

الأكاديمية العربية الدولية



الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية المقررات الجامعية

الأرض والجافة

تأليف
كنيث الطون
أستاذ الجغرافيا - جامعة أيرلندا

الدكتور علي عبد الوهاب شاهين
أستاذ الجغرافيا البشرية - جامعة الإسكندرية

١٩٩٠

الناشر: **مكتبة** **الكتاب** **القديم**
جمال حمزة وشركاه

بسم الله الرحمن الرحيم

«وجعلنا من الماء كل شيء حي»

صدق الله العظيم ،

تقديم

بأستثناء مساحات صغيرة ، يعتبر وطننا العربى من أوضح الأمثلة على المناطق الجافة وشبه الجافة ، والتي تمثل حوالى ثلث مساحة يابس كوكبنا الأرضى وحيث أن هذه الرقعة الشاسعة – رغم قسوة الظروف الطبيعية بها وبخاصة المناخية منها – تعتبر صمام الأمان فى سد حاجة البشرية أمام الضغط السكانى المتزايد فى البيئات الأخرى الأكثر حنوا على أبنائها ، أتجه أهتمام العلماء على أختلاف مشاربهم وكذلك الهيئات العلمية العالمية إلى هذا الثلث من العالم للدراسة إمكانياته الطبيعية والبشرية بغية التعرف بها ما يستطيعه الانسال من تنظيم إستغلاله بعدما أصبحت لديه من وسائل الاستغلال العلمية لتلك البيئة القاسية . ما يمكنه من التغلب على عقبات وقفت أمام أسلافه وحالت دون إستفادتهم من تلك المناطق التى ربما لم تدعهم الحاجة آنذاك إلى خوض غمار صراع معها

وكواحد من الجغرافيين العرب ، شعلنى كما شغلهم تقديم دراسة جغرافية متكاملة عن تلك البيئة التى تتمثل باجلى صورتها على أرضنا العربية . ولقد أتيحت لى الفرصة الأولى عندما حاضرت للعام الجامعى ٦٠ / ١٩٦١ طلبة الليسانس بقسم الجغرافيا جامعة الاسكندرية عن جغرافية الصحارى كموضوع خاص . ومنذ ذلك الحين أرتبطت مشاعرى الجغرافية بهذه البيئة حتى أتيحت لى فرصة أخرى بالقيام بتدريس هذا الموضوع فى العام الجامعى ٧٠ / ١٩٧١ . غير أنى كنت أحس أن ما توصلت إليه عن بيانات جغرافية عن هذه البيئة لا يكفى تغطية الجوانب الطبيعية والبشرية بحيث يمكن تقديمه كعمل جغرافى متكامل . وعندما صدر كتاب « الأراضى الجافة The Arid Zones » ضمن مجموعة كتب هتشنس ، أحسست بعد قراءته بأنه الكتاب الذى كنت أود أن أقدمه للقارئ تأليفا ، ويرجع هذا لعدة أسباب نجملها فيما يأتى :

أولا : أن مؤلف هذا الكتاب قد تناول بالدراسة كل العناصر الجغرافية البيئية الصحراوية الجافة وشبه الجافة ، ويتضح ذلك من قائمة محتويات الكتاب .

ثانيا : أنه قد أتاحت للمؤلف فرصة زيارة المنطقة العربية وبخاصة ليبيا . وله - كما يتضح من قائمة المراجع - مقالات أحدهما عن واحة جالو بليبيا والآخر عن فصائل الشجيرات في هضاب بركة .

ثالثا : لقد حرص المؤلف في كل فصول الكتاب الثانية أن يكون أستشهاده على الظروف الجغرافية في المناطق الصحراوية متوازنا فلم يترك منطقة صحراوية في العالم إلا وأعطاها قدرا من المعرفة كافيا لإبراز مكانها بين المناطق الصحراوية الأخرى ، ورغم ذلك كانت أمثله التطبيقية مستمدة في معظمها من صحارينا العربية

رابعا : لم يغفل المؤلف في دراسته لموضوعات الكتاب المقارنة بين صحارى العالم القديم وصحارى العالم الجديد مستهدفا أيضا توضيح الشخصية الجغرافية لكل منها وإمكانية تطبيق أساليب أستغلال الأرض المستخدمة في إحداها على الأخرى ، خاصة بعد أستخدام التكنولوجيا الحديثة في أستغلال الموارد المدنية والزراعية

خامسا : كما لم يغيب عن المؤلف في عرضه لكل موضوع من موضوعات الكتاب مناقشة المشاكل التى يمكن أن تترتب على أستخدام الوسائل الحديثة في أستغلال الأراضي ، مع محاولة التنبيه إلى إمكانية تجنب هذه المشاكل والتغلب عليها .

