

# HIDROSFERA



Tema 6: L'aigua a la Terra

Tema 7: L'aigua subterrània: els aqüífers

Tema 8: Les conques hidrogràfiques.

Tema 9: L'aigua com a recurs.

Tema 10: Regeneració i gestió de l'aigua.

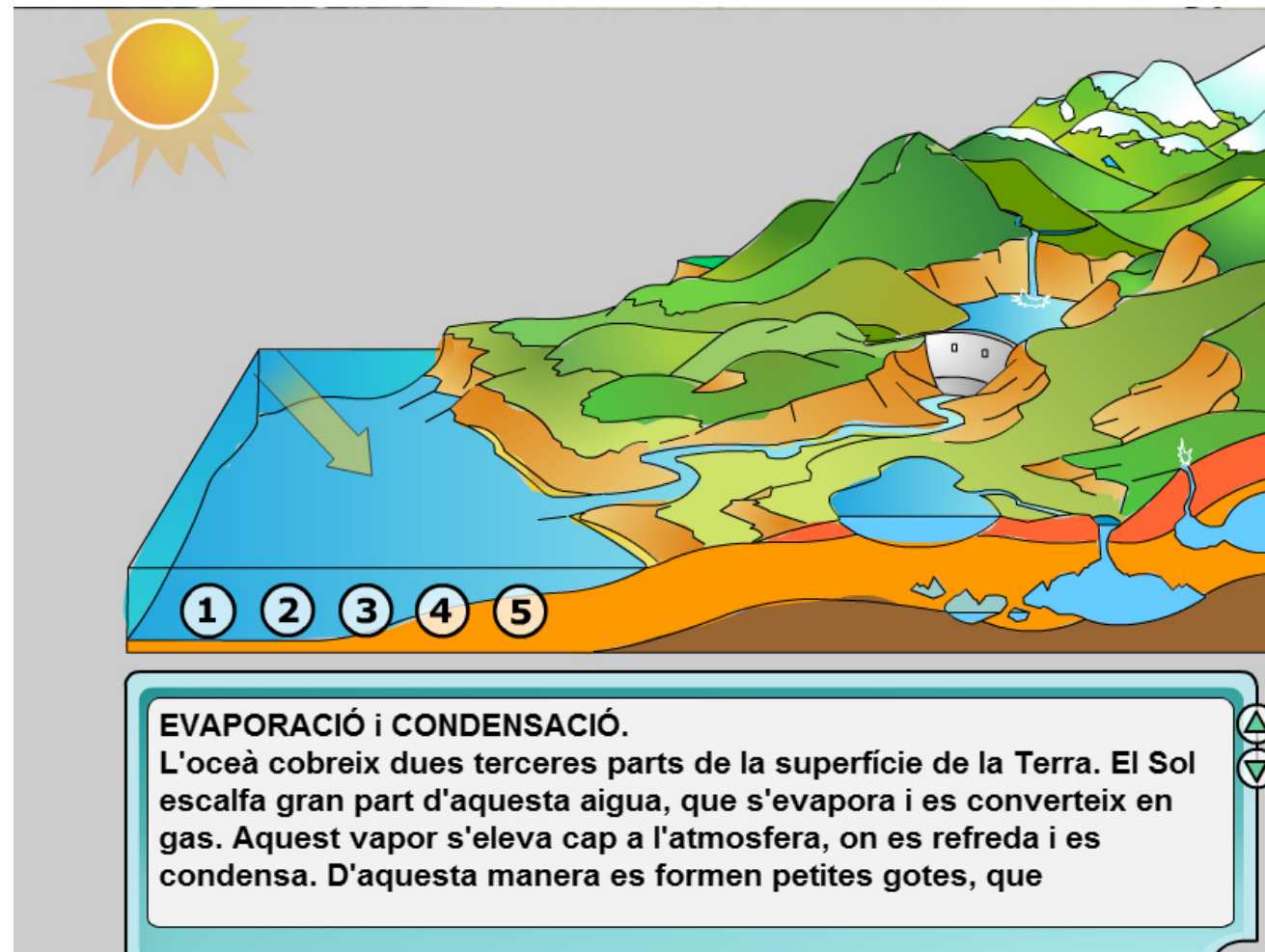


# Tema 7

## L'aigua subterrànies: els aqüífers



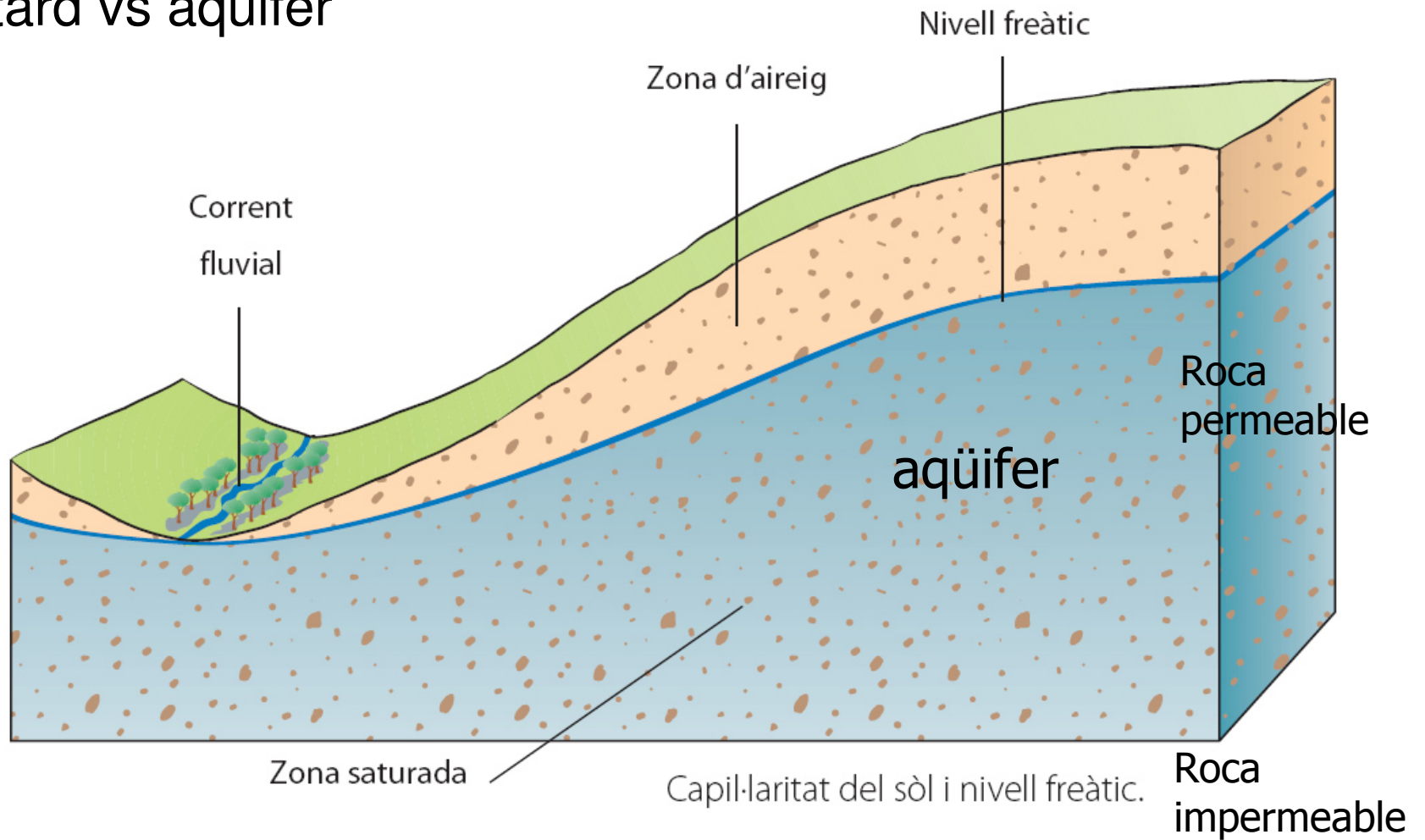
# Cicle de l'aigua



$$P = ET + R + I$$

 **Nivell freàtic**

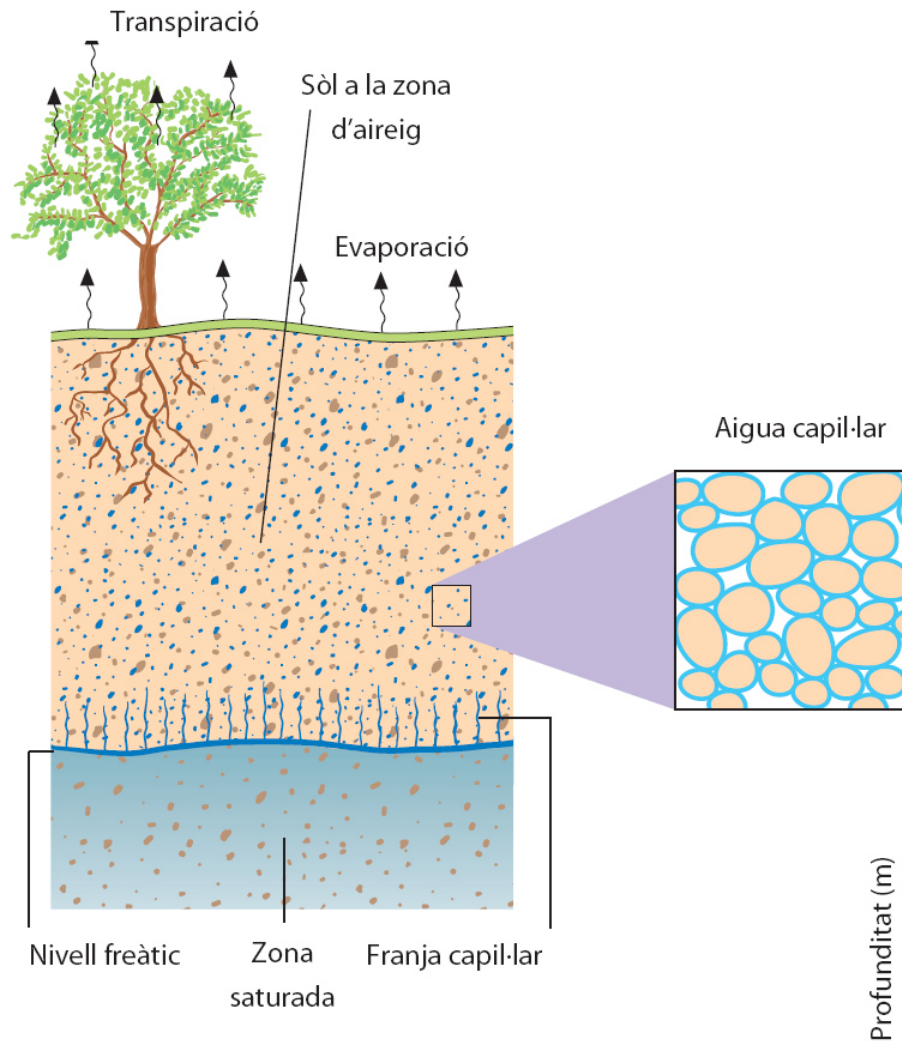
## Aqüitard vs aqüífer







## Distribució vertical de les aigües en el sòl

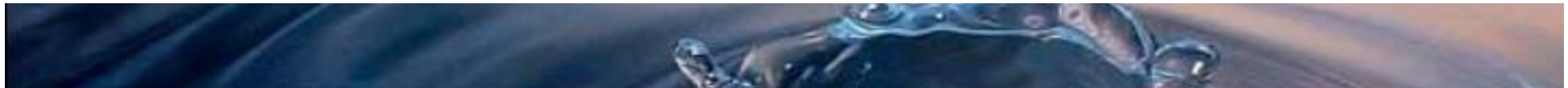
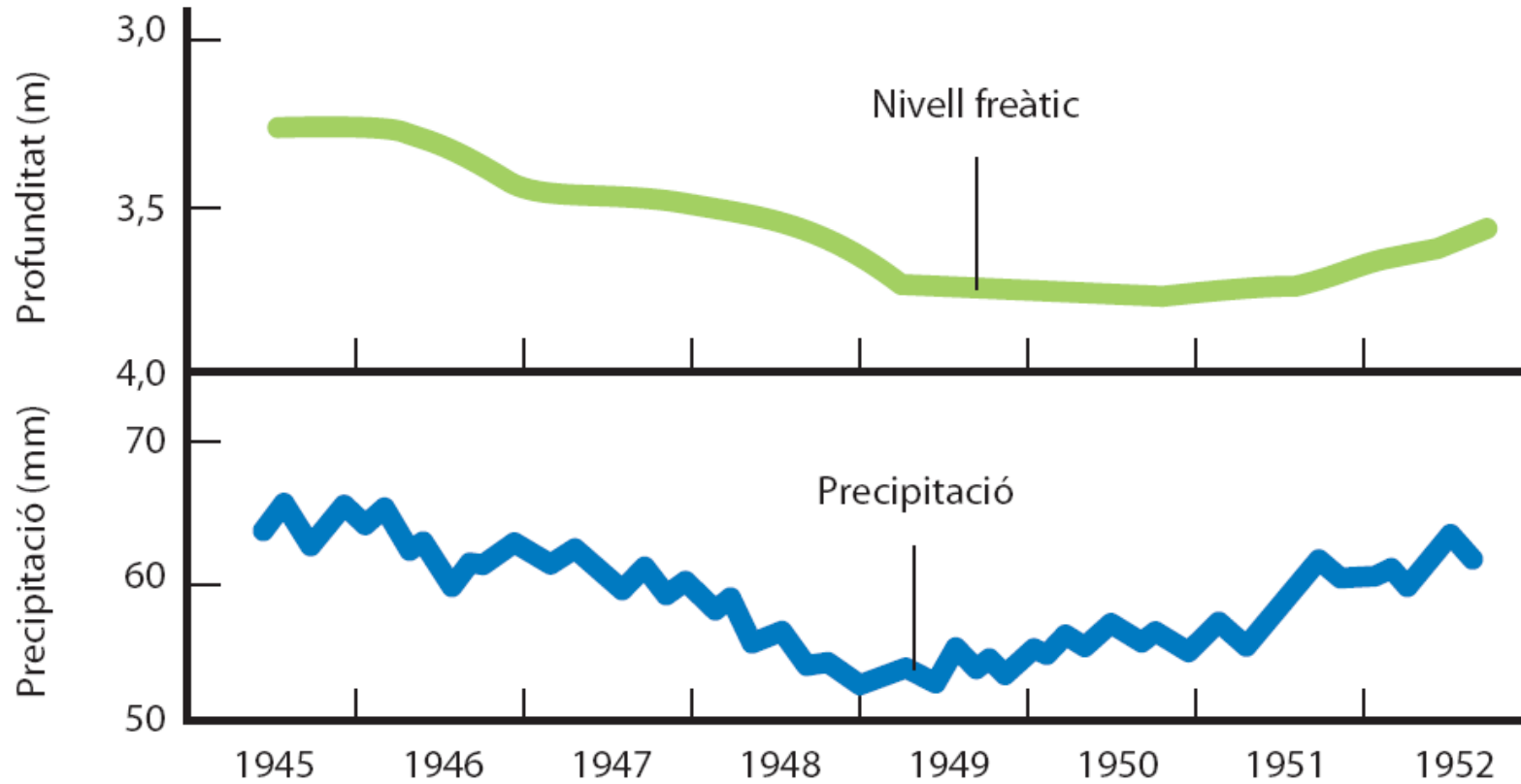


### Roques impermeables

- Lutites (=argilites i limolites)
- Margues
- Roques magmàtiques i metamòrfiques.

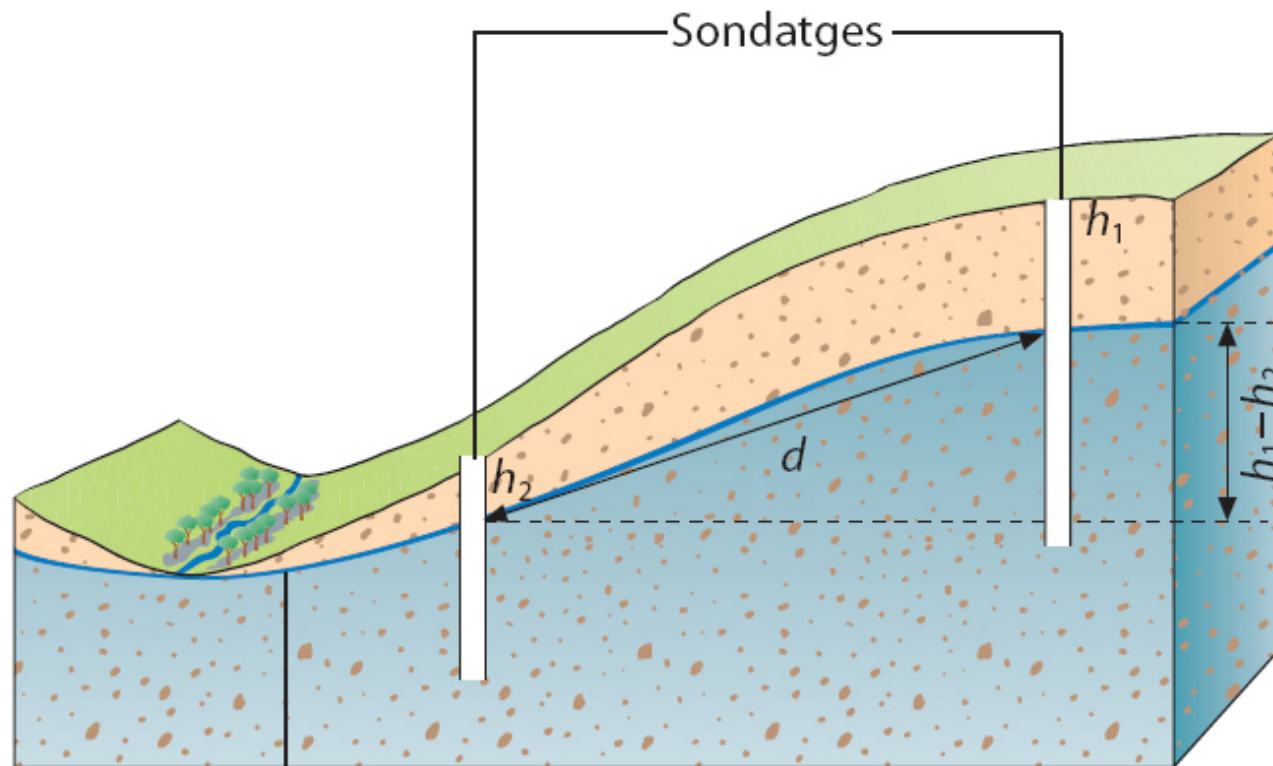


