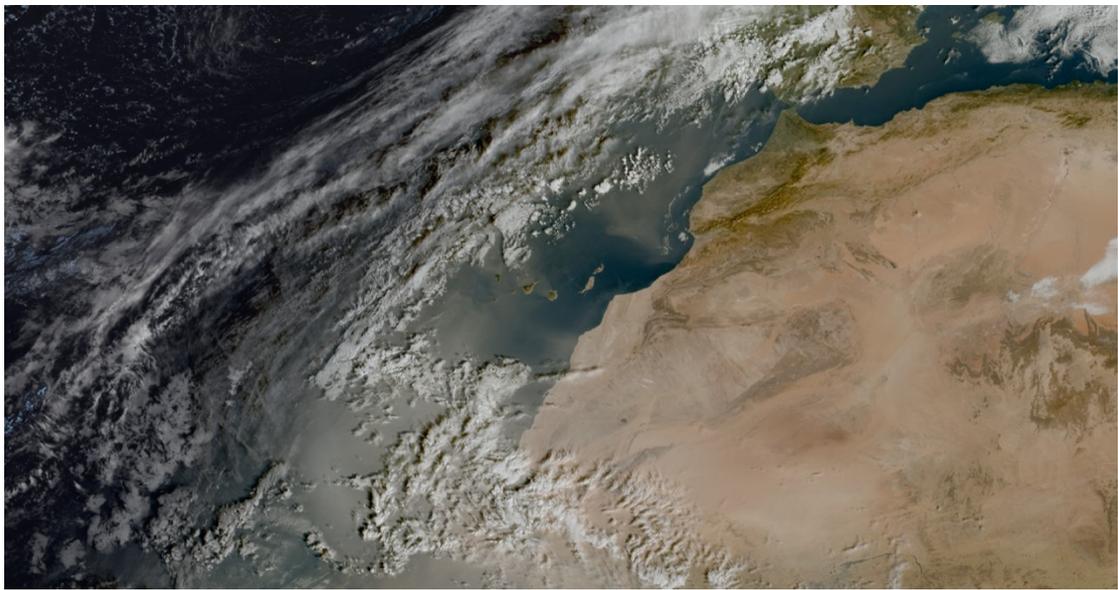




环境百科

摩洛哥的多元气候

作者：穆罕默德·汉尚（HANCHANE Mohamed），教授，任职于摩洛哥非斯西迪·穆罕默德·本·阿卜杜拉大学“领土、遗产与历史”实验室。



封面图片：天气与气候监测卫星图像，显示大西洋海岸外有一个正在降水的云系，而摩洛哥上空则处于稳定的大气条件和冬季干旱状态。图像拍摄于 2024 年 12 月 18 日。[图片来源 © EUMETSAT, 2024](<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html>)。

摩洛哥地处北温带与南热带气候的交汇点，堪称冷暖气团相遇的十字路口，这一特殊地理位置所产生的影响随季节更迭而变化。凭借起伏山势与海洋交织影响的独特地理特征，摩洛哥展现出一幅层次丰富的气候图景。本文将探索这些自然力量如何与气候因子的多变性结合，塑造出一个对气候变化波动与影响尤为敏感的摩洛哥气候。同时，了解摩洛哥的地理特征如何转化这些影响，创造出既迷人又脆弱的环境。

目录

1. 摩洛哥的地理位置	3
2. 摩洛哥的温度分布	4
3. 摩洛哥的降水变率	6
4. 摩洛哥的气候类型	8
4.1 地中海气候 (Cs 型)	9
4.2 夏季炎热的草原气候 (BSh 型)	11
4.3 夏季炎热的沙漠气候 (BWh 型)	12
4.4 摩洛哥的山地气候与降雪 (Ds 型)	14
4.5 大西洋沿海气候与加那利寒流的作用	16
5. 总结	17
参考资料及说明	18

1. 摩洛哥的地理位置

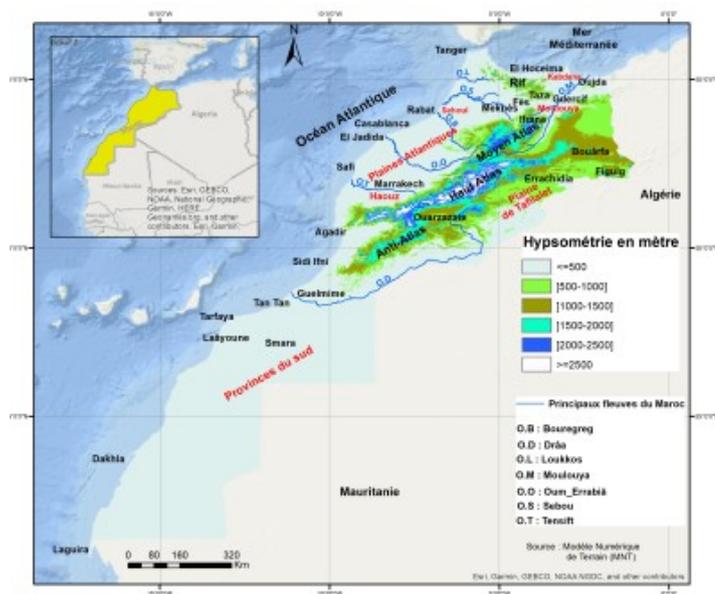


图 1. 摩洛哥的地理位置、地形高程及文中引用的气象站点分布 [图片来源: © Hanchane]