سادسا : ولما كانت هذه المناطق الجافة وشبه الجافة تتمتع خلال الفترات الجيولوجية الحديثة (البلايستوسين والحديث) بظروف مناخية أكثر رطوبة مما هى عليه في الوقت الحاضر ، وكانت تتصف بالاعتدال في العناصر المناخية الأخرى ، فإن الاستقرار البشرى القديم قد وجد بيئة مناسبة للأزدهار سواء على ضفاف الأنهار المخرقة لتلك المناطق الصحراوية ، أو في الواحات المبعثرة في أرجائها ، أو في المناطق الساحلية والجبلية . ولقد لمس المؤلف هذه السمة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، ولذلك نجدة

كان حريصا على تتبع الأصول الحضارية القديمة لكل نشاط بشري ، في تسلسل منسجم ومعالجة علمية واعية توضح أهمية الربط بين استغلال هذه المناطق في الوقت الحاضر وجلوورها الحضارية القديمة .

كانت كل هذه من الأسباب التي دفعتني إلى نقل هذا الكتاب إلى اللغة العربية حتى يمكن للمهتمين باستغلال الأراضي الصحراوية الاستفادة منه . ولقد حاولت أن أكون أميناً على نقله بأسلوب عربي واضح . وأرجو بهذا أن أكون قد أسهمت بلبنة في سد فراغ في مكتبتنا العربية بعمل نشعر ، أمام امتداد رقعة الأرض الصحراوية من حولنا ، أننا في أمس الحاجة إليه .

والله ولي التوفيق ،،

المترجم

دكتور / علي عبد الوهاب شاهين

الفصل الأول

طبيعة وأسباب الجفاف

الأراضي الجافة وشبه الجافة : تعريف الجفاف .
أسباب الجفاف .

طبيعة وأسباب الجفاف

يعتبر المناخ من العوامل الأساسية في خلق سمات البيئة الجافة . إذ أنه يتحكم في الكيفية التي تختلف بها ظاهرات السطح والنبات والحيوان والتربة وأساليب الحياة نوعا ودرجة عن مثيلاتها في المناطق الرطبة على سطح الأرض . ففي الصحارى الداخلية من آسيا الوسطى وأفريقيا ، وفي السواحل الجافة ذات الضباب الكثيف بكل من بيرو وجنوب غرب أفريقيا ، تعتبر ندرة المياه في الطبقة العليا من الصخور وفي الإرسابات السطحية من العوامل التي تحد من إستغلال الأرض وتطورها .

ولما كان نقص المياه غالبا ما يعزى إلى قلة الأمطار مع ارتفاع معدلات البخر فإنه من المنطقي إذن أن نبحث عن مدى وأسباب قلة التساقط في المناطق الجافة التي تشغل حوالى ثلث مساحة اليابس على سطح الأرض . ولكنه لسوء الحظ نجد أن كثافة السكان في تلك الجهات عادة ما تكون منخفضة بسبب ظروف البيئة ، كما أن التحيلات المناخية الدقيقة لا يمكن أن تعتمد على المحطات العلمية الحديثة الإنشاء كتلك التي أنشأها الفرنسيون في الصحراء الكبرى والتي أنشأها الصينيون والروس في آسيا الوسطى . غير أن الاحصاءات التي سجلتها هذه المحطات نادرا ما يصل إمتدادها إلى خمسين عاما ، كما أن محطات الرصد غالبا ما تكون متباعدة . بل إنها حيث وجدت لمدة طويلة لم تكن دائما تسجل البيانات التي يحتاجها الباحث في علم المناخ أو في الجغرافيا الحيوية . وينعكس نقص هذه البيانات على الخرائط المناخية التي أنشئت من أرصاد سجلت في عدد قليل ومتناثر أو متباعد من المحطات وبيانات إستنتاجية للمناطق التي تقع بينها . وإنه لمن الواضح أن الانحناءات البسيطة في خطوط المطر المتساوى ما هى إلا تعبير عن تعميمات سيصحبها التعديل في السنوات القادمة .

