

# Hydrogéologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain)

From Earthwise

[Jump to navigation](#) [Jump to search](#)

[l'Atlas de l'eau souterraine en Afrique](#) >> [Hydrogéologie par pays](#) >> Hydrogéologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain)

Read this page in English: [Hydrogeology of Morocco & Western Sahara](#)

[\(Moroccan Sahara\)](#)



Ce travail est mis à disposition selon les termes de la licence

[Creative](#)

[Commons](#)

[Attribution-](#)

[ShareAlike](#)

[3.0 Unported](#)

Le Maroc est historiquement un pays berbère. Certaines parties du Maroc actuel ont été des colonies Carthagène et Phéniciens. L'arrivée des arabes musulmans du 7ème siècle ont amené le Maroc à devenir une partie de la dynastie berbère des Almoravides. De 1912 à 1956, le Maroc était un protectorat français. À l'indépendance, il est devenu une monarchie constitutionnelle, où le parlement a progressivement pris le contrôle en 1992. En 1975, le Maroc, avec la Mauritanie (qui s'est ultérieurement retirée du territoire), a annexé le Sahara occidental et ce territoire reste controversé, avec des troubles persistants, et un processus de paix international en cours.

L'économie marocaine est dominée par le tourisme et les services, représentant plus de la moitié du PIB, tandis que les industries extractives (en particulier les phosphates), la construction et l'industrie manufacturière représentent un autre quart du PIB. L'agriculture représente environ 15% du PIB mais emploie jusqu'à 45% de la population active et dépend fortement de l'irrigation. La pêche est également une industrie clé. Dans le secteur de l'énergie, le Maroc développe l'énergie solaire pour réduire sa dépendance sur le charbon, dans la perspective d'exporter de l'électricité vers l'Europe.

L'approvisionnement en eau du Maroc a été considérablement amélioré au cours des dernières décennies, mais l'accès des zones rurales à une alimentation en eau améliorée reste relativement faible. Environ un quart de l'approvisionnement national total en eau provient des eaux souterraines, dont la majeure partie est utilisée pour l'agriculture. Une grande partie des ressources en eau de surface du Maroc provient de réservoirs barrés. Le Maroc est confronté à d'importants problèmes de ressources en eau, avec une répartition spatiale inégale des ressources en eaux de surface et souterraines et des problèmes de qualité de l'eau, notamment une pollution agricole.



## Contents

- [1 Auteurs](#)
- [2 Termes et conditions](#)
- [3 Cadre géographique](#)
  - [3.1 Général](#)
  - [3.2 Climat](#)
  - [3.3 Les eaux de surface](#)
  - [3.4 Sols](#)
  - [3.5 Couverture terrestre](#)
  - [3.6 Statistiques de l'eau](#)
- [4 Géologie](#)
- [5 Hydrogéologie](#)
  - [5.1 Roche non consolidé](#)
  - [5.2 Igné](#)
  - [5.3 Roche sédimentaire - Ecoulement intergranulaire et de Fracture](#)
  - [5.4 Roche sédimentaire - Karst \(Fracture\)](#)
  - [5.5 Précambrien et Paléozoïque \(Fracture\)](#)
  - [5.6 L'état des eaux souterraines](#)
    - [5.6.1 Quantité d'eau souterraine](#)
    - [5.6.2 Qualité des eaux souterraines](#)
    - [5.6.3 Interaction entre les eaux souterraines et de surface](#)
  - [5.7 Ecosystèmes dépendants des eaux souterraines](#)
- [6 Utilisation et gestion des eaux souterraines](#)
  - [6.1 Utilisation des eaux souterraines](#)
  - [6.2 Gestion des eaux souterraines](#)
  - [6.3 Surveillance des eaux souterraines](#)
  - [6.4 Les aquifères transfrontaliers](#)
- [7 Les références](#)
  - [7.1 Géologie: références clés](#)
  - [7.2 Hydrogéologie: références clés](#)

## Auteurs

**Dr Kirsty Upton** et **Brighid Ó Dochartaigh**, British Geological Survey, Royaume-Uni

Traduit par **Ahmed Zeggan**, azeggan translation, Edinbourg, Royaume-Uni.

Veillez citer cette page comme: Upton & Ó Dochartaigh, 2018.

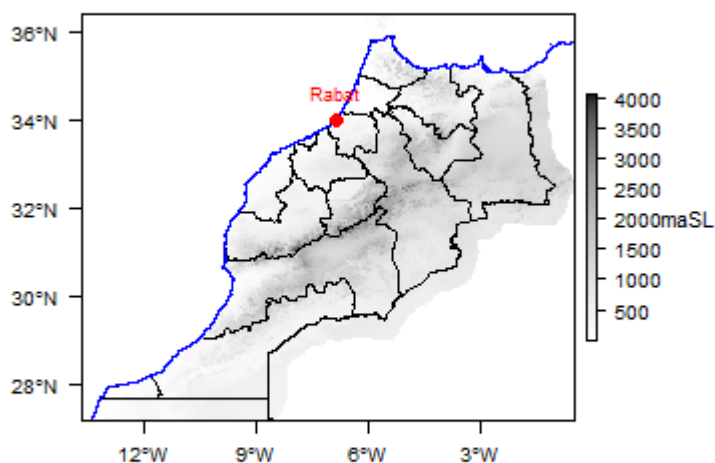
Référence bibliographique: Upton, K. & Ó Dochartaigh, B.É. 2018. Atlas de l'Eau Souterraine d'Afrique: hydrogéologie du Maroc et du Sahara occidental. British Geological Survey. Accédé [date à laquelle vous avez accédé à l'information].

[http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrog%C3%A9ologie\\_du\\_Maroc\\_et\\_du\\_Sahara\\_occidental\\_\(Sahara\\_marocain\)](http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrog%C3%A9ologie_du_Maroc_et_du_Sahara_occidental_(Sahara_marocain))

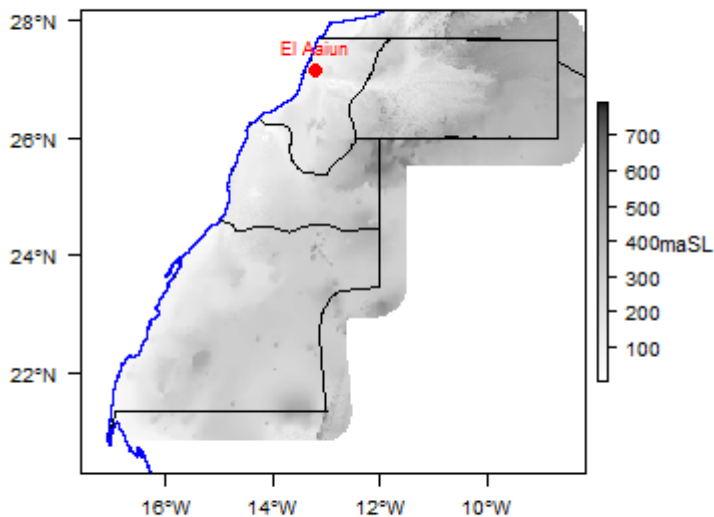
## Termes et conditions

L'Atlas des eaux souterraines d'Afrique est hébergé par le British Geological Survey (BGS) et contient des informations provenant de sources tierces. Votre utilisation des informations fournies par ce site est à vos risques et périls. Si vous reproduisez des diagrammes qui incluent des informations de tiers, veuillez citer à la fois l'Atlas des eaux souterraines d'Afrique et les sources tierces. Consultez les [conditions d'utilisation](#) pour plus d'informations.

## Cadre géographique



Maroc. Carte développée à partir de USGS  
GTOPOPO30; des domaines administratifs mondiaux  
GADM; Et Révision des Perspectives Mondiales de  
l'Urbanisation de l'ONU. Pour plus d'informations sur  
les groupes de données utilisés pour développer la  
carte, consultez la [page des ressources géographiques](#)  
(en anglais).



Sahara occidental (Sahara marocain). Carte développée à partir de USGS GTOPOPO30; des domaines administratifs mondiaux GADM; Et Révision des Perspectives Mondiales de l'Urbanisation de l'ONU. Pour plus d'informations sur les groupes de données utilisés pour développer la carte, consultez la [page des ressources géographiques](#) (en anglais).

Notez que ces cartes ont différentes échelles d'élévation.

## Général

Une grande partie du Maroc est montagneuse, en particulier les montagnes de l'Atlas au centre-sud et les montagnes Rif au nord. Une grande partie du Sahara occidental (connu au Maroc comme Sahara marocain) est déserte.

## Maroc

Population estimée en 2013 *	33,008,150
Population rurale (% du total) (2013) *	40.8%
Superficie totale *	446,300 km carrés
Terrains agricoles (% de la superficie totale) (2012) *	68.1%
Capitale	Rabat
Région	Afrique du Nord
Pays frontaliers	Sahara occidental (Sahara marocain), Algérie
Retrait annuel de l'eau douce pour l'agriculture (2013) *	12,610 millions de mètres cubes
Retrait annuel de l'eau douce pour l'agriculture (2013) *	87.3%
Retrait annuel d'eau douce pour usage domestique (2013)*	9.8%

Retrait annuel de l'eau douce pour l'industrie (2013)\* 2.9%  
Population rurale ayant accès à une source d'eau améliorée (2012)\* 63.6%  
Population urbaine avec accès à une source d'eau améliorée (2012)\* 98.5%

\* Source: Banque mondial

### Sahara occidental (Sahara marocain)

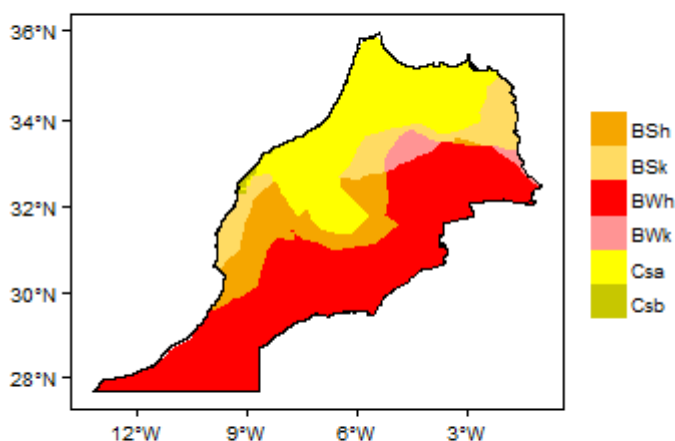
Population estimée en 2012 \* 549,000  
Population rurale (% du total) (2013) \* 17.6%  
Superficie totale \* 226,000 km carrés  
Capitale El Aaiún  
Région Afrique du Nord  
Pays frontaliers Maroc, Mauritanie, Algérie