摩洛哥位于非洲大陆西北端，地理坐标介于北纬 21°至 36°、西经 1°至 17°之间（图 1）。所以，摩洛哥同时受到北部温带气候与南部热带气候的大气影响。此外，摩洛哥具有独特的地理环境，它西临大西洋，北接地中海，南部毗邻撒哈拉沙漠，中部自西南向东北走向的山脉体系，上述这些共同塑造了摩洛哥复杂的气候格局。根据柯本气候分类法[1]参见专栏《柯本气候分类法》），摩洛哥所处环境包含地中海气候、地中海山地气候、干旱草原气候与干旱沙漠气候。海拔因素的影响进一步在这些气候类型中叠加了生物气候带，其湿度梯度从极端干旱延伸至超湿润（参见专栏《恩伯格指数》），并伴随显著的温度垂直变化，表现为冬季从极寒到温和的多种热力条件。

2. 摩洛哥的温度分布

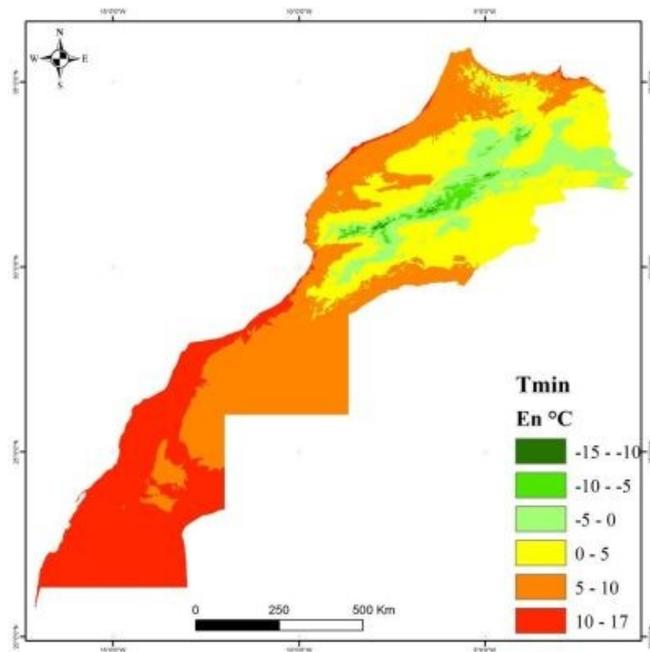


图 2. 一月平均气温（单位：°C）。时间范围：1979-2013 年。[数据来源：© CHELSA. <https://chelsa-climate.org/>], [参见文献 3 和 4]。

摩洛哥的平均温度空间分布呈现出由北向南、由西向东逐渐升高的纬度梯度。前者大致反映了辐射平衡随纬度增加而减小的分布规律；后者则体现了大陆位置（即与海洋的距离）以及阿特拉斯山脉和里夫山脉地形的影响。