الأراضي الجافة وشبه الجافة : تعاريف الجفاف :

لهذا النقص في البيانات المناخية الدقيقة دوره في المسئولية عن المحاولات العديدة وغير المقنعة في تحديد هوامش المنطقة الجافة على أساس البيانات المناخية وكذلك في تقسيم المناطق الجافة إلى أقسامها الأكثر أو الأقل رطوبة . ولما كان الجفاف أساساً هو محصلة العلاقة بين المطر والحرارة والبحر ، فإن من الخطأ تعريف الجفاف على أساس عنصر واحد من تلك العناصر ، وذلك على الرغم من أن المتوسط السنوي لكمية ما يسقط من الأمطار كان يؤخذ باستمرار كدليل بسيط على الجفاف ، فلقد أعتبر بعض الدارسين خط المطر المتساوي ٢٥٤ ملميمتراً (١٠ بوصة) حداً للمناطق الرطبة ، وخط المطر المتساوي ١٢٧ ملميمتراً (٥ بوصة) حداً داخلياً للمنطقة الجافة كما اعتبر الحد الجنوبي للصحراء الإفريقية متفقاً مع خط المطر السنوي ٢٥٠ ملميمتراً (٩٫٨ بوصة) ، والحد الإستوائى لنطاق السافانا شبه الجاف متمشياً مع خط المطر السنوي ٤٠٠ ملميمتراً (١٥٫٧ بوصة) . ولكن هذه الحدود تعتبر ، على الرغم من ذلك ، حدوداً غاية في التبسيط لأنها تتجاهل عنصر الحرارة وتأثيره على القيمة الفعلية للأمطار ، إلا أنها قد تكون هامة إذا ما ربطت خطوط مطر مختارة بالتغيرات في خصائص النبات الطبيعي ، واستثمار الأرض وطرق المعيشة . وفي هذا الصدد ، يقال أن خط المطر المتساوي ٤٠٠ ملميمتراً (١٥٫٧ بوصة) يحدد الإمتداد الجنوبي للنطاق الجاف في شمال إفريقيا ، وهذا له دلالة الواضحة ، فإلى الشمال منه لا تقوم الزراعة دون عمليات الري ، فالحاجة إذن إلى الري كثيراً ما تستخدم لتحديد النطاقات الجافة .

وللعمليات الجيولوجية وبيولوجية ، وللنبات الطبيعي ، وكذلك الزراعة ، ولظواهر أخرى مناخية مثل الفصلية في سقوط المطر ومدته وكثافته ، من الأهمية ما لكمية المطر ؛ كما أن للدرجة الحرارة التي تؤثر بدورها على معدل ودرجة البخر دلالتها العظمى . فلقد تبين بنك Penck في عام ١٩١٠ أن البخر يفوق التساقط في المناطق الجافة عندما جعل

حدود الأراضي الجافة في الأماكن التي يتساوى فيها البخر مع التساقط . فهناك علاقة واضحة وهامة بين درجة الحرارة والتساقط والبخر ، غير أنه في الوقت الذي كان تسجيل الحرارة والتساقط ممكناً وبسهولة في محطات المناطق الجافة ، كان قياس البخر أكثر صعوبة كما كانت أرصاده قليلة ولفترات قصيرة . وقد منع هذا النقص في البيانات عن البخر مفهوم بنك من التطور على نطاق أكبر ، وقد جعل كثيراً من أسس الجفاف والتصنيفات المناخية المرتبطة بها تعتمد على استخدام عنصر المطر والحرارة .

وعلى الرغم من قلة إحصائيات المطر ، فقد حاول كوبن Koppen في عام ١٩١٨ الربط بينه وبين الحرارة ليوضح الحدود بين المناطق الصحراوية ومناطق الأستبس . فربط في نظامه للتقسيمات المناخية الحد الذي يفصل بين المناطق الصحراوية والمناطق الرطبة التي يتورع فيها سقوط المطر توزيعاً واضحاً خلال السنة بخط المطر المتساوى ٢٠٠ ملليمتر (٧٩ بوصة) وذلك عندما يكون المتوسط السنوى للحرارة هو 5°C - 10°C (41°F - 50°F) : لكن هذا الحد يتبع خط المطر المتساوى ٢٢٠ ملليمتر (١٣ ١/٢ بوصة) في المناطق ذات المتوسط الحرارى السنوى 25°C (77°F) . أما الأرقام المناظرة لهذه الأرقام كحدود تفصل مناطق الاستبس عن المناطق المطيرة (الرطبة) فهي خط المطر المتساوى ٤٠٠ ملليمتر (١٥ ١/٢ بوصة) عند متوسط حرارة سنوى 5°C - 10°C (41°F - 50°F) وخط مطر ٦٤٠ ملليمتر (٢٥ ١/٢ بوصة) عند متوسط حرارة سنوى 25°C (77°F) .

