lậu



1. Thấm lậu cần có nước.
2. Nếu cường độ mưa $R(t)$ nhỏ hơn đường cong khả năng thấm lậu $I(t)$, toàn bộ thể tích nước sẽ thấm lậu.

Tác giả	Công thức	Ghi chú
Horton	$i(t) = i_f + (i_0 - i_f) \cdot e^{-kt}$	$i(t)$: khả năng thấm lậu trong một thời đoạn (cm/s) i_0 : khả năng thấm lậu ban đầu (cm/s) i_f : khả năng thấm lậu cuối cùng (cm/s) k : hằng số phân hủy so với đất (mn^{-1})
Green & Ampt	$i(t) = K_s \left[1 + \frac{h_0 - h_f}{z_f(t)} \right]$	K_s : độ dẫn thủy lực bão hòa (mm/hr) h_0 : áp suất thủy tĩnh tại lớp đất mặt (mm) h_f : áp suất thủy tĩnh ở mặt trước ướt (mm) z_0 : độ sâu của mặt trước ướt (mm)



Bài tập 3:

Bạn có ý kiến gì về hiện tượng xuất hiện trong hình xảy ra tại Hà Nội?



Bài tập 3:

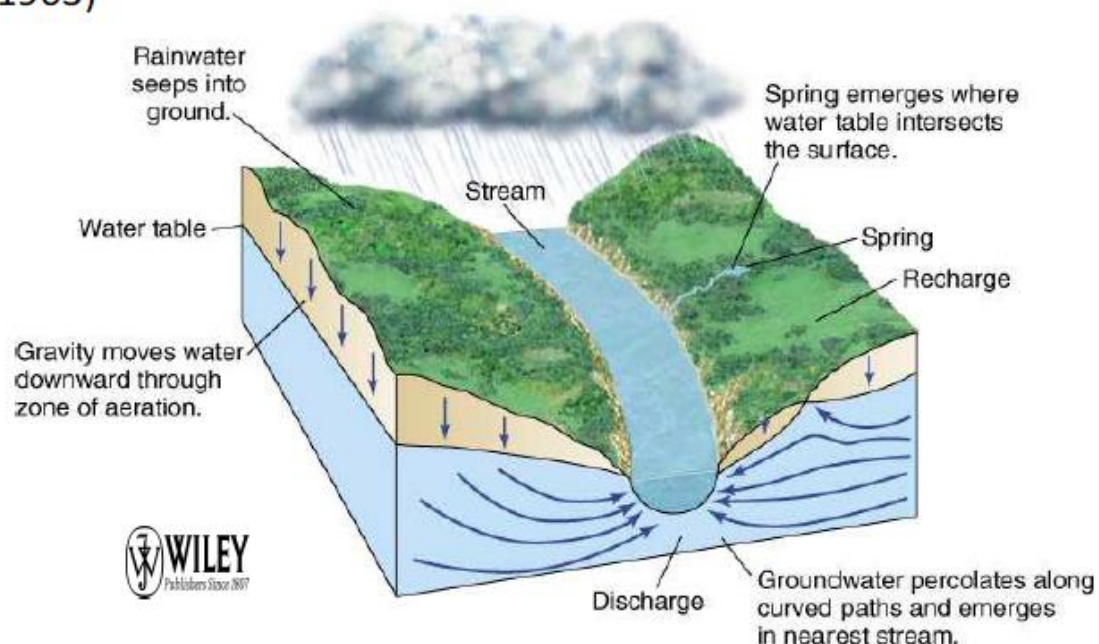
Bạn có ý kiến gì về hiện tượng xuất hiện trong hình xảy ra tại Hà Nội?

Trả lời:

Hiện tượng lụt xuất hiện khi nước không còn khả năng thấm vào đất, bởi vì đất đã bão hòa hoặc không thấm (tầng đá, kết cấu bê tông, đường sá).

Tính phức tạp của các đường nước

Nước mưa đi đâu
(Penman, 1963)

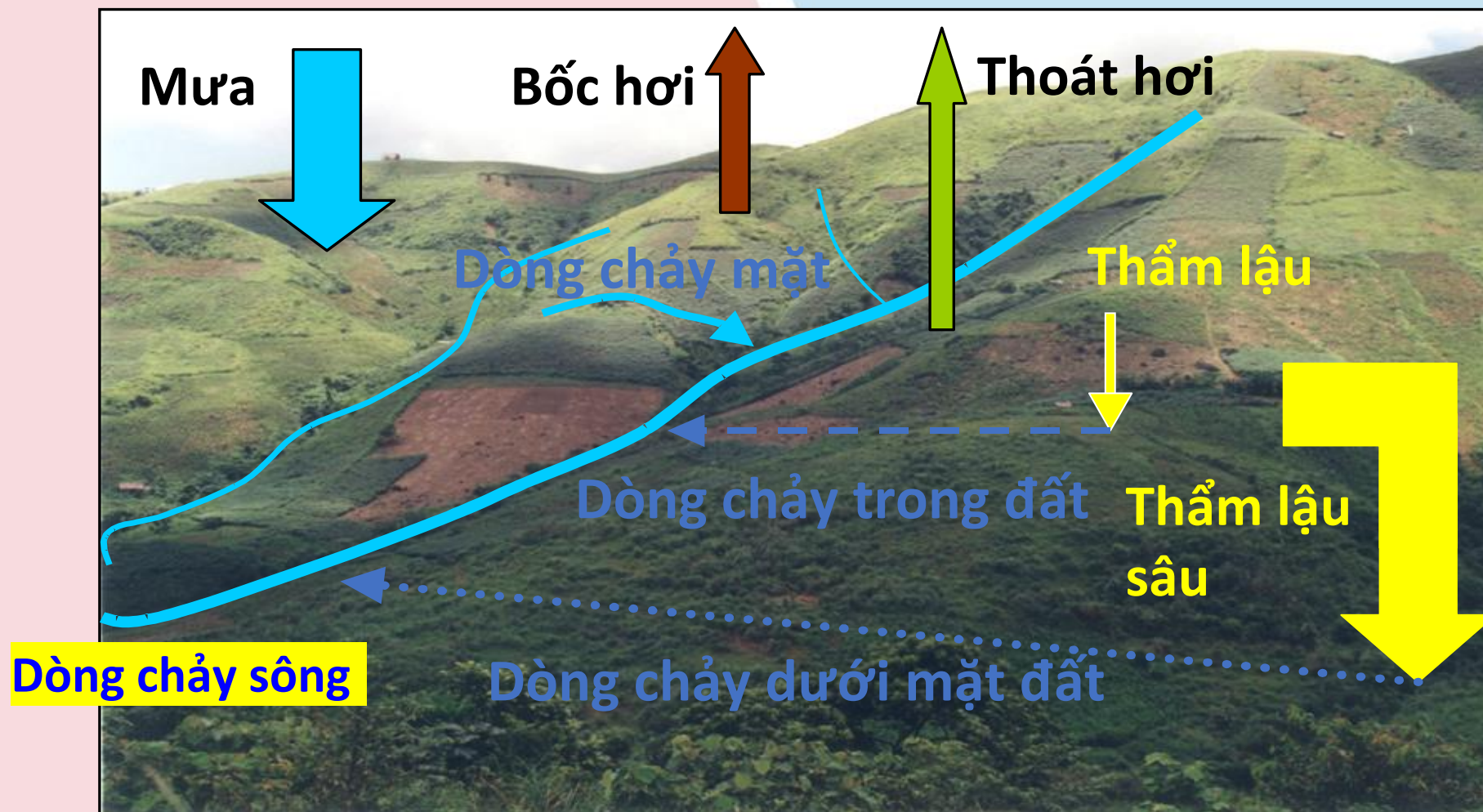


Dòng chảy đến từ đâu
(Hewlett, 1961)

Hewlett J.D., 1961 - Soil moisture as source of base flow from steep mountain watershed. US Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina.

Penman, H.L., 1963. Vegetation et Hydrology. Commonwealth Bureau of Soils Technical Communication 53, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks (UK), 124 pp.

Tính phức tạp của các đường nước

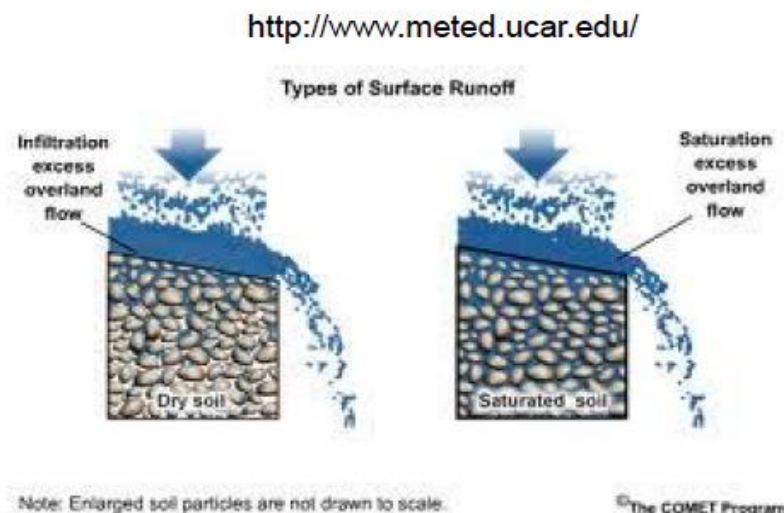


• Cơ chế xuất hiện dòng chảy mặt

Dòng chảy mặt Dòng chảy mặt được tạo ra từ hai cơ chế

- 1. Hiện tượng thấm lậu (dòng chảy mặt Hortonian)** gây ra từ sự bão hòa trên bề mặt đất khi tốc độ thâm nhập của nước $w(t)$ vượt quá độ dẫn thủy lực bão hòa K_h^* của bề mặt trong một thời đoạn vượt quá thời gian của hồ t_p .
- 2. Dòng chảy tràn bão hòa (Dunne)** gây ra từ sự bão hòa dưới bề mặt đất. Khi nước xuất hiện trên bề mặt đất, nhưng lớp đất đã bão hòa nên nước không thấm được mà hình thành dòng chảy. Dòng chảy tràn bão hòa còn bao gồm cả dòng tuần hoàn được phân phối một phần từ nước ngầm mao dẫn.

<http://www.flickr.com/photos/15157983@N00/211869881>



Hai quá trình này giải thích sự phân bố của nước trên mặt đất.

Sự phân bố giữa nước mặt và nước thấm lậu phụ thuộc vào cường độ mưa.

Nếu cường độ mưa $R(t)$ nhỏ hơn đường cong khả năng thấm lậu $I(t)$, khi đó toàn bộ thể tích nước sẽ thấm lậu.

Overland flow = surface runoff

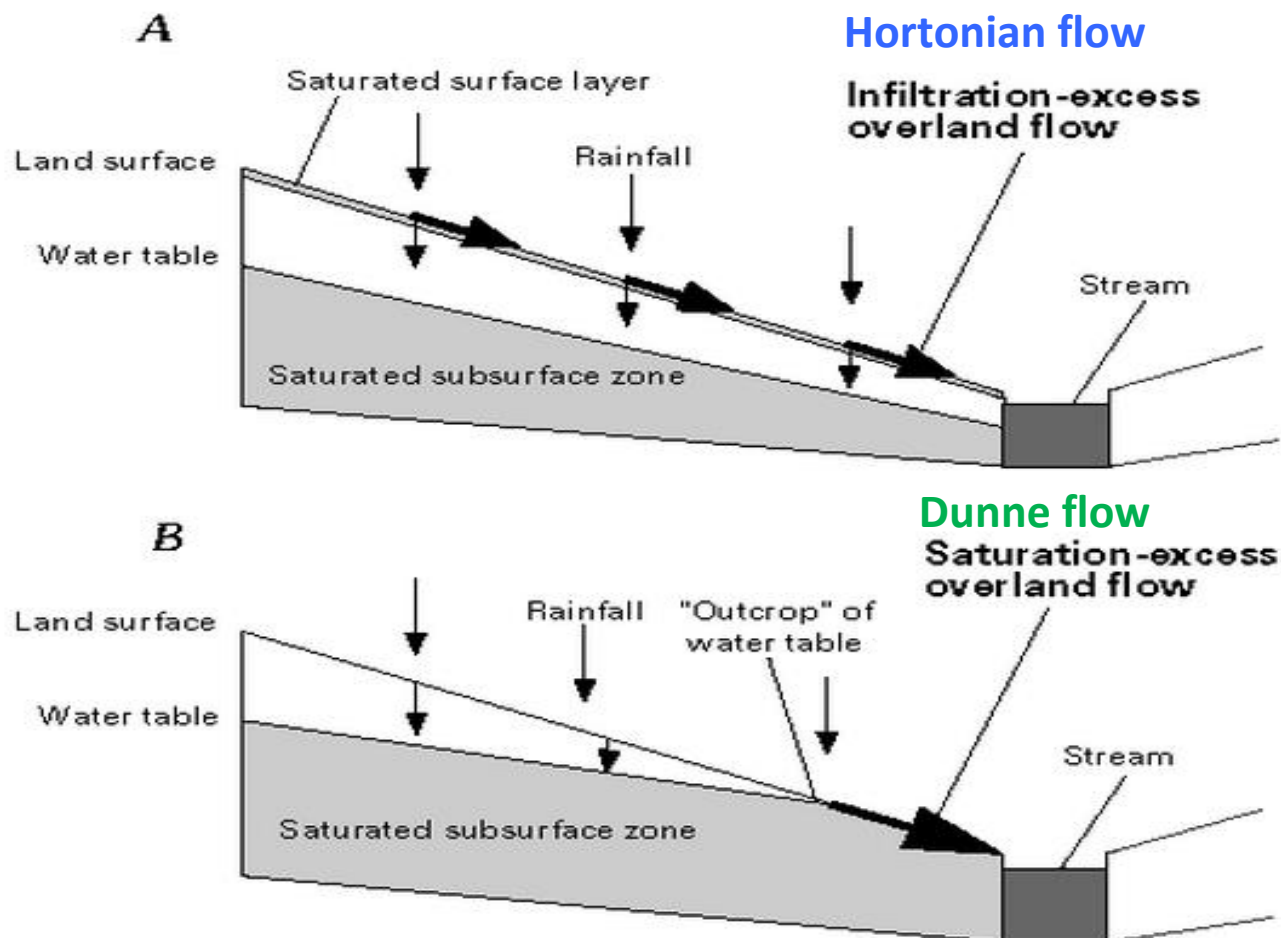


Figure 2. Schematic diagrams illustrating (A) infiltration-excess overland flow and (B) saturation-excess overland flow.