在最冷月一月，平均温度在山区顶峰和大陆性内陆地区最低（图 2）[2][3]。沿海地区则显示出海洋的热缓冲效应，其温度记录更为温和。

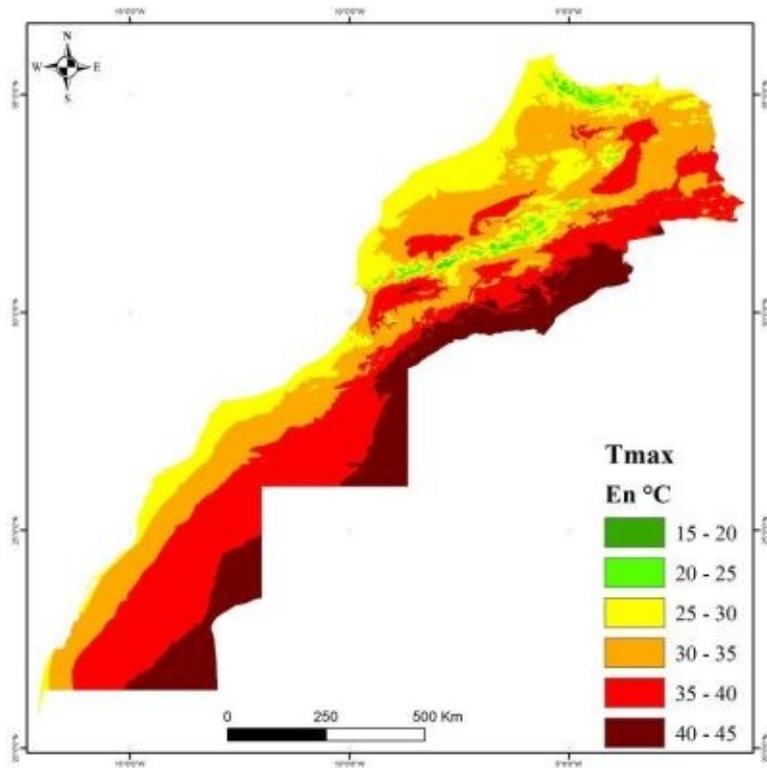


图 3. 七月平均气温（单位：°C）。时间范围：1979-2013 年。[数据来源：© CHELSA. <https://chelsa-climate.org/>];[参见文献 3 和 4]。

摩洛哥最热月（七月）的平均最高气温出现于东南部及国境最南端地区（图 3）。在北半部，最高气温呈现自北向南递增的梯度分布，而山区地形对该梯度产生了削弱作用，并在此记录了最低的最高温值。

在南半部，尤其是摩洛哥撒哈拉地区，则存在更为显著的东西向温度梯度，这反映了海洋距离的影响。摩洛哥沿海地区夏季温度分布均匀，普遍介于 22°C 至 24°C 之间。然而，最热月（七月）的平均气温有时甚至超过东部及东南部湿热带国家的同期温度。（例如：摩洛哥境内的瓦尔扎扎特为 31°C、布阿尔法为 31.5°C、拉希迪耶为 32.3°C）。

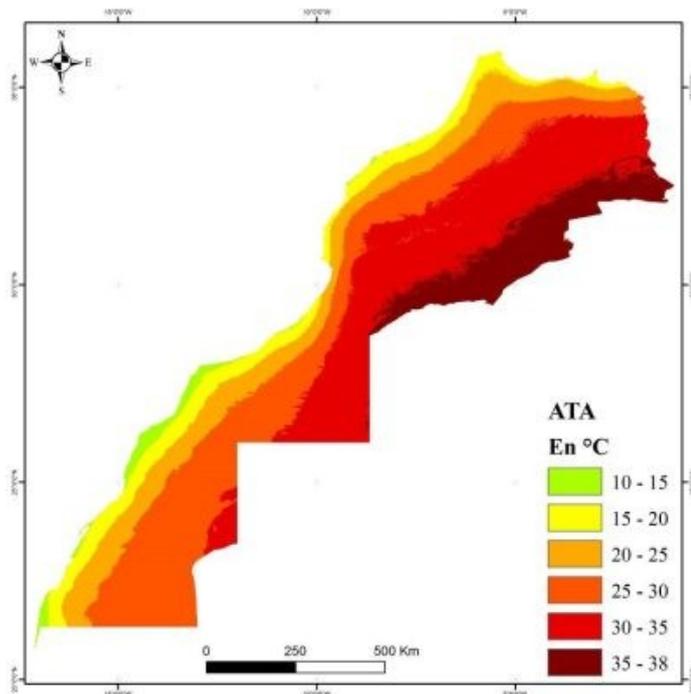


图 4. 年温度较差（单位：°C）。时间范围：1979-2013 年。[数据来源：© CHELSA. <https://chelsa-climate.org/>]; 参见文献[3, 4]。

年温度较差在摩洛哥东南部地区最大（如塔菲拉勒平原和德拉平原），而在最西部的沿海站点则达到最小值（图 4）。大陆效应再次受到地形效应的掩盖：例如，伊夫兰站记录的夏季气温接近沿海站点。索维拉是摩洛哥季节性温度变化最小的典型代表城市（年温度较差仅为 5°C）。这种较低的一年温度较差也是撒哈拉沿海地区（如西迪伊夫尼、塔法亚、达赫拉）的典型特征。

3. 摩洛哥的降水变率

年降水量分布表现出显著的空间差异性（图 5）。最高值出现在里夫山脉顶峰（超过 1200 毫米/年），其次是中阿特拉斯山脉（介于 1200 至 1000 毫米/年之间）。降水条件较好的区域（>700 毫米/年）仅占摩洛哥国土面积的 7.1%。最低值（低于 100 毫米/年）出现在摩洛哥东南部及最南端的极端沙漠地区。这个分布不仅显示出降水量由北向南递减的趋势，同时也存在自西向东递减的梯度，这主要由里夫山脉和阿特拉斯山脉的屏障作用所致。此外，该分布还突显出豪兹平原和穆卢耶河流域的低降水量特征，其年降水量不超过 200 毫米。年降水量介于