## Relació entre la profunditat del nivell freàtic i les precipitacions





## La llei de Darcy

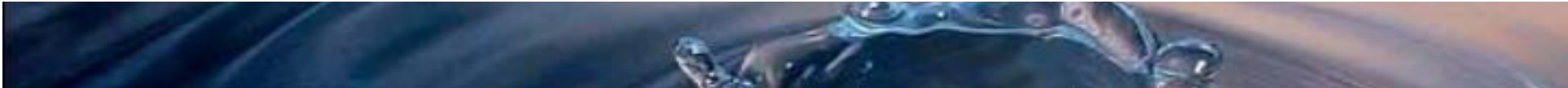


$$V \propto (h_1 - h_2)/d$$

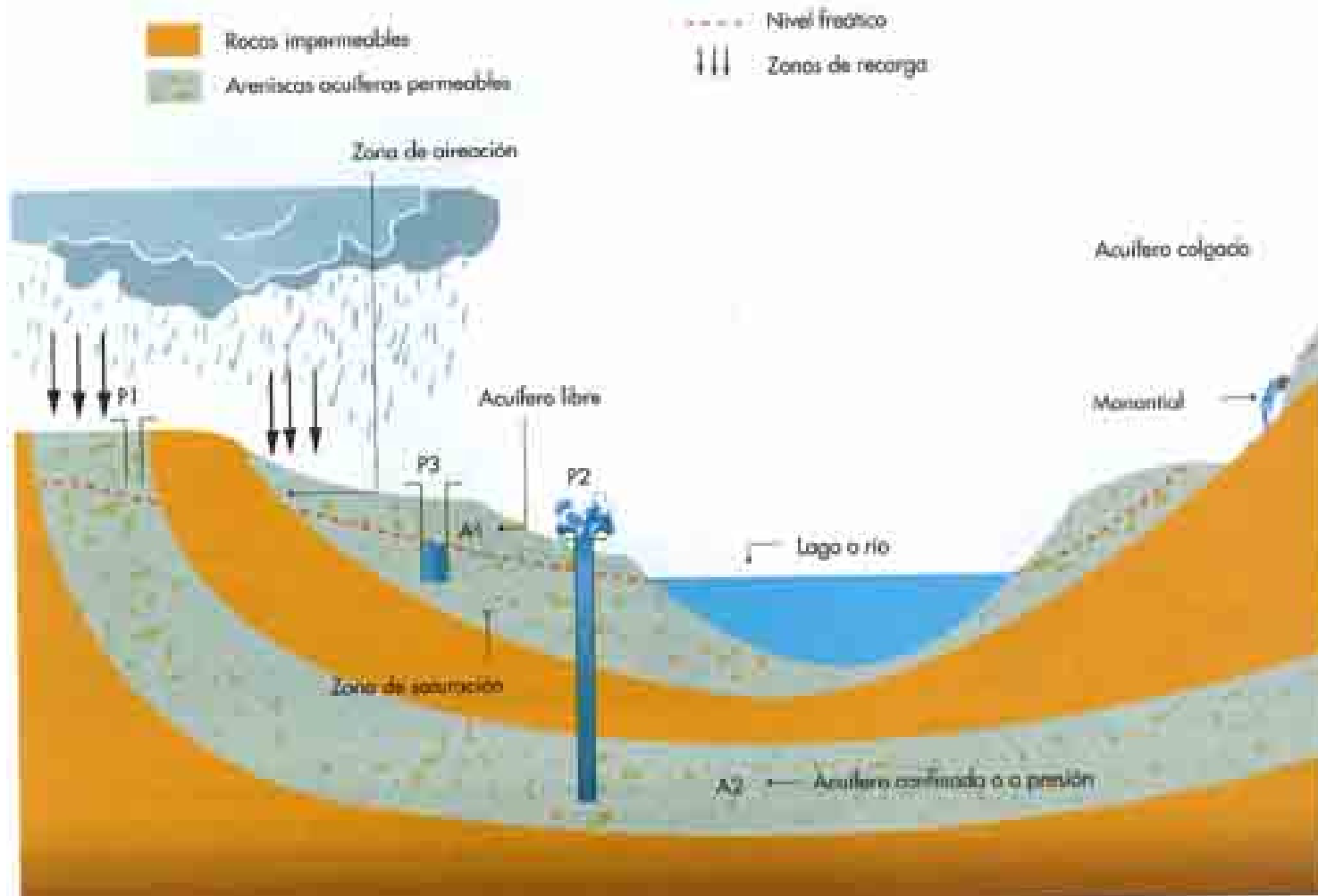
$$V = K(h_1 - h_2)/d$$

Nivell freàtic

V: és la velocitat  
 $(h_1 - h_2)/d$ : és el gradient hidràulic.







Nivell freàtic



Nivell piezomètric



- **Roques impermeables:**
  - Sedimentàries:
    - Lutites
    - Margues
  - Magmàtiques i Metamòrfiques si no s'especifica el contrari.

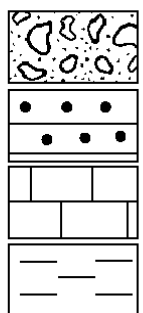
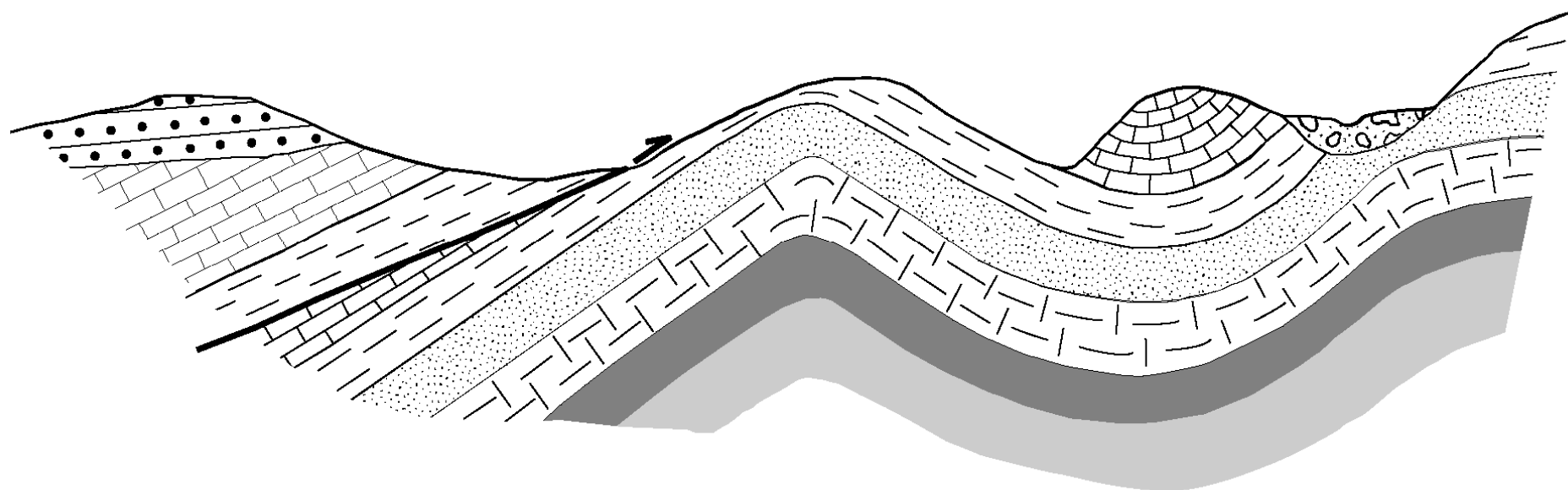
Aqüifer



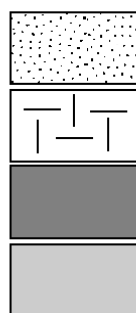
Aqüitars



E-W



Al.luvions. Quaternari.  
Conglomerats. Paleocè.  
Calcàries. Cretaci.  
Argilites. Cretaci.