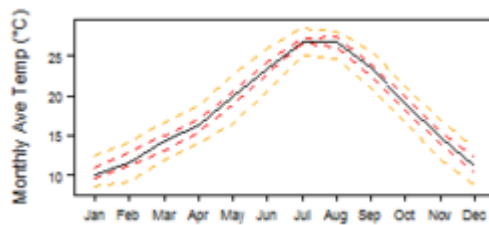
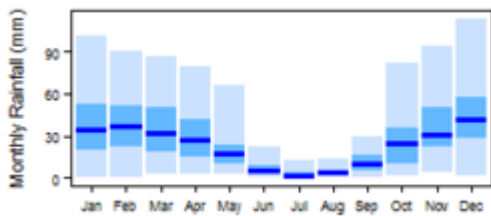
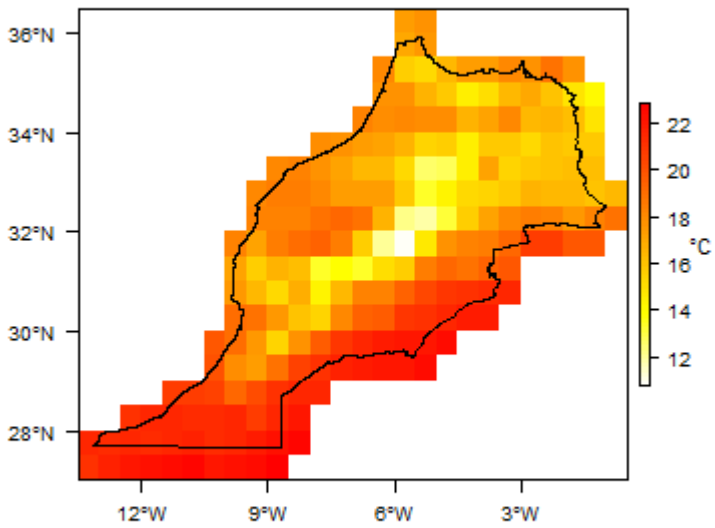
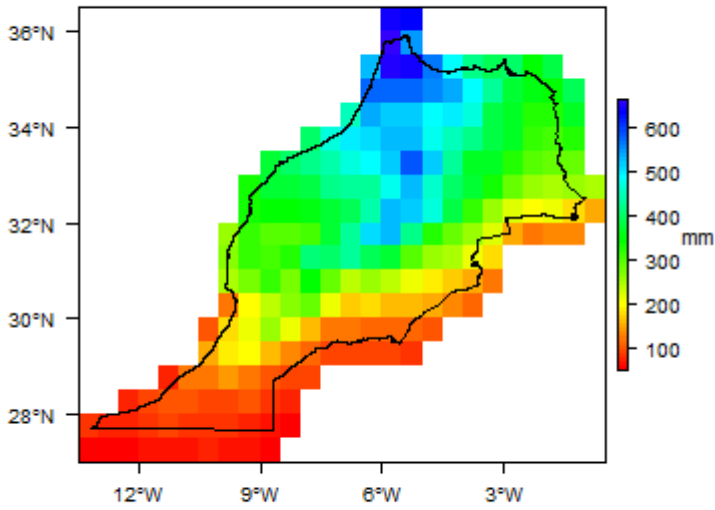
\* Source: Banque mondial

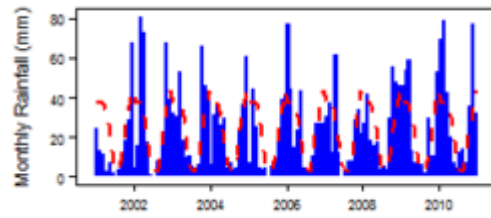
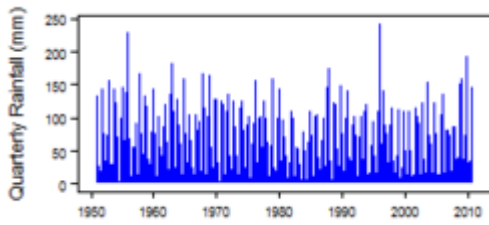
### Climat

Le nord du Maroc a un climat méditerranéen. Les montagnes de l'Atlas montrent une gamme de conditions climatiques à travers des températures humides sur leurs pentes inférieures vers un climat alpin à leur altitude la plus élevée. Est et au sud de l'Atlas, le climat est sec au désertique.

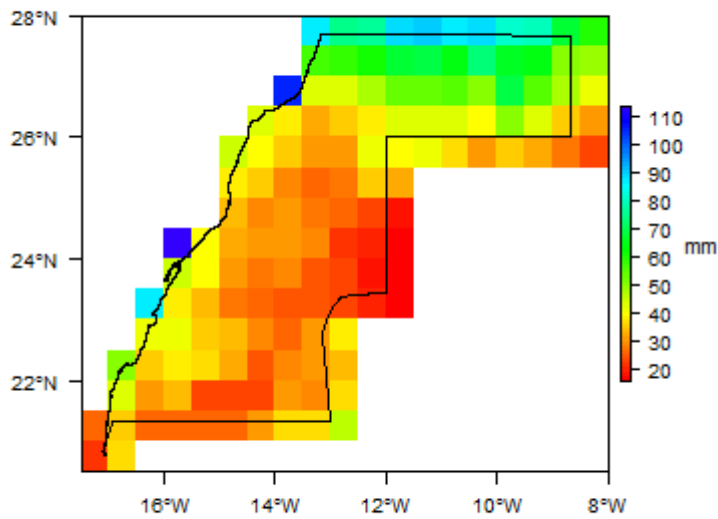
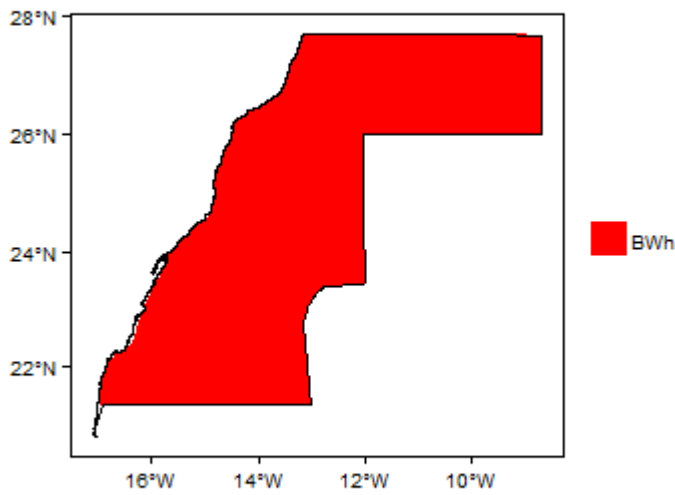
### Maroc

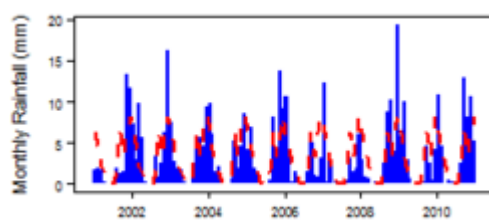
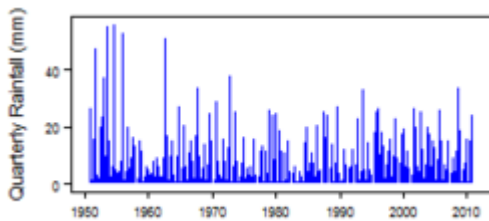
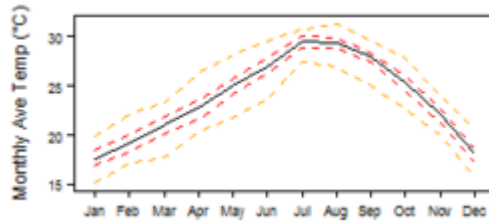
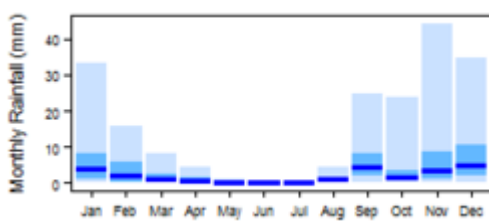
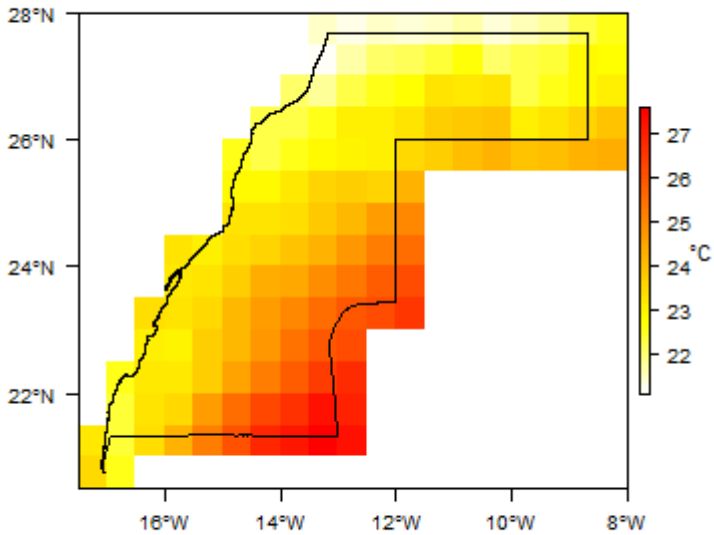






**Sahara occidental (Sahara marocain):**



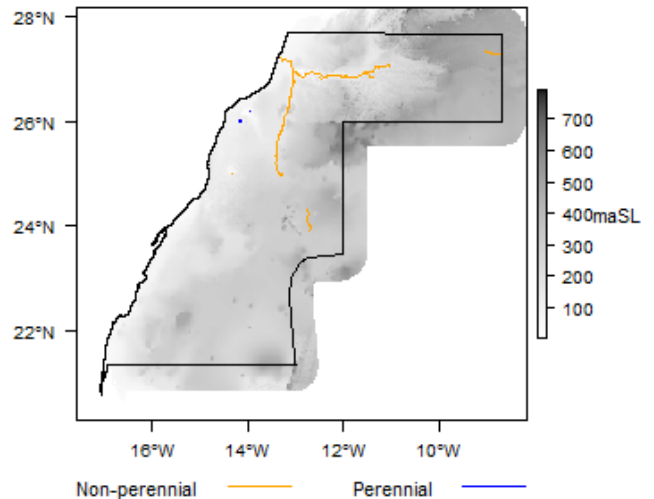
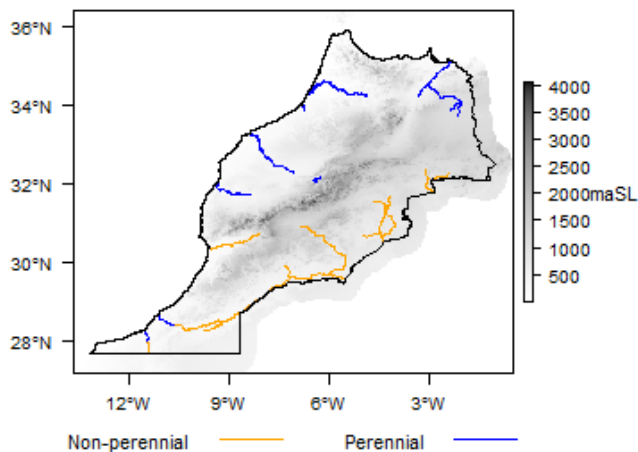


Plus d'informations sur la pluviométrie et la température moyennes pour chacune des zones climatiques au Maroc et au Sahara occidental (Sahara marocain) peuvent être vues sur la [page climat du Maroc et du Sahara occidental \(Sahara marocain\)](#).