200 至 100 毫米之间的半荒漠地区覆盖了全国 78%的面积。其余地区（17.9%）则为年降水量在 200 至 600 毫米之间的半干旱和干旱区域。

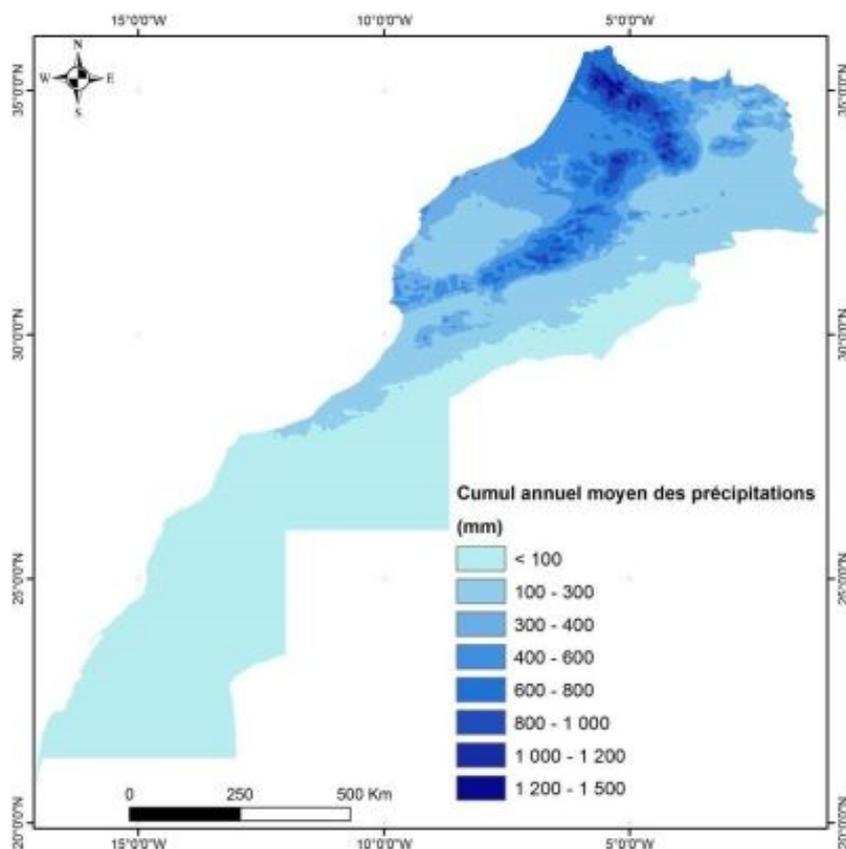


图 5. 年平均降水量（毫米）。时间范围：1979-2013 年。[数据来源：© CHELSA. <https://chelsa-climate.org/>];参见文献[3, 4]。

此外，降水还具有极高的年际变率，典型特征表现为湿润期与干旱期交替出现。在 1960-1961 年至 2015-2016 年的观测期内，1960 至 1970 年代是一个湿润的十年期，该时期主要受北大西洋涛动负位相（NAO-）影响。随后的干旱期则更多与北大西洋涛动正位相（NAO+）相关，并持续至 21 世纪最初十年。长期的干旱期在 2009 和 2010 年经历短暂中断后，又以更为猛烈之势卷土重来。这种干湿期的交替呈现出强烈的年际波动特征，且存在冬季间的突然转变：例如 1994-1995 年冬季干旱/1995-1996 年冬季湿润以及 2009-2010 年冬季湿润/2011-2012 年冬季干旱，这种转变便是典型例证。

在更短的时间尺度上（如，数日周期），干湿序列的变化源于高纬度冷极地空气的侵入。虽然西风海洋气流出现频率较低，但被认为是触发降雨过程的最有

利条件，特别是在受海洋影响明显的区域（大西洋沿岸的摩洛哥、里夫山脉及阿特拉斯山脉）。这凸显了大西洋对摩洛哥降水所起的关键作用。来自北方的空气则为摩洛哥北半部地区（如丹吉尔、伊夫兰和乌季达）的降水提供了条件。