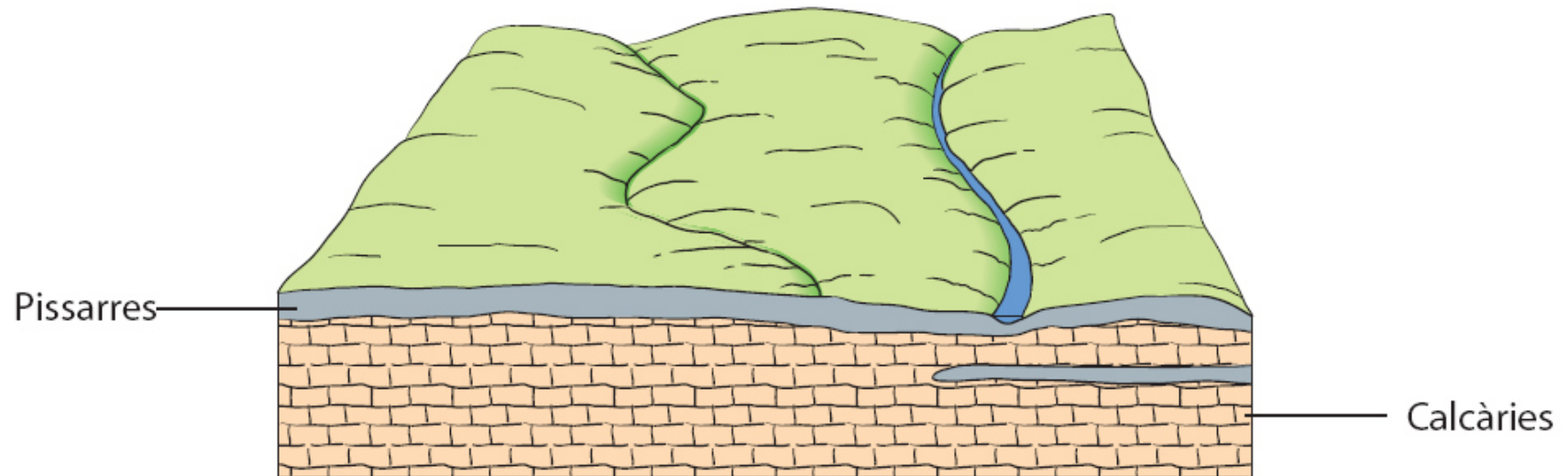


Gresos. Cretaci.  
Margues amb guixos. Cretaci.  
Conglomerats. Cretaci.  
Margues. Cretaci.

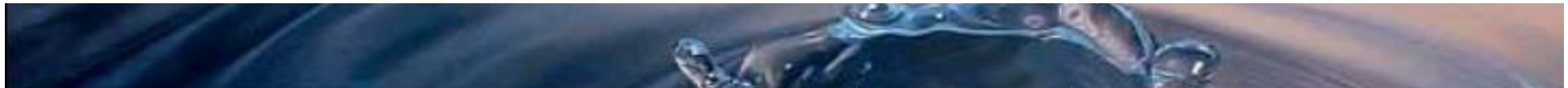




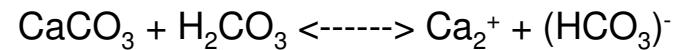
## L'acció geològica de l'aigua subterrània: I



Malgrat que l'aigua subterrània profunda sol circular a una velocitat molt lenta, la seva activitat geològica resulta de gran importància.



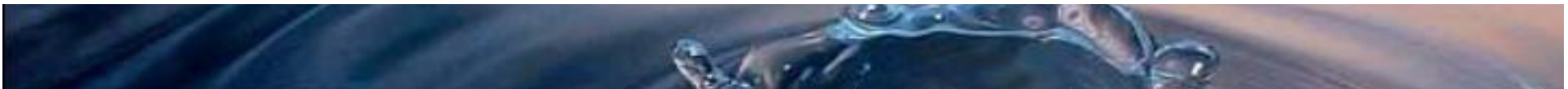
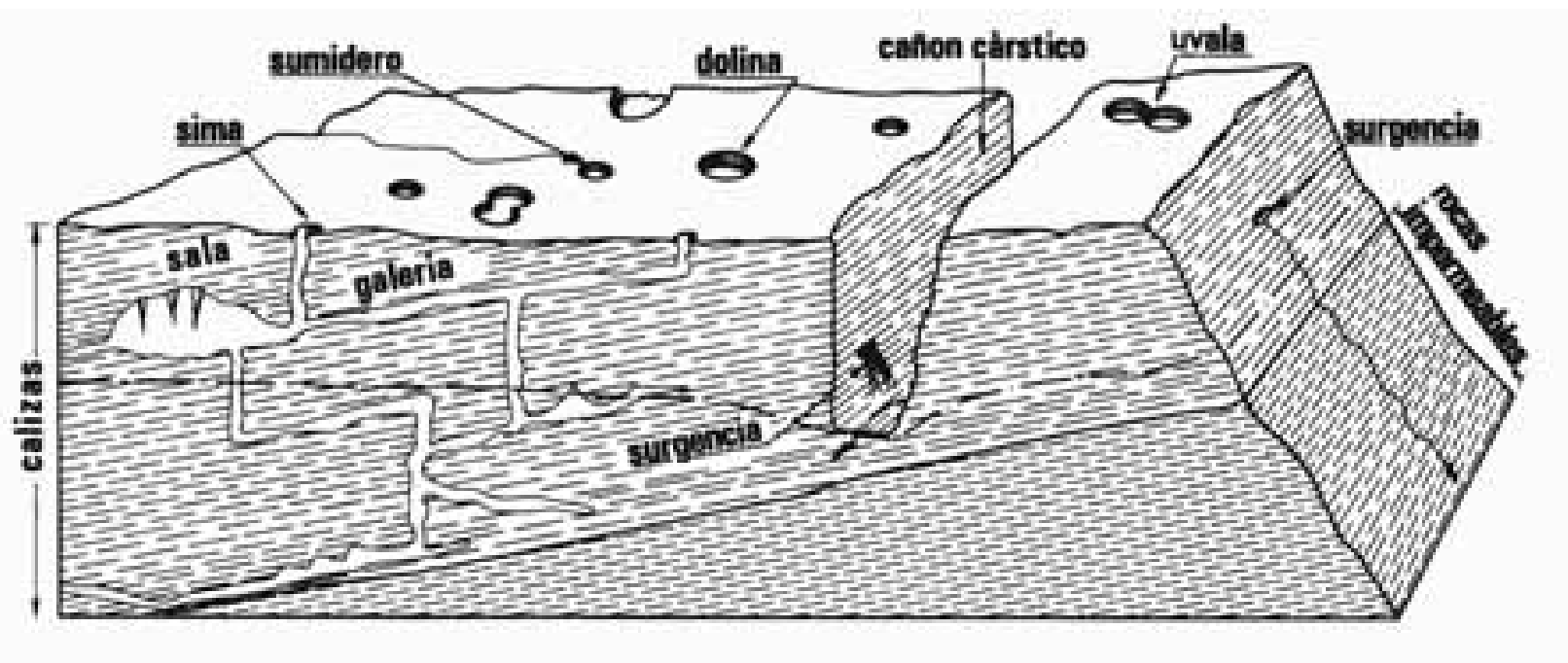
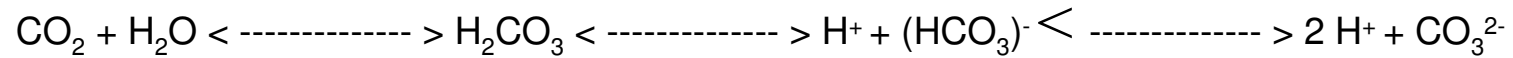
En el **paisatge kàrstic**, amb roques calcàries i dolomies, aquestes es dissolen lentament amb les aigües de pluja segons la reacció química:



**INSOLUBLE**

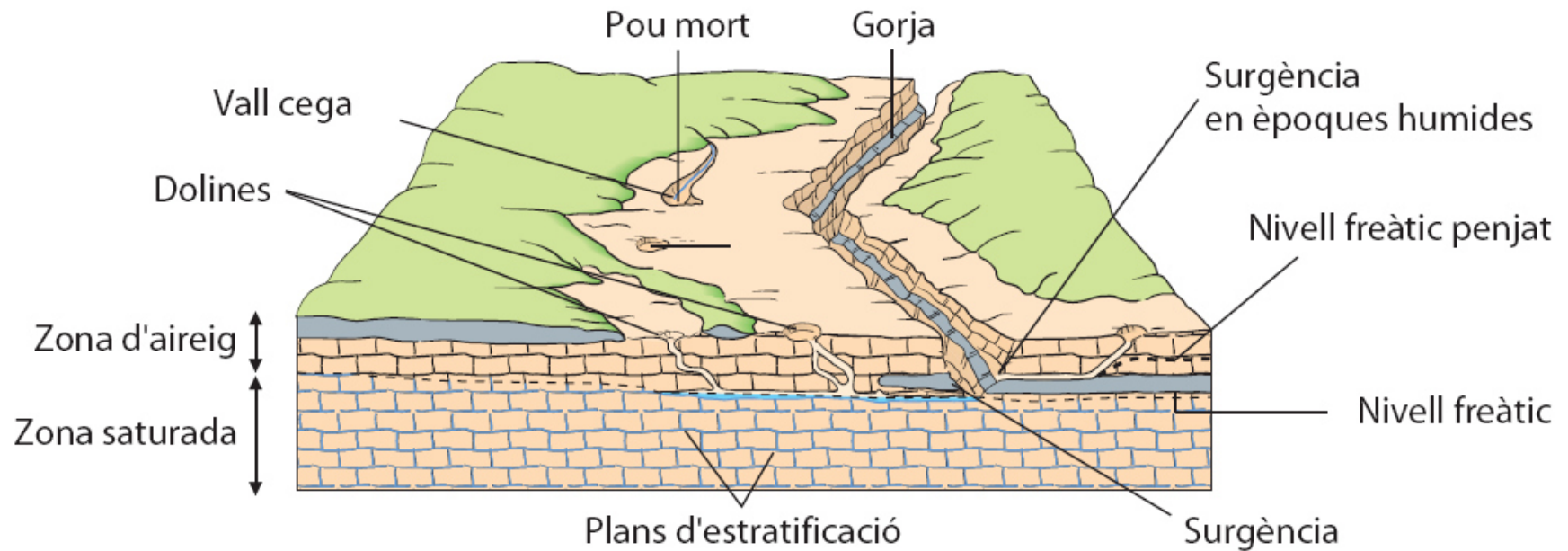
**SOLUBLE**

en la qual l'ió carbònic procedeix de la reacció del  $\text{CO}_2$  atmosfèric amb l'aigua segons l'equilibri:





## L'acció geològica de l'aigua subterrània: II

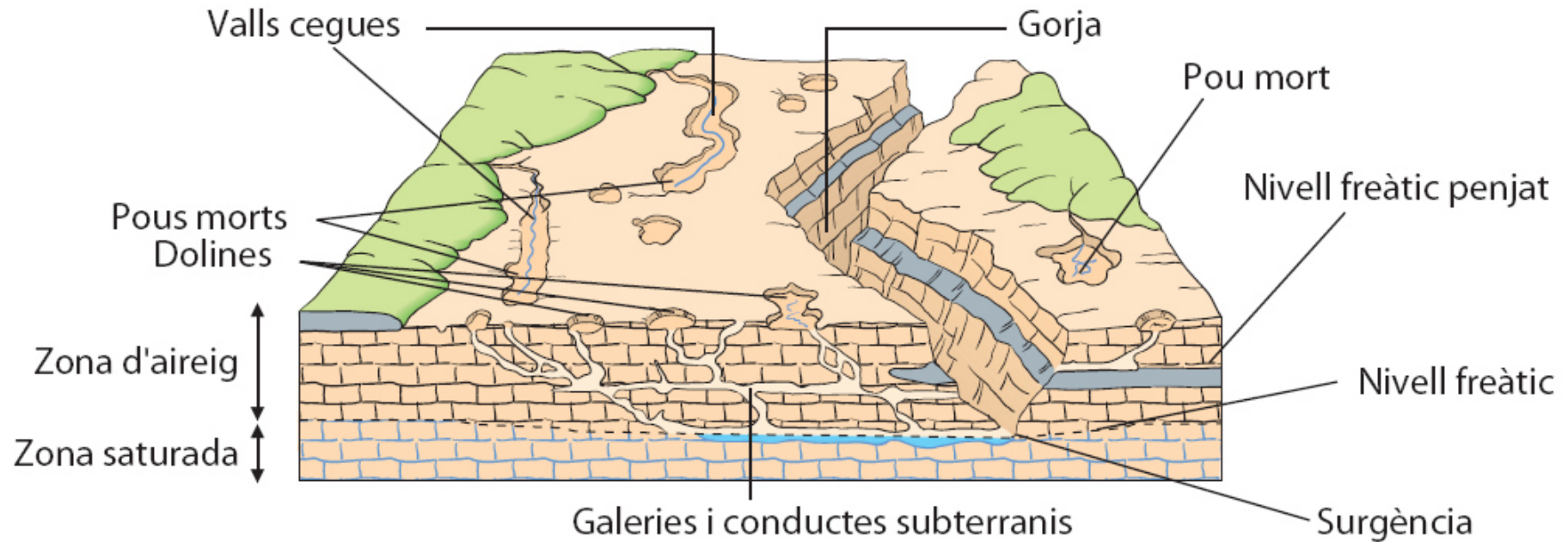


La circulació de les aigües subterrànies a través dels massissos calcaris produeix una acció erosiva contínua amb diferents graus de dissolució que provoca l'aparició d'amplis avencs, galeries i cavernes, formes molt característiques del paisatge càrstic.