Ces cartes et graphiques ont été développés à partir de l'ensemble de données CRU TS 3.21 produit par l'Unité de Recherche Climatique à l'Université de East Anglia, au Royaume-Uni. Pour plus d'informations, consultez la [page de ressource climatique](#) (en anglais).

## Les eaux de surface



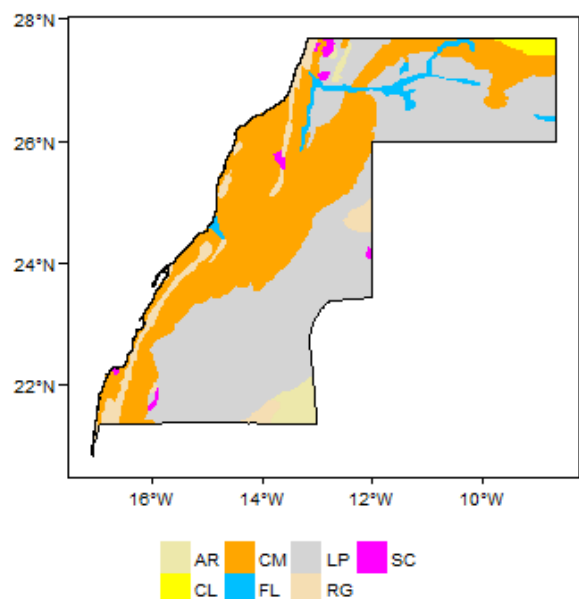
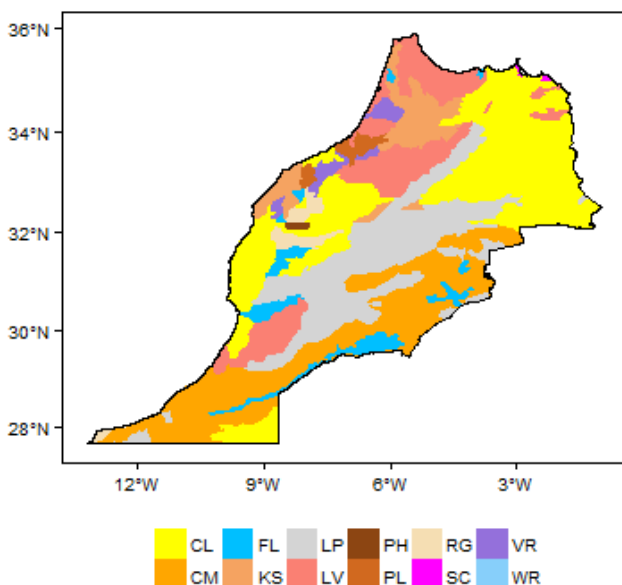


Principales caractéristiques de l'eau de surface du Maroc. Carte élaborée à partir de World Wildlife Fund HydroSHEDS; Charte Digitale du Drainage Mondial; et les Organismes de Navigation Intérieure de la FAO. Pour plus d'informations sur le développement de la carte et les ensembles de données, consultez la [page des ressources en eau de surface](#) (en anglais).

Caractéristiques principales de l'eau de surface de l'Algérie. Carte élaborée à partir de World Wildlife Fund HydroSHEDS; Charte du Drainage Mondial; et les Organismes Internes d'Eau de la FAO. Pour plus d'informations sur le développement de la carte et les ensembles de données, consultez la [page des ressources en eau de surface](#) (en anglais).

Les agences de bassins (bassins hydrographiques) (voir la section de la gestion des eaux souterraines, ci-dessous) sont responsables de la jauge de débit de la rivière. Il existe environ 700 points de jaugeage dans les rivières au Maroc. Le calage est généralement effectué 3 fois par mois, et encore pendant les périodes de crue.

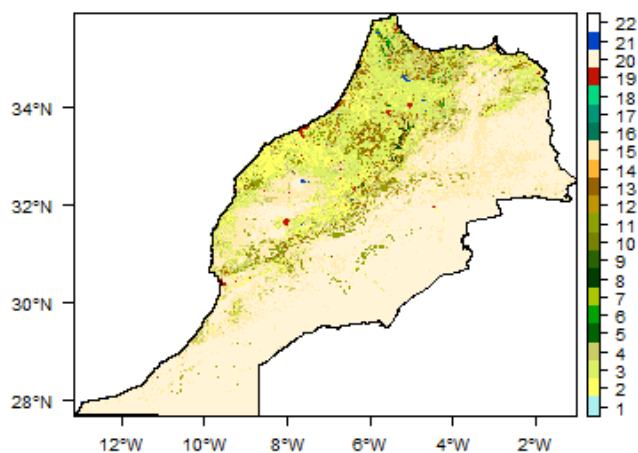
## Sols



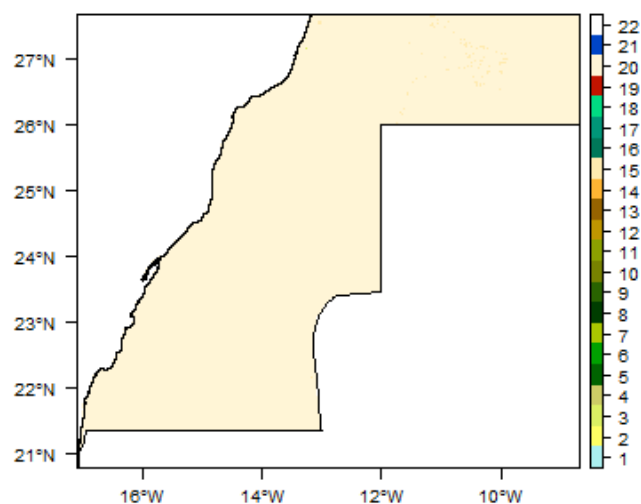
Carte du sol du Maroc, du Centre Joint de Recherche de la Commission Européenne: Portail Européen des Sols. Pour plus d'informations sur la carte, consultez la [page des ressources du sol](#) (en anglais).

Carte du sol du Sahara occidental (Sahara marocain), du Centre Joint de Recherche de la Commission Européenne: Portail Européen du Sol. Pour plus d'informations sur la carte, consultez la [page des ressources du sol](#) (en anglais).

## Couverture terrestre



Carte de couverture terrestre du Maroc, de l'Agence spatiale européenne GlobCover 2.3, 2009. Pour plus d'informations sur la carte, consultez la [Page Resource de la Couverture Terrestre](#) (en anglais).



Carte de couverture terrestre du Sahara occidental (Sahara marocain), de l'Agence spatiale européenne GlobCover 2.3, 2009. Pour plus d'informations sur la carte, consultez la [Page Resource de la Couverture Terrestre](#) (en anglais).

## Statistiques de l'eau

**Maroc:** Statistiques de l'eau de [FAO Aquastat](#).

Aucune statistique Aquastat n'est disponible pour le Sahara occidental (Sahara marocain).

	1997	2000	2004	2010	2012	2014	2015
Population rurale ayant accès à l'eau potable (%)							65,3
Population urbaine ayant accès à l'eau potable (%)							98,7
Population touchée par les maladies liées à l'eau (pour 1000 habitants)	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée
Ressources en eau renouvelables intérieures totales (mètres cubes/habitant/an)						843,6	
Ressources en eau exploitables totales (millions de mètres cubes/an)					20 000		
Prélèvement d'eau douce en % des ressources en eau renouvelables totales				35,69			
Ressources en eau souterraine renouvelables totales (millions de mètres cubes/an)						10 000	

Ressources exploitables: eaux souterraines renouvelables régulières (millions de mètres cubes/an)						4 000		
Eaux souterraines produites à l'intérieur du pays (millions de mètres cubes/an)						10 000		
Prélèvement d'eau souterraine douce (primaire et secondaire) (millions de mètres cubes/an)						2 322		
Eaux souterraines: flux entrant dans le pays (total) (millions de mètres cubes/an)	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée
Eaux souterraines: flux quittant le pays vers d'autres pays (total) (millions de mètres cubes/an)							30	
Prélèvement d'eau pour les usages industriels (toutes sources d'eau) (millions de mètres cubes/an)						212		
Prélèvement d'eau pour les municipalités (toutes sources d'eau) (millions de mètres cubes/an)						1 063		
Prélèvement d'eau pour l'agriculture (toutes sources d'eau) (millions de mètres cubes/an)						9 156		
Prélèvement d'eau pour l'irrigation (toutes sources d'eau) (millions de mètres cubes/an) <sup>1</sup>	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée	aucune donnée
Besoin en eau d'irrigation (toutes sources d'eau) (millions de mètres cubes/an) <sup>1</sup>				5 823				
Superficie des cultures permanentes (ha)							1 462 000	
Terre cultivée (terres arables et cultures permanentes) (ha)							9 592 000	
Surface totale du pays cultivé (%)							21,48	
Superficie équipée pour l'irrigation à partir des eaux souterraines (ha)			430 000					
Superficie équipée pour l'irrigation à partir d'un mélange d'eau (de surface et souterraine) (ha)		7,000						

Ces statistiques proviennent de [FAO Aquastat](#). De plus amples informations sur la dérivation et l'interprétation de ces statistiques peuvent être consultées sur le site Internet FAO Aquastat.

D'autres statistiques sur l'eau et les statistiques connexes peuvent être consultées dans la [base de données principale d'Aquastat](#).