Dòng chảy Hortonian

Dòng chảy tràn xuất hiện khi cường độ mưa vượt quá khả năng thấm của đất.

$$R(t) > I(t)$$

Dòng chảy Dunne

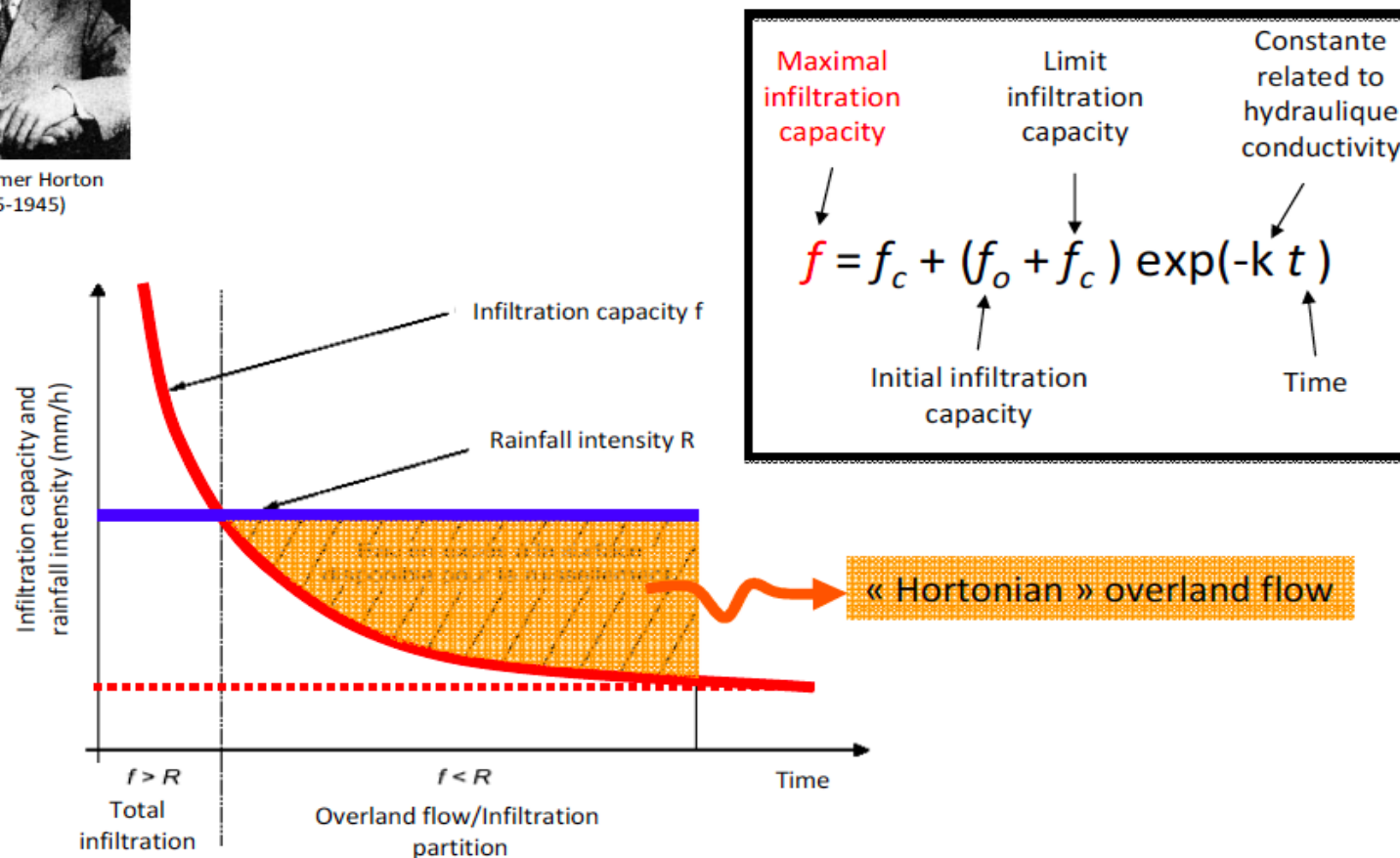
Dòng chảy xuất hiện khi lớp đất đã bão hòa. Nước không thể thấm vì đất không còn lỗ rỗng.



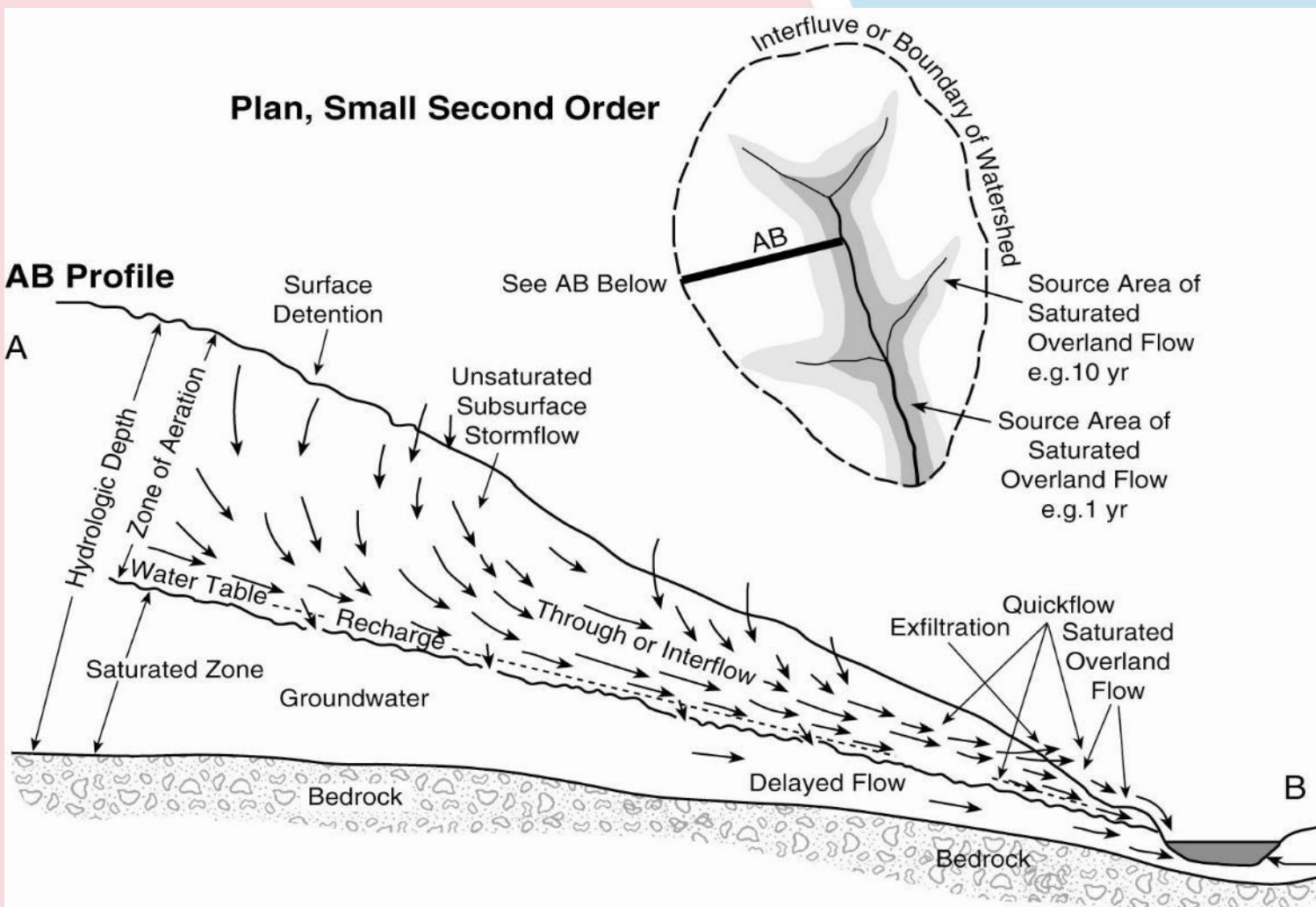
Robert Elmer Horton
(1875-1945)

Khả năng thấm lậu

→ mức độ thấm vượt quá dòng chảy tràn



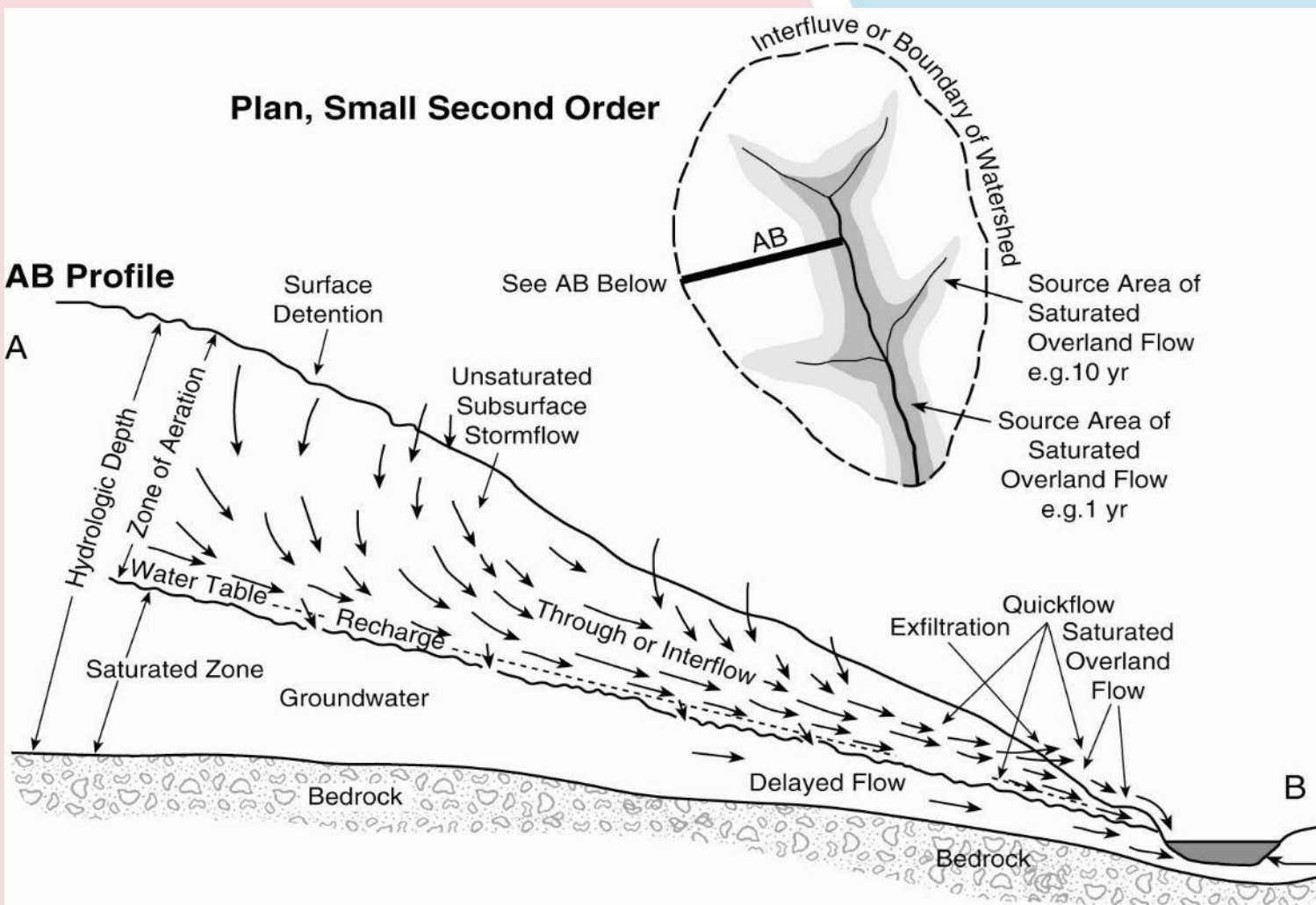
- Hậu quả của việc phân phối nước trong đất



Excercise 4:

Dòng chảy Dunne thường xuất hiện ở đâu trong thủy vực?

- Hậu quả của việc phân phối nước trong đất



Bài tập 4:

Dòng chảy Dunne thường xuất hiện ở đâu trong thủy vực?

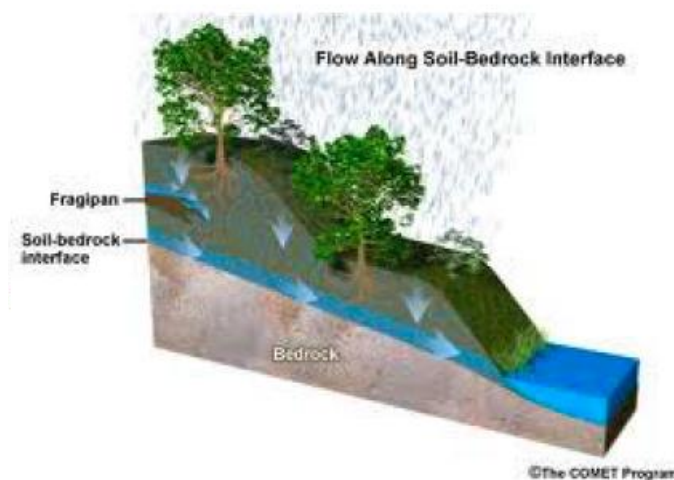
Trả lời:

Dòng chảy Dunne xuất hiện khi đất đã bão hòa. Khi đó tần suất tối đa để có dòng chảy dunne dọc các con sông tại các khu trũng hoặc ở đáy các thung lũng.

- Dòng chảy dưới mặt đất bổ sung cho các sông.

Dòng chảy dưới mặt đất

Dòng chảy ngầm từng khu vực là nguồn cung cho hầu hết các dòng chảy mặt ở các thời đoạn. Trong khi thời gian tồn lưu của nước ngầm rất lớn để cung cấp nước, một số điều kiện khác cũng được yêu cầu như dòng chảy dưới mặt đất cung cấp vào sông suối. Đây là định nghĩa của dòng chảy dưới mặt đất. Hình minh họa trình bày dòng chảy dưới mặt đất ở phía trên tầng đá không thấm.



