تكوين المدخرات المائية الجوفية

مقدمة: تمثل المياه الجوفية رغم قلتها مقارنة مع المياه السطحية، مصدرا أساسيا للتزود بالماء العذب عند فئة عريضة من السكان في العالم.

- **ما هي البنيات الأرضية، والآليات التي تساعد على تخزين المياه في جوف الأرض؟**
- **هل من استراتيجيات فعالة لعقلنة استغلال هذه المياه والمحافظة عليها؟**

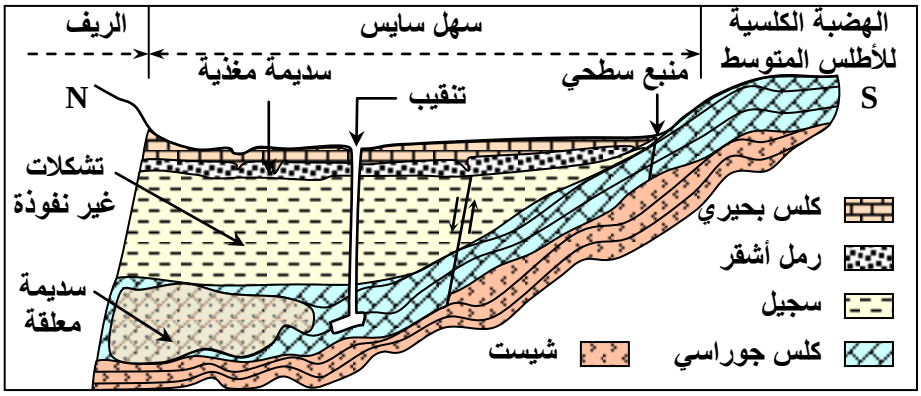
I- الطبيعة الجيولوجية وخصائص صخور الحملماءات Aquifères

① معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 3: الطبيعة الجيولوجية وخصائص صخور الحملماءات.

★ تعطي الوثيقة أسفله مقطعا جيولوجيا يوضح الطبيعة الجيولوجية لحملماءات سهل سايس (فاس-مكناس).

1) انطلاقا من هذه الوثيقة حدد نوعية الصخور التي تمثل حملماءات في منطقة سهل سايس.



★ ليبيا بلد من أكثر بلدان العالم جفافا وندرة من حيث المياه حيث أن أكثر من 90% من أراضيها عبارة عن أراضي صحراوية قاحلة و9/10 من سكانها يعيشون على شاطئها بالبحر الأبيض المتوسط حيث المياه ناذرة أيضا. إلا أن بجنوبها سديمة مائية من أضخم السدائم المائية المعروفة في العالم حيث يصل سمكها مابين 50 إلى 2400 m وتمتد آلاف الكيلومترات (تشمل أجزاء من مصر وتشاد والسودان). يقدر الباحثون حاليا أن حجم المياه المحبوسة داخل السديمة سيكفي سكان مصر والسودان وليبيا وتشاد لحوالي 4800 سنة.

2) ما مصدر تلك المياه التي توجد في صحراء ليبيا؟
3) عرف المصطلحات التالية: حملماءة وسديمة وفرشة مائية؟
4) هل كل صخور جوف الأرض لها القدرة على الاحتفاظ بالماء؟ وإذا كان الجواب بالنفي ما هي الشروط الواجب توفرها في صخرة ما لتحتفظ بالماء؟
5) أعط أمثلة لصخور يمكنها الاحتفاظ بالماء وأمثلة أخرى لصخور لا يمكنها الاحتفاظ بالماء.
6) ما ذا تستخلص من كل ما سبق؟

② استثمار المعطيات:

1) تتكون السديمة المغذية من طبقة الرمل الأشقر، وتحتها طبقة غير نفوذة للماء، وبذلك تكون الطبقة الرملية حملماءة. كما أن صخور كلس الجوراسي تشكل سديمة معلقة، وهي سديمة مغطاة بصخور غير نفوذة.
يتبين ادن أن المياه الجوفية تتموضع في مستوى طبقات صخرية تتميز بقدرتها على تخزين المياه وتسمى هذه الطبقات الصخرية حملماءات، وتتميز بخاصيتي النفاذية Perméabilité والمسامية Porosité.

2) المياه التي توجد في صحراء ليبيا هي جزء من مياه الأمطار التي ترشح عبر التربة وتنفذ إلى الصخور الموجودة أسفلها.

Moutamadris.ma

3) تعريف المصطلحات:
- ✓ حملماءة: هي طبقات جيولوجية تتميز بقدرتها على تخزين المياه نظرا لاحتوائها على فراغات أو شقوق أو تجاويف كبيرة أو مسام (فراغات مجهريه). وهذه الميزة تسمح لهذه الطبقات أن تكون قابلة للاختراق من طرف السوائل كالماء أي نفوذة. فالحملماءات تعتبر في نفس الوقت خزانات وقنوات مرور للمياه.
- ✓ سديمة nappe: هي مجموع المياه التي تحملها حملماءة ما.
- ✓ فرشة مائية: هي مجموع المياه المتراكمة بحملماءات منطقة معينة.

4) ليست كل الصخور قادرة على الاحتفاظ بالماء. والتي يمكنها ذلك يجب أن تكون صخورا نفوذة، تحتوي على مسام، أو صخورا غير نفوذة ولكن تحتوي على شقوق وفراغات وتجاويف.

5) أمثلة لصخور يمكنها الاحتفاظ بالماء: الرمل والحجر الرملي الخشن...
أمثلة لصخور لا يمكنها الاحتفاظ بالماء كلس، كرانيت...