والنظرة التحليلية لهذا النظام توضح أن أهمية عنصر المطر تتباين تبعاً لفصل سقوطه ، فأمطار الفصل البارد أكثر أثراً في مناطق تتمتع بدرجة حرارة كافية لنمو النبات حيث أن ما يفقد من المطر عن طريق البخر في تلك المناطق أقل منه في تلك التي تسقط عليها الأمطار في الفصل الحار من السنة . وتتضح هذه الظاهرة بالفرق بين

إمكانية الزراعة لمناطق تتساوى فيما يسقط عليها من أمطار وذلك في كل من الهوامش السودانية وهوامش البحر المتوسط للصحراء الإفريقية . فهامش الاستبس ، على سبيل المثال ، ينفق وخط المطر المتساوى ٧٥٠ ملممترًا (٢٩٠٥ بوصة) في ظل نظام المطر الصيفي ذى متوسط الحرارة السنوى ٥٢٥°م (٥٧٧°ف) أما في المنطقة ذات المطر الشتوى والتي تتمتع بنفس المتوسط السنوى لدرجة الحرارة فإن هذا الهامش يتمشى مع خط المطر المتساوى ٥٣٠ ملممترًا (٢١ بوصة) . ولقد قام كوپن Koppen بتقسيم مناخى معدل (أعتمد فى تقسيمه الأول على النطاقات النباتية) مرتبطا بتلك الخصائص الفصلية لكل من الحرارة والمطر . فمناخ الاستبس (BS) والمناخ الصحراوى (BW) قد ميز كل منها بالحرف (h) وهو إختصار الكلمة الألمانية "heiss" ومعناها حار وذلك حيث يزيد المتوسط السنوى للحرارة عن ١٨°م (٦٤٫٤°ف) ؛ وكذلك بالحرف (k) وهذا إختصار لكلمة "Kalt" الألمانية ومعناها بارد حيث يكون المتوسط السنوى للحرارة أقل عن ١٨°م (٦٤٫٤°ف) ويكون متوسط الحرارة لأدفاً الشهور هو ١٨°م أى أنه يتمتع بشتاء بارد . أما الصحارى الساحلية فإنها قد ميزت بالحرف (n) وهو إختصار لكلمة "nebelig" الألمانية ومعناها ضباب وذلك للدلالة على كثرة الضباب والشابورة .

أما Lang و De Martonne فقد إستخدما أسسا أخرى فى رسم خرائط توزيع نسب الرطوبة . واستخدمت هذه الاسس لتحديد المناطق الجافة فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا . وأدى العمل الذى قام به "Lang" للتوصل إلى ما يعرف باسم « معامل المطر Rain Factor Index » وحصل عليه بقسمة المتوسط السنوى للمطر بالمليمترات على المتوسط السنوى للحرارة بالدرجات المئوية أى

$$\frac{\text{ط (بالمليتر)}}{\text{ح (درجة مئوية)}} \left(\frac{|P_{\text{mm}}|}{T_{\text{c}^{\circ}}} \right) \text{ . } (١)$$

وعرف المناطق التى يصل فيها ناتج

(١) الح - ط = دمر به 'خمسة المليمتر' السنوى ، والم - ح = دمر به المتوسط الحرارة السنوى بالدرجات المئوية .

هذه النسمة إلى أقل من (٤٠) بأنها مناطق جافة . ففي بلدة « Ynma » في صحراء أريزونا مثلا يصل ناتج هذه المعادلة إلى (٣٥) في حين أنه لا يصل في بلدة غدامس في إقليم طرابلس بليبيا إلا إلى (٧) فقط . ويصل إلى : الصفر في المناطق التي لا يتضح فيها سقوط الأمطار مثل عين صلاح في الصحراء الإفريقية وأسوان في مصر وكذلك والفس|بي Walvis Bay في جنوب غرب أفريقيا .