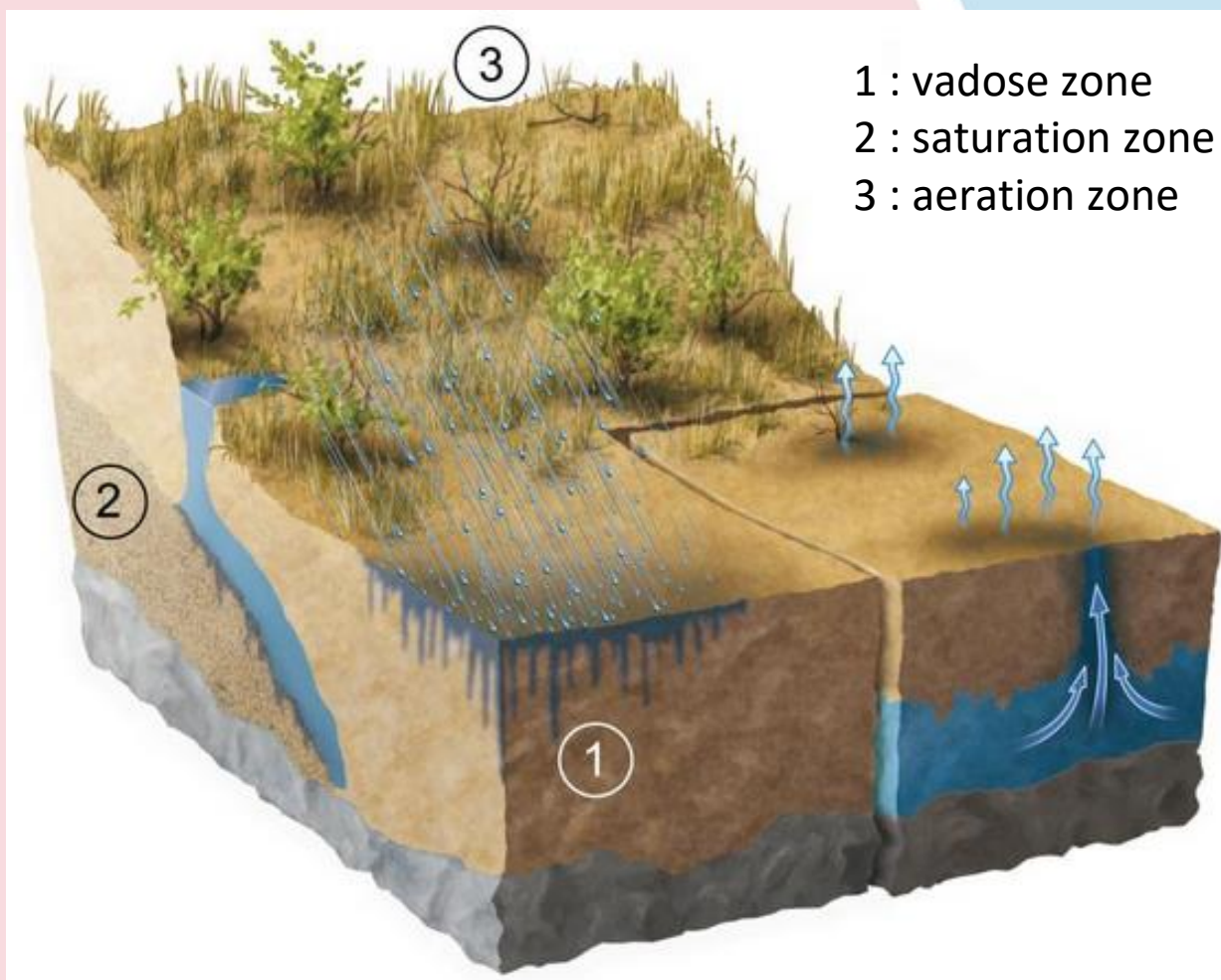
<http://www.meted.ucar.edu/>

Chú ý là phần phía trên của tầng chứa nước màu xanh dương (**mực nước ngầm**) ngang bằng với phần trên của bề mặt nước trên sông (**mặt nước**).

Ở trạng thái cân bằng thủy văn (vài ngày sau mưa):

Mực nước ngầm = bề mặt nước sông

- 3 khả năng để nước xuất hiện trong phẫu diện đất.



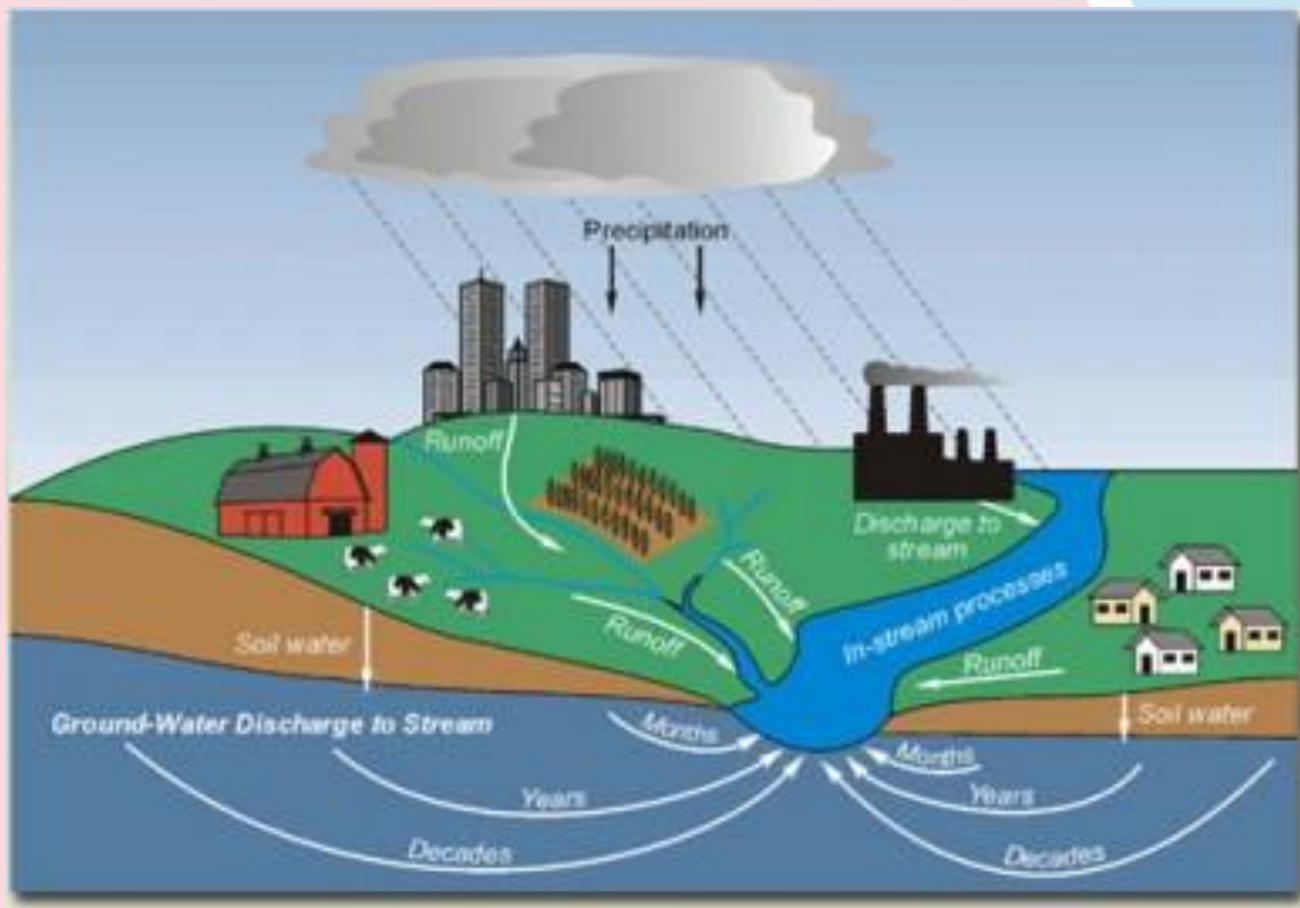
Vùng 3: nước di chuyển trên bề mặt đất: còn gọi là **tầng thoáng khí**. Nước tham gia vào dòng chảy mặt và tạo thành các dòng chảy trong sông suối.

Vùng 1: nước di chuyển trong lớp đất: còn gọi là **vùng vadose**. Tầng đất khi đó chưa bão hòa.

Vùng 2: nước dịch chuyển vào tầng chứa nước: còn gọi là **tầng bão hòa**. Lớp đất ở đây hòa toàn bão hòa, không còn khả năng chứa thêm nước.

5. Nước ngầm

- Cuối cùng, tất cả các dòng chảy đều dẫn về nước ngầm!

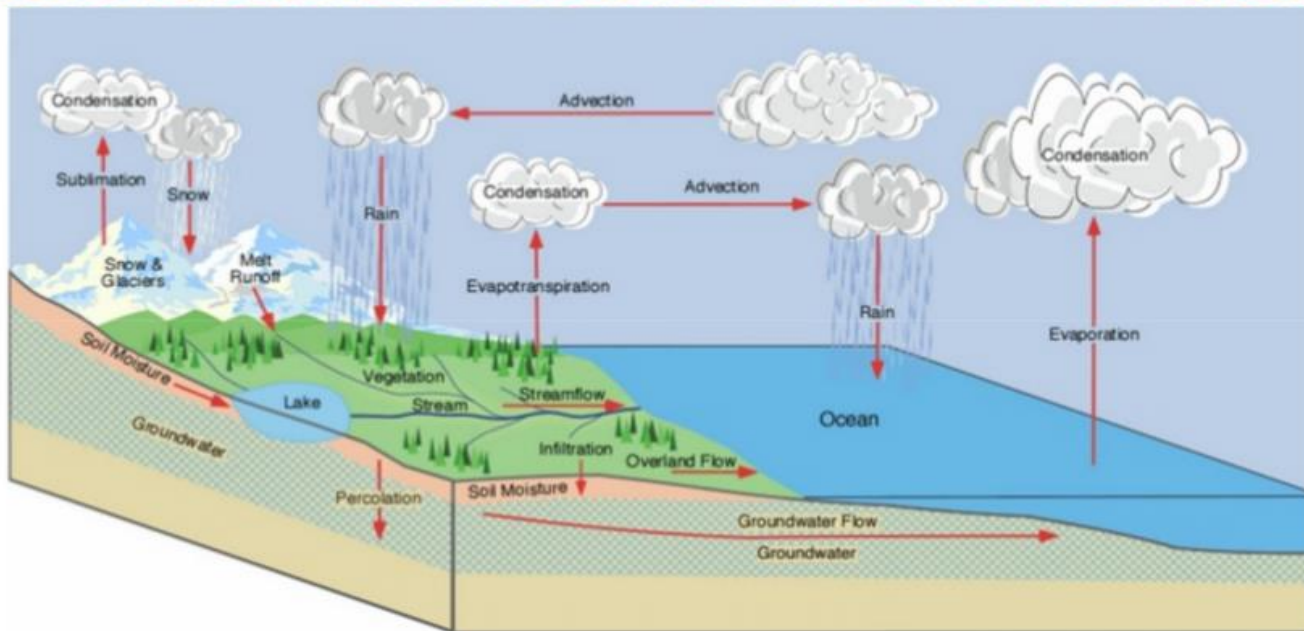


Tham khảo thêm:

<https://gw-project.org/>

- Động lực nước ngầm gắn liền với chu trình thủy văn.

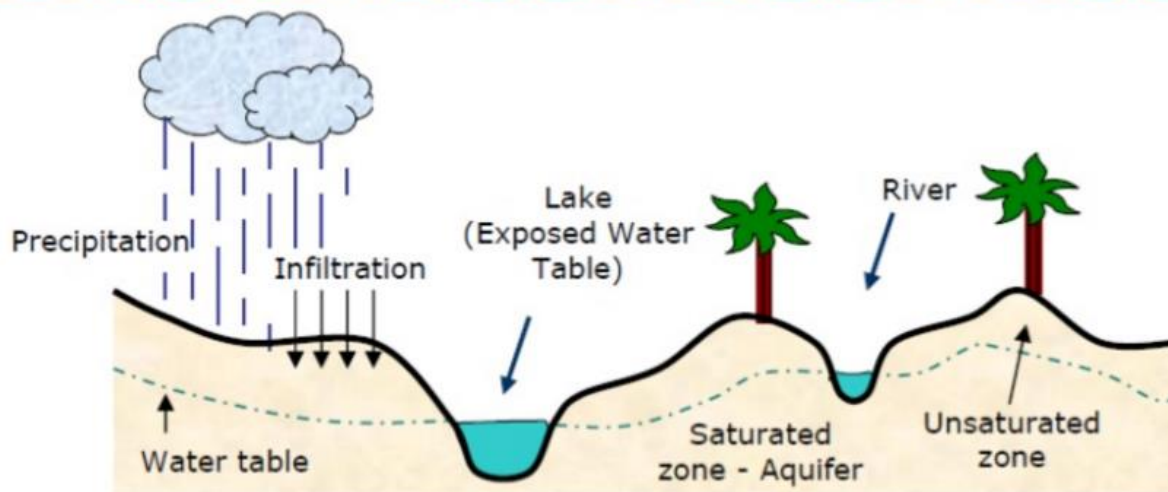
Thủy văn nước ngầm



- **Nước ngầm** là nước được giữ lại trong các lỗ rỗng của tầng chứa nước (đất/cát/sỏi) bên dưới bề mặt đất.
- **Thủy văn nước ngầm** được định nghĩa là quá trình xuất hiện, phân phối, và dịch chuyển của nước bên dưới bề mặt đất.

- Tầng nước ngầm và dòng chảy mặt trong sông, hồ liên kết với nhau.

Thủy văn nước ngầm



Vùng bão hòa / không bão hòa

- Vùng bão hòa là khu vực mà các lỗ rỗng của vật liệu chứa nước đã bị lấp đầy bởi nước.
- Vùng không bão hòa là khu vực mà các lỗ rỗng của vật liệu chứa nước một phần chứa nước, một phần chứa không khí.