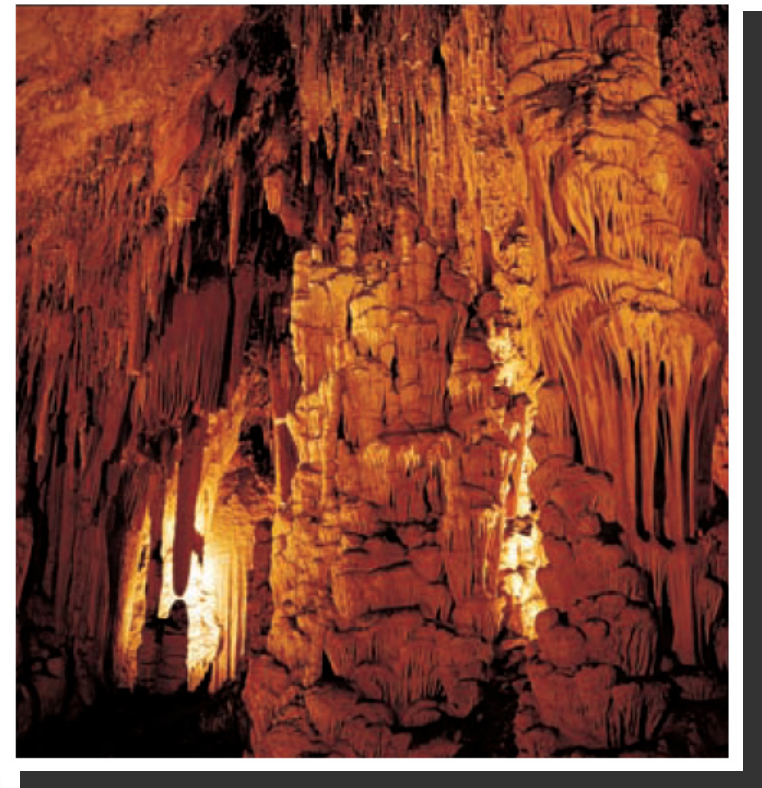
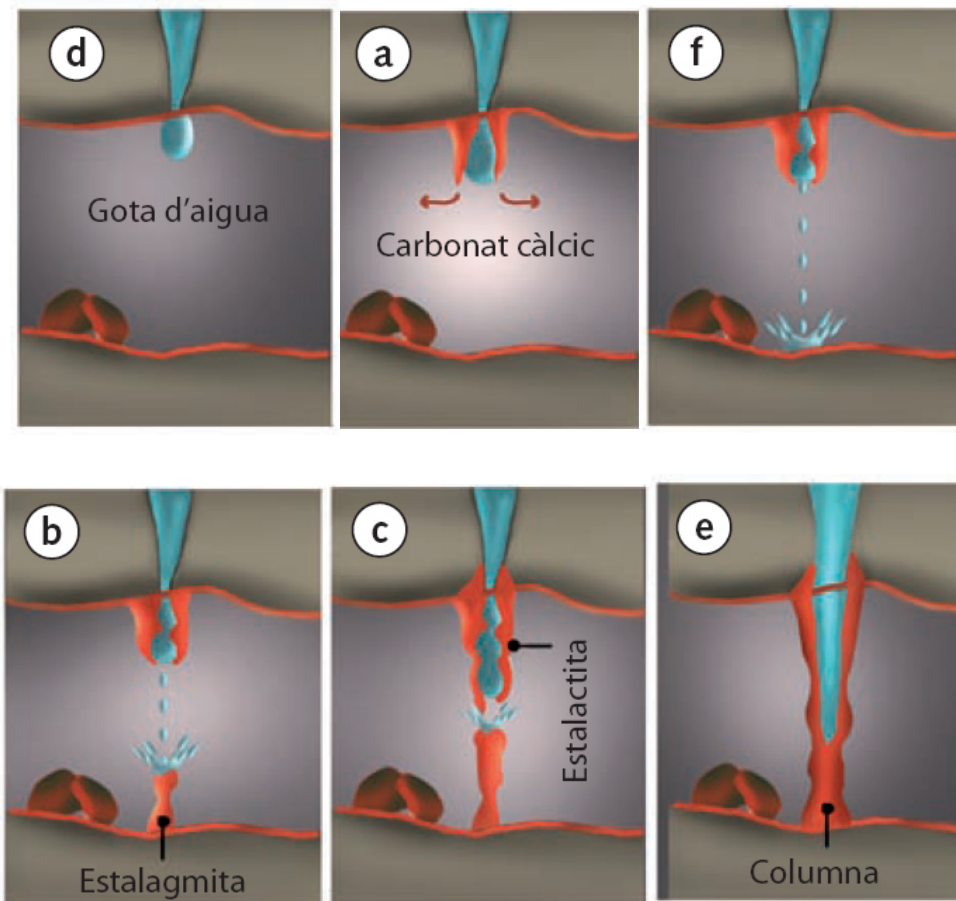
## L'acció geològica de l'aigua subterrània: III



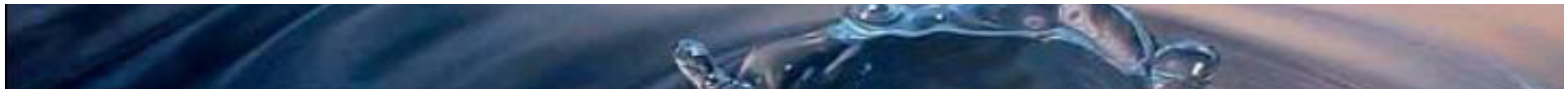
Formació d'un paisatge càrstic per acció de l'aigua en un massís calcari.



## Les coves



Interior de les coves d'Artà, situades a l'extrem nord-oriental de Mallorca.







Rasclers



Dolines







Sima de San Pedro (Terol)

Pòlies



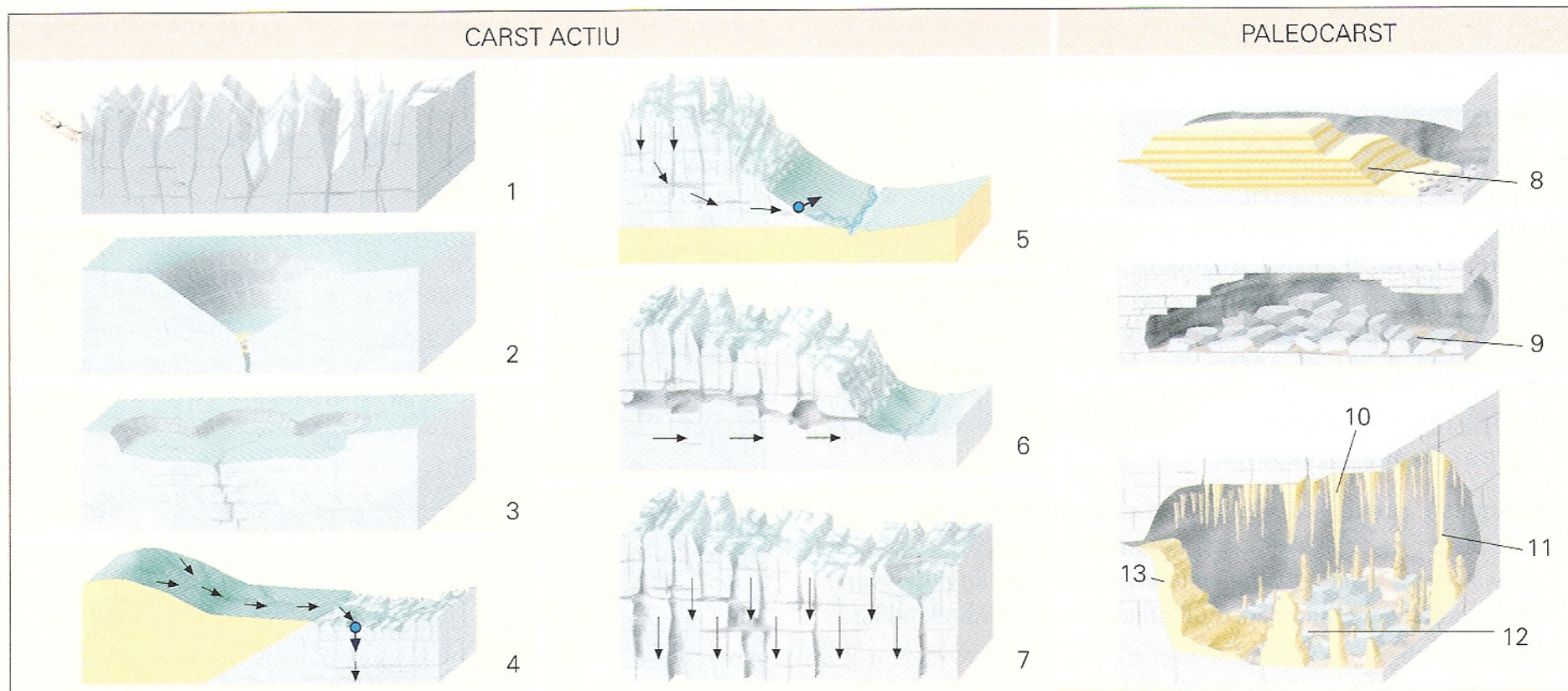
Més imatges: [http://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/collections/72157625013263340/](http://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/collections/72157625013263340/)  
<http://www.ambiental-hitos.com/geologia/carst.html>

Interpretació

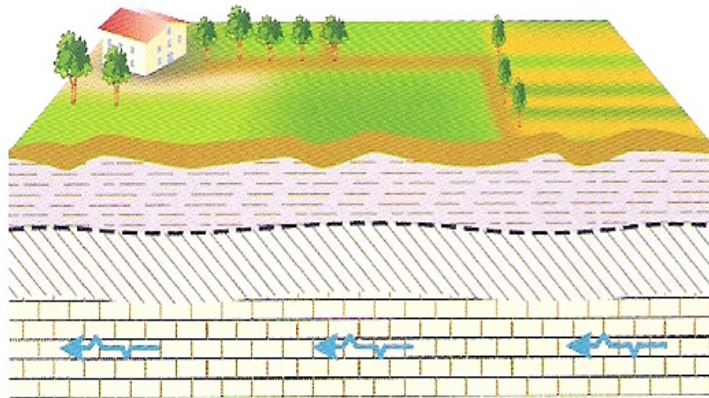
Formes càrstiques

El carst pot ser actiu o inactiu. El carst actiu dóna una sèrie de formes d'erosió tant a la superfície (rasclers, dolines, pòlies) com en el subsòl (coves, avencs, engolidors, surgències, etc.). Quan el carst és inactiu (paleocarst), les cavitats s'omplen de sediments i es produeixen enfonsaments i concrecions.

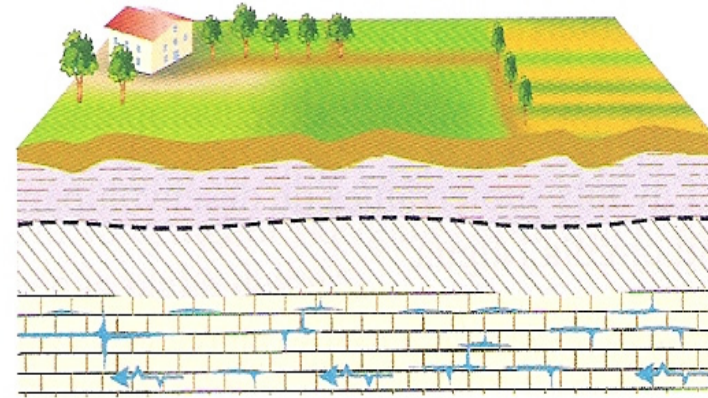
1. Identifica en el gràfic les principals formes càrstiques: estalactita, rascler, pòlie, avenc, estalagmita, blocs, cova, engolidor, surgència, colada, dolina, sediments, columna.