6) يتبين ادن أن المياه الجوفية تتغذى انطلاقا من المياه السطحية، بعد ترشيحها، خصوصا مياه الأمطار، التي تنفذ إلى الطبقات الصخرية العميقة، وتتموضع في مستوى طبقات صخرية تتميز بقدرتها على تخزين المياه الجوفية: تسمى حملماءات، حيث يحتل الماء الفجوات المتواجدة بين العناصر المكونة لهذه الصخور.
يرتبط إذن تكون الطبقات المائية الجوفية بطبيعة الصخرة الخازنة للمياه. والتي يشترط فيها أن تكون خازنة لأكبر كمية من الماء، كما يشترط فيها أن تكون نفوذة له. ادن فالمسامية والنفاذية خاصيتان أساسيتان لتحديد أهمية الحملماءات.

③ دراسة تجريبية للنفاذية والمسامية: أنظر الوثيقة 4

الوثيقة 4: دراسة تجريبية للنفاذية والمسامية.

لقياس قدرة الاحتفاظ بالماء ونفاذية التربة يمكن استعمال التركيب التجريبي الممثل على الرسم التخطيطي أمامه:

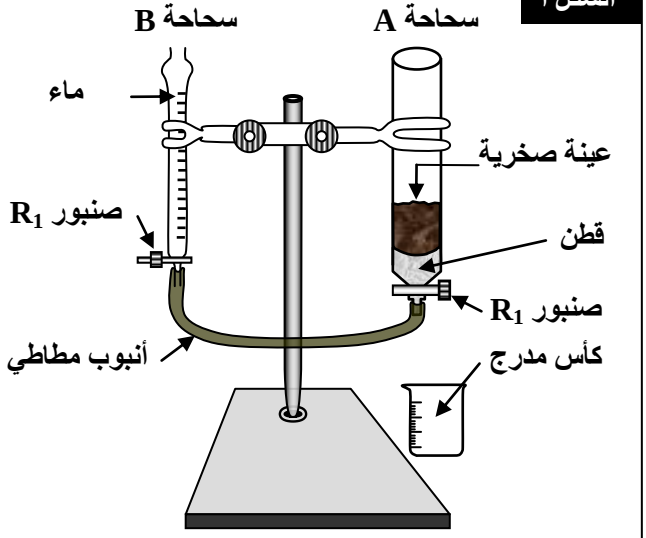
- نملأ السحاحة B بالماء، والسحاحة A بعينة من الصخور.
- نفتح الصنبور R_1، فيصعد الماء في العينة الصخرية، وعندما يصل إلى سطحها نغلق R_1 ونسجل حجم الماء V_1 الذي تسرب إلى العينة. يقابل V_1 المسامية الإجمالية للعينة المدروسة.

نزيل الأنبوب المطاطي من السحاحة A ثم نفتح R_1 فينساب الماء في الكأس المدرج، نسجل زمن سقوط أول نقطة في الكأس (t_1) . وعند توقف انسياب الماء في الكأس نسجل زمن سقوط آخر نقطة (t_2)، وكذلك حجم الماء V_2 في الكأس والذي يقابل حجم الفراغات المملوءة بالهواء أو المكرومسامية.

- $V_1 - V_2$ يقابل حجم الماء المحتفظ به في العينة أو الميكرومسامية = قدرة الصخرة على الاحتفاظ بالماء.

يعطي جدول الشكل ب النتائج التجريبية المعبر عنها بـ ml في 100g لثلاث عينات مختلفة من الصخور.
أحسب مسامية ونفاذية مختلف العينات. ماذا تستنتج؟

الشكل أ



الشكل ب

	عينة A	عينة B	عينة C
v_1	5	21	27
V_2	3	11	12
t_1 (S)	10	15	25
t_2 (S)	13	40	120

أ- المسامية La porosité:

★ المسامية هي نسبة الفراغات الموجودة بين العناصر المكون لصخرة ما، وللكشف عن مسامية بعض الصخور، نختار عينتين صخريتين متماسكتين تضم تجاويف، (أو نحفر تجاويف بها)، ثم نملأها بالماء، فنلاحظ سرعة امتصاص الماء من طرف كل صخرة. كما يمكننا القيام بالتركيب التجريبي المبين على الشكل أ من الوثيقة 4.

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة يمكننا تحديد المفاهيم التالية:

Moutamadris.ma

⇦ **المسامية الكلية V_1:**

هي حجم الماء في الصخرة المشبعة. ويعبر عنه باللتر في المتر المكعب، أو بالنسبة المئوية من الماء في الصخرة المشبعة.

⇦ **المسامية النافعة V2:**

هي حجم الماء القابل للانسكاب، من بين العناصر المكونة للصخرة المشبعة تحت تأثير الجاذبية. وينعت بالماء الانجذابي.

⇦ **قدرة الاحتفاظ بالماء Vr:**

هي حجم الماء الذي يمكث في الصخرة المشبعة بعد انسياب الماء الانجذابي V_2. وتحسب بالعلاقة التالية: $Vr = V_1 - V_2$

ب- النفاذية Perméabilité P:

تحدد النفاذية بحجم الماء النافذ من العينة الصخرية خلال وحدة زمنية، أو السرعة التي ينفذ بها الماء من العينة الصخرية. وتحسب بالعلاقة التالية: $P = V_2/(t_2 - t_1)$

	رمل وحصى	حجر رملي	طين
V_1 (ml) = الحجم الكلي للماء	5	21	27
V_2 (ml) = حجم الماء ألانجذابي	3	11	12
t_1 (S) = زمن سقوط أول نقطة	10	15	25
t_2 (S) = زمن سقوط آخر نقطة	13	40	120
$V_1 - V_2$ (ml) = قدرة الاحتفاظ بالماء	2	10	15
$V_2/(t_2 - t_1)$ (ml / S) = النفاذية	3/(13-10) = 1	11/(40-15) = 0.44	12/(120-25) = 0.12

نلاحظ أن قدرة الاحتفاظ بالماء تختلف من عينة صخرية لأخرى. نستنتج إذن أن المسامية والنفاذية يتغيران حسب طبيعة الصخور، وبالتالي فمصادر المياه الجوفية ستختلف حسب طبيعة صخور الحملماءات، إذ أن طبقات الرمال والحصى والحجر الرملي الخشن تمثل حملماءات جيدة، بفضل مساميتها ونفاذيتها الجيدتين، واللتين تسمحان بحركة المياه الجوفية.