4. 摩洛哥的气候类型

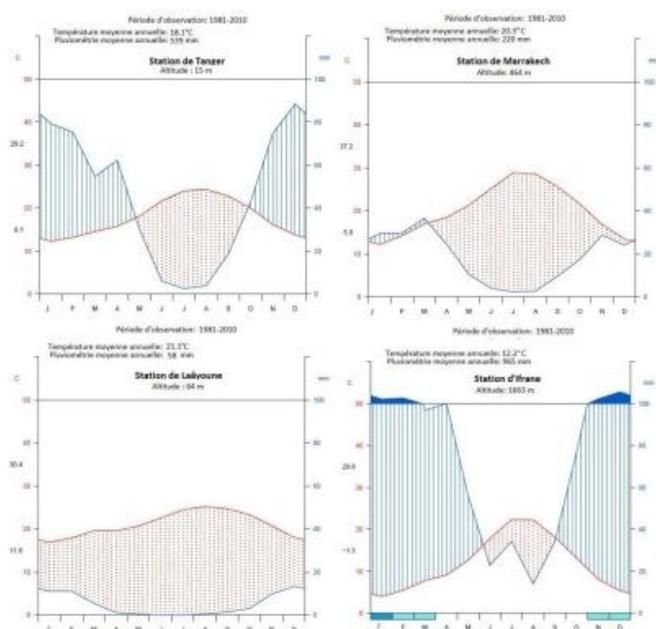


图 6. 根据戈森-巴纽尔指数（Gauss-Bagnouls index）绘制的水热关系图。站点包括：丹吉尔（夏干型地中海气候，Cs 型）、马拉喀什（草原气候，BSh 型）、阿尤恩（沙漠气候，BWh 型）和伊夫兰（地中海山地气候，Ds 型）。在伊夫兰的水热关系图中，横轴月份上的蓝色框表示极端最低气温低于 0°C 的时段（寒冷月份降水量超过 100 毫米阈值）。[图片来源：© Hanchane]

根据柯本气候分类法（参见焦点《柯本气候分类法》），摩洛哥境内存在四种气候类型：

- **地中海气候（Cs 型）**：夏季干燥的温带气候，对应典型地中海式气候；
- **干旱草原气候（BSh 型）**：夏季炎热干燥的草原气候；
- **干旱沙漠气候（BWh 型）**：夏季炎热干燥的沙漠气候；
- **地中海山地气候（Ds 型）**：夏季干燥的雪原气候，仅见于摩洛哥高山峰顶区域。

图 6 展示了代表摩洛哥不同气候类型的多个站点的水热关系图（依据戈森-巴纽尔指数[4]绘制）。

该分类将摩洛哥置于全球气候带中：**北部属温带气候（C类），南部属于干旱气候（B类）**。然而，考虑到摩洛哥东部地区的具体生物地理特征，根据恩伯格分类法（参见焦点《恩伯格分类法》），“干旱沙漠气候（BW型）”对应的是冬季温和至凉爽的干旱生物气候。在地中海沿岸，从凯卜达纳到胡塞马一带，生物气候属于冬季温和的半干旱类型。而根据柯本分类法，撒哈拉生物气候及其对应的沙漠气候类型，仅出现于菲吉格和布阿尔法站以东区域。

4.1 地中海气候（Cs型）

地中海气候带分布于大陆西岸的北纬 30°至 40°之间。根据定义，地中海气候（Cs型）以存在干季为主要特征。该气候带北接温带气候，南邻干燥的副热带沙漠气候。另一特点是，**太阳辐射强度随纬度南移而显著增强**。



图 7. 拉巴特-萨累北部塞胡勒地区，属于 Cs 型气候（摄于 2017 年 12 月）。图中景观展现了隆冬时节干旱天气造成的影响。[图片来源：© El Kassoui Jaafar]

从大西洋沿岸至东部阿尔及利亚边境，从地中海沿岸延伸至撒哈拉地区，再由海平面上升至高海拔地带，均可观测到地中海气候的不同变体（图 7）。根据戈森-巴纽尔指数的定义，**干季的干旱程度在向南部地区及阿特拉斯山脉屏障的背风侧延伸时逐渐增强**；而地形海拔效应则会缩短干季的持续时间，甚至短于沿海平原地区的干季（例如伊夫兰站）（图 6）。



图 8. 索维拉港（Cs 型气候），这座半干旱气候的城市受益于加那利寒流和冷水上涌的影响，冬夏气温温和，年温度较差较小。（摄于 2024 年 8 月）[图片来源：© Hanchane Mohamed]

在**摩洛哥沿海地区**，**雨季**从十月持续至五月，影响范围最北可至拉巴特。从卡萨布兰卡到杰迪代，雨季缩短为七个月（十月至次年四月）。萨菲的雨季为十月至次年三月，索维拉的雨季（图 8）为十一月至次年三月，阿加迪尔的雨季则

仅为十一月至次年二月。降雨高峰出现在十一月至十二月，而在伊夫兰和非斯地区，雨季可持续至四月。从索维拉往南，三月降雨量呈递减趋势。

向南推进时，地中海气候（Cs 型）逐渐过渡为半干旱及干旱生物气候（或草原气候-BSh 型）乃至极干旱生物气候（或沙漠气候-BWh 型）。柯本分类法中保留的“草原”与“沙漠”这些定性描述，揭示了冬季多雨的地中海气候（Cs 型）向荒漠化退化的趋势，而阿特拉斯山脉的走向，使得这一气候类型的南部边界难以精确划定[5]。

4.2 夏季炎热的草原气候（BSh 型）



图 9. 乌埃德·梅卢河(盖尔西夫省-摩洛哥东部)全景,乌埃德·梅卢河是乌埃德·穆卢耶河的主要支流。照片展现了在摩洛哥东部干旱草原气候区（BSh 型），沿河地带灌溉农业的发展状况（摄于 2020 年 3 月）[图片来源：© Hanchane Mohamed]