<sup>1</sup> Plus d'informations sur [les statistiques pour l'utilisation de l'eau d'irrigation et les exigences d'irrigation](#)

# Géologie

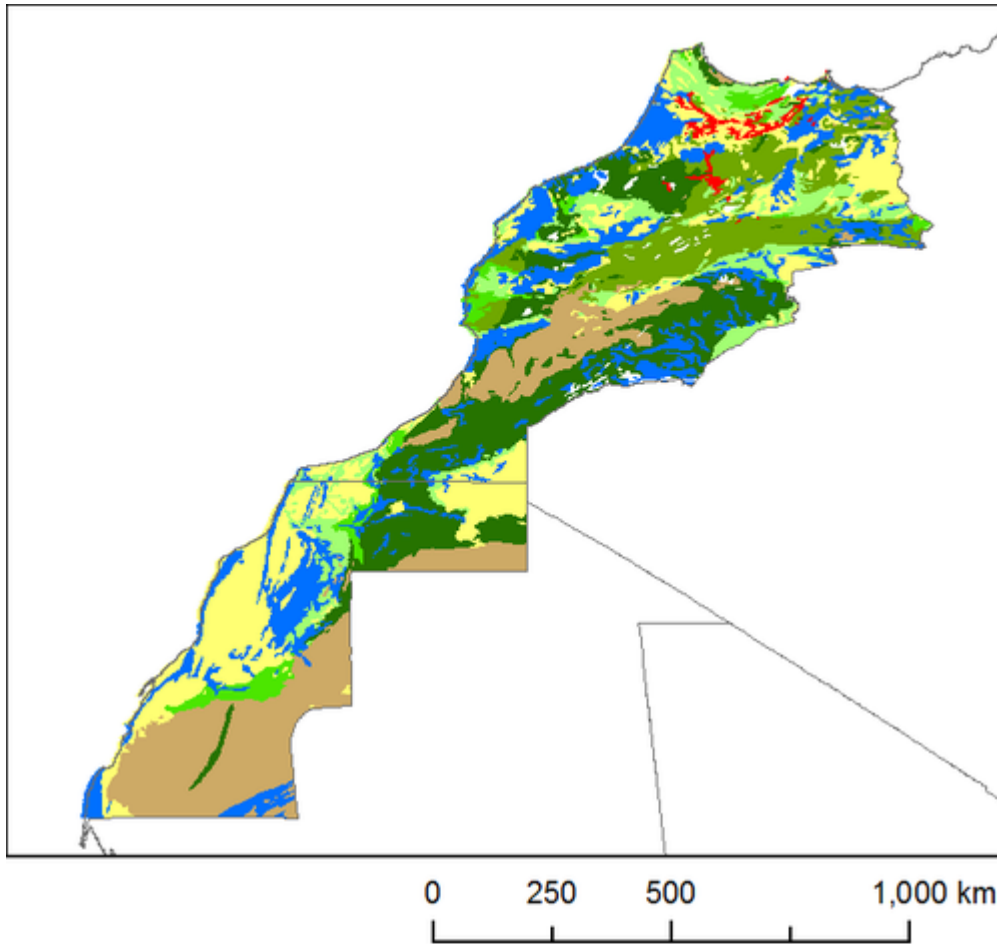
Cette section fournit un résumé de la géologie du Maroc et du Sahara Occidental (Sahara marocain). Aux fins du présent résumé, la géologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain) est décrite ensemble.

Vous trouverez plus de détails dans les références listées en bas de cette page. Beaucoup de ces références peuvent être consultées sur [l'Archive de la Littérature Africaine sur les Eaux Souterraines](#).

La carte géologique sur cette page donne un aperçu simplifié de la géologie à l'échelle régionale (voir la [Section des Ressources géologiques](#) (en anglais) pour plus de détails).

**[Télécharger un fichier SIG de les cartes géologique et hydrogéologique du Maroc et du Sahara occidental \(Sahara marocain\)](#)**.

Une carte géologique plus détaillée, à l'échelle de 1: 1 000 000, a également été publiée (Hollard et al., 1985).



### Maroc et Sahara occidental (Sahara marocain) - Géologie

- Tertiaire tardif au Quaternaire
- Volcanique Néogène
- Tertiaire
- Crétacé au Tertiaire
- Crétacé inférieur
- Triasique et Jurassique
- Igné (Paléozoïque – Mésozoïque)
- Paléozoïque
- Précambrien

Géologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain) à l'échelle de 1: 5 millions. Carte développée à partir de la carte USGS (Persits et al., 2002). Pour plus d'informations sur le développement de la carte et les ensembles de données, voir la [page de ressource géologique](#) (en anglais). [Télécharger un fichier SIG de les cartes géologique et hydrogéologique du Maroc et du Sahara occidental \(Sahara marocain\).](#)

#### Environnements géologiques

Domaines et / ou formations clés

Âge géologique

Résumé lithologique

Épaisseur et caractéristiques structurales importantes

#### **Bassins non consolidés tertiaires à quaternaires**

Quaternaire au  
Tertiaire

Sables et graviers alluviaux,  
en particulier autour des  
villes de Laâyoune-Smara;  
Les dépôts alluviaux et  
côtiers, en grande partie  
sableux, le long des côtes; et  
des dunes de sable dans les  
déserts. Des dépôts  
alluviaux et côtiers épais  
forment des bassins  
majeurs, y compris le bassin  
du Souss près d'Agadir; Le  
bassin autour de Marrakech;  
Bassins le long de la côte  
atlantique d'Essaouira à  
Casablanca; Et le Bassin de  
Saïs de Rabat à Fès.

**Cretaceous - Tertiary**

Pendant la majeure partie du Crétacé, des grès glaciaires, des marnes et des calcarénites conglomératiques ont été formés. Au sommet du Crétacé supérieur, il y avait une transgression générale et le retour à des conditions marines peu profondes dans les domaines de Meseta et de l'Atlas, ainsi que dans la région du Sahara Septentrional.

Le long de la côte atlantique, le Bassin de Tarfaya-Dakhla correspond aux sédiments du Crétacé aux Néogène

déposés sur les dépôts de du Trias - Jurassique syn-atlantique. Les roches des plateaux marginaux du Crétacé correspondent à des sédiments marins à lagunaires avec des schistes noirs riches en matières organiques à la limite du Cénomanién-Turonien. Les sédiments sableux-marnes minces du Paléocène-Eocène recouvrant les couches du Crétacé supérieur et, à leur tour, sont couvertes par une séquence du Miocène qui épaissit brusquement vers l'ouest. Le Rif dans le nord du Maroc est une zone complexe qui comprend des volumes importants de calcaires du Crétacé et du Tertiaire et d'autres roches, ainsi que des morceaux de roches anciennes, y compris les ophiolites et du socle métamorphique.

Le Crétacé supérieur au Néogène a vu la rigueur passive de l'Atlantique et l'ouverture du bassin. De l'Oligocène au Néogène, les compressions cénozoïques ont commencé dans les bassins périphériques et se poursuivent pendant le Miocène avec des bassins de dépression détritiques (Bassins de Souss et Ouarzazate), avec un paroxysme au Mio-Pliocène. Le Rif est une zone de chevauchement, une partie de la ceinture orogénique alpine.

Bassin de Tarfaya-Dakhla, Plateau des Phosphates; Haut Plateau

Crétacé au Tertiaire tardif

D'autres grands bassins du Crétacé au Tertiaire comprennent le Plateau des Phosphates au nord de Marrakech, qui comprend des calcaires, des marnes et des phosphorites; Et le Haut Plateau au nord-est du Maroc, qui comprend des dépôts lacustres calcaires

**Triasique, Jurassique, Crétacé inférieur**

Haut Atlas et Moyen Atlas	Triasique, Jurassique, Crétacé inférieur	<p>Les siltstones, les grès et les évaporites triasiques du synrift. Les roches ignées basaltiques occasionnelles du magmatisme lié au rift. La série jurassique est composée de deux branches de carbonates épaisses de plateforme. Le Jurassique tardif au Crétacé précoce a vu un changement des grés lités rouges et des marnes marins aux calcarénites conglomératiques fluviatiles. Les grés lités rouge du crétacé inférieur se manifestent en particulier à l'extrémité est du bassin de Tarfaya-Laâyoune dans le sud du Maroc et le Sahara occidental (Sahara marocain). Les roches du Crétacé inférieur dans le Rif sont de type flysch, qui sont associés à l'ouverture de l'Atlantique</p>	<p>La distension tectonique (rifting) du Trias moyen à tardif dans le début du mésozoïque est lié à l'ouverture de l'Atlantique central, ce qui a provoqué l'ouverture des bassins. Le point culminant du rifting est marqué par le magmatisme basaltique.</p>
Unités de Dhlou-Zemmour-Tindouf	Ordovicien à Carbonifère	<p><b>Paléozoïque</b></p> <p>Les tilloïdes paléozoïques, les arénites, les schistes, les calcaires et les grès s'affleurent dans les régions de Dhlou-Zemmour et de Tindouf. Les roches les plus anciennes sont les tilloïdes et les arénites de l'Ordovicien supérieur, recouvertes par les schistes siluriens et des calcaires dévoniens peu profonds. Les grès carbonifères et les calcaires constituent le Bassin Tindouf intra-cratonique épais au nord-est de cette région.</p>	<p>Il existe entre 500 m et 2000 m de strates sédimentaires détachées des dépôts autochtones d'Ordovicien sur le niveau de décollement de Silurien.</p>
Anti-Atlas	Cambrien à Carbonifère	<p>La sédimentation marine peu profonde était presque continue dans l'Anti-Atlas du Cambrien au Permien, à l'exception du Cambrien supérieur, et consiste des plateformes carbonatées et silicoclastiques alternantes. Les roches comprennent des tilloïdes, des arénites, des schistes, des calcaires et des grès.</p>	<p>De 6 km à 10 km d'épaisseur de roches sédimentaires paléozoïques, augmentant d'épaisseur de l'est à l'ouest, qui ont été irrégulièrement déformées et pliées pendant l'orogénie Varisque du Carbonifère tardif.</p>



Haut Atlas et Meseta	Cambrien à Permien	<p>Le Massif Ancien, dans la partie occidentale du Haut Atlas, comprend des tilloïdes paléozoïques déformés et métamorphisés, des arénites, des schistes, des calcaires et des grès recouverts par de nombreux granites varisques. À l'est de cette région se trouvent de nombreux dépôts de roches semblables (à Aït Tamlil, Skoura, Mougueur et Tamlalet).</p>	<p>Le Haut Atlas est irrégulièrement déformé par les compressions varisques. Les zones occidentales et orientales de Meseta appartiennent aux zones les plus déformées de l'orogénèse varisque, à la continuité sud de la chaîne varisque d'Europe.</p>
		<b>Précambrien</b>	
<p>Ouled Delim-Adrar Souttoug Nappes. Formations importantes comprennent l'Oued Togba, Sebkha Gezmayet, Dayet Lawda et Sebkha Matallah</p>	Néoprotérozoïque	<p>Des roches métamorphiques de haut grade se produisent dans les nappes du massif d'Adrar Souttoug, intrudées par des granitoïdes et par des dykes mafiques et ultramafiques. Les unités de Oued Togba et Sebkha Gezmayet sont d'origine péri-Gondwana (Avalonien et Meguma) (Gärtner et al., 2013), tandis que les unités de Dayet Lawda et Sebkha de Matallah proviennent de la croûte océanique (Gasquet et al., 2008, Rjimati et Zemmouri 2011 ). Les roches de la partie centrale et orientale de l'Anti-Atlas, principalement le long de la selle de Bou Azzer-Siroua, et au nord dans les massifs du Saghro et du Haut Atlas, proviennent de la croûte océanique, correspondant aux restes d'ophiolite inférieure néoprotérozoïque affectés pendant L'orogénie panafricaine.</p>	<p>Les roches néoprotérozoïques liées au cycle panafricain recouvrent directement les roches archéennes et paléoprotérozoïques. Les nappes métamorphiques du massif d'Adrar Souttoug (Ouled Dlim) correspondent aux affleurements les plus septentrionaux de la ceinture varisquaise des Mauritanides. Cette zone se compose d'une nappe métamorphique NNE-SSW avec un sommet SE chevauché sur l'Arc de Reguibat occidental. Quatre grands domaines structuraux se distinguent de l'ouest à l'est: Oued Togba, Sebkha de Gezmayet, Dayet Lawda et Sebkha de Matallah (Villeneuve et al., 2006, 2010). La région entière est caractérisée par une surimpression métamorphique polyphase néoprotérozoïque et Variscan-Alleghanienne, corroborée par des données géochronologiques (Villeneuve et al., 2006, Gärtner et al., 2013).</p>