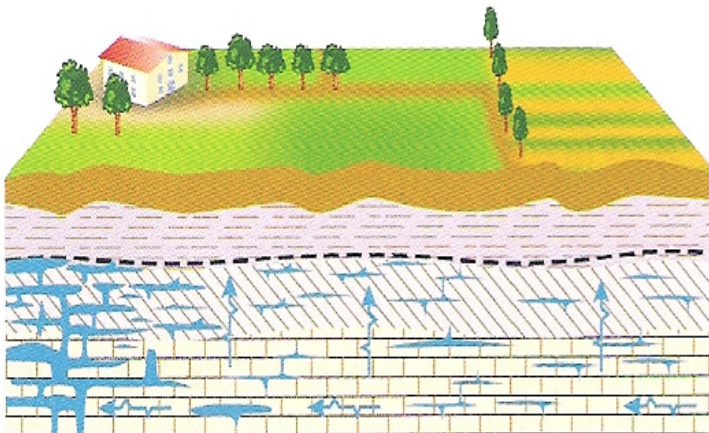




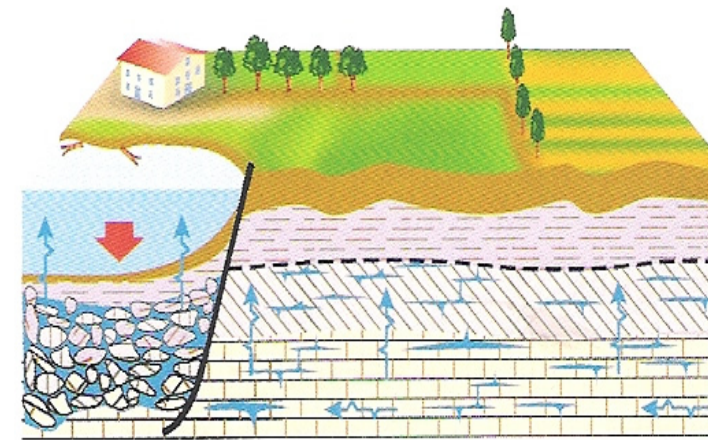
A. Inici del procés de carstificació per flux d'aigua a pressió en l'aquífer d'un terreny calcari.



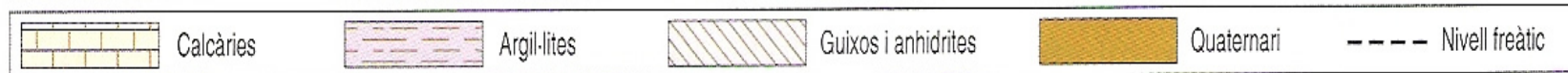
B. La carstificació creixent dissol de baix a dalt els guixos i anhidrites.



C. Se sobrepassa l'equilibri mecànic de les cavitats, però la compressió hidràulica les manté.



D. La descompressió temporal del sistema provoca un col·lapse gravitacional; una nova injecció hídrica generarà un estanyol.



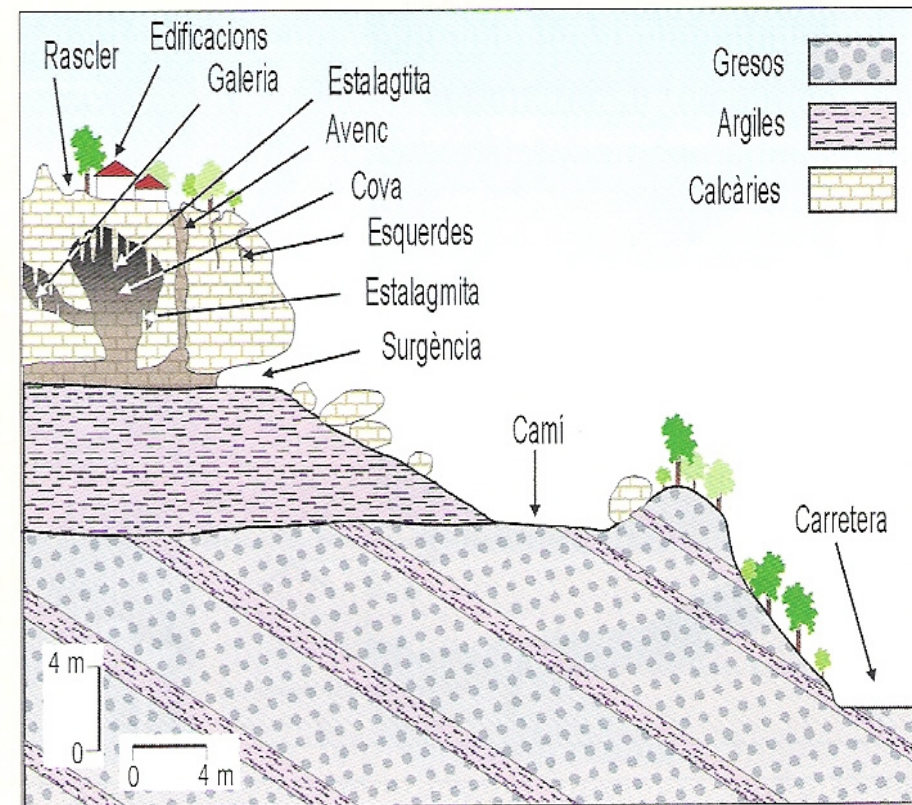


## Interpretació

### Fenòmens càrstics

Els processos geològics externs són fenòmens dinàmics que de manera natural es desenvolupen sobre el nostre territori. Quan les activitats humanes es poden veure afectades per aquests processos, es generen situacions de risc. El tall esquemàtic representat en la figura adjunta n'és un exemple.

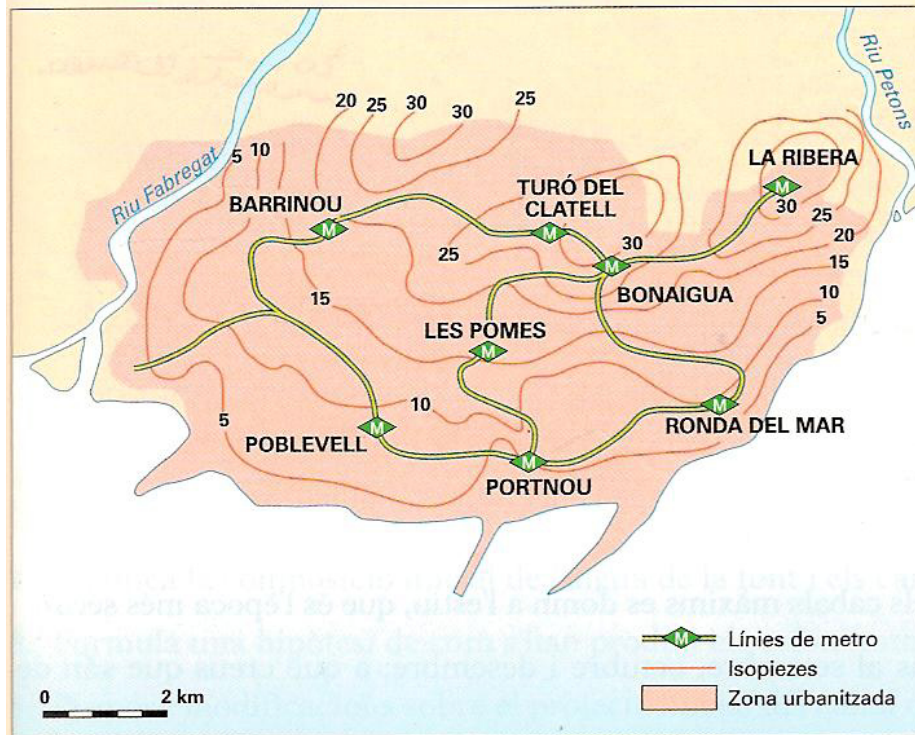
1. Quins tipus de processos geoambientals s'observen en la figura? Raona la resposta.
2. D'aquests processos i tenint en compte que la surgència pot donar cabals molt alts, superiors als  $120 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ , durant poques hores, quines situacions de risc se'n deriven? Es podria veure la carretera afectada per una esllavissada? Per què?





## Interpretació

## Flux hidràulic subterrani en una ciutat



El mapa representa un cas hipotètic d'un aquífer en una zona urbanitzada propera al mar. S'hi assenyalen els vuit barris més poblats de la ciutat. Les corbes representen les isopiezes que uneixen els punts de l'aquífer amb la mateixa cota de nivell freàtic. El punt més alt de la ciutat es troba prop del turó del Clatell (95 m).

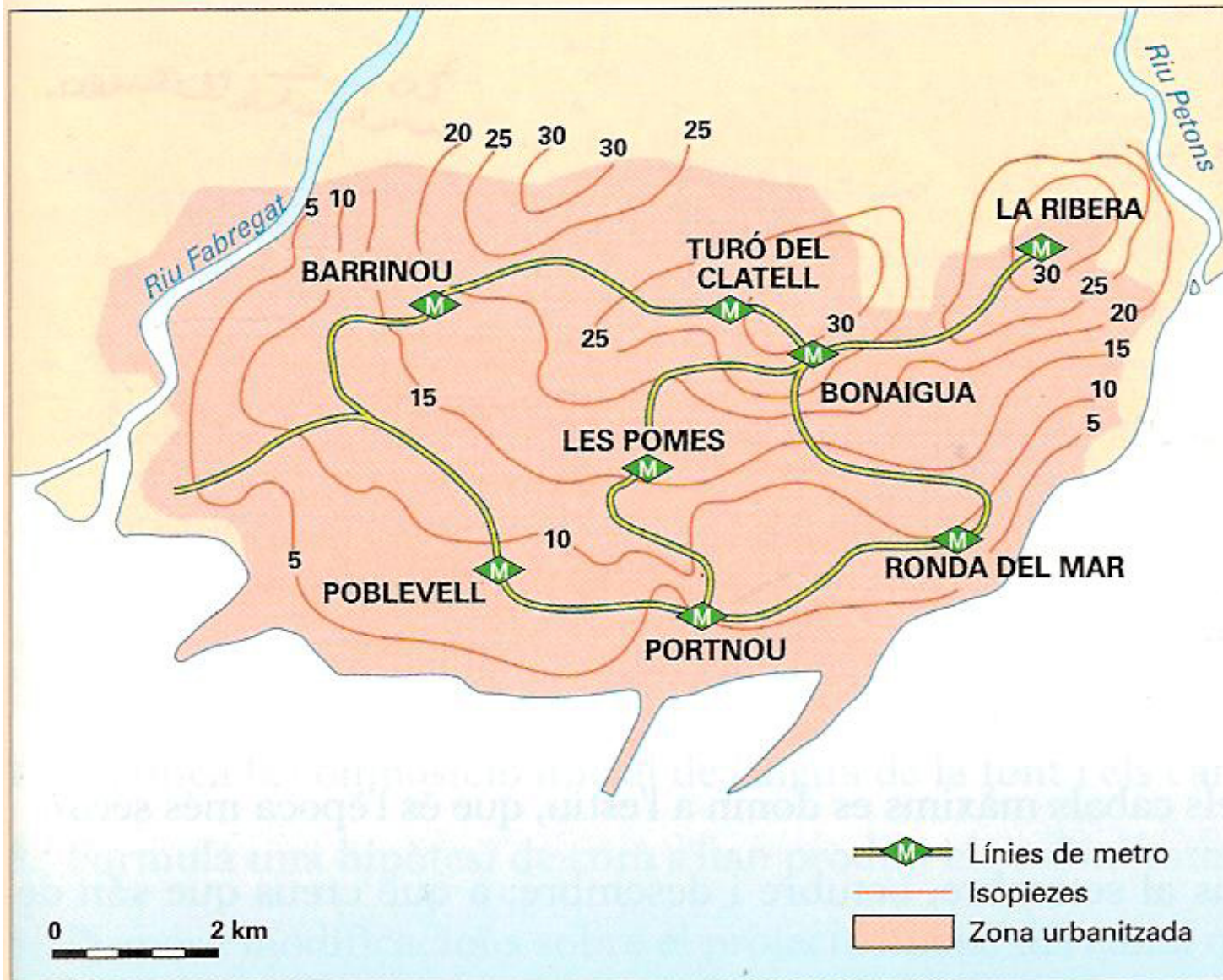
1. Descriu els fluxos hidràulics subterranis a partir dels noms de les zones assenyalades de la hipotètica ciutat.
2. El tram de la línia de metro que va des de Bonaigua (a una cota mitjana de 30 m sobre el nivell del mar) fins a Portnou (a una cota mitjana de 10 m) ha sofert inundacions recentment. Justifica-ho.
3. A la zona de la Ronda del Mar (a una cota mitjana de 5 m sobre el nivell del mar) s'estan construint molts edificis i s'ha previst que s'hi instal·lin grans pàrquings subterranis a una profunditat d'uns 10 m. Explica quin problema pot haver-hi.