وقد أدخل (دى مارتون) تعديلا طفيفا على معادلة (لانج) في عام ١٩٢٨ ليحصل على معامل آخر للجفاف|إستخدام فيه بيانات الحرارة والمطر أيضا وأصبحت معادلة :

معامل الجفاف = $\frac{T}{T + 10} \cdot \frac{p}{100}$ حيث ط (p) تمثل متوسط كمية المطر السنوى بالمليمتر ح (T) تمثل متوسط الحرارة السنوى بالدرجات المئوية . وإذا طبقت هذه المعادلة وصل المعدل في بلدة (يوما Ynma) في صحراء أريزونا إلى (٢٤) وفي بلدة (ليما Lima) إلى (١٢) ، وعليه فإن كلتا البلديتين تقعان في حدود النطاق الصحراوى الصرف الذى حدده (دى مارتون) بمعامل الجفاف (٥) . هذا وقد حدد (كوبن) أيضا الاستبس الجافة ، أى حد الزراعة بدون رى بمعامل الجفاف (١٠) (يصل المعامل في طهران إلى [٩٥]) . وفى عام ١٩٤٢ عدل (دى مارتون) هذه المعادلة بجعلها تتضمن تمثيل المجموع الكلى لمتوسط المطر ط ١ بالمليمترات (p in mm) ومتوسط حرارة|أجف الشهور (ح ١ بالدرجات المئوية - t in c°) . ومن ثم أصبحت المعادلة على النحو الآتى :

$$\frac{12p}{T + 10} + \frac{p}{100} - \frac{T}{T + 10} \text{ أى } \frac{12p}{T + 10} + \frac{p}{100} - \frac{T}{T + 10}$$

(١) مطر (١ ط) ، و (١ ح) متوسط المطر بالشهور على مدار السنة ، و (١ ح) متوسط حرارة|أجف الشهور .

وتطبيق هذه المعادلة على الصحراء الكبرى ووادي الموت Death Valley في صحراء كاليفورنيا وجد أن ناتجها أقل من (٥) : في حين أن كلا من (دلفر Delver) و كلورادو Colorado) تصل قيمة الناتج فيها إلى (١٨) . ومن ثم فإنهما لا تعتبران داخلتان في النطاق الجاف .

وتعتبر كل من معادلتى (لانج) و (دى مارتون) قابلتين للنقد حيث أنهما يجعلان عملية البحر تبدو وكأنها من شأن الحرارة فقط ، وذلك على الرغم من علاقة هذه العملية بعوامل عدة تشمل كمية الرطوبة في التربة ، ونوع نسيج التربة وقوة الرياح ، والضغط الجوى ، والرطوبة النسبية ، والغطاء النباتى ثم نمط استخدام الأرض . وبالرغم من هذا فإن تعريف الأراضى الجافة الذى قدمه كل من لانج ودى مارتون ، يعتبر تقريبا مقبولا لاستخدام متوسطات الحرارة والأمطار غير أن كل المعادلات التى تعتمد على المتوسطات تنتهى عادة إلى نتائج غير قاطعة خاصة في المناطق الجافة التى تتباين فيها كميات الأمطار الساقطة سنويا . فإذا ما قارنا على سبيل المثال معامل الجفاف لديمارتون والذى حسبه لبلدة يوما في عام ١٨٩٩ بذلك الذى قام بحسابه في عام ١٩٠٥ ، نجد أن يوما ، قد أصابها في عام ١٨٩٩ ثلث من المطر يصل إلى ٢٥ ملليمتر (بوصة واحدة) ، أما في عام ١٩٠٥ فقد سقط عليها أكثر من ٢٨٠ ملليمتر (١١ بوصة) . وأختلاف كميات الأمطار بهذا التدرج لا يشجع على الثقة حتى في معادلات أكثر دقة تهدف إلى وضع الحدود بين الأراضى الجافة والأراضى المطيرة ، أو إلى معرفة درجة الجفاف في نطاق الأراضى الجافة نفسها .