II- أنواع المدخرات المائية الجوفية ومميزاتها:

① تنوع السدائم المائية ومميزاتها: أنظر الوثيقة 5

أ- معطيات للاستثمار:

الوثيقة 5: أنواع المدخرات المائية الجوفية ومميزاتها.

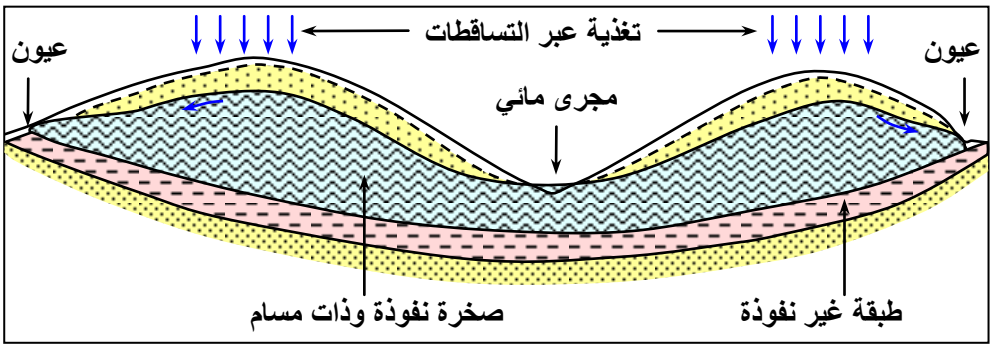
★ يبين الجدول التالي حجم التساقطات السنوية في منطقتين (a وb)، وتطور الأعماق الضرورية لبلوغ المياه الجوفية في آبار المنطقتين (علما أن a وb متباعدين بمئات الكيلومترات):

السنة	1955	1956	1956	1957	1958	1959	1960	1961
معدل التساقطات السنوي بـmm في المنطقة a	870	120	950	750	802	901	1005	1125
عمق آبار المنطقة a بـ m	-10	-13	-16	-19	-25	-31	-35	-37
معدل التساقطات السنوي بـ mm في المنطقة b	245	25	160	200	340	321	451	297
عمق آبار المنطقة b بـ m	-20	-36	-35	-35	-32	-27	-26	-25.5

1) حلل معطيات الجدول أعلاه.
2) إذا علمت أن حجم المياه المستخرجة من سديمة المنطقة a ثابت وأقل بكثير من حجم الماء الذي تمتصه التربة الموجودة فوقها جراء التساقطات كيف تفسر استمرار انخفاض مستوى السديمة في المنطقة a رغم كونها مطيرة؟
3) ماذا يسمى هذا النوع من السدائم؟
4) كيف تفسر تذبذب مستوى السديمة في المنطقة b؟
5) ما نوع السديمة الموجودة في هذه المنطقة b؟ علل جوابك.

Moutamadris.ma

تابع الوثيقة 5:



★ يعطي الرسم أمامه، نموذجا لسديمة مائية مغذية.

6) بالاعتماد على معطيات هذا الرسم على المعطيات السابقة، أبرز دور الطبيعة الجيولوجية للطبقات الصخرية، وتموضعها في تنوع المدخرات المائية الجوفية.

ب- استثمار المعطيات:

1) تحليل معطيات الجدول:
- في المنطقة a: ينخفض مستوى الماء باستمرار مع مرور الوقت بفعل استغلال المياه بغض النظر عن حجم التساقطات.
- في المنطقة b: رغم استغلال المياه يتذبذب مستوى السديمة، ففي السنوات المطيرة يرتفع مستوى الماء وينخفض مستواه في السنوات الجافة.

2) ينخفض مستوى السديمة في المنطقة a المطيرة رغم كون حجم المياه المستخرجة ثابت وأقل بكثير من حجم الماء الذي تمتصه التربة الموجودة فوقها جراء التساقطات، نظرا لكون الصخور الموجودة فوقها لا تسمح لمياه المطر أن تصل إليها.

3) يسمى هذا النوع من السدائم بالسديمة المعلقة.

4) يفسر تذبذب مستوى السديمة في المنطقة b باختلاف حجم مياه الأمطار التي تصلها حسب كمية التساقطات. ففي السنوات المطيرة يتم تعويض الجزء المستخرج من السديمة فيرتفع مستواها. بينما في السنوات الجافة لا يحدث ذلك فتتقلص كمية المياه بالسديمة.

5) نوع السديمة الموجودة في هذه المنطقة b هي سديمة مغذية نظرا لتجدد مخزونها من المياه بفعل التساقطات.

6) إن تموضع الحملماءات فوق صخور غير نفوذة، يمكن السديمة المائية، من المحافظة على مدخراتها المائية.
يرتبط ظهور المياه الجوفية على السطح، على شكل عيون بطبوغرافية المنطقة وميلان الطبقات الصخرية، ويعتبر ذلك خاصية من خصائص السدائم المغذية، حيث يتطابق المستوى التغمازي للسديمة، بسطح منطقة التشبع.
عند وجود طبقة غير نفوذة، تغطي منطقة التشبع من الحملماءة، فان الأمر يتعلق بسديمة معلقة، تتميز بكونها مشبعة بمياه توجد تحت الضغط، وبالتالي يكون المستوى التغمازي للسديمة فوق سطح منطقة التشبع.