# Interpretació

s aigües subterrànies

## Flux hidràulic subterrani en una ciutat

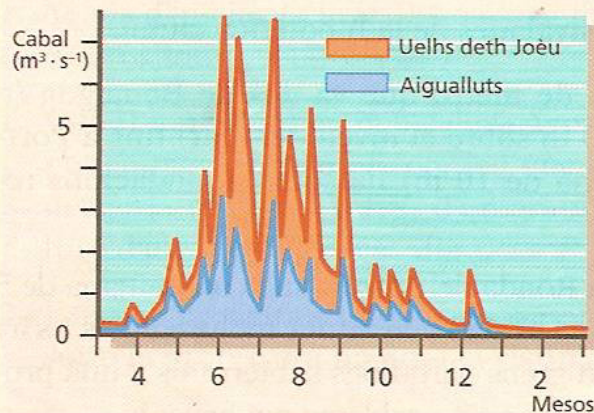
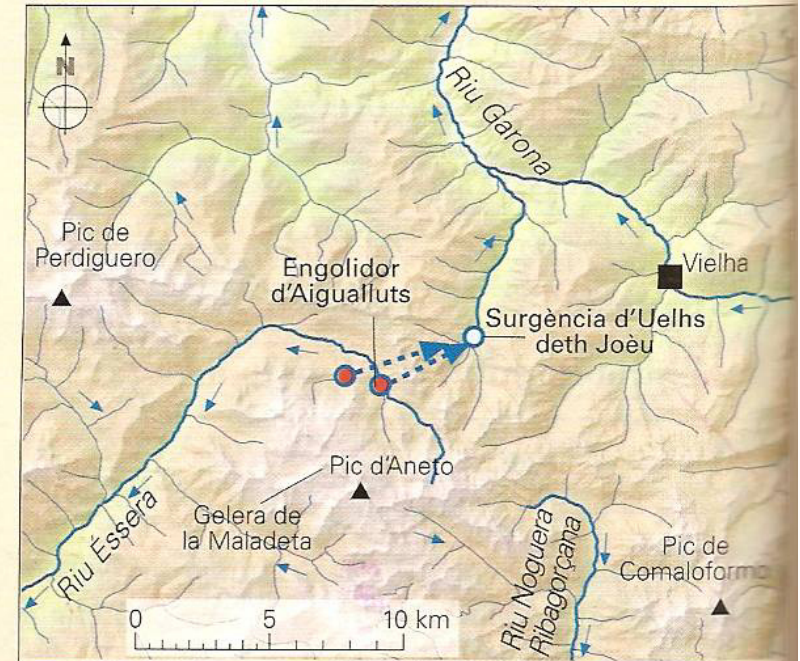




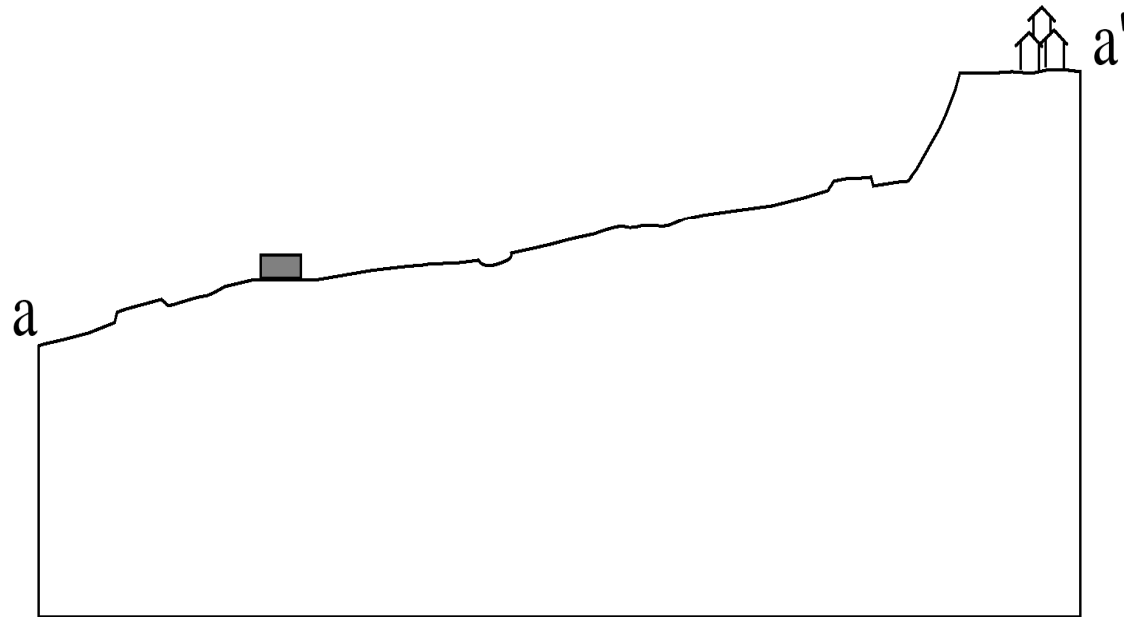
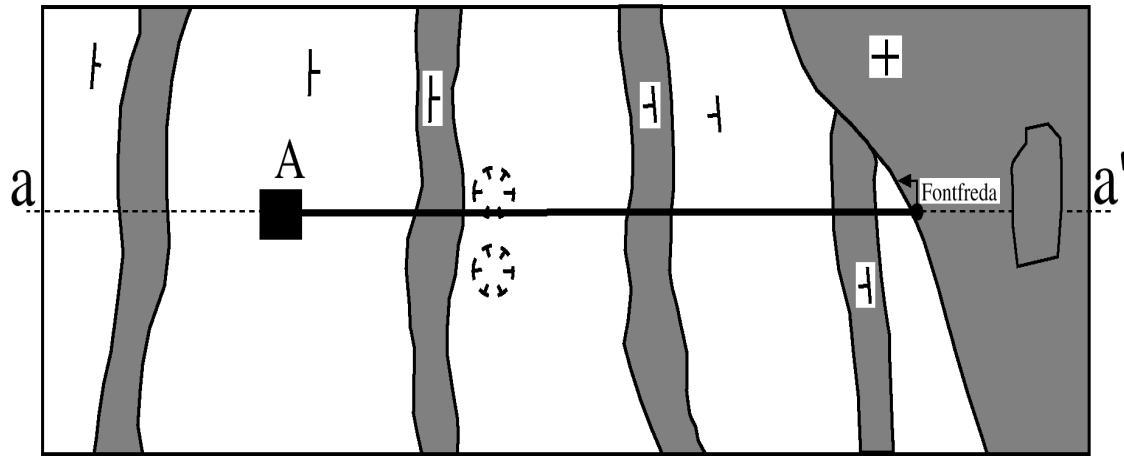
Interpretació










D'on ve l'aigua de la Garona?

Els Pirineus formen una gran divisòria de les aigües. El vessant nord és una part de la conca atlàntica i el vessant sud és conca mediterrània. El riu atlàntic Garona, amb capçalera a la vall d'Aran, té aportacions hidrològiques principalment d'origen càrstic. Si considerem les conques superficials, però, no hi ha prou superfície per aportar l'aigua que du la Garona en la seva capçalera. Aleshores, d'on ve l'aigua? El 1931 es va afegir un colorant, la fluoresceïna, a les aigües que entraven per un engolidor al peu de la glacera de l'Aneto (Aigualluts); 10 hores més tard es va observar que les aigües de les fonts d'Uelhs deth Joèu sortien acolorides. Així es va demostrar que als vessants mediterranis l'aigua s'infiltra cap a la conca de la Garona, en forma de surgències com la de Joèu, amb un cabal mitjà d' $1,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i amb màxims de  $9,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



1. Distingeix sobre el mapa les conques atlàntiques i mediterrànies.
2. Calcula la velocitat de trànsit de l'aigua d'Aigualluts fins a Uelhs deth Joèu (fes servir l'escala del mapa i les dades del text). 0,4 Km/h
3. Quina relació trobes entre els cabals de l'engolidor d'Aigualluts i de la surgència de Joèu?
4. Com s'explica que els cabals màxims es donin a l'estiu, que és l'època més seca?
5. Observa els màxims al setembre, octubre i desembre; a què creus que són deguts?



- |  |  |
|--|--|
|  Calcàries    |  Font                                 |
|  Conglomerats |  Traçat del canal                     |
|  Guixos       |  Zona d'esfondraments                 |
|  Lutites      |  Nucli rural d'Algarballé             |
|  |  Símbols de capbussament de les capes |



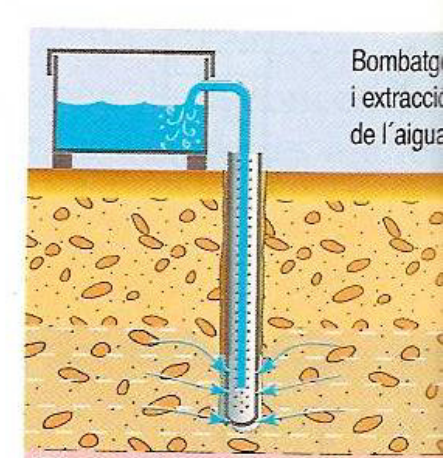
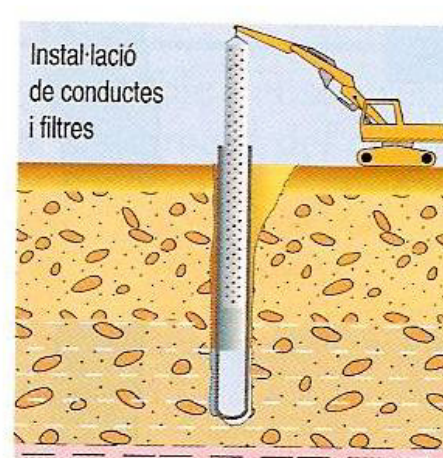
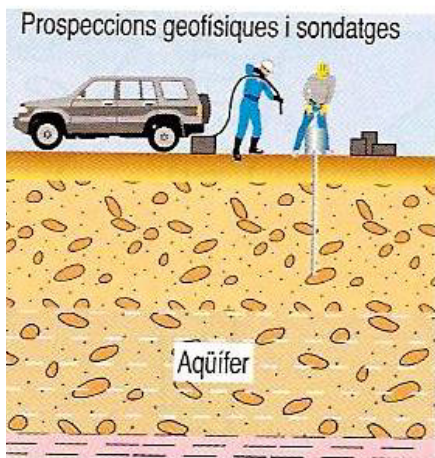


# L'exploració dels aqüífers



Estudi geològic

Conductivitat (resistivitat) del subsòl.

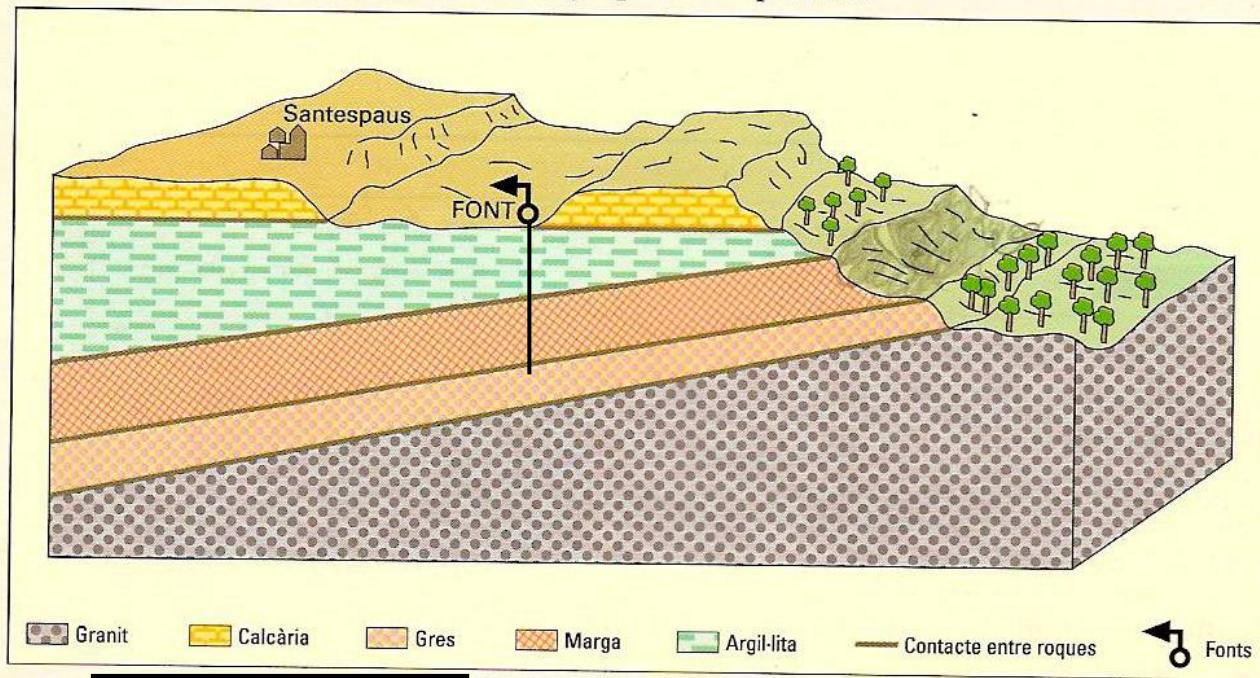




### Cercant pous

Al municipi de Santespau, a causa d'un període llarg de sequera, hi ha manca d'aigua. L'Ajuntament ha contractat un geòleg per buscar aigua subterrània. Després de reconèixer la zona i de fer-hi prospeccions, ha fet un informe amb les conclusions següents:

- La font no tindrà més aigua fins que s'acabi el període de sequera.
- Podeu trobar aigua fent un pou al costat de la font, a una profunditat de 250 metres.
- Al pou l'aigua ascendirà sola fins a prop de la superfície.