		<p>Les roches du socle paléoprotérozoïque sont limitées à la partie centre-ouest des boutonnières de l'Anti-Atlas, y compris les zones de Kerdous, Bas Drâa, Tagragra et Zenaga. Ils consistent des schistes et migmatites supracrustaux, qui ont été intrudés par divers granitoïdes d'Eburnéen.</p>
	Paléoprotérozoïque	<p>Les roches de l'âge archéen s'affleurent dans le sud-ouest de la région de la Dorsale de Reguibat. Elles sont prédominées par des roches supracrustales, y compris des orthogneiss et des roches granitiques avec des lentilles dispersées de métagabbros et de serpentinites, et des roches supracrustales, y compris des quartzites ferrugineuses stratifiées, des gneiss felsiques avec des gneiss riches en pyroxène, des chailles et des marbres impures. des âges U-Pb de zircon de 3,04 à 2,83 MRa ont été obtenus à partir de roches granitoïdes intrusives (Lahondere et al., 2003), ce qui suggère un âge mésoarchéen.</p>
Terrane archéen du sud-ouest	Archéen	<p>La zone de la Dorsale de Reguibat du socle archéen fait partie du Craton Africain de l'Ouest.</p>

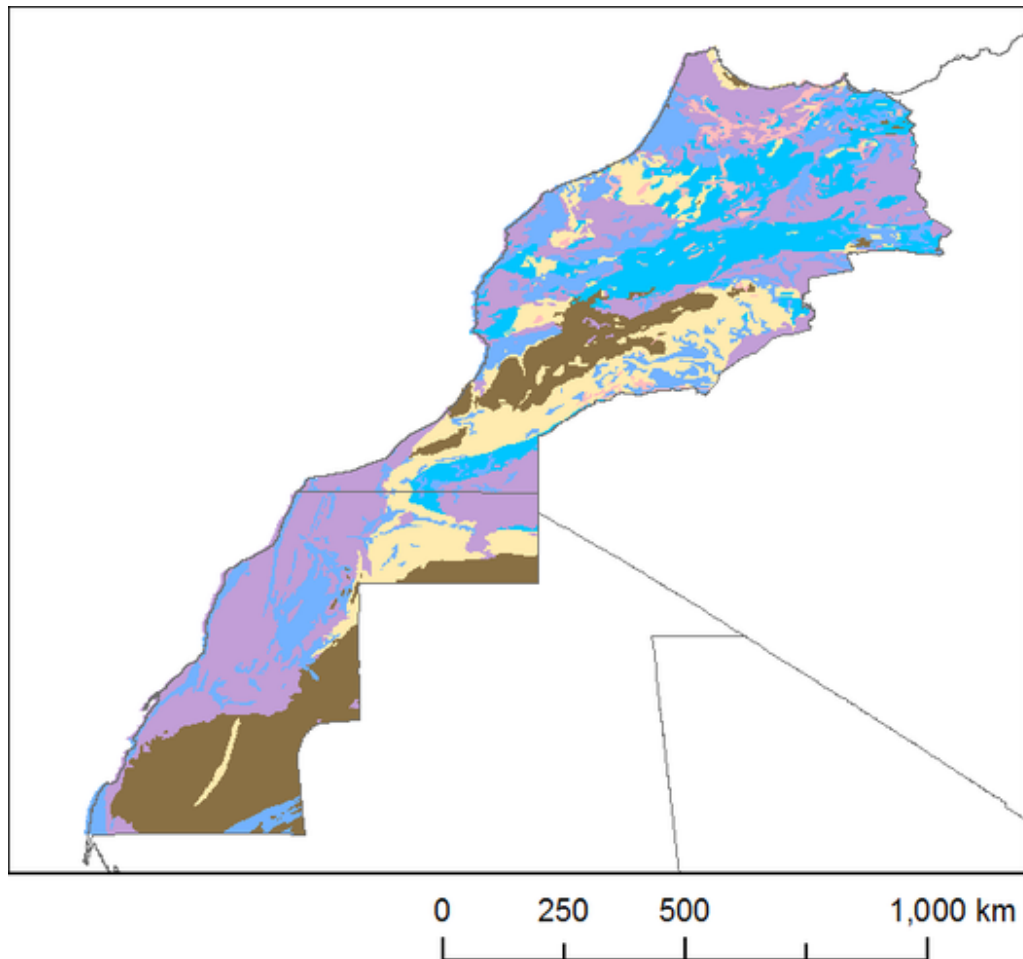
## Hydrogéologie

Cette section fournit un résumé de l'hydrogéologie des principaux aquifères au Maroc et au Sahara Occidentale (Sahara marocain). Aux fins du présent résumé, l'hydrogéologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain) est décrite ensemble.

Plus d'informations sont disponibles dans les références listées au bas de cette page. La majorité ces références peuvent être consultées sur la page de [l'Archive de la Littérature Africaine sur les Eaux Souterraines](#).

La carte d'hydrogéologie de cette page présente un aperçu simplifié du type et de la productivité des principaux aquifères à l'échelle nationale (voir la [page ressources de la carte d'hydrogéologie](#) (en anglais) pour plus de détails).

[Télécharger un fichier SIG de les cartes géologique et hydrogéologique du Maroc et du Sahara occidental \(Sahara marocain\).](#)



## Maroc et Sahara occidental (Sahara marocain) - Type d'Aquifère et Productivité



Hydrogéologie du Maroc et du Sahara occidental (Sahara marocain) à l'échelle de 1: 5 millions. Pour plus d'informations sur la façon dont la carte a été élaborée, consultez la [page ressources de la carte d'hydrogéologie](#) (en anglais). [Télécharger un fichier SIG de les cartes géologique et hydrogéologique du Maroc et du Sahara occidental \(Sahara marocain\)](#).

### Résumé

Les formations aquifères productives se produisent dans la plupart des unités sédimentaires majeures, à différentes profondeurs. Une activité tectonique étendue a produit des formations sédimentaires et des zones montagneuses. La neige et la pluie dans les montagnes de l'Atlas sont la principale source de ressources en eau au Maroc.

Six domaines hydrogéologiques majeurs sont parfois identifiés: le domaine saharien comprend la majeure partie du Sahara occidental; Le domaine de l'Atlas Sud comprend la zone de l'Anti-Atlas; Le domaine Atlasique comprend le Haut Atlas et le Moyen Atlas; Le domaine de l'Est dans le nord-est

du Maroc (la Meseta orientale); Le domaine atlantique dans la Meseta occidentale, le long de la côte atlantique; Et la zone Rif dans le nord. Dans chacun de ces domaines, il existe des similitudes géologiques et climatiques, mais les eaux souterraines existent également dans différents environnements géologiques. La description ci-dessous met en évidence les différents environnements géologiques, qui sont le contrôle dominant de l'hydrogéologie de l'aquifère.

### Roche non consolidé

Les aquifères désignés	Description générale	Problèmes de quantité d'eau	Problèmes de qualité de l'eau	Recharge
Alluvions du Tertiaire - Quaternaire.	Des aquifères alluviaux discontinus se produisent le long des vallées des rivières et des bassins dans les principales régions de plaine. Ils comprennent des dépôts mélangés de sable et de gravier, parfois intercalés avec des silts et des argiles à faible perméabilité pour former des aquifères multicouches. Ils vont de quelques mètres à 200 m d'épaisseur. Les propriétés de l'aquifère sont variables selon la lithologie. La productivité de l'aquifère est la plus élevée dans les aquifères alluviaux dans les vallées de plus grandes rivières vivaces. Les aquifères sont principalement non confinés, et les nappes phréatiques sont très variables, de 0 à 50 m de profondeur. Les forages qui exploitent les aquifères alluviaux se situent entre 5 et 150 m de profondeur.	Le stockage des eaux souterraines dépend principalement de la recharge.	La qualité des eaux souterraines est très variable, de bonne à très mauvaise.	La recharge provient de l'infiltration directe des précipitations et des fuites provenant du flux adjacent de la rivière (qui est alimenté en grande partie par l'écoulement des montagnes de l'Atlas).

### Igné

Les aquifères désignés	Description générale	Problèmes de quantité d'eau	Problèmes de qualité de l'eau	Recharge
------------------------	----------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------

Les roches ignées incluent le basalte et les roches granitiques, et se situent principalement dans le sud et dans la région de Meseta. L'hydrogéologie et le potentiel d'eau souterraine des roches n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie. L'épaisseur de l'aquifère est susceptible d'être très variable et peut atteindre de quelques centaines à des mètres au plus. On pense que la productivité est généralement très faible, et entièrement liée aux fractures et aux zones altérées: la porosité et la perméabilité intergranulaire sont pratiquement inexistantes. Les aquifères sont susceptibles d'être non confinés. Les forages dans les aquifères ignés varient de quelques mètres à 300 m

Les ressources en eau souterraine susceptibles d'être faibles.

Généralement de bonne qualité.

La recharge est principalement effectuée par les précipitations

### Roche sédimentaire - Ecoulement intergranulaire et de Fracture

Les aquifères désignés	Description générale	Problèmes de quantité d'eau	Problèmes de qualité de l'eau	Recharge
Les aquifères de grès, d'âge du Paléozoïque au Cénozoïque. Par exemple. Bassin de Ouarzazate, Rif-Gharb, Bassin de Laâyoune (Sahara), Pré-Rif et Rif	Les aquifères de grès d'âge différent se situent dans différents bassins à travers le pays et sont d'une importance différente en termes de potentiel d'eaux souterraines d'une région à l'autre. Les principaux aquifères sont situés à Tadla, Saïs, Tensift et les plaines du nord. L'épaisseur de l'aquifère est généralement comprise entre 10 m et 200 m. Les nappes phréatiques sont très variables dans différents bassins, et les aquifères peuvent être confinés ou non confinés.	La quantité d'eau souterraine varie d'un bassin à l'autre, en fonction principalement de la recharge.	Qualité variable de bonne à moyenne. La salinité évolue dans les formations triasiques et jurassiques peut avoir un impact sur la qualité de l'eau souterraine.	La recharge provient des précipitations et des fuites entre les aquifères.