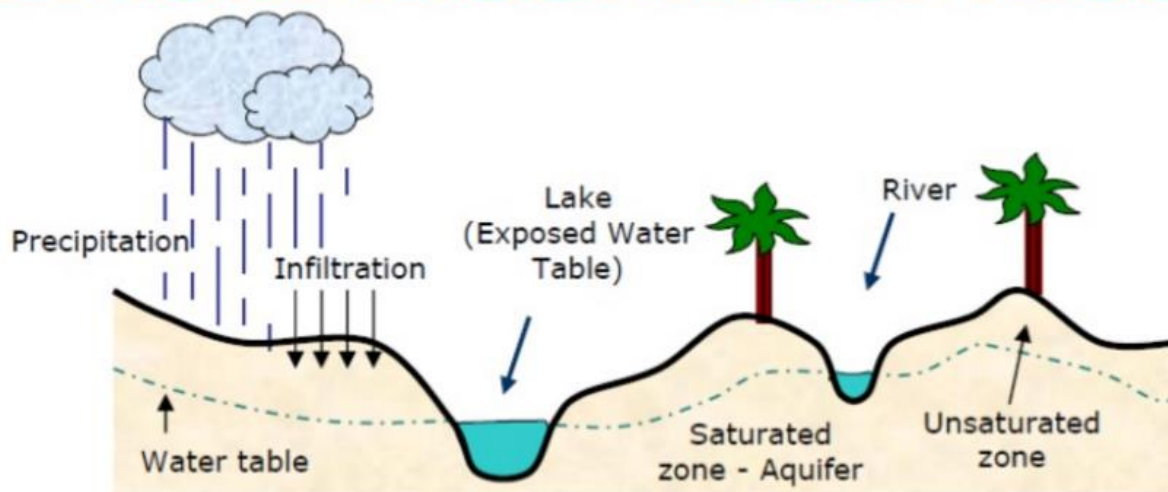
Quản lý nước ngầm thường chỉ tập trung vào tầng bão hòa (chưa hợp lý).

Bài tập 5:

Tại sao tầng nước ngầm và dòng chảy mặt trong sông, hồ liên kết với nhau?

- Tầng nước ngầm và dòng chảy mặt trong sông, hồ liên kết với nhau.

Thủy văn nước ngầm



Vùng bão hòa / không bão hòa

- Vùng bão hòa là khu vực mà các lỗ rỗng của vật liệu chứa nước đã bị lấp đầy bởi nước.
- Vùng không bão hòa là khu vực mà các lỗ rỗng của vật liệu chứa nước một phần chứa nước, một phần chứa không khí.

Quản lý nước ngầm thường chỉ tập trung vào tầng bão hòa (chưa hợp lý).

Bài tập 5:

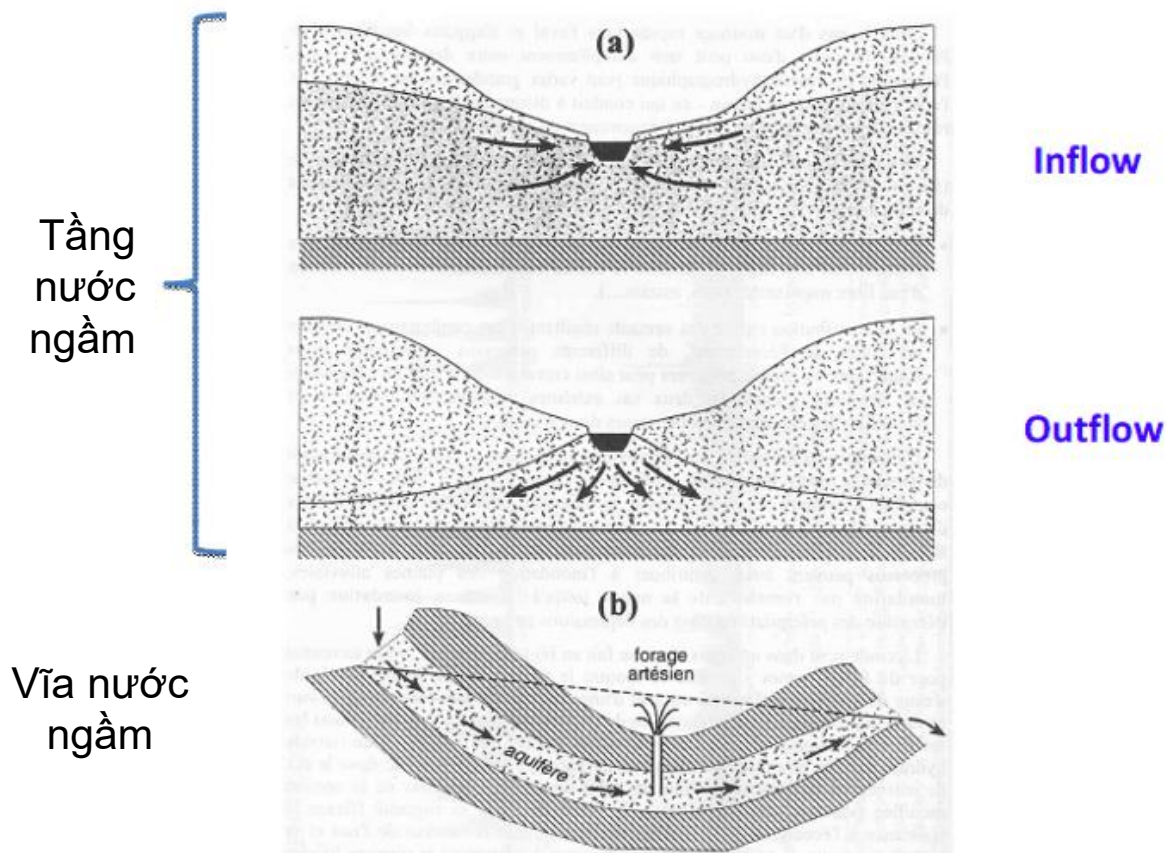
Tại sao tầng nước ngầm và dòng chảy mặt trong sông, hồ liên kết với nhau?

Trả lời:

Có 2 cao trình nước đại diện cho áp suất nước khí quyển: áp suất thủy tĩnh z bằng 0.

Thật vậy, cả hai phần đều có nước tự do.

- Sự trao đổi giữa nước mặt và nước ngầm.



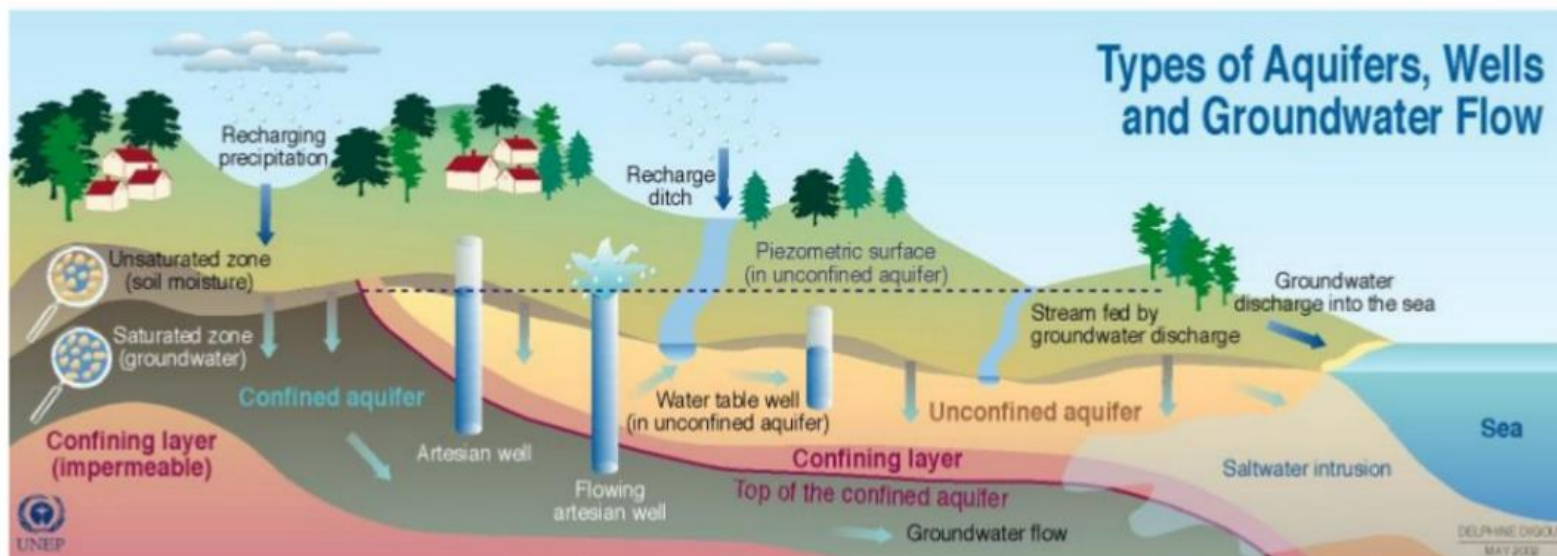
Dòng chảy đến: dòng chảy di chuyển vào sông. Nước ngầm di chuyển vào sông, khi đó dòng chảy mặt trong sông sẽ gia tăng.

Outflow: dòng chảy di chuyển vào tầng nước ngầm. Dòng chảy trên sông dịch chuyển vào tầng nước ngầm, khi đó lớp nước trên sông hạ thấp.

Vĩa nước ngầm: nước của tầng ngậm nước chịu áp lực dưới mức không thấm nước (vd: mức đất sét).

Các loại tầng chứa nước

Tầng chứa nước

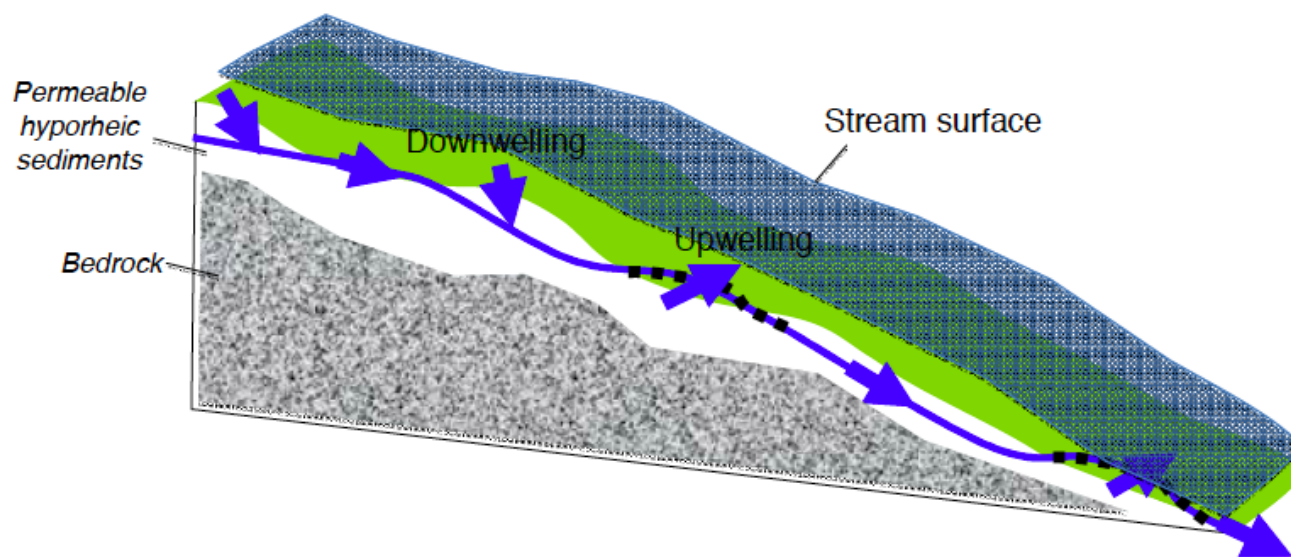


- Các vật liệu giữ nước: hình thành tầng chứa nước (không phải vỉa nước, vỉa nước ngầm, bán vỉa)
- Vỉa nước ngầm: aquitard / aquiclude

Ghi chú: Aquitard là vỉa nước ngầm không thấm hoàn toàn; trong khi aquiclude là vỉa nước ngầm thấm hoàn toàn.

- Kết luận về mối quan hệ nội tại giữa nước mặt và nước ngầm

Đường nước chảy: lưu trữ tạm thời dưới bề mặt dọc theo dòng chảy

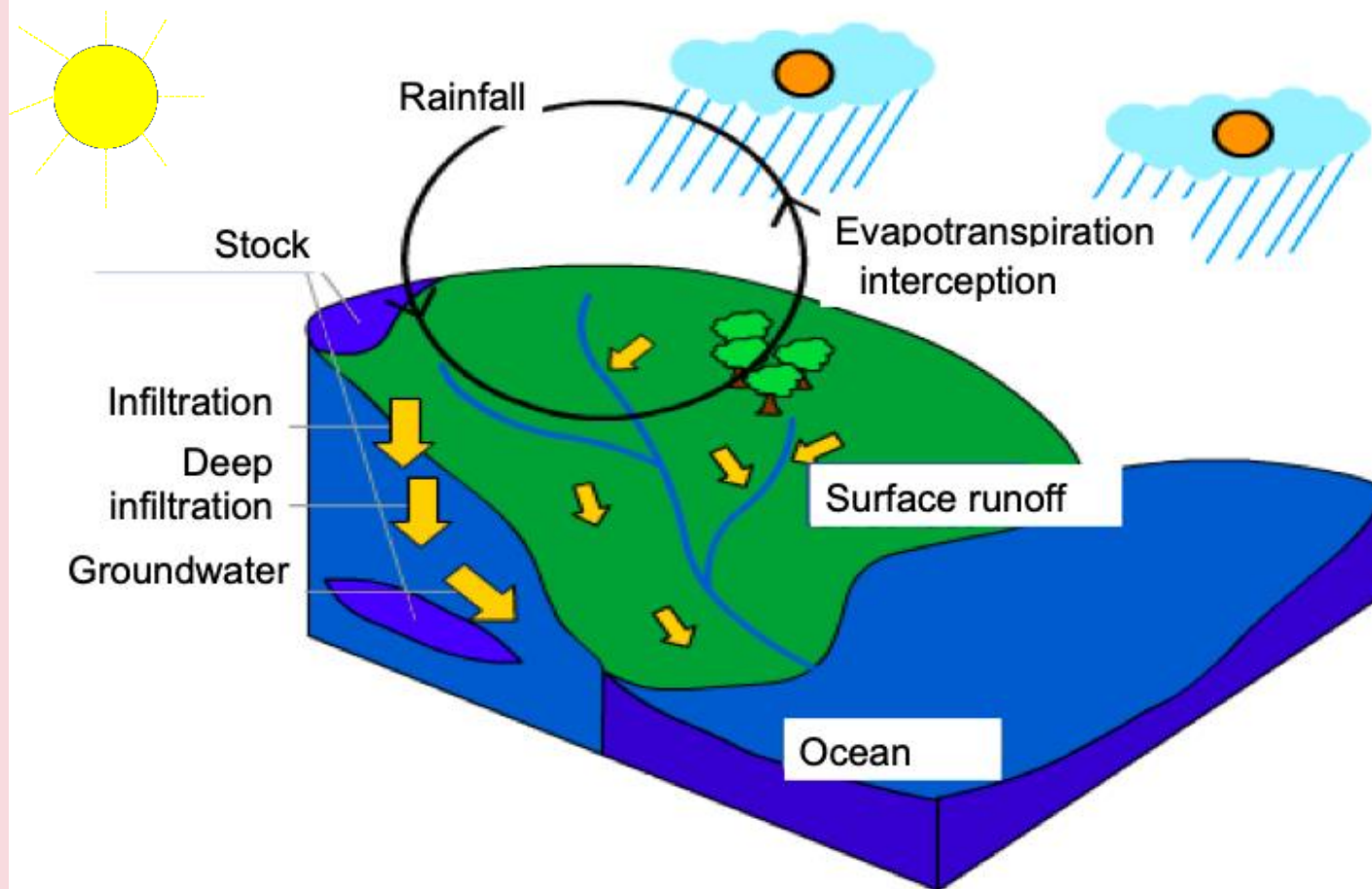


Sơ đồ minh họa dòng chảy với một số thay đổi về độ dốc và bề mặt thế năng của nước ngầm (đường xanh dương)

Dọc các con sông, nước dịch chuyển thay đổi liên tục giữa nước mặt và nước ngầm dựa vào trạng thái áp suất nước. Trạng thái áp suất nước phụ thuộc vào cấu trúc đất, vd. liên quan đến khả năng dẫn hoặc lưu trữ dòng nước của nó.