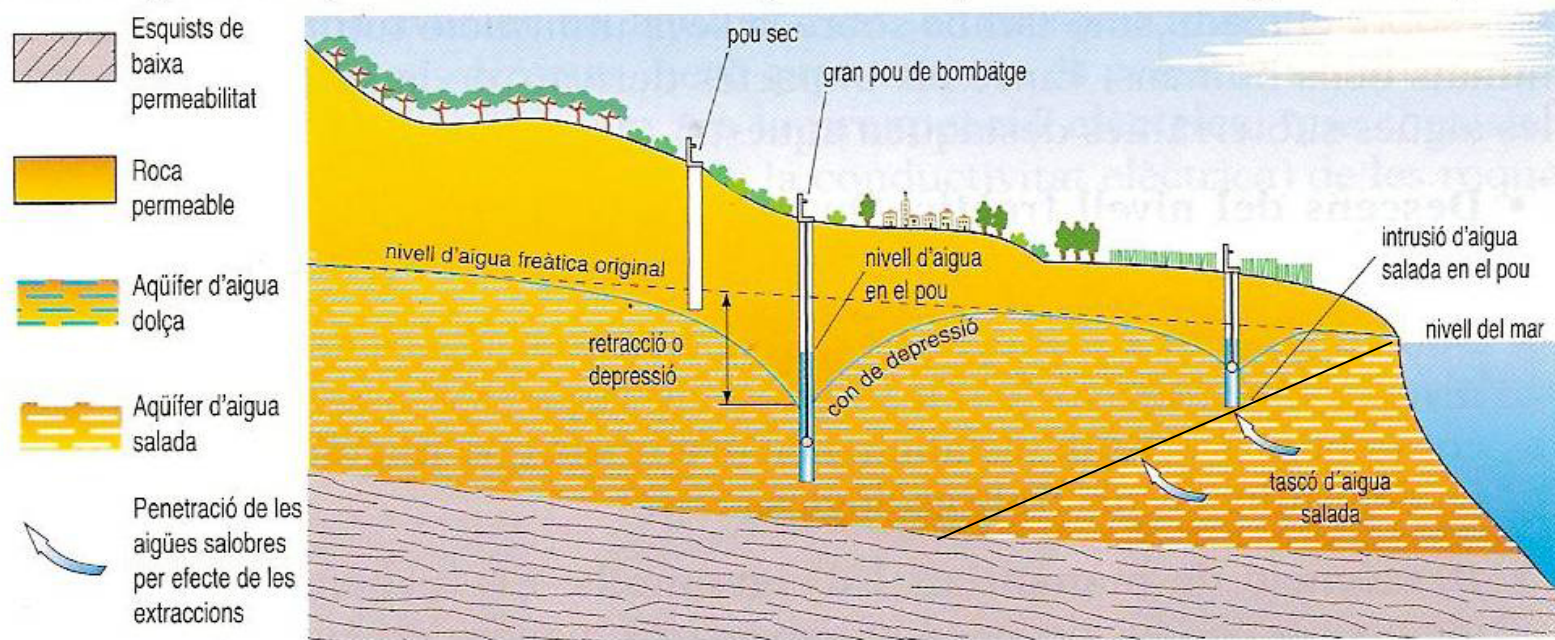


- A partir de l'esquema geològic elabora una taula per a cada formació litològica (granit, marga, calcària, argil·lita i gres) que justifiqui, a partir de la porositat de les roques, si es pot formar un aquífer o no.
- La gent gran del poble afirma que la font tenia molt de cabal en el passat. Justifica-ho des del punt de vista geològic.
- Rellegeix les conclusions de l'informe del geòleg. Fent servir els teus coneixements de geologia, avalua la validesa de les seves conclusions (A, B i C).



## La sobreexplotació dels aqüífers

- Baixarà el nivell freàtic caldria cercar l'aigua a més profundament
- S'assecarien les fonts, els aiguamolls
- Subsidiències i esfondraments
- Salinització de l'aqüífer



## Mesures correctores

- No extreure mai quantitats d'aigua per damunt de les entrades (recàrrega). La recàrrega de l'aquífer depèn de:
  - Característiques geològiques
  - Permeabilitat i porositat de les roques
- Tenir els pous d'extracció controlats. Fer comunitat de regants.
- Recarregar els aquífers artificialment en èpoques d'excedent.
- Depuració de l'aigua
- Reubicar les fonts de bombatge
- Utilització de filtres, pantalles, extracció de l'aigua marina,...

### Mesures correctores

#### **Sobreexplotació d'aquífers**

Una manera d'evitar la sobreexplotació és regular les extraccions i limitar el bombatge de determinades zones. Aquestes mesures, no obstant això, solen ser poc eficaces; en canvi, la creació de comunitats d'usuaris d'un aquífer sol ser la millor solució per aconseguir l'autoregulació i el control racional de la seva explotació. També és possible recarregar artificialment els aquífers en èpoques excedents i utilitzar-los després en moments de sequera. Actualment, es discuteix la possibilitat de recarregar alguns aquífers amb aigua residual depurada.

#### **Intrusions marines**

S'han dissenyat dispositius per recarregar els aquífers susceptibles de contaminació d'aigua marina –i així poder evitar les intrusions–, per fer extraccions selectives d'aigua marina a la zona d'intrusió i per obstaculitzar físicament (amb murs o pantalles d'injecció de ciment) l'entrada del tascó marí cap al medi aquífer continental. Com que aquests dispositius són costosos i de vegades poc viables, sembla que la millor mesura seria la planificació i l'ordenació de les extraccions dels aquífers costaners, ja sigui reubicant els centres de bombatge o reduint les extraccions.



## Document

## Desestabilització d'edificis

Llegeix aquesta notícia, apareguda a la premsa durant l'octubre de 1995:

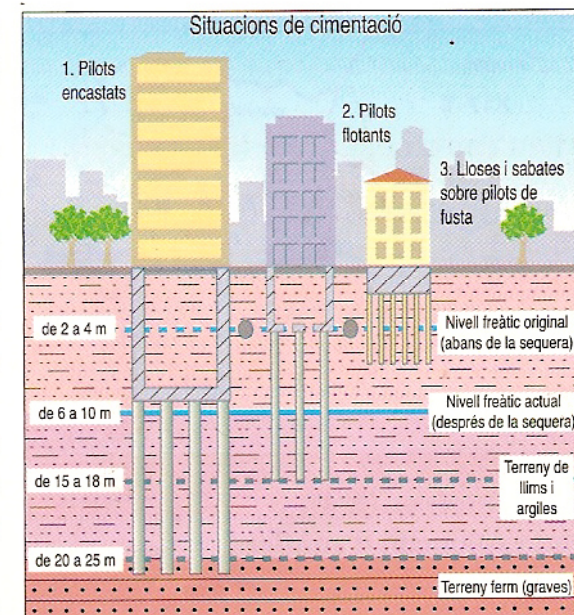
## La sequera amenaça l'estabilitat de molts edificis de Múrcia

La sequera ha afectat les zones de regadiu murcianes i ara provoca un problema nou i inesperat: el descens del nivell freàtic afecta els fonaments dels edificis. L'alarma va sorgir en observar-se l'increment d'esclètxes en edificis, fins i tot al mateix edifici de l'Ajuntament, construït ara fa un segle.

Un estudi de 1975 fixava el nivell freàtic en 0,8 m de profunditat; al principi dels anys vuitanta, un altre estudi el situava entre 2 i 4 m, i a començament dels noranta, en alguns barris de Múrcia el nivell freàtic ja es trobava entre els 5 i els 10 m. El terreny on s'ubica la ciutat és molt argilós i, en eixugar-se, la fracció argilosa es comprimeix contra els fonaments, la qual cosa augmenta la càrrega sobre l'edifici i hi provoca esclètxes. En el subsòl de la ciutat hi ha una capa de terra ferma de 20 a 25 m i als edificis que tenen fonaments que arriben a aquesta profunditat no els afecta el descens del nivell freàtic. Sí que n'estan afectats, en canvi, els edificis amb fonaments flotants a 15 o 18 m de profunditat, construïts durant els anys setanta i vuitanta.

Hi ha qui creu fermament que la causa no és culpa només de la sequera, sinó també de la sobreexplotació de les aigües subterrànies. Hi ha quaranta-nou pous municipals per al rec de parcs i jardins, i uns mil tres-cents pous més censats a les zones de l'horta que envolta la ciutat, on n'hi ha també uns tres mil d'il·legals que extreuen uns 50 L d'aigua per segon.

*El País*, octubre 1995 (adaptació)



1. Quina és la causa de l'aparició d'esclètxes als edificis de Múrcia?
2. Observa els edificis del dibuix. Quina és la construcció més adequada per prevenir el problema esmentat?
3. Quines mesures proposaries per reduir els danys?

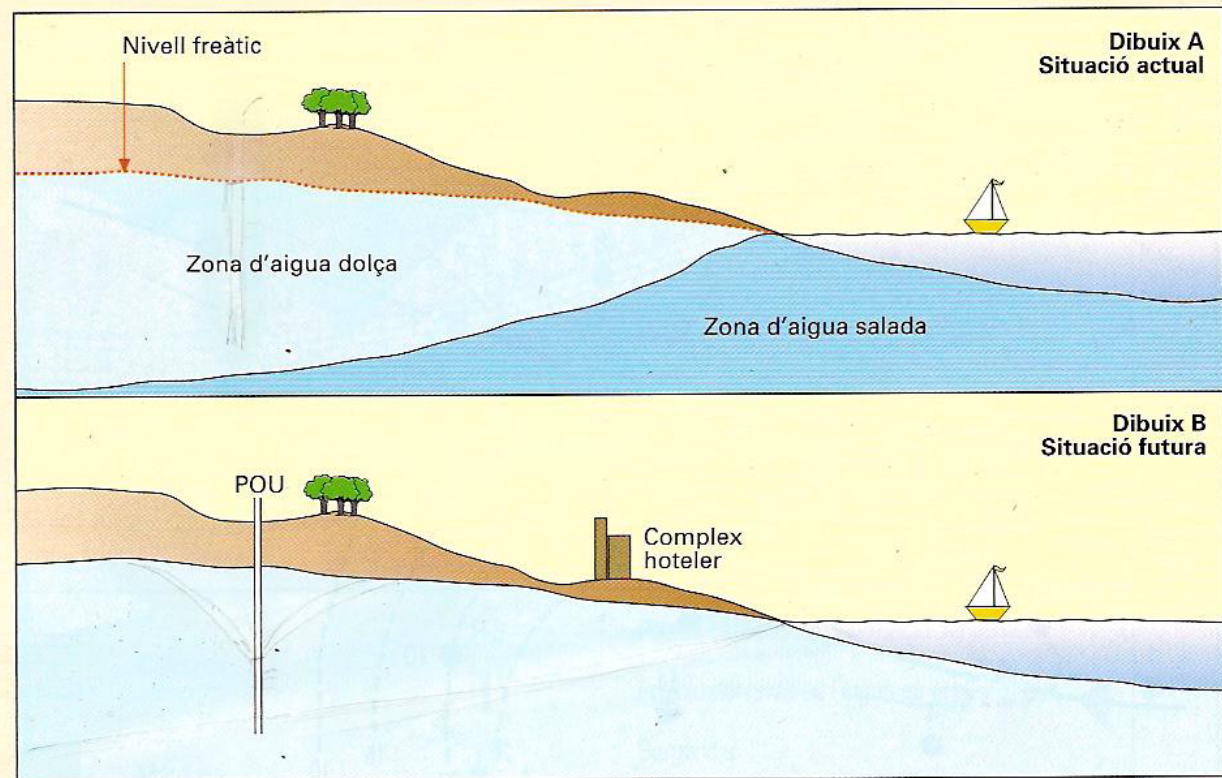


## Interpretació

### Aqüífers en una illa

En una petita illa mediterrània està previst construir-hi un complex hotelier per a turistes multimilionaris, amb un centre ludicothermal i camp de golf. Els pocs recursos hídrics superficials que hi ha (només una petita riera però de cabal constant) han fet que es plantegi la possibilitat de construir un pou per utilitzar l'aigua de l'aqüífer subterrani.

1. Indiqueu al dibuix *b* quina serà la morfologia del nivell freàtic i del límit de la zona d'aigua salada i aigua dolça, després d'un període llarg d'explotació continuada d'aigua del nou pou.
2. La construcció del nou pou pot provocar algun problema en la qualitat de l'aigua de l'aqüífer subterrani. Quin? De què depèn?
3. Si l'opció del pou queda descartada, quin sistema proposaríeu per tenir prou aigua per a totes les activitats? Feu dues propostes de gestió alternativa al projecte.