ج- خلاصة:

انطلاقا مما سبق يمكن تحديد نوعين من السدائم المائية:
- ✓ سديمة مائية مغذية: هي سديمة تصل إليها مياه الأمطار بفعل وجودها في السطح أو لكون الصخور الموجودة فوقها منفذة للماء.
- ✓ سديمة مائية معلقة: هي سديمة لا تصل إليها مياه الأمطار بفعل وجودها تحت صخور غير منفذة للماء.

② مياه جوفية مرتبطة بخاصيات الكلس الكارستي:

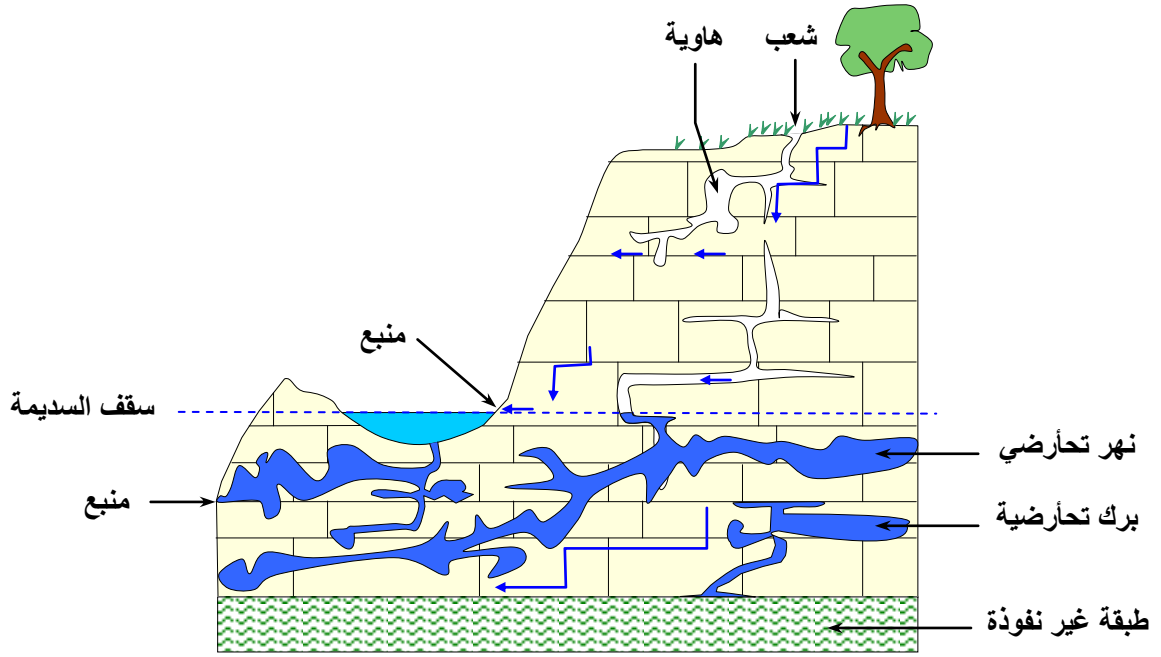
تتغذى السدائم المائية عن طريق التساقطات. وعندما تغتني مياه الأمطار بغاز ثنائي أكسيد الكربون، تصبح أمطارا حمضية، فترشح هذه الأمطار عبر طبقات الصخور الكلسية، فتتكون بنيات خاصة تسمى الكارست، وهي بنيات تسهل ادخار وجريان المياه الجوفية. أنظر الوثيقة 6

Moutamadris.ma

الوثيقة 6: مياه جوفية مرتبطة بخاصيات الكلس الكارستي Calcaire karstique.

تغتني مياه الأمطار بغاز ثنائي أكسيد الكربون، فترتفع حمضيتها. وعند ترشيحها نحو الطبقات الصخرية، تؤثر على الصخور الكلسية، فتتكون بنيات تعرف بالكارست، وهي لا تحتوي على مناطق مشبعة بالماء، ولكنها تسهل ادخار وجريان المياه الجوفية.

يعطي الرسم أسفله نموذجا مبسطا لوسط كارستي.



③ خلاصة:

يرتبط تطور المدخرات المائية الجوفية بعوامل طبيعية، كانتظام التساقطات المطرية، وبعوامل بشرية، تتعلق بتدخل الإنسان، ومدى عقلنة استغلاله للمياه، مما يؤثر على المستوى التغمازي للسدائم المائية.

التنقيب عن المياه الجوفية

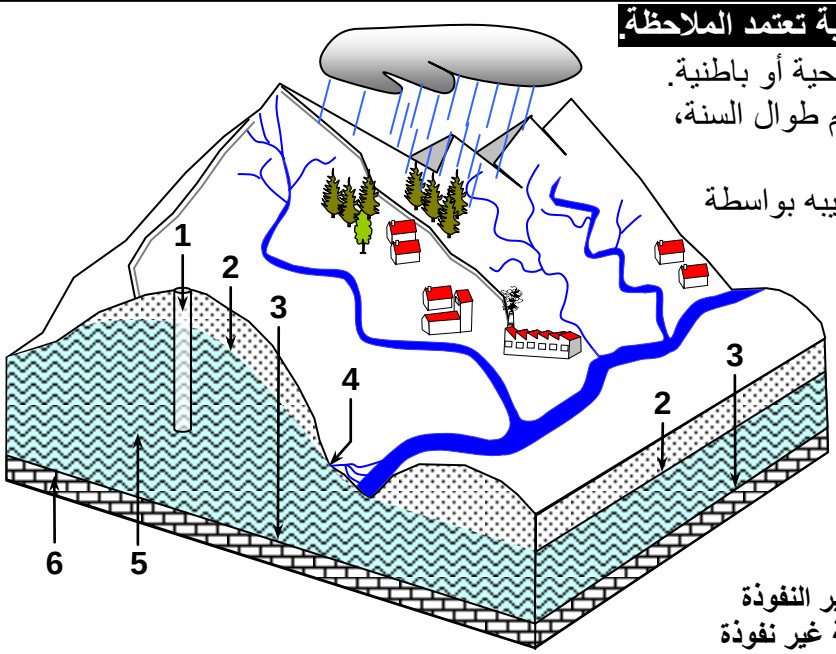
مقدمة: يعتبر الماء مادة ضرورية في حياة الإنسان، لذلك يلجأ إلى البحث منذ القدم عن الموارد المائية خاصة الموجودة في باطن الأرض لتلبية حاجياته اليومية في مجالات مختلفة وبالأساس المجال الفلاحي.