### Roche sédimentaire - Karst (Fracture)

Les aquifères désignés	Description générale	Problèmes de quantité d'eau	Problèmes de qualité de l'eau	Recharge
------------------------	----------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------

<p>Aquifères karstiques, de l'âge du Crétacé, du Jurassique et du Cambrien. Par exemple. Bassins Atlantiques, La monticule de Moulouya, Guercif-Causse Oral et le Haut Atlas</p>	<p>Les aquifères karstiques se retrouvent principalement dans le Rif et les montagnes de Haut, Moyen et de l'Anti-Atlas, avec quelques aquifères profonds dans certaines plaines (par exemple, Tadla, Fès-Saïs, Essaouira). Ils constituent des ressources en eau très importantes, manifestées par de nombreuses sources importantes. L'épaisseur de l'aquifère est très variable, de 10 m à 1000 m. Les flux provenant de ces aquifères montagneux constituent l'origine principale de tous les fleuves au Maroc. La décharge de printemps varie de quelques litres / seconde (l/s) jusqu'à 3000 l/s. Les aquifères dans les montagnes de l'Atlas ne sont pas confinés, mais ils sont confinés au-dessous des plaines. La profondeur de la nappe d'eau dépend de la recharge et de l'exploitation.</p>	<p>Plusieurs sources avec des décharges très grandes et très importantes.</p>	<p>Généralement une bonne qualité</p>	<p>La recharge provient principalement des précipitations et de la fonte des neiges.</p>
--	--	---	---------------------------------------	--

**Précambrien et Paléozoïque (Fracture)**

<p>Les aquifères désignés</p>	<p>Description générale</p>	<p>Problèmes de quantité d'eau</p>	<p>Problèmes de qualité de l'eau</p>	<p>Recharge</p>
-------------------------------	-----------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------

<p>Roches précambriennes cristallines et roches (méta) sédimentaires paléozoïques sus-jacentes</p>	<p>Ces aquifères sont formés par des roches du socle cristallines précambriennes recouvertes par des roches paléozoïques (méta) sédimentaires. Elles sont situées principalement dans le sud, dans l'Anti Atlas et le Sahara. L'écoulement et le stockage des eaux souterraines sont limités aux zones fracturées, qui peuvent être de 10 à 400 m d'épaisseur, mais l'eau souterraine se trouve habituellement à des profondeurs peu profondes. Les tests de pompage montrent que la productivité de l'aquifère est faible et que les débits sont faibles. L'aquifère n'est pas confiné partout. Les ressources sont exploitées pour l'approvisionnement en eau par les puits et les sources, principalement pour les populations rurales, y compris les nomades. Les exceptions sont les calcaires karstiques de l'âge cambrien, qui peuvent former des aquifères très productifs (voir ci-dessus).</p>	<p>Recharge est limitée. Petite abstraction localisée. Les coûts de forage sont très élevés.</p>	<p>Qualité acceptable.</p>	<p>Des précipitations très faibles (60 à 100 mm / an) signifient une recharge limitée, principalement par infiltration directe de précipitations.</p>
--	--	--	----------------------------	---

## L'état des eaux souterraines

### Quantité d'eau souterraine

L'eau souterraine est une ressource stratégique, représentant 20% du total des ressources en eau, soit environ 4,2 milliards de mètres cubes (MMC) par an dans 9 bassins majeurs. Il existe 6 zones hydrogéologiques majeures qui contiennent 103 aquifères d'importance variable et de taille locale à régionale. De ce nombre, 32 sont des aquifères profonds ou confinés, et 98 sont peu profonds. La plupart sont connus des aquifères peu profonds; On sait moins sur l'hydrogéologie des aquifères profonds. Les eaux souterraines dans tous les aquifères connaissent un stress, la baisse des niveaux d'eau liés à la sur-abstraction et à la faible précipitation (et donc à la faible recharge). Les modèles de changement climatique indiquent qu'à l'avenir une intensification de l'apparition de la sécheresse indiquera que le stress des eaux souterraines augmentera probablement.

La recharge artificielle de l'aquifère fait parti des actions importantes menées par le Ministère de l'Eau, visant à reconstituer, au moins en partie, les réserves stratégiques des ressources en eaux souterraines. Cela permettrait de rétablir l'équilibre de ces aquifères ou, du moins, d'atténuer les déficits enregistrés, ainsi que le ralentissement de l'avancement de l'intrusion de la solution saline dans les zones côtières. À l'échelle nationale, 24 aquifères qui connaissent une surexploitation avancée peuvent faire l'objet de la recharge artificielle afin d'atténuer leurs déficits. Le volume total qui peut être injecté dans l'ensemble de ces aquifères est estimé à environs de 200 millions de m<sup>3</sup>.

## Qualité des eaux souterraines

La dégradation de la qualité des eaux souterraines se produit dans de nombreuses régions, liée à la chute des eaux souterraines, y compris l'intrusion de solution saline; Pollution par les nitrates (engrais); Et la salinité géogénie, La pollution par les nitrates provient d'activités agricoles essentielles, en particulier dans les zones irriguées. Les aquifères dans lesquels la pollution par les nitrates est prononcée comprennent Tadla, Berrechid, Triffa, Doukkala, R'mel, Tafilalet et Massa. Les aquifères de Martil, Gharb, Chtouka, Guercif, Charf El Akab, Beni Mathar, Laou, Souss, Kert, Tafilalet et Haouz ont une pollution azotée plus faible, mais peuvent voir une pollution localisée accentuée. Le niveau d'azote dans certains aquifères, y compris celui de Beni Moussa dans les Tadla et Mnasra dans le Gharb, dépasse déjà le seuil maximal toléré de 50 mg / l.

Le problème de la salinité des eaux souterraines côtières est grave, en particulier dans l'aquifères de Nekkora, Kert, Gareb, Chaouia côtière et Mnasra. La salinité dépasse également le seuil autorisé dans de nombreuses eaux souterraines près de la rive ou / et où la zone de recharge contient des évaporites (Halite et gypse).

## Interaction entre les eaux souterraines et de surface

Les oasis marocaines sont irriguées par un système hydroélectrique traditionnel appelé khattara (canaux d'eaux souterraines peu profondes). L'eau de surface pour ces canaux est fournie par le ruissellement des montagnes de l'Atlas. Ce système d'irrigation a été utilisé en grande partie dans la plaine de Haouz autour de Marrakech et la vallée du Souss dans la région d'Agadir. Actuellement, ce système est toujours utilisé dans la partie sud-est du pays, dans la plaine de Tafilalet.

## Ecosystèmes dépendants des eaux souterraines

Plus de 20 000 sources ont été inventoriées. Certains de ces sources fournissent des plans d'eau (lacs, marécages et étangs). Les lacs importants sont au Moyen et au Haut Atlas (par exemple, Dayet Aoua, Ouiouane, Aguelmame Azigza, Iffer, Ifrah, Roumi, Ifni). Le pays contient 160 plans d'eau, dont 24 déclarés zones humides selon les sites Ramsar.

## Utilisation et gestion des eaux souterraines

### Utilisation des eaux souterraines

Environ 25% de l'approvisionnement national total en eau provient des eaux souterraines. De ce fait, jusqu'à 15% sont utilisés pour l'eau potable et l'industrie, et entre 85% et 96% pour l'irrigation et l'irrigation du bétail (données du Département Hydraulique et de l'UNESCO). L'utilisation industrielle comprend l'énergie hydroélectrique et le tourisme (hôtels, irrigation des golfs, etc.).

Les principaux types de sources d'eaux souterraines sont les forages avec des pompes électriques, des puits traditionnels (creusés à la main) et des sources principales (par exemple Bittit, Ribaa, Ain Asserdoune, Bouadel et Abainou).

L'extraction réelle des eaux souterraines dans les bassins principaux par rapport à l'abstraction durable calculée est résumée ci-dessous (Source: CSEC 2013):

Bassins	Abstraction Calculée d'eau souterraine autorisée (Million m <sup>3</sup> /an)	Abstraction réelle des eaux souterraines (Million m <sup>3</sup> /an)	Surexploitation calculée des eaux souterraines (Million m <sup>3</sup> /an)
---------	---	---	---



Loukkos	126	126	0
Moulouya	350	355	5
Sebou	1020	1177	157
Bouregreg & Chaouia	77	108	31
Oum Er Rbia	347	639	292
Tensift	616	763	147
Souss - Massa - Draa	666	1011	345

## Gestion des eaux souterraines

Les principales institutions chargées des eaux souterraines sont les suivantes:

La **Direction des Eaux, le Ministère de l'Énergie et des Mines, de l'Eau et de l'Environnement** (MEMEE) développe et assure la mise en œuvre de la politique du pays en matière de mobilisation, de gestion, de préservation et de protection des ressources en eau. Cela se fait à travers les neuf agences des bassins hydrographiques (Oum Er Rbia, Moulouya, Loukkos, Sebou, Bou Regreg et Chaouia, Tensift, Souss-Massa-Draa, Guir-Ziz-Rhérir et Sakia El Hamra-Oued Eddahab) et L'ONEE (Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable ([www.one.org.ma](http://www.one.org.ma)))

Le **Ministère de l'Agriculture et des Pêches Maritimes** a pour rôle d'élaborer et de mettre en œuvre la politique agricole au niveau national et de coordonner les actions de planification et de gestion hydro-agricole de l'irrigation, en particulier celles réalisées par les Offices Régionaux de Développement Agricole (ORMVA).

Le **Ministère de l'Intérieur** est actif dans le domaine de l'eau en présidant les commissions d'enquêtes publiques relatives aux demandes de creusement de puits, de réalisation de forage, d'échantillonnage d'eau et de reconnaissance des droits de l'eau, la délimitation du domaine hydraulique publique et l'établissement de zones de protection.

Le **Ministère de l'Economie et des Finances**, par ses prérogatives en matière de contrôle des dépenses des ministères et de la tutelle financière, exerce une influence sur les institutions publiques impliquées dans la gestion de l'eau et joue donc un rôle important dans la politique de l'eau du pays.

Le **Ministère de la Santé** est responsable des aspects sanitaires liés à l'eau, en particulier le suivi de la qualité de l'eau potable et des eaux minérales naturelles

Le **Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation Professionnelle** contribue et finance la recherche au sein du service hydraulique du Ministère de l'énergie et des mines, de l'eau et de l'environnement.

Le cadre juridique de la gestion des eaux souterraines relève de:

- La loi 10-95: 20 septembre 1995 relative à l'eau, appelée Loi de l'eau.
- La loi 11-03: 12 mai 2003 relative à l'environnement.

Ce dernier est le «contrat aquifère» établi par les organismes hydrauliques pour gérer et économiser les ressources en eau dans le pays, en particulier dans les zones surexploitées. Ce contrat est signé par toutes les parties prenantes dans le domaine de l'eau et par des utilisateurs spécialisés. Cela

constitue une bonne expérience et des réalisations pour la gestion des ressources en eau.

Les principaux points du plan d'action pour la gestion des eaux souterraines sont les suivants:

- Améliorer la connaissance de toutes les ressources en eaux souterraines
- Recharge artificielle des eaux souterraines
- Réutilisation des eaux usées traitées
- Désalinisation des eaux souterraines sous pression
- Désalinisation de l'eau de mer.

## **Surveillance des eaux souterraines**

Le **suivi du niveau des eaux souterraines** est effectué une fois par mois par les 9 agences du bassin hydrographique (bassins) pour les aquifères importants et surexploités. Pour les autres aquifères, le suivi se fait deux fois par an. Les données sont stockées dans le Département Hydraulique du Ministère de l'Énergie et des Mines, de l'Eau et de l'Environnement et dans les Agences du Bassin. Des données de fond importantes existent également dans les laboratoires des universités et des instituts de recherche.