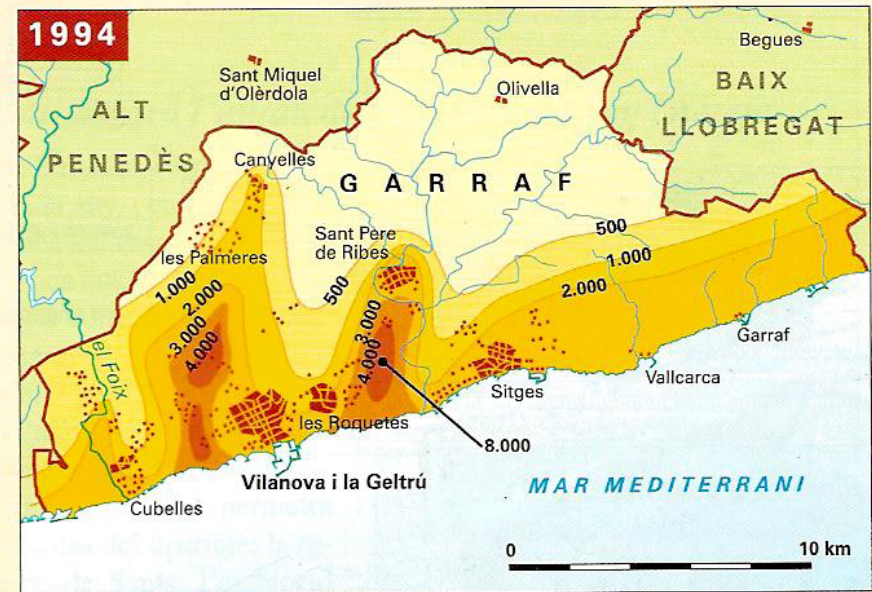


**Interpretació**

**Canvis en la composició dels aquífers del Garraf**

La comarca del Garraf ha experimentat en les últimes dècades un desenvolupament urbanístic molt important. Algunes localitats han augmentat considerablement de població i el turisme s'ha incrementat notablement a la zona litoral.

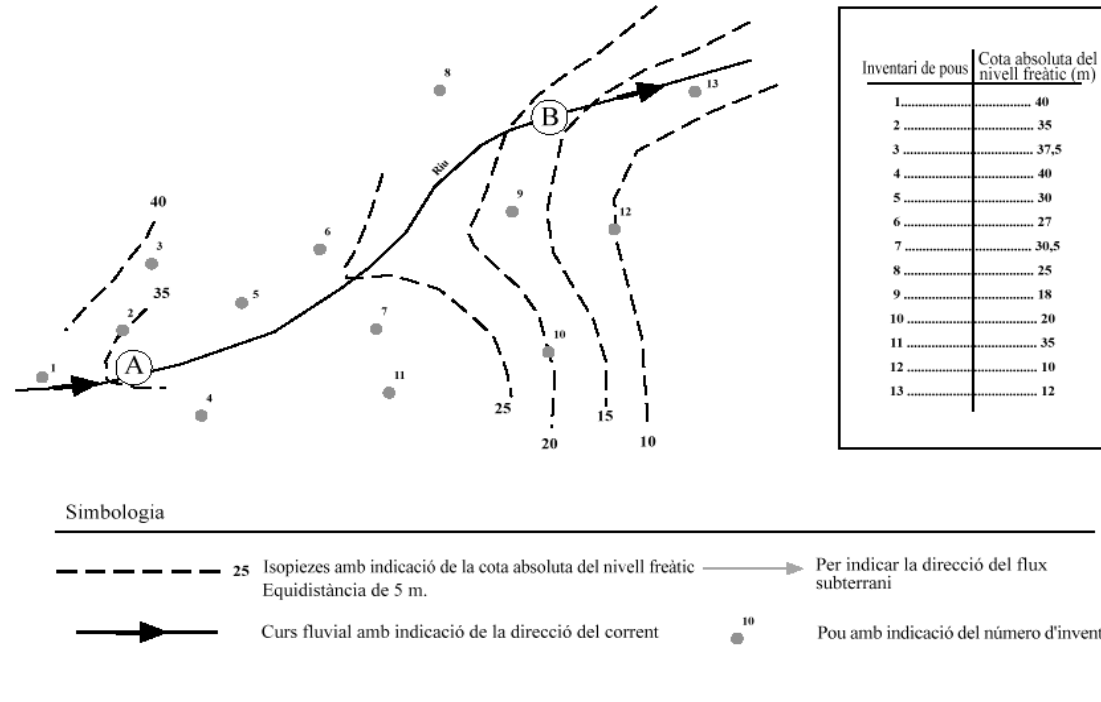
Els mapes següents s'han obtingut a partir de les anàlisis químiques del contingut d'ió clorur de mostres d'aigua subterrània procedents de molts pous d'aquesta comarca. Es tracta de mapes d'isoclorurs (línies que uneixen punts de la mateixa concentració de l'ió clorur) expressats en ppm (parts per milió).



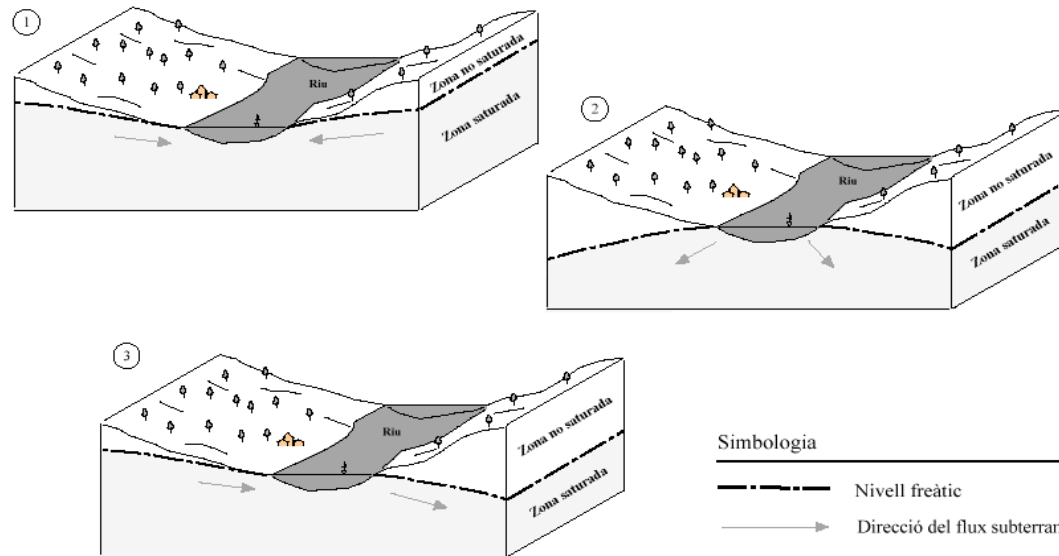
1. Quin contingut de clorurs hi havia a les aigües subterrànies de les poblacions de les Roquetes, Canyelles, Cubelles i Sant Pere de Ribes els anys 1970 i 1994? Expressa-ho en forma de taula.
2. Justifica, des del punt de vista geològic, el fenomen comú als dos mapes. Fes un dibuix per explicar-ho.
3. Explica les causes que creus que han motivat els canvis en la salinitat dels aquífers.

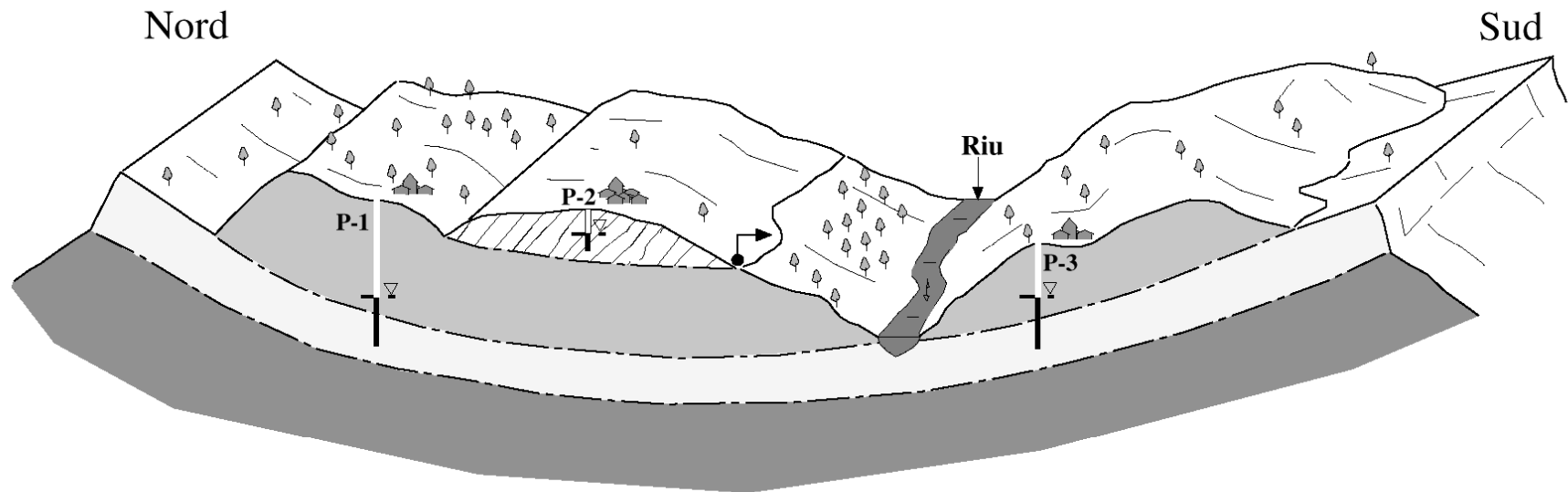


Part a. Mapa esquemàtic d'isopiezes






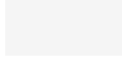



Part b. Blocs diagrama





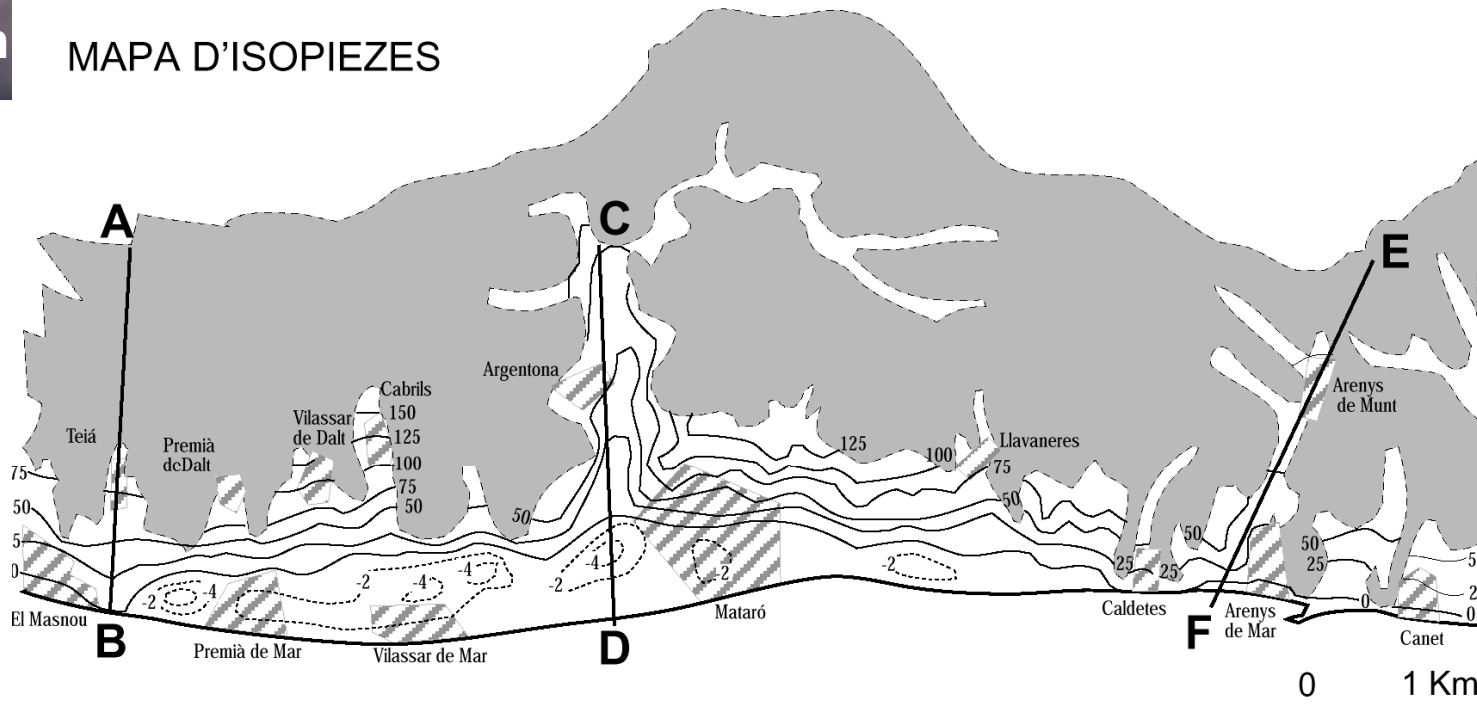
Segons dades de Lluís R. (1999)

### Simbologia

	Sorres i graves	<b>P-3</b>	Pou de captació amb indicació del número
	Argiles		Posició del nivell de l'aigua en el pou
	Calcàries		Surgència
	Margues		Contacte entre materials







- Formacions sedimentàries detrítiques.
- Roques plutòniques (granodiorites).
- Poblacions
- 25 Isopiezies (Cota de l'aigua en metres)
- 2 Isopiezies negatives