- **ما هي طرق التنقيب عن المياه الجوفية؟**
- **ما طرق الحصول على المياه الجوفية؟**

I- طرق التنقيب عن المياه الجوفية:

① طرق تعتمد على الملاحظة المباشرة: أنظر الوثيقة 11

الوثيقة 11: طرق التنقيب عن المياه الجوفية تعتمد الملاحظة.



★ يوجد الماء عادة، على شكل مدخرات سطحية أو باطنية. لا يتوفر الماء الباطني، بنفس الكمية، وبانتظام طوال السنة، ومن سنة لأخرى.

★ تتم تعبئة الماء الباطني بالبحث عنه، وتقريبه بواسطة الحفر والتنقيب.

★ تعطي الوثيقة أمامه رسما تخطيطيا لمجسم تفسيري لبعض المدخرات المائية السطحية والباطنية.

بعد كتابة عناصر الوثيقة، أعط تعريفا للسديمة والمستوى التغمازي. وبين كيف يتغير هذا المستوى حسب التضاريس.

1= مقياس مستوى الماء في السديمة (تغماز) ،
2= سقف السديمة ، 3= سقف الطبقة غير النفوذة
4 = منبع ، 5= سديمة ، 6= طبقة غير نفوذة

✓ تسمى المياه الجوفية المحبوسة في الطبقات الصخرية الباطنية بالسديمة المائية.

✓ عندما تكون هذه السديمة قريبة من سطح الأرض يكون من السهل معرفة المستوى الذي يوجد به سقف السديمة، وذلك بحفر بئر يصل إلى السديمة، فيكون مستوى الماء في البئر يناسب المستوى العلوي للسديمة. ويسمى هذا المستوى: المستوى التغمازي Niveau piézométrique.

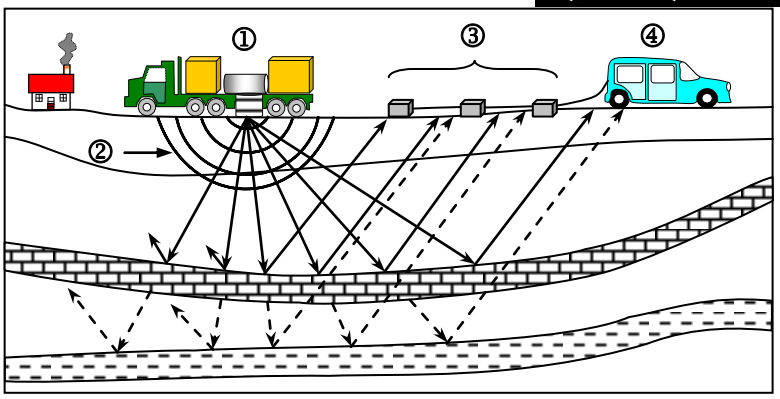
✓ في أغلب الأحيان يكون المستوى التغمازي مائلا ويختلف حسب طبيعة التضاريس، حيث يرتفع في الهضاب وينخفض في الوديان.

✓ لقد اعتمد الإنسان منذ القدم على بعض الملاحظات والخبرات للكشف عن المياه الجوفية. فعند تقاطع المستوى التغمازي مع سطح الأرض يتدفق الماء ويؤدي إلى تشكل منبع مائي، يعتبر دليلا عن وجود سديمة مائية.

ملحوظة: تعتبر بعض النباتات مؤشرة عن وجود سديمة مائية، خاصة نباتات الآبار التي تظهر في الأوساط التي تمكنها من غطس جذورها بالماء.

② طرق تعتمد التقنيات الحديثة: أنظر الوثيقة 12

الوثيقة 12: طرق التنقيب عن المياه الجوفية تعتمد التقنيات الحديثة.



★ طريقة التنقيب الزلزالية: الشكل أمامه
انطلاقا من شاحنة خاصة مرسلة للاهتزازات (①)، ترسل اهتزازات (②) إلى باطن الأرض، وتلتقط بواسطة مسجلات للهزات شديدة الحساسية (③)، فترسل هذه المعطيات إلى شاحنة بها حاسوب لمعالجتها (④).
تسمح سجلات الاهتزازات المحصل عليها بمعرفة طبيعة الصخور في باطن الأرض وتحديد إمكانية وجود سدائم.

★ طريقة التنقيب الكهربائية:
تعتمد على حساب مقومة التشكلات الصخرية لتيار كهربائي يرسل بواسطة جهاز خاص.

أ- طريقة التنقيب الزلزالية.

تسمى هذه الطريقة أيضا طريقة انكسار الموجات الزلزالية، إذ تنبني على حساب سرعة انتشار الموجات الزلزالية. حيث ترسل اهتزازات إلى باطن الأرض انطلاقا من شاحنة على السطح، ثم تنعكس هذه الاهتزازات في اتجاه السطح وتلتقط بواسطة جهاز مسجل للهزات. تسمح سجلات الاهتزاز المحصل عليها بمعرفة طبيعة الصخور في باطن الأرض وبالتالي الكشف عن وجود الطبقات المائية. علما أن سرعة انتشار هذه الموجات ترتفع كلما ارتفعت نسبة الماء في الصخور.