Le **suivi de la qualité des eaux souterraines** est effectué une fois par mois par les agences des bassins. Les données sont stockées dans les agences du bassin et dans le département de l'eau du ministère de l'Énergie et des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Les paramètres surveillés sont principalement les principaux éléments (Na +, K +, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les métaux lourds et les indicateurs bactériologiques. Un contexte important existe également dans les laboratoires des universités et des instituts de recherche.

## **Les aquifères transfrontaliers**

Le seul aquifère transfrontalier se trouve sur la frontière nord-est, mais les ressources en eaux souterraines dans cet aquifère sont très limitées.

Pour de plus d'informations générales sur les aquifères transfrontaliers, veuillez consulter la [page de ressources des aquifères transfrontaliers](#) (en anglais).

## **Les références**

La majorité des références ci-dessous, ainsi que d'autres liées à l'hydrogéologie de l'Algérie, peuvent être consultées à travers [l'Archive Africaine de Littérature sur les Eaux Souterraines](#).

### **Géologie: références clés**

#### **Cartes géologiques:**

Hollard H, Choubert G, Bronner G, Marchand J et Sougy J. 1985. Carte géologique du Maroc, scale 1:1,000,000 (2 sheets), 260. See Catalogue des Publications, Service Carte géol. Maroc, Ministère de l'Énergie et des Mines, Direction de la Géologie, Service Documentation et Publications. web : [www.mem.gov.ma](http://www.mem.gov.ma)

IGME. 1971. Mapa geologica del Sahara occidental, scala 1:200.000, Madrid.

Rjimati E et Zemmouri A. 2002. Carte géologique du Maroc au 1/50 000, feuille d'Awsard. Notice

explicative. Notes Mém. Serv. Géol. Maroc, 439 bis, 1-38.

Rjimati E, Zemmouri A et al. 2002. Carte géologique du Maroc au 1/100.000, feuille Imliliy (éd. prov.)

Rjimati E, Zemmouri A et al. 2002. Carte géologique du Maroc au 1/100.000, feuille Smara (éd. prov.).

### **Principales publications:**

Arribas A. 1968. El Precámbrico del Sahara español y sus relaciones con la series sedimentarios más modernas. Bol. Geol. Miner. 79, 445-480.

Burkhard M, Caritg S, Helg U, Robert-Charrue C et Soulaïmani A. 2006. Tectonics of the Anti-Atlas of Morocco. Comptes Rendus Géosci. 338, 11-24.

Caby R et Kienast JR. 2009. Neoproterozoic and Hercynian metamorphic events in the Central Mauritanides: Implications for the geodynamic evolution of West Africa. J. Afr. Earth. Sci. 53, 122-136.

Choubert G. 1963. Histoire géologique du Précambrien de l'Anti Atlas Marocain. Tome I. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, vol. 162, 352 p.

Davison I. 2005. Central Atlantic margin basins of North West Africa: Geology and hydrocarbon potential (Morocco to Guinea). Journal of African Earth Sciences.

Destombes J. 1971. L'Ordovicien au Maroc. Essai de synthèse stratigraphique. Mém. BRGM 73, 237-263.

Destombes J, Hollard H and Willefert S. 1985. Lower Palaeozoic rocks of Morocco. In: Holland, C.H. (Ed.), Lower Palaeozoic rocks of North-Western and West-Central Africa. John Wiley, Chichester, pp. 91-336.

Deynoux M, Sougy J and Trompette R. 1985. Lower Palaeozoic rocks of West Africa and western part of Central Africa. In: Holland H. (Ed.), Lower Palaeozoic rocks of north-western and west central Africa, Wiley & Sons, 337-495.

El Albani A, Kuhnt W, Luderer F, Herbin JP and Caron M. 1999. Palaeoenvironmental evolution of the Late Cretaceous sequence in the Tarfaya Basin (southwest of Morocco). In: Cameron N.R., Bate R.H., Clure V.S. (Eds.), The oil and gas habitats of the South Atlantic. Geol. Soc. London Spec. Pub. 153, 223-240.

Fabre J. 2005. Géologie du Sahara occidental et central. Tervuren Afr. Geosci. Coll. 108, 572 pp.

Frizon de Lamotte, D, Leturmy P, Missenard Y, Khomsi S, Ruiz G, Saddiqi O, Guillocheau F and Michard A. 2009. Mesozoic and Cenozoic vertical movements in the Atlas system (Algeria, Morocco, Tunisia); an overview. Tectonophysics, 475, 9-28.

Gasquet D, Ennih N, Liégeois JP, Soulaïmani A and Michard A. 2008. The Pan-African Belt. In: Michard, A., Saddiqi, O., Chalouan, A., Frizon de Lamotte, D. (Eds.), Continental Evolution: The Geology of Morocco. Springer Verl, pp. 33-64.

Hollard H. 1967. Le Dévonien du Maroc et du Sahara nord occidental. Intern. Symp. Devonian

System, Calgary, Alberta Soc. Petrol. Geol. 1, 203-244.

Keller G, Adatte T, Berner Z, Chellai EH and Stueben D. 2008. Oceanic events and biotic effects of the Cenomanian-Turonian anoxic event, Tarfaya Basin, Morocco. *Cretaceous Res.* 29, 976-994.

Le Goff E, Guerrot C, Maurin G, Johan V, Tegye M et Ben Zarga M. 2001. Découverte d'éclogites hercyniennes dans la chaîne septentrionale des Mauritanides (Afrique de l'Ouest). *Comptes Rendus de la Académie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des planètes* 333, 711-718.

Lécorché JP, Bronner G, Dallmeyer RD, Rocci G and Roussel J. 1991. The Mauritanide Orogen and its northern extensions (Western Sahara and Zemmour), West Africa. In: Dallmeyer R.D., Lécorché J.P. (Eds.), *The West African Orogen and Circum-Atlantic correlatives*, Springer Verl., 187-227.

Michard A, Hoepffner C, Soulaïmani A and Baïdder L. 2008. Chapt. 3: The Variscan Belt. In : Michard A., Saddiqi O., Chalouan A., Frizon de Lamotte D. (Eds.), *Continental Evolution: The Geology of Morocco*, LNES 116, Springer Verl., 65-131.

Michard A, Soulaïmani A, Hoepffner C, Ouanaïmi H, Baïdder L, Rjimati EC and Saddiqi O. 2010. The South-Western Branch of the Variscan Belt: evidence from Morocco. *Tectonophysics* 492, 1-24, doi:10.1016/j.tect.2010.05.021.

Montero P, Haissen F, El Archi A, Rjimati E, Bea, F. 2014. Timing of Archean crust formation and cratonization in the Awsard-Tichla zone of the NW Reguibat Rise, West African Craton: A SHRIMP, Nd-Sr isotopes, and geochemical reconnaissance study. *Precambrian Research* 242, 112-137.

Mort HP, Adatte T, Keller G, Bartels D, Föllmi KB, Steinmann P, Berner Z and Chellai EH. 2008. Organic carbon deposition and phosphorus accumulation during Oceanic Anoxic Event 2 in Tarfaya, Morocco. *Cretaceous Res.* 29, 1008-1023.

O'Connor EA, Barnes RP, Beddoe-Stephens B, Fletcher T, Gillespie MR, Hawkins MP, Loughlin SC, Smith M, Smith RA, Waters CN and Williams M. 2010. *Geology of the Drâa, Kerdous and Boumalne districts, Anti-Atlas, Morocco*. British Geological Survey, 324 pp.

Planchon JP. 1967. Observations sur le Dévonien inférieur du Sahara espagnol (Région de Smara). *Mém. BRGM* 33, 321-325.

Quirol. 1976. *Regional Geology of the Moroccan Sahara*, Bureau de Recherche et de Participations Minières, 1976.

Ranke U, Von Raad U and Wissmann G. 1982. Stratigraphy, Facies, and Tectonic Development of On- and Offshore Aaiun-Tarfaya Basin a Review. In: U. Von Raad, Ed., *Geology of the North West African Continental Margin*, Springer-Verlag, Berlin, 1982, pp. 86-104. doi:10.1007/978-3-642-68409-8\_6

Sachse VF, Littke R, Heim S, Kluth O, Schober J, Boutib L, Jabour H, Perssen F and Sindern S. 2010. Petroleum source rocks of the Tarfaya Basin and adjacent areas. *Organic Geochem.*, doi: 10.1016/j.orggeochem.2010.12.004

Sougy J. 1964. Les formations paléozoïques du Zemmour Noir (Mauritanie septentrionale). Etude stratigraphique, pétrographique et paléontologique. *Ann. Fac. Sci. Dakar, sér. Sci. Terre* 15, I-12, 695 pp.

Sougy J. 1969. Grandes lignes structurales de la chaîne des Mauritanides et de son avant-pays (socle

précambrien et sa couverture infracambrienne et paléozoïque), Afrique de l'Ouest. Bull. Soc. géol. Fr. (7) 11, 133-149.

Thomas RJ, Fekkak A, Ennih N, Errami E, Loughlin SC, Gresse PG, Chevallier LP and Liegeois JP. 2004. A new lithostratigraphic framework for the Anti-Atlas Orogen, Morocco. J. Afr. Earth Sci. 39, 217-226.

Thomas RJ, Chevallier LP, Gresse PG, Harmer RE, Eglinton BM, Armstrong RA, de Beer CH, Martini JEJ, de Kock GS, Macey PH and Ingram BA. 2002. Precambrian evolution of the Sirwa Window, Anti-Atlas Orogen, Morocco. Precamb. Res. 118, 1-57.

Uchupi E K, Emery KO, Bowin CO et al. 1976. Continental Margin off Western Africa from Senegal to Portugal," Bulletin American Association of Petroleum Geologists, Vol. 60, pp. 809-878.

Villeneuve M, Bellon H, El Archi A, Sahabi M, Rehault J-P, Olivet J-L et Aghzer AM. 2006. Événements panafricains dans l'Adrar Souttouf (Sahara marocain). C. R. Geosci. 338, 359-367.

Villeneuve M. 2008. Review of the orogenic belts on the western side of the West African craton: the Bassarides, Rokelides and Mauritanides. In: Ennih, N., Liégeois, J.-P., 2008. The Boundaries of the West African Craton. Geological Society of London, Special Publications 297, 169-201.

Villeneuve M, El Archi A et Nzamba J. 2010. Les chaînes de la marge occidentale du craton ouest africain, modèles géodynamiques. Comptes Rendus Geoscience 342, 1-10.

Villeneuve M and Marcaillou B. 2013. Pre-Mesozoic origin and paleogeography of blocks in the Caribbean, South Appalachian and West African domains and their impact on the post "variscan" evolution. Bulletin de la Société Géologique de France 184, 1-20.

Von Rad U and Wissmann G. 1982. Cretaceous-Cenozoic History of the West Saharan Continental Margin (NW Africa): Development, Destruction and Gravitational Sedimentation in Geology of NW Africa. In: U. Von Raad, Ed., Geology of the North West African Continental Margin, Springer-Verlag, Berlin, 1982, pp. 106-129.