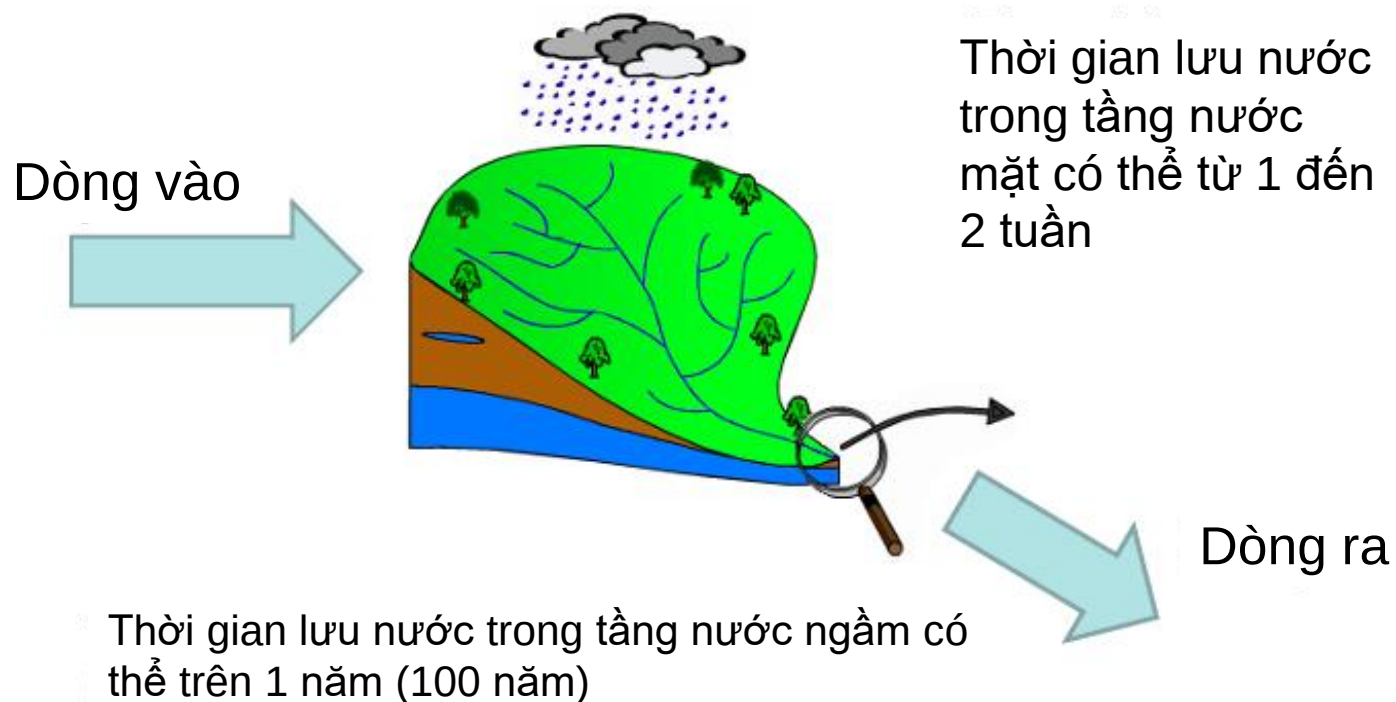
6. Cân bằng thủy văn

Dựa trên các khái niệm về vòng tuần hoàn nước và lưu vực sông



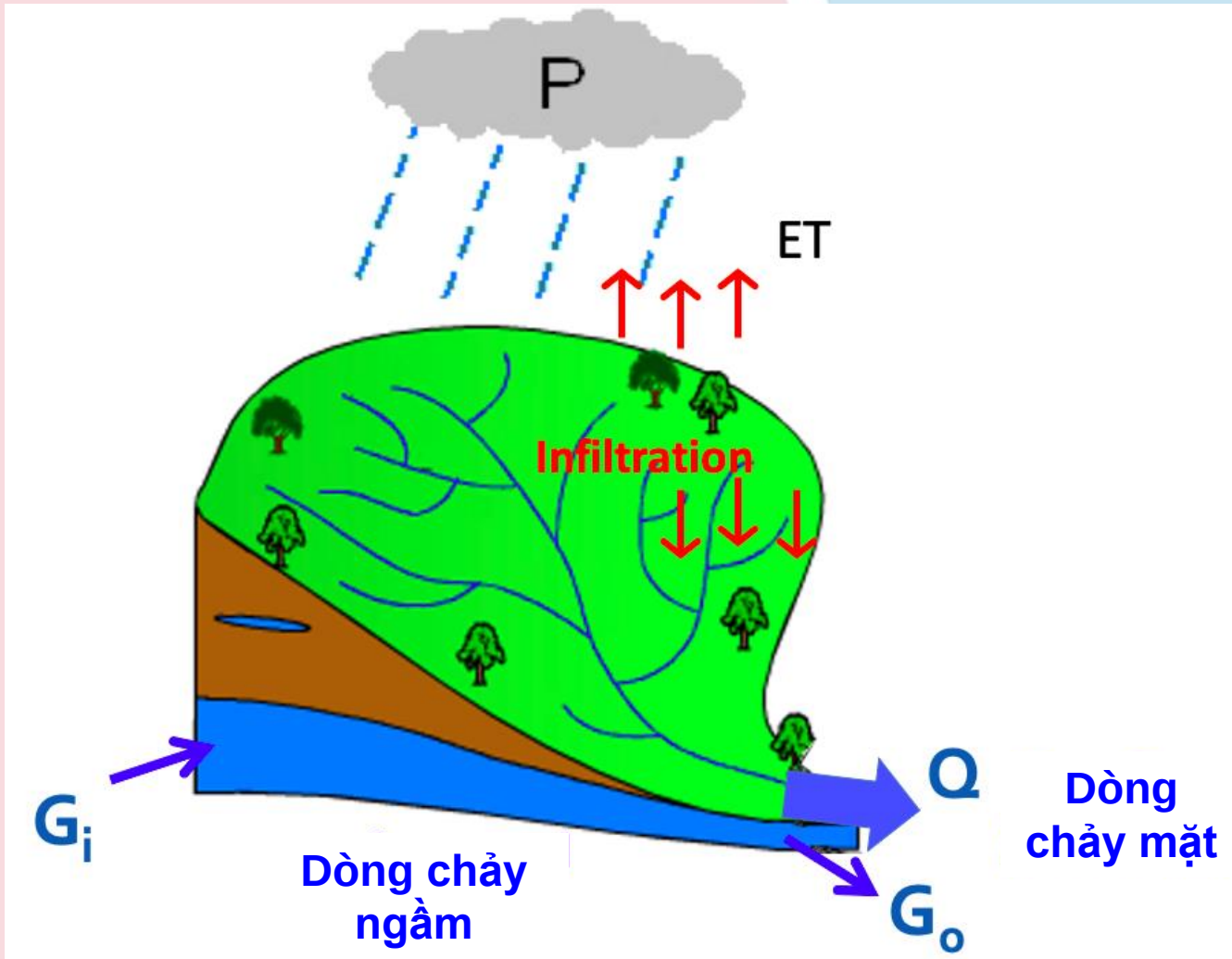
Cân bằng = Dòng vào – Dòng ra

→ **Quản lý lưu vực**



Quản lý lưu vực là sự liên kết giữa khả năng tích trữ nước của khu vực và lượng mưa.

Dòng vào? Dòng ra?



Dòng vào: P, G_i
Dòng ra: Q, ET, G_o

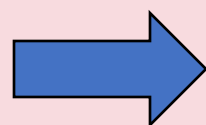


Trong ví dụ này,
lượng nước được
cân bằng. Dòng vào
– dòng ra = 0.

Dòng vào = Dòng ra

$$P + G_i = Q + ET + G_o$$

Cân bằng nước



$$\text{Cân bằng nước} = \Delta S / \Delta t$$

Dòng vào?

Dòng vào:

- **Mưa**
- Dòng chảy ngầm đến

Dòng ra?

Dòng ra:

- **Bốc thoát hơi**
- **Thấm xuống**
- Dòng chảy ngầm đi

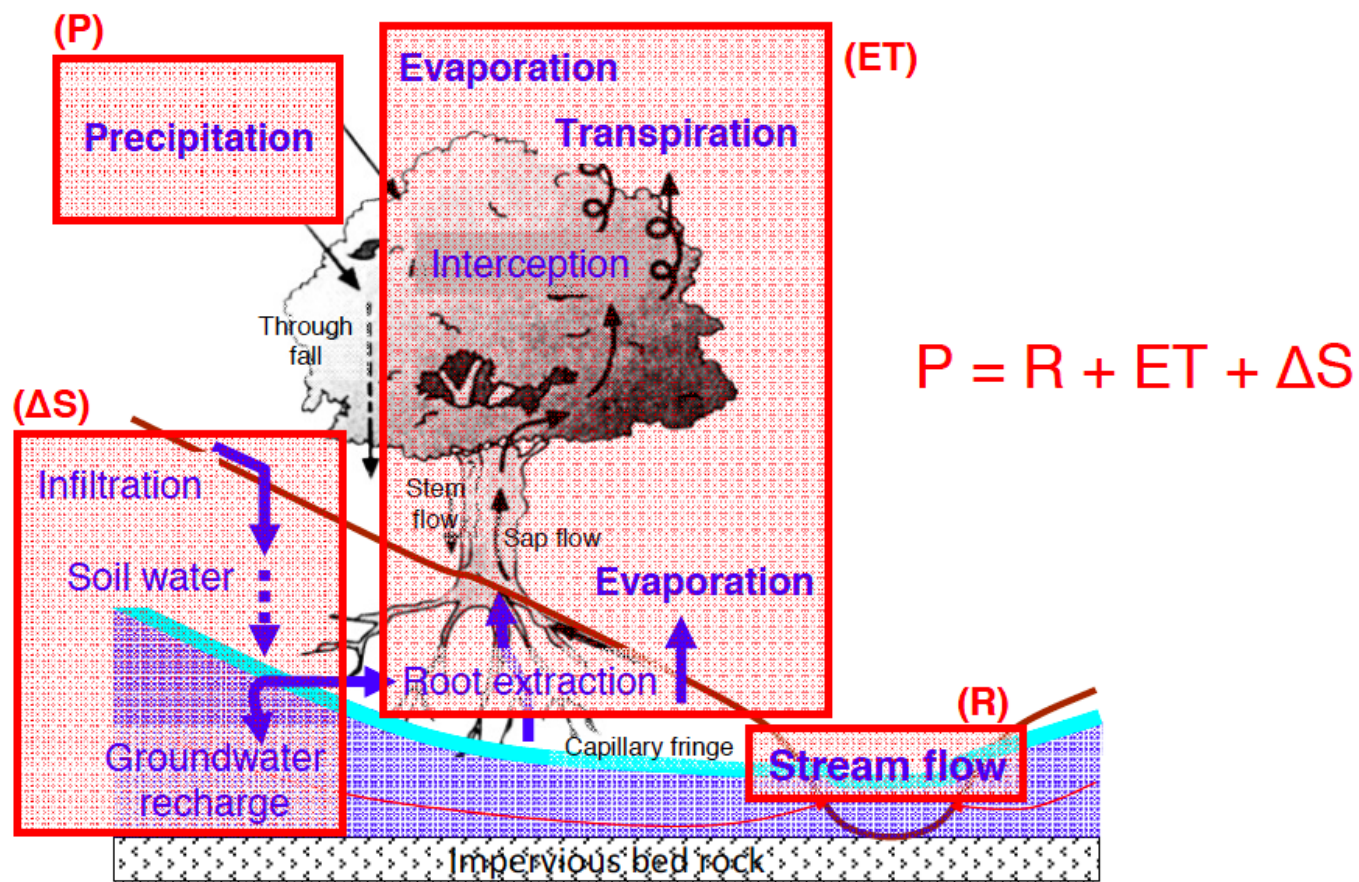
Lưu chứa?

Lưu chứa:

- Trong lỗ rỗng tầng đất đá
- Trong nước ngầm
- Trong lớp nước bề mặt

- Lượng nước thấm lậu không phụ thuộc vào cân bằng nước.