除穆卢耶河东侧流域外（图 9），其他经历半干旱至干旱退化的地中海气候区，降水仍保持唯一的冬季峰值特征。在摩洛哥区域内，降雨年际变率达到整个马格里布地区的最高水平，季节性降雨模式以春季峰值（根据德拉努瓦和勒孔特

[6]的划分,属“穆卢耶型”)为显著特点。此季节,这些内陆地区迅速增温,对流性降雨在阿特拉斯山脉以东发展。此外,除春秋季节出现的极端短时暴雨外,荒漠化也是该东部地区面临的切实威胁。这种草原气候同样存在于豪兹地区;马拉喀什旅游区(BSh型)则以极短的湿季(一月至三月)为标志(图6)。

4.3 夏季炎热的沙漠气候(BWh型)



图 10. 梅尔祖卡(拉希迪耶省, BWh 型气候), 撒哈拉沙漠腹地的自然奇观, 这里辽阔沙丘与壮丽的荒漠景观令人叹为观止。(摄于 2018 年 5 月)[图片来源: © El Kassioui Jaafar]

在摩洛哥南部和东南部地区,干旱达到顶峰,全年所有月份均呈干旱状态(图 10)。在撒哈拉各省份,极干旱气象站(如盖勒敏和坦坦站)仍能观测到十一月和十二月出现的最高温记录。继续向南推进,特别是在阿尤恩地区,这一气温峰值则移至一月。从达赫拉所处的纬度开始,九月又出现一个新的气温峰值,由此揭示了季风对摩洛哥南部各省气候的边缘性影响的重要性。



图 11. 拉希迪耶省塔菲拉勒特绿洲（BWh 型气候）中乔木、灌木与草本作物组合的示意图。摄于 2021 年 9 月 2 日。[图片来源：© Sadiki Abderrazzak]

在极端干旱的气候条件下，**绿洲环境构成了独特的生态系统**，这些系统由原住民族通过世代严格的水资源管理建造并维护至今。它们从摩洛哥东部的菲吉格延伸至西部大西洋沿岸的盖勒敏地区。这些绿洲的特征是降水量稀少（在极端干旱区年降水量有时不足 50 毫米），日温差极大（超过 30°C），夜间气温随季节变化可降至 0°C 左右。

通过“绿洲效应”，在沙漠内部形成了特殊的微气候。这种效应源于三层作物组合的营造，通常由椰枣树、果树以及蔬菜或饲料作物构成（图 11）。在肥沃土地稀缺的极端干旱环境中，由蒸散发产生的水汽、热量和光照为农作物种植和畜牧系统的发展创造了有利条件。绿洲水源的可持续性得益于来自高阿特拉斯山脉和安蒂阿特拉斯山脉的降水与冰雪融水补给，这些山脉在其北部和西北方向形成了自然边界。

4.4 摩洛哥的山地气候与降雪（Ds 型）



图 12. 阿特拉斯雪松：伊夫兰国家公园的雄伟树种（属 D 型气候）。（摄于 2021 年 12 月 20 日）[图片来源：© Hanchane Mohamed]

由于山坡坡向对日照和风场的差异性暴露，复杂多样的山地地形在陡峭河谷、洼地等区域发展出了多种地方性气候特征、地形气候及微气候[7]。然而，地中海气候的特有规律仍主导着摩洛哥山地气候的节律。地中海气候印记在伊夫兰站体现得较为显著（见图 6），它的表现为冬季降水峰值的持续存在以及干季缩短的特征（图 12）。此外，相较于平原地区，摩洛哥山地不仅保持着相似的降水序列分布规律，降水强度也更为剧烈。山区的降水量更为丰沛，但雨日数依然偏少，且多表现为历时很短的强阵雨。例如，里夫地区可能在数周内接收 1000 至 2000 毫米的降水，在某些湿润地段甚至可超过当地年平均降水量的一半。

尽管伊夫兰地区二月的最低气温月极小值可达 -5.3°C 的临界水平（1935 年二月曾记录 -24°C 的极值），但这并不足以将山地气候排除在地中海气候区之外。阿特拉斯山脉最具典型地中海特征，因具有显著的夏季干旱期，且是唯一能够完整展现恩伯格气候图谱中全部生物气候带谱系的山地，具有从极端干旱到过湿润，同时包含从炎热到极寒冷的所有海拔热力变型。这种气候多样性赋予了摩洛哥山地丰富的植被类型，在地中海气候区范围内展现出卓越生物多样性。

山区在**炎热季节**可能突发**雷暴风险**，例如 1995 年和 1999 年马拉喀什乌里卡河谷发生的特大暴雨就曾引发致命洪水。山区夏季降雨常伴随冰雹天气，对蔷薇科植物造成严重损害。2020 年 6 月 6 日菲斯-梅克内斯地区出现的直径超 5 毫米的强冰雹天气给当地居民带来严重困扰，其影响范围不仅覆盖中阿特拉斯山区，还波及菲斯、梅克内斯和塔扎等邻近城市。