## **Hydrogéologie: références clés**

Principales sources d'information en ligne:

[Http://www.water.gov.ma](http://www.water.gov.ma)

[Http://www.mem.gov.ma](http://www.mem.gov.ma)

### **Rapports et publications:**

Agoussine M et Bouchaou L. 2004. Les problèmes majeurs de la gestion de l'eau au Maroc. Science et changements planétaires / Sécheresse. Numéro 15, volume 2, 187-94.

Alaoui M. 2013. Water sector in Morocco: situation and perspectives. Journal of Water Resources and Ocean Science; 2(5): 108-114

Benaabidate L and Fryar AE. 2010. Controls on Ground Water Chemistry in the Central Couloir Sud Rifain, Morocco. Vol. 48, No. 2-GROUND WATER-March-April 2010 (pages 306-319).

Ben Kabbour B, Zouhri L, Mania J and Colbeaux J P. 2007. Assessing groundwater contamination

- risk using the DASTI/IDRISI GIS method: coastal system of western Mamora, Morocco. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. November 2007, Volume 66, Issue 4, p 507.
- Bouchaou L, Tagma T, Hsissou Y, Ikenne M, Boutaleb S, Bouragba L, Mudry J and Michelot JL. 2009. Isotopic study of the relationship between surface water and groundwater under a semi-arid climate: case of souss-massa basin (south-western morocco). *IAHS Red Book series*, Vol. 334, 15.
- Bouchaou L, Michelot JL, Qurtobi M, Zine N, Gaye CB, Aggarwal PK, Marah H, Zerouali A, Taleb H and Vengosh A. 2009. Origin and residence time of groundwater in the Tadla basin (Morocco) using multiple isotopic and geochemical tools. *Journal of Hydrology*, Volume 379, Issues 3-4, 30 December 2009, Pages 323-338
- Bouchaou L, Tagma T, Boutaleb S, Hssaisoune M and El Morjani Z. 2011. Climate change and its impacts on groundwater resources in Morocco: the case of the Souss- Massa basin. *International Contributions to Hydrogeology: Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Synthesis of Findings and Recommendations*. Editor(s): Holger Treidel & Jose Luis Martin-Bordes. CRC press Taylor & Francis group. IAH Book series, Vol. 27, ISBN: 978-0-415-68936-6. Chap. 8, 129-144 Pages: 414.
- Bouchaou L, Michelot JL, Vengosh A, Hsissou Y, Qurtobi M, Gaye CB, Bullen TD and Zuppi GM. 2008. Application of multiple isotopic and geochemical tracers for investigation of recharge, salinization, and residence time of water in the Souss-Massa aquifer, Southwest of Morocco. *J. Hydrol.* Vol. 352, 267-287.
- Boutaleb S, Boualoul M, Bouchaou L and Oudra M. 2008. Application of remote-sensing and surface geophysics for groundwater prospecting in a hard rock terrain, Morocco. *Applied Groundwater study in Africa*, Taylor and Francis Group Series editors: IAH Book series, Vol. 13, Chap. 13, 215-231.
- Chofqi A, Younsi, Lhadi E, Mania J, Mudry J and Veron A. 2004. Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer (El Jadida, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, Volume 39, Issues 3-5, June-August 2004, Pages 509-516
- CSEC (Conseil superior de l'Eau et du Climat). 2013. Le Plan National de l'Eau : rapport final. Le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat, Mai 2013, 148 p.
- De Jong C, Cappy S, Finckh M and Funk D. 2008. A transdisciplinary analysis of water problems in the mountainous karst areas of Morocco. *Engineering Geology*, Volume 99, Issues 3-4, 23 June 2008, Pages 228-238
- Driouech F, Déqué M and Sánchez-Gómez E. 2010. Weather regimes—Moroccan precipitation link in a regional climate change simulation. *Global and Planetary Change* 72, 1-10.
- El Khalil H, El Hamiani O, Bitton N and Boularbah A. 2008. Heavy metal contamination from mining sites in South Morocco: Monitoring metal content and toxicity of soil runoff and groundwater. *Environmental Monitoring and Assessment*. Volume 136, Issue 1-3, pp 147-160
- Essahlaoui A, Sahbi H, Bahi L and El-Yamine N. 2001. Reconnaissance de la structure géologique du bassin de saïss occidental, Maroc, par sondages électriques. *Journal of African Earth Sciences*, Volume 32, Issue 4, May 2001, Pages 777-789
- Ettazarini S. 2006. Mapping of groundwater quality in the Turonian aquifer of Oum Er-Rabia Basin, Morocco: a case study. *Environmental Geology*. Volume 50, Issue 6, pp 919-929.

Ettayfi N, Bouchaou L, Michelot JL, Tagma T, Warner N, Boutaleb S, Massault M, Lgourna Z and Vengosh A. 2012. Geochemical and isotopic (oxygen, hydrogen, carbon, strontium) constraints for the origin, salinity, and residence time of groundwater from a carbonate aquifer in the Western Anti-Atlas Mountains, Morocco. *Journal of Hydrology*, Volumes 438-439, 17 May 2012, Pages 97-111

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009. *Groundwater Management in Morocco - Draft Synthesis Report* (FAO), Rome. <http://www.groundwatergovernance.org>

Houdret A. The Water Connection: Irrigation, Water Grabbing and Politics in Southern Morocco. *Water Alternatives* 5(2): 284-303. [www.wateralternatives.org](http://www.wateralternatives.org)

Jarar Oulidi H, Benaabidate L, Löwner R and Fryar AE. 2008. Management Strategies of Water Resources in the Arid Zone of South-Eastern Morocco. *Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa. Environmental Science and Engineering* 2008, pp 227-238

Jarar Oulidi H, Löwner R, Benaabidate L and Joachim W. 2009. HydrIS: An open source GIS decision support system for groundwater management (Morocco). *Geo-spatial Information Science*. September 2009, Volume 12, Issue 3, pp 212-216.

Khattach D, Keating P, Mili E, Chennouf T, Andrieux P and Milhi A. 2004. Apport de la gravimétrie à l'étude de la structure du bassin des Triffa (Maroc nord-oriental) : implications hydrogéologiques. *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 336, Issue 16, December 2004, Pages 1427-1432

Laftouhi N, Vanclooster M, Jalal M, Witam O, Aboufirassi M, Bahir M and Persoons É. 2003. Groundwater nitrate pollution in the Essaouira Basin (Morocco). *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 335, Issue 3, March 2003, Pages 307-317.

Le Page M, Berjamy B, Fafir Y, Bourgin F, Jarlan L, Abourida A, Benrhanem M, Jacob G, Huber M, Sghrer F, Simonneux V and Chehbouni G. 2012. An Integrated DSS for Groundwater Management Based on Remote Sensing. The Case of a Semi-arid Aquifer in Morocco. *Water Resources Management*. Volume 26, Issue 11, pp 3209-3230

Ministere de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. *Grands Axes De La Strategie Nationale De L'eau*. [http://www.environnement.gov.ma/PDFs/EAU/axes\\_strategie.pdf](http://www.environnement.gov.ma/PDFs/EAU/axes_strategie.pdf)

Ministere de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. 2012. *Politique de l'Eau au Maroc*. <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/Morocco2012/mrc2012-12.PDF>

Re V, Sacchi E and Allais E. 2013. The Use of Nitrate Isotopes to Identify Contamination Sources in the Bou-Areg Aquifer (Morocco). *Procedia Earth and Planetary Science*, Volume 7, 2013, Pages 729-732

Re V, Sacchi E, Martin-Bordes JL, Aureli A, El Hamouti N, Bouchnan R and Zuppi GM. 2013. Processes affecting groundwater quality in arid zones: The case of the Bou-Areg coastal aquifer (North Morocco). *Applied Geochemistry*, Volume 34, July 2013, Pages 181-198

Re V, Sacchi E, Mas-Pla J, Menció A and El Amrani N. 2014. Identifying the effects of human pressure on groundwater quality to support water management strategies in coastal regions: A multi-tracer and statistical approach (Bou-Areg region, Morocco). *Science of The Total Environment*, Volumes 500-501, 1 December 2014, Pages 211-223

Sardinha J, Carneiro JF, Zarhloule Y, Barkaoui A, Correia A, Boughriba M, Rimi A and El Houadi B. 2012. Structural and hydrogeological features of a Lias carbonate aquifer in the Triffa Plain, NE

Morocco. Journal of African Earth Sciences. Vol. 73-74, Pages 24-32

Schilling J, Freier KP, Hertig E and Scheffran J. 2012. Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. Agriculture, Ecosystems and Environment 156, 12- 26

Taleb H. 2006. Water management in Morocco. Management of Intentional and Accidental Water Pollution. NATO Security through Science Series 2006, pp 177-180.

UN. 1988. Morocco: in Ground water in North and West Africa. Natural Resources/Water Series No. 18, ST/TCD/5. United Nations Department of Technical Cooperation for Development and Economic Commission for Africa.

Warner N, Lgourna Z, Bouchaou L, Boutaleb S, Tagma T, Hsaisoune M and Vengosh A. 2013. Integration of geochemical and isotopic tracers for elucidating water sources and salinization of shallow aquifers in the sub-Saharan Drâa Basin, Morocco. Applied Geochemistry, Volume 34, July 2013, Pages 140-151

Ziyad A. Gestion des ressources en eau au Maroc : bilan et perspectives. Revue HTE N°142 • Mars - Juin 2009. <http://www.anafide.org/doc/HTE%20142/142-6.pdf>

Zouhri L. 2001. L'aquifère du bassin de la Mamora, Maroc: geometrie et ecoulements souterrains. Journal of African Earth Sciences, Volume 32, Issue 4, May 2001, Pages 837-850

Revenir aux pages d'index: [l'Atlas de l'eau souterraine en Afrique](#) >> [Hydrogéologie par pays](#)

Retrieved from

'[http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php?title=Hydrogéologie\\_du\\_Maroc\\_et\\_du\\_Sahara\\_occidental\\_\(Sahara\\_marocain\)&oldid=54143](http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php?title=Hydrogéologie_du_Maroc_et_du_Sahara_occidental_(Sahara_marocain)&oldid=54143)'

[Categories](#):

- [Hydrogeology by country](#)
- [Africa Groundwater Atlas](#)

## Navigation menu

### Personal tools

- Not logged in
- [Talk](#)
- [Contributions](#)
- [Log in](#)
- [Request account](#)

### Namespaces

- [Page](#)
- [Discussion](#)



## Variants

## Views

- [Read](#)
- [Edit](#)
- [View history](#)
- [PDF Export](#)

## More

## Search

## Navigation

- [Main page](#)
- [Recent changes](#)
- [Random page](#)
- [Help about MediaWiki](#)

## Tools

- [What links here](#)
- [Related changes](#)
- [Special pages](#)
- [Permanent link](#)
- [Page information](#)
- [Cite this page](#)
- [Browse properties](#)

• This page was last modified on 17 September 2021, at 10:06.

- [Privacy policy](#)
- [About Earthwise](#)
- [Disclaimers](#)

•



•