Quan điểm về cân bằng nước: Các thành phần chính

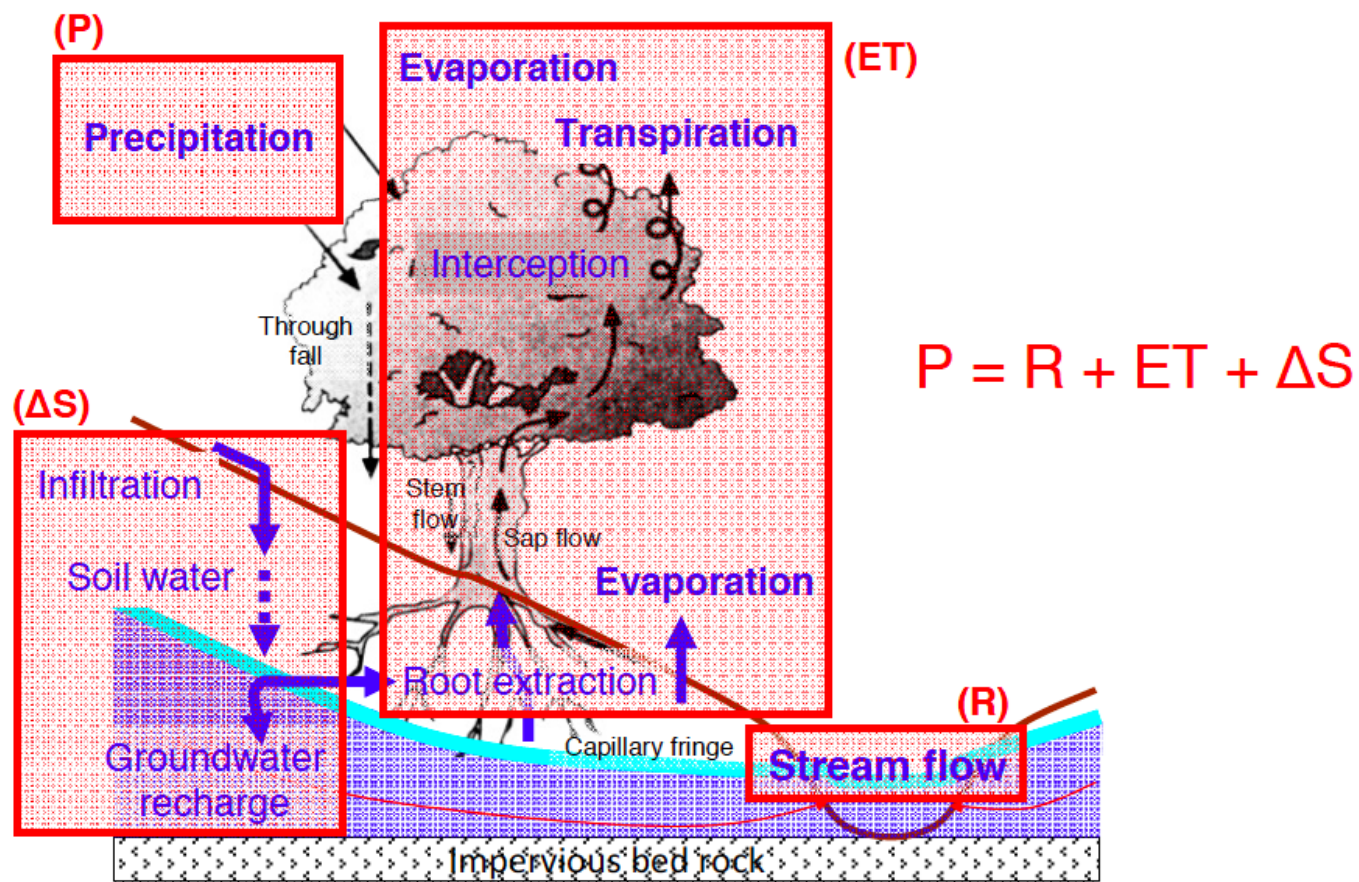


Bài tập 6:

Tại sao nước thấm lậu không phụ thuộc vào cân bằng nước?

- Lượng nước thấm lậu không phụ thuộc vào cân bằng nước.

Quan điểm về cân bằng nước: Các thành phần chính



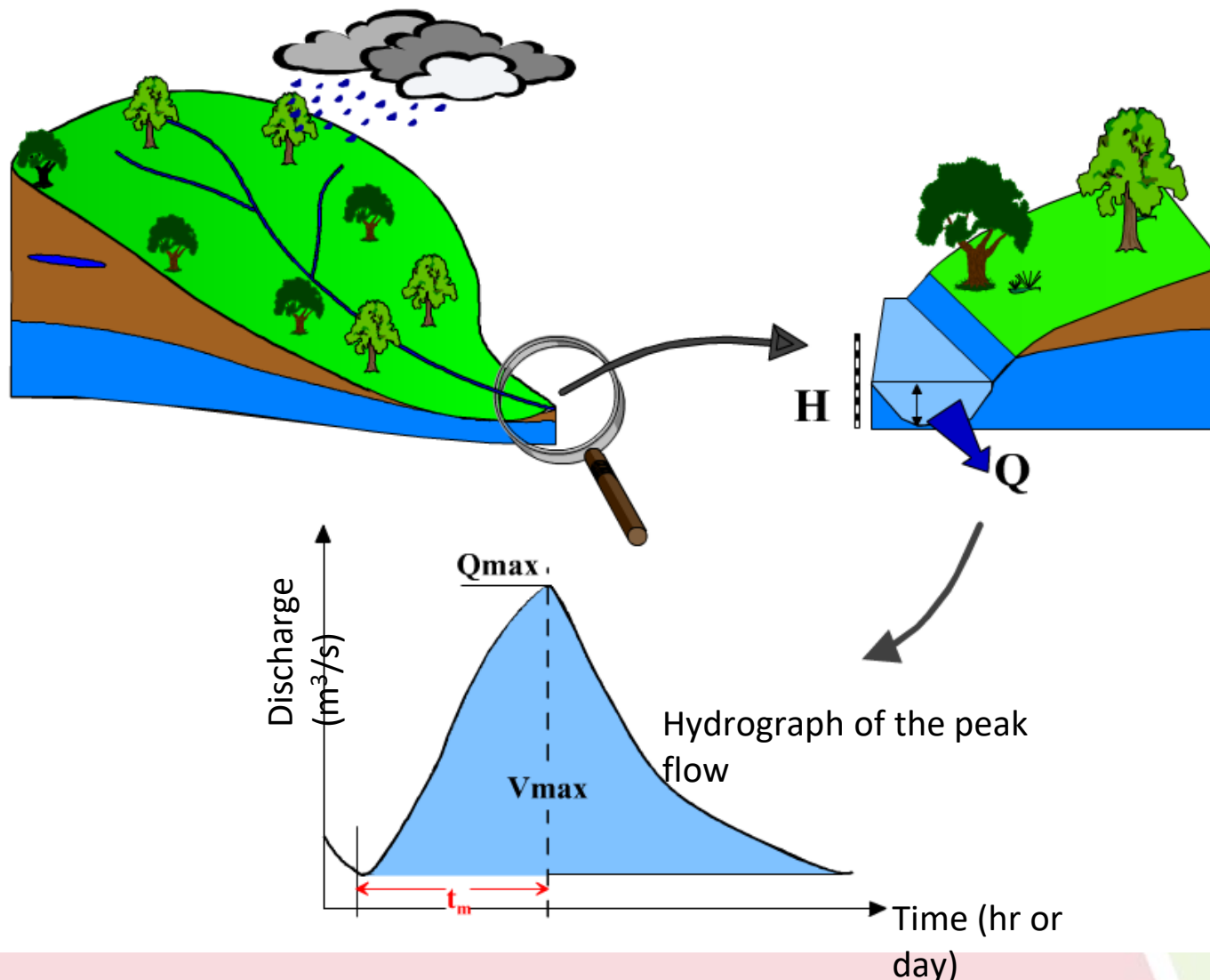
Bài tập 6:

Tại sao nước thấm lậu không phụ thuộc vào cân bằng nước?

Trả lời:

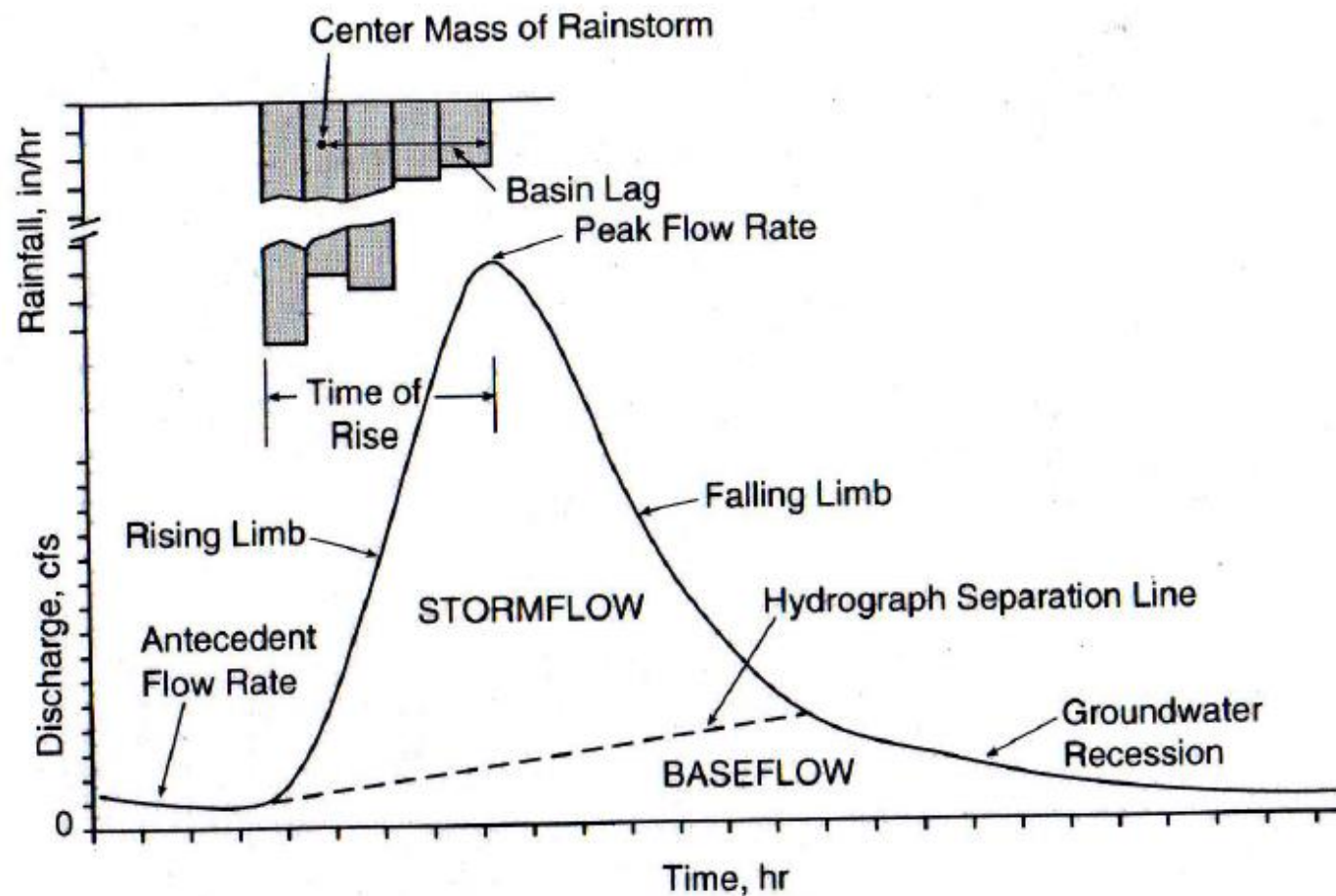
Là do cân bằng nước được tính toán dựa trên điều kiện xem thủy vực là một hộp đen. Do đó không cần phải đưa toàn bộ quá trình bên trong vào tính toán (thấm lậu diễn ra bên trong thủy vực).

7. Đường tần suất



Đường tần suất
thể hiện phản ứng
thủy văn của lưu
vực sông.

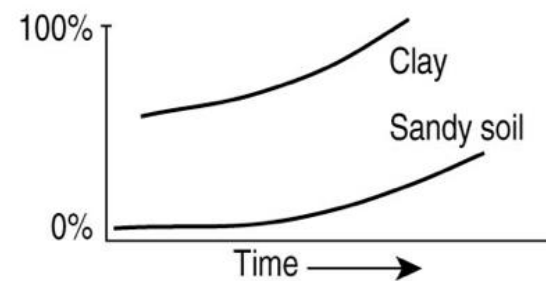
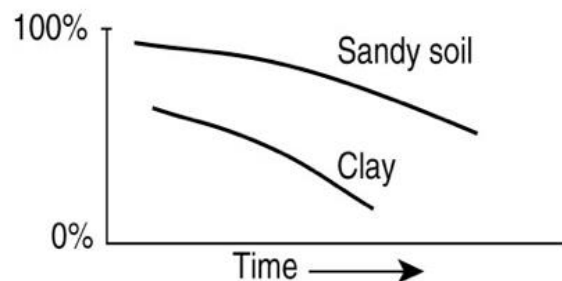
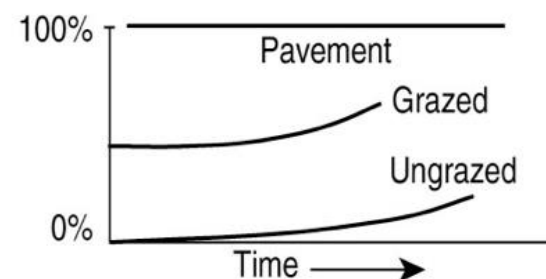
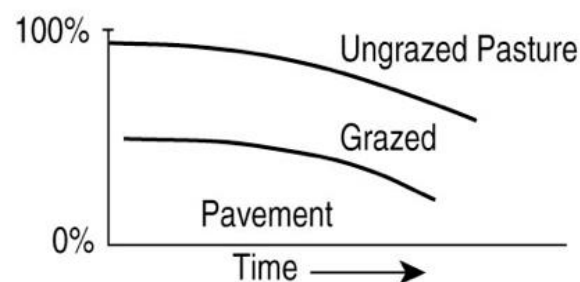
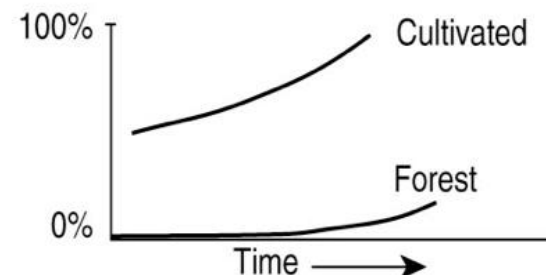
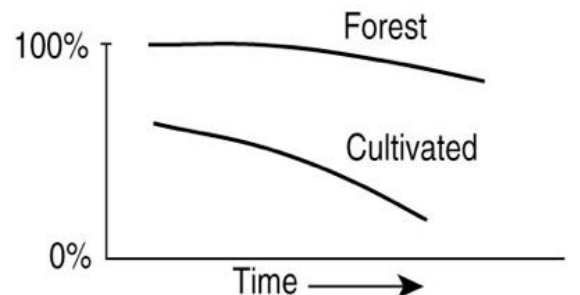
Một số thông số đặc trưng



- Các điều kiện của tầng đất ảnh hưởng đến dòng chảy mặt, sau đó đưa vào sông.