ب- طريقة التنقيب الكهربائية.

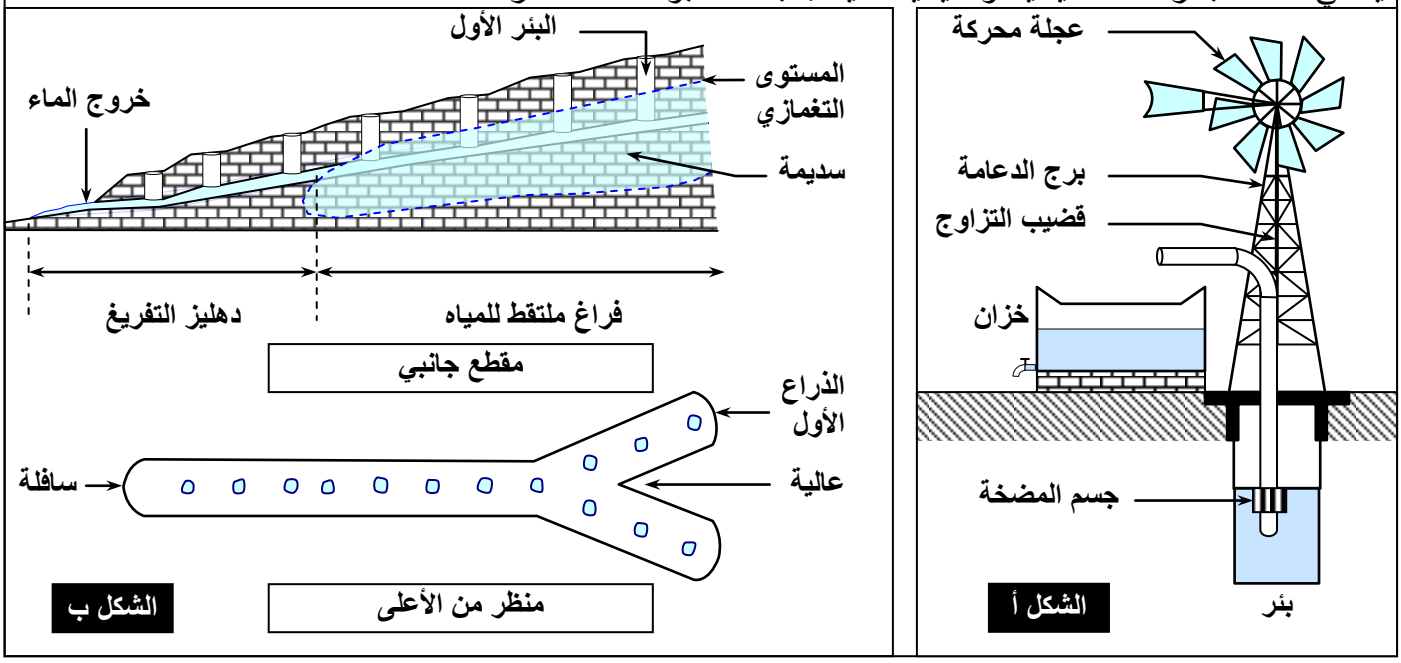
تعتمد هذه الطريقة على حساب مقاومة الصخور لتيار كهربائي يرسل بواسطة آلة خاصة. فكلما كانت المقاومة الكهربائية للصخور منخفضة، فهذا يعني ارتفاع نسبة الماء في الصخور.

II- طرق الحصول على المياه الجوفية.

تعتبر التقنيات الحديثة للحصول على المياه الجوفية جد مكلفة، وليست دائما في متناول الأفراد والجماعات، خاصة في الدول النامية، التي تشكو من حدة الجفاف وقلة الموارد المائية. لذلك يعتمد في هذه المناطق على طرق تقليدية للحصول على الماء.
تعطي الوثيقة 13 بعضا من هذه الطرق. اعتمادا على معطيات الوثيقة، ذكر ببعض تقنيات الحصول على المياه الجوفية.
حدد أهمية الخطارة واستخرج العناصر المكونة لها. وفسر أسباب اختفاء الكثير من الخطارات بالمغرب.

الوثيقة 13: بعض الطرق التقليدية للحصول على المياه الجوفية.

يعطي الشكل أ رسما تخطيطيا توضيحيا لتقنية جلب الماء من بئر بواسطة المحرك الريحي.
يعطي الشكل ب رسما تخطيطيا توضيحيا لتقنية جلب الماء بواسطة الخطارات.



Moutamadris.ma

يستعمل الإنسان تقنيات مختلفة للتنقيب عن المياه الجوفية. فهناك تقنيات حديثة تتطلب وسائل ومعدات متطورة، جد مكلفة. بينما هناك طرق تقليدية للحصول على المياه كحفر الآبار، استعمال المضخات الريحية، إعداد الخطارات.

إعداد الخطارات تقنية تقليدية لاستغلال الموارد المائية الجوفية. وهي عبارة عن أنفاق تحأرضية تصرف مياه سديمة مائية. ازدهرت هذه التقنية في منطقتي تافيلالت والحوز، إلا أن العديد منها اندثر بسبب انعدام الصيانة، وتدخل التقنيات الحديثة، وانخفاض مستوى السديمة المائية نتيجة الجفاف والضخ.

خلاصة:

يعتبر الماء ثروة طبيعية يستعملها الإنسان في مجالات متعددة كالأنشطة المنزلية الفلاحية والصناعية، إلا أن هذه الاستعمالات المتعددة والسلوكيات الغير المعقلنة أدى إلى تبذير الماء وتلويثه، وهذا النقص الحاصل في المياه دفع الإنسان إلى التنقيب عن المياه الجوفية بطرق مختلفة، لتلبية حاجياته اليومية من هذه المادة.