图 13. 从阿古因眺望中高阿特拉斯山脉全景（瓦尔扎扎特省）：干旱气候 BWh 型与山地气候 Ds 型之间的鲜明对比。（摄于 2023 年 2 月 8 日）[图片来源：© Kessabi Ridouane]

在摩洛哥干旱与半干旱气候背景下，山区积雪对水资源供给起着至关重要的作用。位于大陆性干旱气候区的山峰地带，降雪的重要性就显得尤为突出(图 13)。积雪持续时间对当地居民生活和如牲畜饲养、作物生产、生活供给等用水需求具有决定性意义。积雪能够在北坡相对长期存留，主要受日照条件和风力作用的直接影响。此外，高阿特拉斯山峰的积雪对塔菲拉勒特和德拉河谷绿洲的水源可持续性具有关键作用；而中东阿特拉斯山脉（布伊布兰峰）的积雪则为盖尔西夫干旱平原（摩洛哥东部）的橄榄种植灌溉提供了重要保障。但是，积雪对全国水资源的具体贡献尚未得到充分认知。值得注意的是，中东阿特拉斯山区居民已日益感受到降雪量减少和积雪持续时间缩短对牧场生态和牲畜饮水构成威胁[8]。

4.5 大西洋沿海气候与加那利寒流的作用

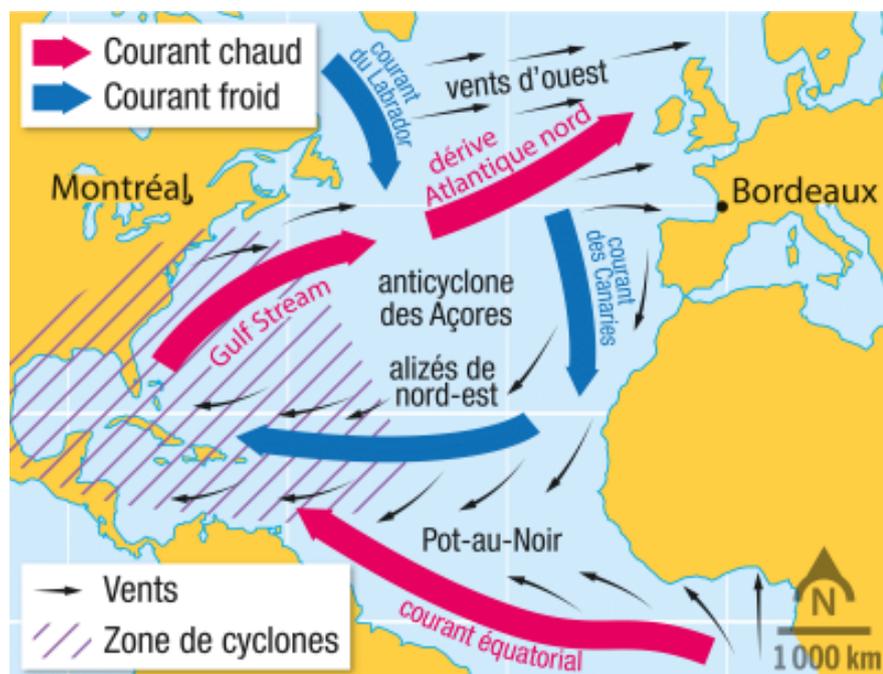


图 14. 北大西洋表层洋流示意图，展示加那利寒流与信风系统。[图片来源：© 2024 Arvik EcoTravel: <https://ecoarvik.com/ecosse-dou-viennent-les-dechets-sur-les-plages-bilan-de-nos-observations/>]

在北半球热带纬度且邻近摩洛哥的海域，加那利寒流是一股沿摩洛哥海岸南下的冷流，在夏季抵达布朗角附近，冬季延伸至塞内加尔沿岸。当北风盛行时，这股西北向洋流会加速运动（图 14）。

加那利寒流是受海岸上升流现象影响的全球四大东边界流之一[9]。在信风与地球自转的共同作用下，表层海水向海洋方向漂移，导致大陆架深处的冷海水上涌形成补偿流，即海岸上升流过程。**摩洛哥大西洋海岸完全受该洋流支配，并伴随随时间变化的冷水上涌现象。**被信风驱动的表面暖水流走后，由深层冷海水补充，使得加那利寒流温度进一步降低。

这股寒流在大气底层引发热力**逆温现象**，从卡萨布兰卡市开始可观测到此效应，从而促进接触海面的低层大气水汽凝结[10][11]。受大陆升温产生的上升气流吸引，凉爽湿润的海风持续吹向内陆。然而这种逆温层会抑制空气抬升，阻碍降水形成，并导致卡萨布兰卡内陆地区频繁出现雾天气象。



图 15. 西迪伊夫尼（BWh 型气候）：得益于雾气的调节，成为摩洛哥沙漠海岸线上的清凉绿洲。（摄于 2020 年夏季）[图片来源：© Hanchane Mohamed]