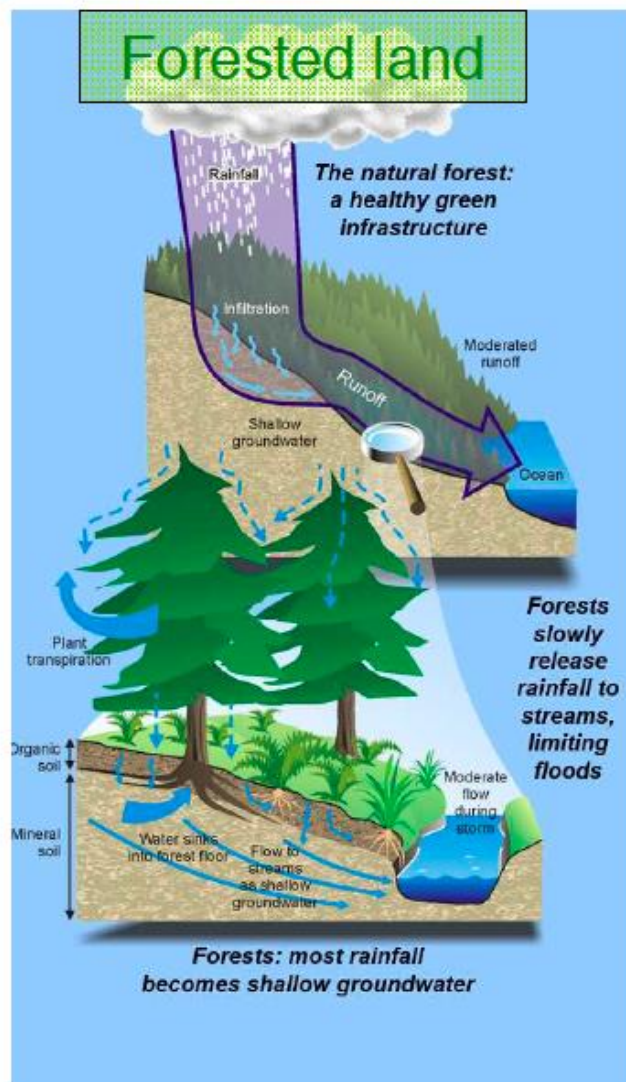
Thấm lậu

Dòng chảy mặt

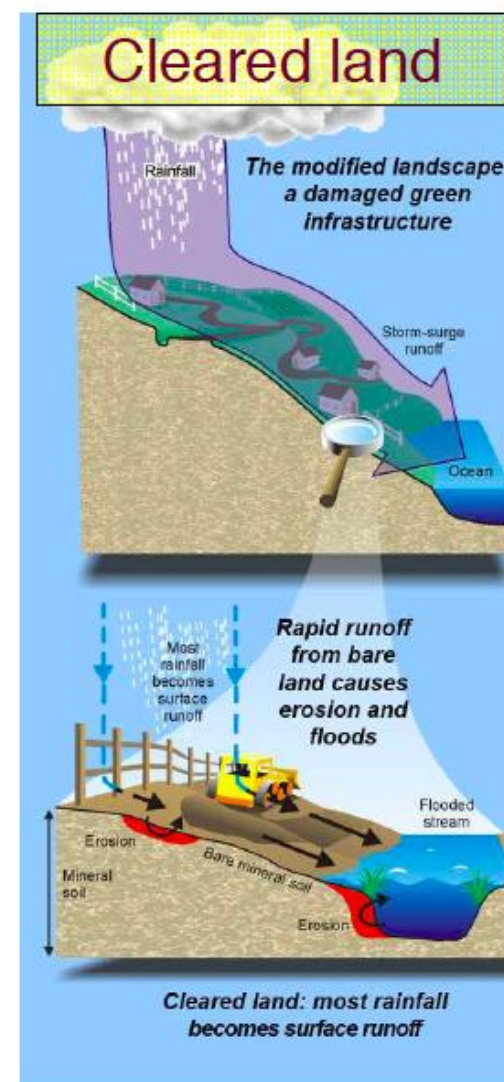
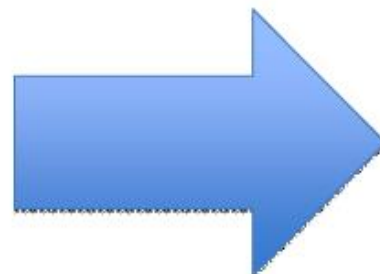


Overland Flow Equals
Precipitation – Infiltration

Ảnh hưởng của việc sử dụng đất đến quy luật thủy văn trong một thủy vực



Modified from Natural Resources Canada
www.nrcan.gc.ca



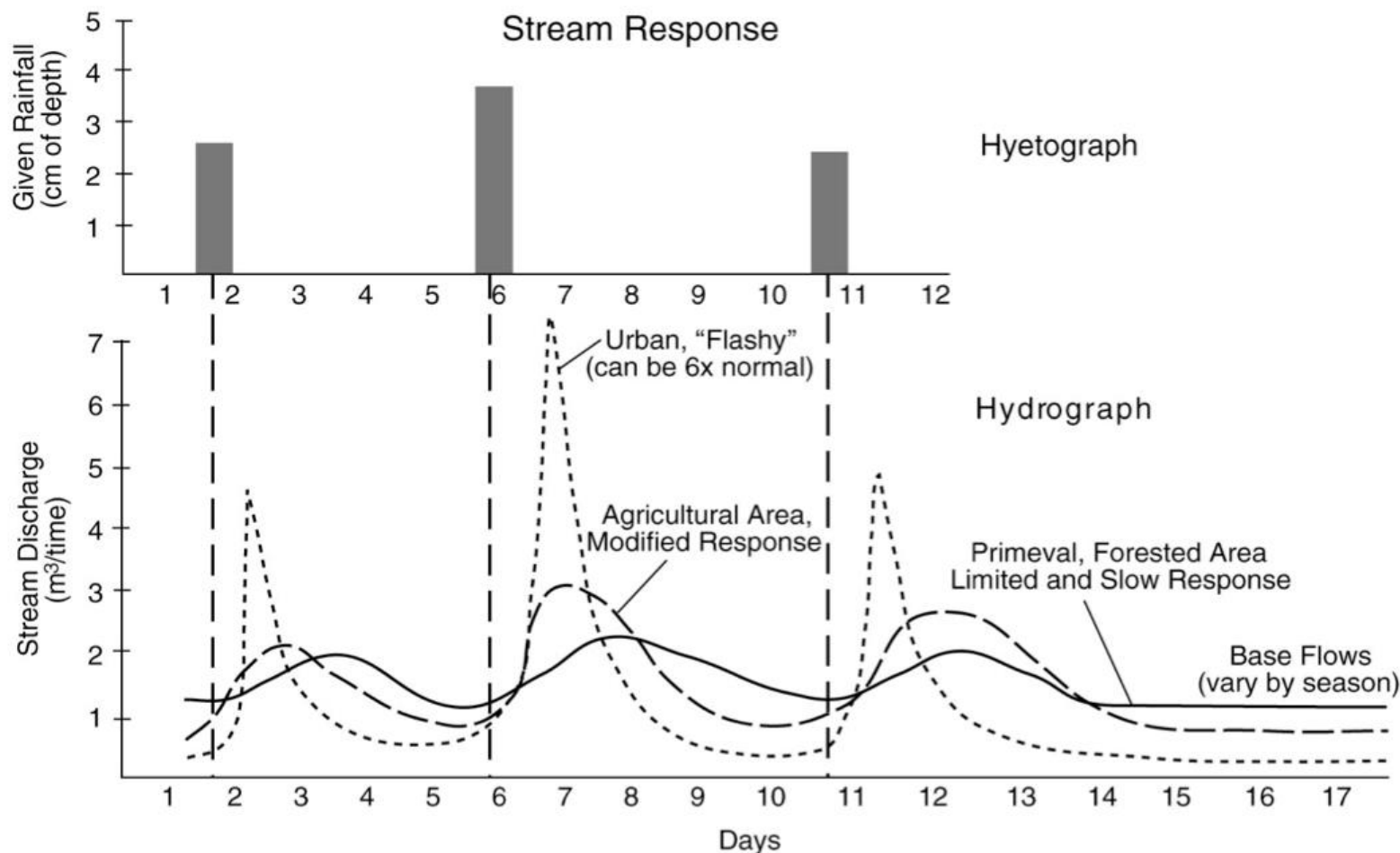
- Tác động của điều kiện sử dụng đất.

Rừng tạo điều kiện thủy văn tốt nhất: dòng chảy đỉnh thấp, dòng chảy chậm và dòng chảy nền cao.

Diện tích rừng tạo ra phản ứng thủy văn hạn chế và chậm: đỉnh thấp, dòng chảy chậm và dòng chảy cơ bản cao do mực nước ngầm cao.

Khu vực **nông nghiệp** tạo ra phản ứng thủy văn trung gian: đỉnh nhỏ đến trước diện tích rừng một ngày và dòng chảy cơ bản trung bình.

Khu vực **đô thị** tạo ra phản ứng thủy văn chớp nhoáng: lũ quét có đỉnh lớn nhanh, gây **lũ quét** và dòng chảy nền rất thấp do không bị thấm.



- Ảnh hưởng của các điều kiện thủy văn cơ bản.

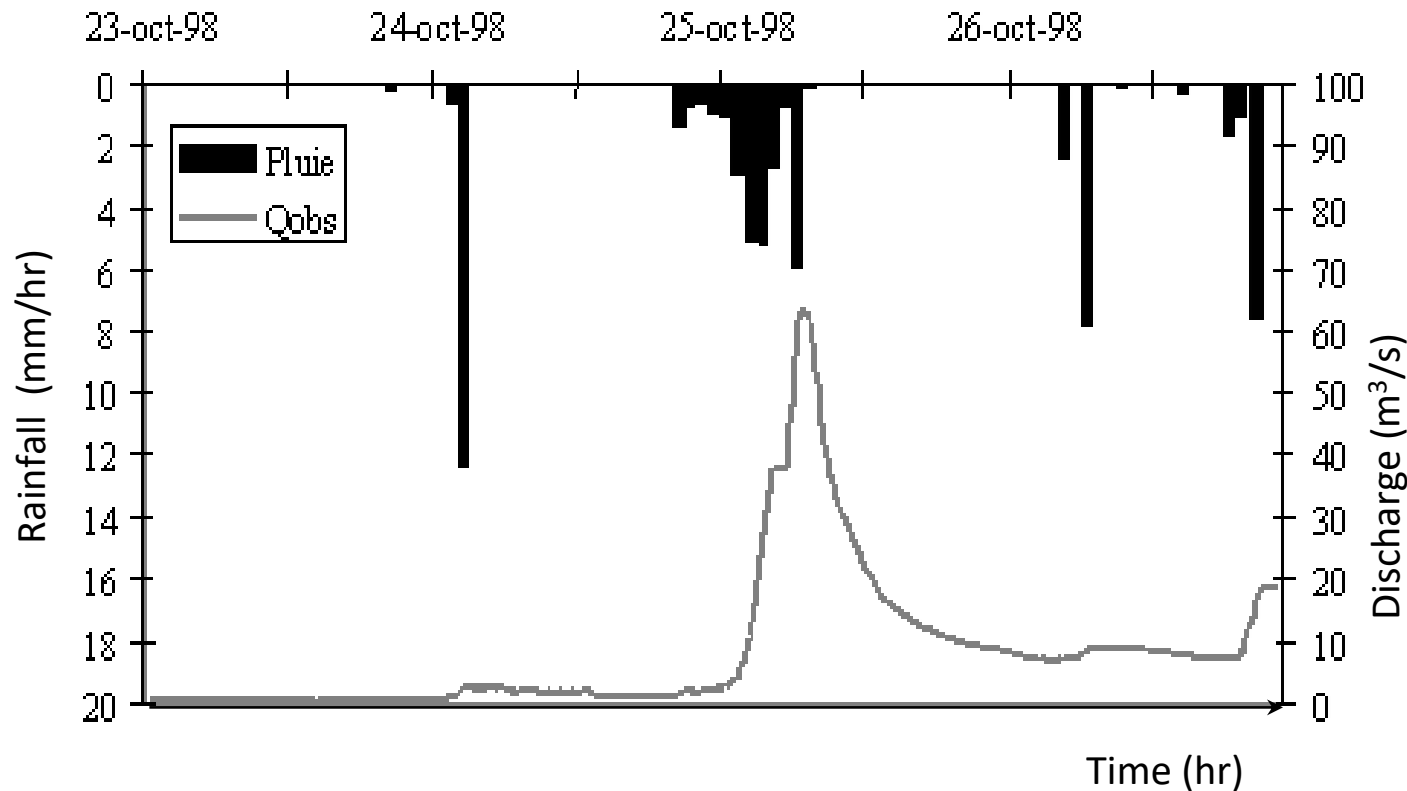
Dòng chảy cực đại là kết quả của hiện tượng cực đại bên trong suối, liên quan đến áp suất nước ngầm.

Mối liên hệ giữa lượng mưa và lưu lượng không phải là duy nhất: một lượng mưa không phải lúc nào cũng tạo ra lưu lượng giống nhau.

Mức nước dâng lên có liên quan đến điều kiện thủy văn ban đầu.