الفصل الثاني: تكوين المدخرات المائية

المحور الأول: تكوين المدخرات المائية السطحية

مقدمة: يعتبر جل مناخ المغرب شبه قاحل، فمن بين 150 مليار متر مكعب من التساقطات السنوية، لا تتم الاستفادة إلا من 29 مليار متر مكعب، تمثل المياه السطحية منها 22 مليار متر مكعب فقط.

- **ما البنيات السطحية المخزنة للماء؟**
- **هل من استراتيجيات فعالة، للرفع من مردودية ما يتوفر منها، عبر التساقطات المطرية؟**

I- علاقة التساقطات المطرية بالمدخرات المائية السطحية:

① مفهوم التساقطات الفعالة وعلاقتها بالمدخرات المائية السطحية:

أ- معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: التساقطات الفعالة وعلاقتها بالمدخرات المائية السطحية.

يقصد بالمياه السطحية المياه المتجمعة على سطح الكوكب على شكل: انهار- بحيرات- سدود - جليد...
وتشكل التساقطات Précipitations أهم مصادر المياه العذبة السطحية. والتساقطات مصطلح علمي يشمل كل أشكال قطرات الماء وكل أشكال بلورات الثلج التي تسقط نحو سطح الأرض، لأنها أصبحت ثقيلة وغير قادرة على البقاء عالقة بالغلاف الجوي بفعل تعرضها لعملية تكاثف وتجميع مع بعضها البعض داخل السحب. ويتم التمييز بين الأنواع التالية من التساقطات: المطر(pluie)، الرذاذ (brume = مطر خفيف)، الندى (La rosée)، كل أشكال الثلوج (neige)، البرد (grêle)...

1) أستخرج من النص أنواع التساقطات التي تصل سطح الأرض.
2) ذكر بمصير التساقطات بعد بلوغها سطح الكوكب.
3) من بين التساقطات التي تبلغ سطح الأرض ما هي تلك التي يمكن للإنسان أن يستفيد منها؟ وماذا يسمى هذا الجزء الذي يستفاد منه؟
4) هل هناك مصادر أخرى للمياه السطحية من غير التساقطات؟

ب- استثمار المعطيات:

1) أنواع التساقطات التي تصل سطح الأرض: المطر، البرد، الثلوج، الندى، الرذاذ.

2) بعد بلوغها سطح الكوكب يكون مصير التساقطات إما:
   - ✓ أن تسيل على سطح الأرض على شكل أنهار و سيول.
   - ✓ أو أن تمتص الأرض جزأ منها لتشكل المياه الجوفية.
   - ✓ أو أن تتراكم على قمم الجبال على شكل ثلوج وجليد.
   - ✓ أو أن تمتص النباتات جزأ منها وتتسرب منها على شكل نتح.
   - ✓ أو أن تسقط في البحار والمحيطات والبحيرات.

3) لا يمكن تخزين كل المياه التي تنتج عن التساقطات فجزء كبير منها يضيع. تضيع هذه المياه إما بالتبخر أو النتح أو بسقوطها في البحار والمحيطات. أما الجزء المتبقي فيتحول إلى خزانات المياه الجوفية (الحملماءات). أو يشكل مياها سطحية (انهار- بحيرات - سدود - جليد على قمم الجبال)، وهو الجزء من التساقطات الذي يمكن أن يستفيد منه الإنسان، ويسمى هذا الجزء بالتساقطات الفعالة:

التساقطات الفعالة = (مجموع التساقطات) - (مياه النتح + المياه المتبخرة + المياه التي سقطت في البحار والمحيطات)

4) إلى جانب التساقطات فإن المياه السطحية يمكن أن تنتج عن أحد العوامل التالية:
   - ✓ ذوبان الثلوج و الجليد الذي يتراكم فوق قمم الجبال.
     مثال: بعض الوديان في المغرب تتكون بفعل ذوبان ثلوج جبال الأطلس كواد تانسيفت.
   - ✓ مياه جوفية تتسرب في سطح الأرض عبر منافذ تتخذ شكل عيون.
     مثال: جزء كبير من مياه أم الربيع ناتج عن مياه جوفية تتسرب من عيون الأطلس.

② خلاصة:

تشكل التساقطات أهم مصادر المياه العذبة السطحية، إلا أنه لا يمكن تخزين كل المياه التي تنتج عن التساقطات فجزء كبير منها يضيع إما بالتبخر أو النتح، أو بسقوطها في البحار والمحيطات. أما تبقى منها فيتحول إلى خزانات المياه الجوفية أو يشكل مياها سطحية وهو الذي يمكن أن يستفيد منه الإنسان و يسمى بالتساقطات الفعالة.
إلى جانب التساقطات فإن المياه السطحية يمكن أن تنتج عن ذوبان الثلوج والجليد وعن المياه الجوفية التي تتسرب في سطح الأرض عبر منافذ تتخذ شكل عيون.

II- بعض استراتيجيات تخزين المياه السطحية:

أ- معطيات للاستثمار: أنظر الوثيقة 2

الوثيقة 2: بعض استراتيجيات تخزين واستثمار المياه السطحية.

★ في تصريح لأحدى القنوات التلفزية (2006/11/29) قال أحد المهندسين المسؤولين عن السياسة المائية بالمغرب:
"... في السنوات الأخير بلغ المعدل السنوي للتساقطات بالمغرب 360mm، بينما يلزم معدل 500mm لكي لا يعاني المغرب من نقص في المياه، ويتم تعويض الفارق باستعمال المياه الجوفية المخزنة منذ القديم مما يسبب استنزافها..."
وحسب المعطيات المتوفرة فإن الحجم الإجمالي للتساقطات التي تصل المغرب يقدر بحوالي 150 مليار m^3، لا يستفيد المغرب منها إلا من حوالي 23.5 مليار m^3، من بينها 16.5 مليار m^3 يتم تخزينها بالسدود التي تستعمل في عدة مجالات.