在南部各省份，海洋的影响主要体现在较高的空气湿度和频繁的雾天气象中：塔尔法亚年露日数为 24 天，达赫拉为 33 天，而斯马拉仅 2 天。摩洛哥的沙漠海岸线是广袤沙漠湿度体系中的一个特例（图 15）。除了沿海地带的高湿度外，大西洋的寒冷海水促进了水汽凝结并形成海雾。这些海雾消散迅速，难以侵入温度更高的大陆内部，在接触温暖陆地后便迅速蒸发。对于南部省份而言，海雾带来的水分补给至关重要。例如，西迪伊夫尼的干旱气候特征表现为年降水量仅约 100 毫米，而此外还有 120 毫米的降水来自覆盖海岸线 5 至 10 公里宽带的频繁海雾。上升流区域同时是生物活动高度活跃、鱼类资源高产的海域。

5. 总结

- 摩洛哥的地理位置处于南部热带纬度与北部温带纬度之间，受高空与地表大气条件的共同影响。
- 摩洛哥地理条件，如地形效应、大陆性、地中海西海盆、加那利寒流以及摩洛哥大西洋沿岸的深层冷水上涌（上升流），对调节气候起着决定性作用。
- 摩洛哥北半部为地中海气候，向南逐渐过渡为干旱沙漠气候，向东则转为干旱草原气候。里夫山脉和阿特拉斯山脉赋予摩洛哥独特的地中海气候条件，其中可找到所有生物气候变体。作为国家“水塔”的摩洛哥山区，在形成雪等固态降水方面发挥关键作用，这些降水同时补给地下水和地表径流。阿特拉

斯山峰的降水保障了绿洲水资源与农作物的可持续性，并形成促进绿洲繁荣的独特微气候。

- 在信风影响下，加那利寒流对摩洛哥撒哈拉海岸气候产生显著影响，带来较低气温并缓解南部沙漠地区特有的酷热。伴随冷水上涌现象，削弱了沙漠热浪的影响，在沿海形成较为温和的气候。此外，冷水团促进海雾生成并形成特定微气候，对增加沿海地区湿度、维持植被，尤其在西迪伊夫尼以南区域具有关键作用。
- 面对气候变率及气候变化的潜在影响，全国正日益受到持续时间更长、发生更频繁的干旱危机威胁，而昼夜气温升高与热浪期延长，会进一步加重干旱的严重性。过去十年间显现的恶化过程，现已表现为全国范围的水安全危机。因此，严格的水资源管理与节水措施已成为国家适应气候变化、提升韧性的优先要务。如果不采取可持续管理，我们的未来必将受到严重威胁。

参考资料及说明

封面图片：天气与气候监测卫星图像，显示大西洋海岸外有一个正在降水的云系，而摩洛哥上空则处于稳定的大气条件和冬季干旱状态。图像拍摄于 2024 年 12 月 18 日。[图片来源 © EUMETSAT, 2024](<https://pics.eumetsat.int/viewer/index.html>)。

[1] Beck, H. E., et al. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), 1-12. <https://www.nature.com/articles/sdata2018214>

[2] CHELSA 数据（高分辨率地球陆地表面气候数据）是一套由瑞士联邦森林、雪与景观研究所（WSL）托管的超高分辨率（30 角秒，约 1 公里）全球气候数据集。

[3] Karger et al. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4, 170122. <https://www.nature.com/articles/sdata2017122>

[4] Gaussen H. & Bagnouls F. (1952) L'indice xérothermique. *Bulletin de l'Association de Géographes Français Année 1952*, pp. 10-16

[5] Tassin, C. (2012). *Paysages végétaux du domaine méditerranéen*. France : IRD. 421 p. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-01/010055378.pdf.

[6] Delannoy, H. and Lecompte, M. (1980). Use of correspondence factor analysis for the study of daily precipitation: an example in Morocco. *Méditerranée, Third Series, Volume 40*, pp. 29-36. https://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1980_num_40_4_1952.

[7] 由于观测手段的缺乏，这些空间尺度较小的气候特征尚未在摩洛哥气候学研究中得到充分阐明。

[8] 我们于 2023 年 6 月进行的一次实地调查，该调查是 CNRST（国家科学技术研究中心）资助的一个国家项目的一部分。

[9] 东边界上升流生态系统（EBUEs）是全球生产力最高的生态系统之一。它们覆盖的海洋面积很小（<1%），却贡献了全球 20%的渔获量。

[10] Leroux, M. (2002). The so-called “Mediterranean” subtropical climates and the climates of the Mediterranean (2nd part). *Geographic information*. 66, 1, pp. 34-52.
https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_2001_num_65_4_2773

[11] Leroux, M. (2001). The so-called “Mediterranean” subtropical climates and the climates of the Mediterranean (1st part). *Geographic information*. 65, 4, pp. 304-320.
https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_2002_num_66_1_2788