Chú thích cho hình:

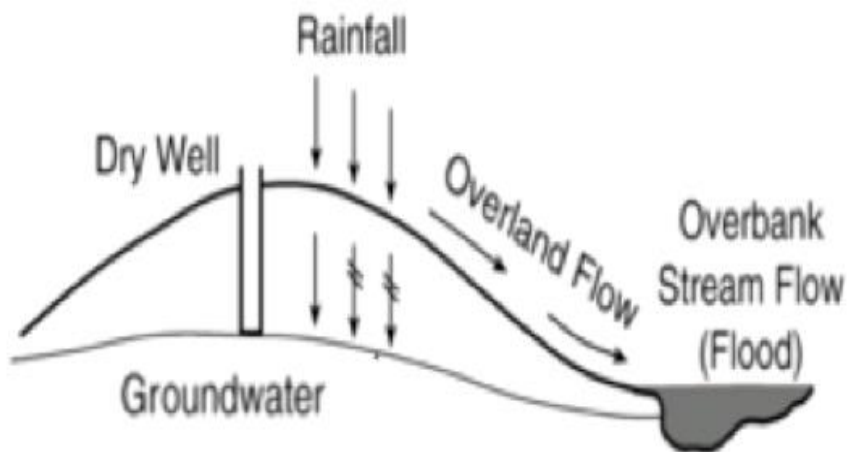
Cơn mưa đầu tiên lấp đầy lớp đất chưa bão hòa và tạo ra mực nước ngầm phía trên. Khi trận mưa thứ hai xảy ra, đất bão hòa, sau đó xảy ra dòng chảy bề mặt và tạo ra dòng chảy đỉnh.



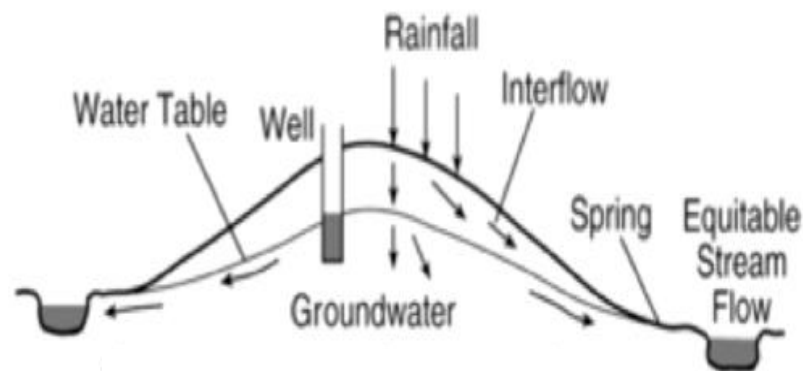
- Hậu quả đến các hoạt động thủy văn của cảnh quan.

Đất (chất lượng, địa lý và mục đích sử dụng) là yếu tố chính giải thích động lực học của nước trong cảnh quan.

a) Điều kiện thủy văn xấu



b) Điều kiện thủy văn tốt



Bài tập 7:

Giải thích về điều kiện thủy văn tốt và xấu?

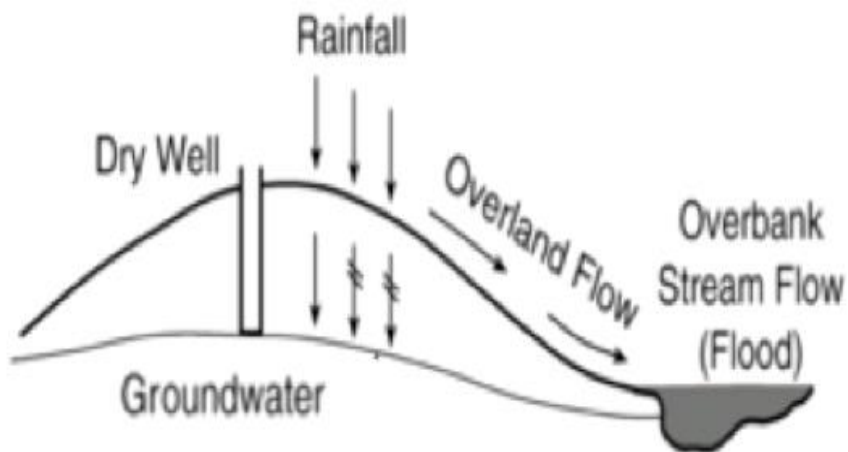
- Hậu quả đến các hoạt động thủy văn của cảnh quan.

Đất (chất lượng, địa lý và mục đích sử dụng) là yếu tố chính giải thích động lực học của nước trong cảnh quan.

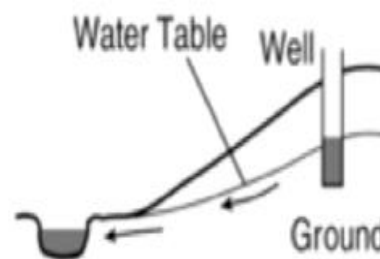
Bài tập 7:

Giải thích về điều kiện thủy văn tốt và xấu?

a) Điều kiện thủy văn xấu



b) Điều kiện thủy văn tốt



Trả lời:

Đối với điều kiện thủy văn xấu, lượng mưa không tạo thấm lậu, dòng chảy bề mặt lớn trở thành trận lũ (dòng chảy tràn bờ). Hậu quả là mực nước ngầm rất thấp và không có nước trong giếng (khô).

Đối với điều kiện thủy văn tốt, lượng mưa thấm vào, sau đó dòng chảy xen kẽ lớn lấp đầy nước ngầm và giếng. Mực nước ngầm dâng cao cắt ngang địa hình đất phía trên bờ sông tạo nên suối và lưu lượng sông gia tăng (dòng chảy đều).

8. Kết luận

- Thủy văn sông ngòi được kiểm soát bởi 2 yếu tố:
 - **Lượng mưa và ET**
 - Thời đoạn, số lượng, cường độ cực đại
 - **Thủy vực**
 - Kích thước, địa hình (độ dốc), bề mặt đất
 - Loại đất, địa chất, dòng chảy bên dưới và lớp chứa nước ngầm
 - Sử dụng đất
 - Điều kiện ban đầu về độ ẩm

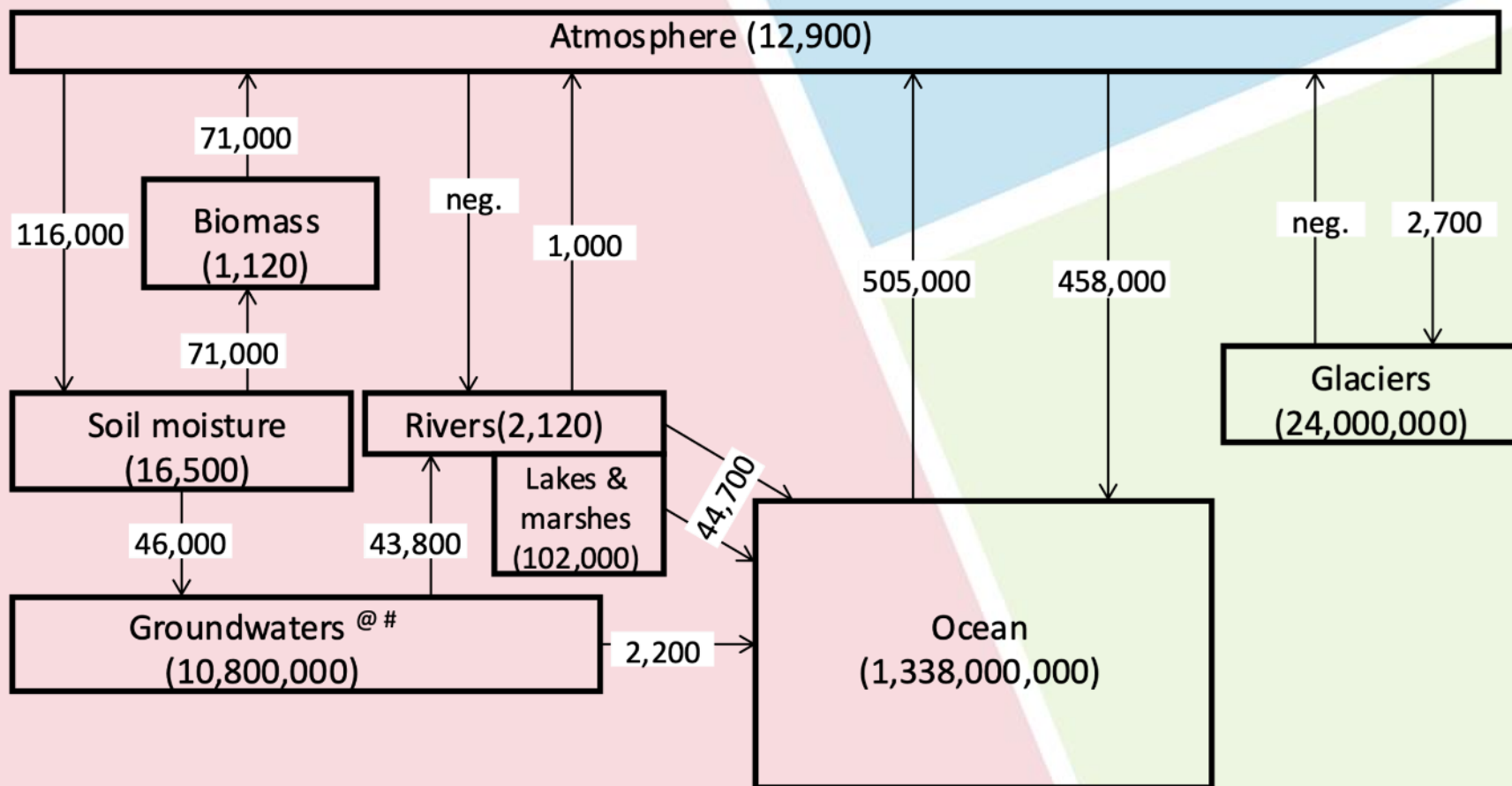
- Chuyển động của nước phụ thuộc phần lớn vào sức chứa.

Thời gian lưu chứa nước

Reservoirs	Residence time (Jacques, 1996)	Residence time (Gleick, 1993)
Oceans	2500 years	3100 years
Ice Poles	1000-10 000 years	16 000 years
Groundwaters	1500 years	300 years
Lakes	10-20 years	1-100 years (lakes) 10-10 000 years (seas)
Soil waters	1 year	280 days
Rivers	10-20 days	12-20 days
Atmospheric waters	8 days	9 days
Biosphere	Some hours	-

- Hệ thống thủy văn là một hệ thống rất năng động.

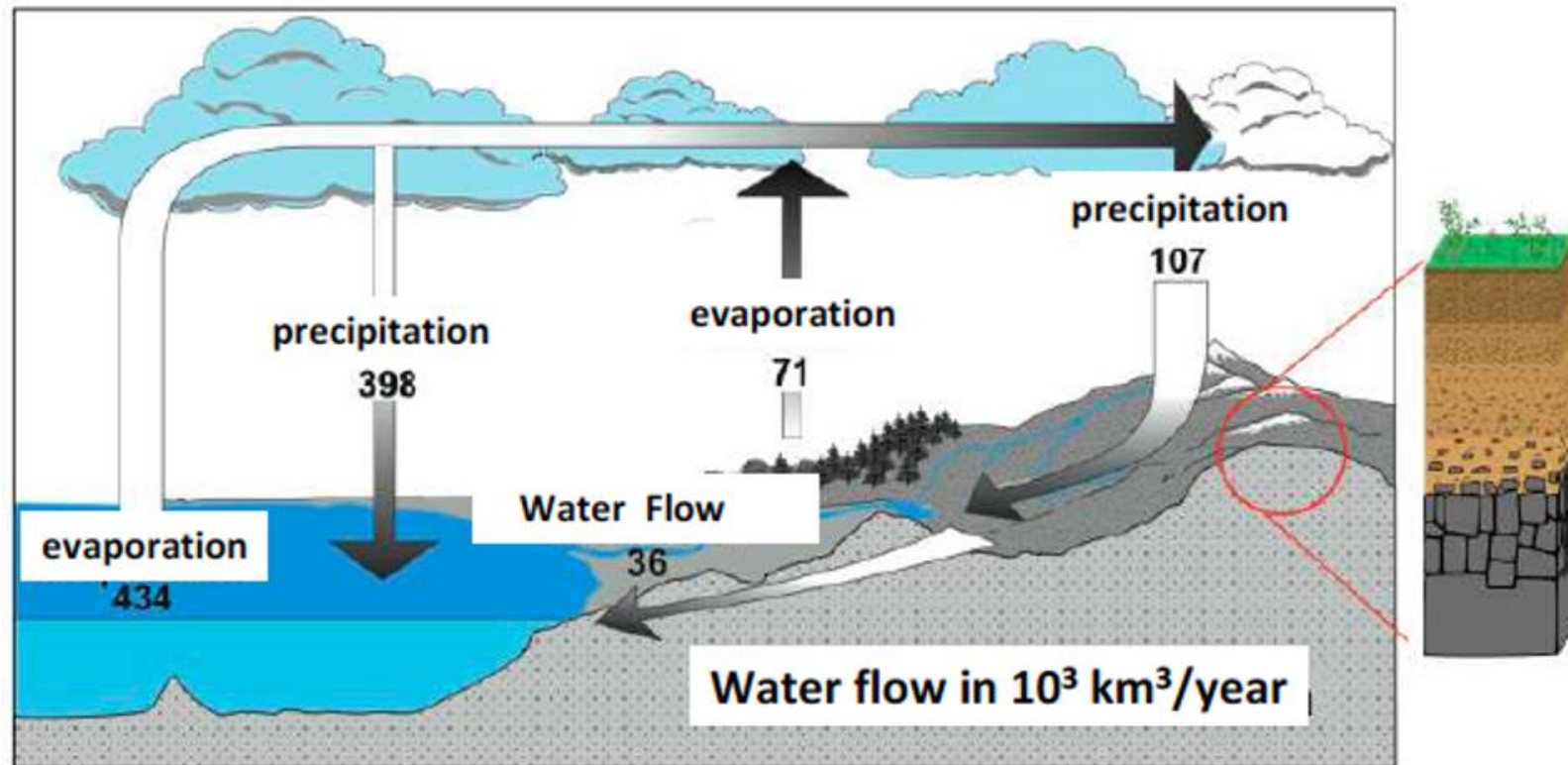
Dòng chảy nước và lưu chứa ($10^3 \text{ km}^3 / \text{năm}$)



@ Fresh water only; # includes permafrost

- Sự phân bố nước trong đất, liên quan đến áp suất khí hậu, giải thích chuyển động của nước trên Trái đất.

Đất, sử dụng đất và khí hậu là những yếu tố chính của động lực học nước trên Trái đất.



Toàn cầu: $P = ET$



- Đại dương: $ET > P$
- Lục địa: $P > ET$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



INOWASIA

**Development of innovative multilevel
formation programs for the new water
leading professionals in Southeast Asia**

THANK YOU!

Dr Didier Orange

Didier.orange@ird.fr

IRD

University of Montpellier (MUSE)



Fundació Solidaritat
UNIVERSITAT DE BARCELONA