1) ما نوع المشاكل التي تعاني منها المياه السطحية في المغرب؟
2) اعتمادا على معطيات الوثيقة:
   أ) احسب حجم المياه التي تضيع سنويا في المغرب. ثم أعط النسبة المؤوية التي يمثلها حجم المياه الضائعة من مجموع التساقطات في المغرب؟
   ب) ماذا تلاحظ؟ وماذا تقترح للتقليص من حجم الضياع في هذه المياه؟

★ يعطي الجدول التالي بعض النتائج الإحصائية حول المياه السطحية بالمغرب.

★ يعطي الجدول التالي قدرة التخزين العامة لبعض السدود المغربية بـمليون متر مكعب.

الجدول الأول:

عدد السدود بالمغرب حاليا	**112 من بينها 103 تستثمر حاليا و9 في طور الانجاز**
الحجم الإجمالي لقدرة الادخار عند انتهاء الأشغال من السدود المذكورة.	**16,5 مليار متر مكعب**
ما بين 1972 و1996 تضاعفت الحاجيات من الماء الشروب 5 مرات.	**840 مليون متر مكعب 60% منها توفرها المياه السطحية التي يعاد توزيعها**
تم إنجاز 13 نظاما لنقل المياه نحو المناطق الأكثر حاجة.	**785 Km بصبيب 175 m^3/S**
الإنتاج الحالي من الطاقة الكهربائية.	**2350 مليون Kwh في السنة**
سقي الأراضي الزراعية.	**يناهز المليون هكتار حاليا، ويساهم ب45% من الإنتاج الداخلي**

الجدول الثاني:

اسم السد	الوحدة	المسيرة	بين الويدان	إدريس الأول	أحمد الحنصالي	واد المخازن
قدرة التخزين	3712.1	2744.4	1253.4	1156.8	744.3	724

3) اعتمادا على معطيات الجدولين، بين حدود نجاعة السياسة المعتمدة في بلادنا، لاستثمار المياه السطحية.

ب- استثمار المعطيات:

1) أهم المشاكل التي تعاني منها المياه السطحية بالمغرب نذكر:

✓ قلة التساقطات مقارنة مع مناطق لها نفس الموقع على خطوط العرض.
✓ عدم انتظام التساقطات فهناك سنوات جفاف متعاقبة مع سنوات رطبة ذات فترات غير محددة.

- ✓ خلال سنوات سقوط الأمطار تبقى جل فترات السنة جافة وتسقط الأمطار خلال فترات قصيرة وبكمية وافرة جدا مما يحول دون الاستفادة منها أو تخزينها بل على العكس قد تحدث أضرارا على شكل فيضانات وانجراف للتربة.
- ✓ طول بعض الأنهار ومرورها بمناطق صحراوية يؤدي إلى ضياع نسبة من الماء بفعل تبخرها أو مرورها عبر طبقات صخرية نفوذة كالتربة الرملية.
- ✓ في المناطق الصحراوية حيث توجد طبقات ملحية يؤذي امتزاجها مع مياه الأمطار إلى تكون مياه مالحة تتخذ شكل سبخات (برك مالحة) أو عيون مالحة مما يحول دون الاستفادة منها.
- ✓ ارتفاع مطرد في استهلاك الماء بفعل النمو الديموغرافي.
- ✓ التلوث خصوصا بفعل مياه الصرف الصحي.
- ✓ ضياع نسبة كبيرة من مياه الأمطار لغياب سدود تمسكها.

2) بالاعتماد على معطيات الوثيقة:

أ) نحسب حجم المياه التي تضيع سنويا في المغرب ونسبتها:

★ هذا الحجم هو حجم التساقطات التي تصل إلى المغرب، ناقص الحجم الذي يستفاد منه:

$150\ m^3 - 23.5\ m^3 = 126.5\ m^3$

★ النسبة المؤوية التي يمثلها حجم المياه الضائعة من مجموع التساقطات في المغرب:

$(126.5 / 150) \times 100 = 83.33\%$

ب) نلاحظ ضياع نسبة كبيرة من مياه التساقطات يقدر بحوالي أربعة أضعاف الحجم الذي يتم استغلاله. وللتقليص من حجم الضياع في هذه المياه يمكن:

- ✓ بناء سدود إضافية لمسك الماء.
- ✓ ضخ بعض من مياه التساقطات في الحملماءات المستنزفة.
- ✓ توجيه المياه الزائدة عن اللزوم في الشمال نحو المناطق الشرقية والجنوبية التي تعاني من خصاص كبير في المياه ببناء قنوات لتوجيه المياه إليها.

3) يتبين من معطيات الجدول، سياسة تشييد السدود المعتمدة في بلادنا، هي سياسة ناجعة لاستثمار المياه السطحية، حيث تساهم المياه المخزنة في السدود في تلبية حاجيات التجمعات السكنية بالماء الشروب، والحاجيات الصناعية والري، وتساهم في توفير الطاقة الكهربائية. كما تساهم في تفادي الفيضانات، وتأثيرها السلبي على الأراضي الزراعية، وعلى النشاط الاقتصادي والاجتماعي. كما تساهم في تزويد السدائم المائية بالماء عن طريق ترشيح مياه السدود إلى باطن الأرض.

ج- خلاصة:

يصنف المغرب من الدول التي تعتمد أكثر من 20 % من مصادرها من المياه العذبة، مما يحتم التفكير في طرق ناجعة لتدبير الموارد المائية المتوفرة، وفي ترشيد مختلف الاستعمالات، وخلق طرق جديدة تزيد من نسبة الاستفادة من مياه التساقطات.