وفي عام ١٩٢٨ قام Meyer بمحاولة بغية التغلب على مشكلة نقص البيانات الخاصة بمعدلات البحر الحقيقية . فاعتبر أن البحر مظهر أو نتيجة للنقص في درجة التشبع Satrnation Defeit ، ومن ثم يمكن تنديده إذا ما أمكن التوصل إلى أرقام الحرارة والمطر والرطوبة بالنسبية ، وهذا معناه استخدام خصائص الرطوبة الجوية في محطات تسجيل

الأرصاء . فباستخدام مقدار النقص المطلق في درجة تشبع الهواء والذي يمكن الحصول عليه بطرح الضغط الفعلي لبخار الماء من ضغط التشبع أى من أقصى ضغط للبخار في نفس درجة الحرارة السائدة (١) - ويمكن الحصول على أقصى ضغط لبخار الماء من جداول نقطة الندى - تمكن Meyer من قياس درجة الجفاف بالمعادلة : $\frac{P}{SD}$ حيث P تمثل كمية الأمطار بالملليمترات و SD تمثل مقدار النقص أو الفرق بين الضغط الفعلي لبخار الماء في الهواء وبين ضغط التشبع . وعلى هذا الأسس ذكر أن حد المناطق شبه الجافة تكون قيمة معادلة (٨٩) أما حد النطاق الجاف فتقل قيمته عن (٤٤) وعلى الرغم من أن معادلة $\frac{P}{SD}$ لم تأخذ في الاعتبار كل العوامل المتحركة في عملية البخر ، إلا أنها تعتبر أكثر دقة من تلك المعادلات التي أقتصرت على بيانات درجات الحرارة والأمطار . وعلى الرغم من أن قيم الرطوبة النسبية أكثر تسجيلاً من قيم البخر إلا أن التوصل إليها مازال غير سهل بحيث تكون كافية لتقديم حل عملي للمشكلة . ولقد حاول ثورنثويت Thornth-waite ، في عام ١٩٣١ تحديداً أكثر دقة للمناطق الجافة عن طريق قياس قيمة التبخر باستخدام المعادلة $\frac{P}{E}$ حيث P تمثل مقدار المطر السنوي و E مقدار البخر بالبوصات . وتعتبر نتيجة هذه المعادلة مقياساً للقيمة الفعلية للأمطار الساقطة وتصل أقصى قيمة لها عندما تكون درجة البخر من سطوح الماء المكشوفة معروفة . ويمكن الحصول على هذا المقياس بتحديد مجموع معدلات $\frac{P}{E}$ لأشهر السنة الأثني عشر ثم ضربه في عشر للتخلص من الكسور أى :

$\frac{P}{E} = M \times 10$. أما بخصوص المحطات التي يصعب الحصول منها على بيانات عن كميات البخر ، فقد قدم ثورنثويت معادلة معتمدة على المتوسط الشهري للمطر والحرارة وتخلص في ضرب مجموع معدلات $\frac{P}{E}$ لأشهر السنة الاثني عشر

(١) ضغط التشبع يعقد به ٥٠٠ حار الماء في الهواء إذا بلغ رطوبة النسبة ١٠٠ ٪ في نفس درجة الحرارة .

$$\text{في } 115 \left(\frac{\text{المطر}}{10 - \text{الحرارة}} \right) \frac{1}{10} \text{ أى}$$

$$\frac{p}{E} = M 12 115, \frac{p}{T - 10}, \frac{9}{10}$$

حيث p تمثل المطر بالبوصات و T تمثل المتوسط الشهري للحرارة بالدرجات
الفهرنهايتية . وإذا ما قورنت هذه القيم التي توصل إليها Meyer لحدود المناطق شبة
الجافة والجافة وهى (٨٩) ، (٤٤) نجدها على التوالى (٣١) ، (١٦) .

وفى المنطقة التى كانت تعرف سابقاً باسم الصحراء الفرنسية يوجد حوالى ثلاثون
محطة أرساد جوية تقيس كمية البحر . وقد تمكن كابوت رى Capot - Rey من تحديد
حدود الصحراء الافريقية مستخدماً بيانات هذه المحطات . كما تمكن من التوصل إلى
بيانات القيمة الفعلية للأمطار Rainfall Efficiency (I) بحساب متوسطات معدلات
المطر السنوى (p) البحر السنوى (E) ، والمطر (p) / البحر (e) لأكثر الشهور
مطراً وفقاً للمعادلة الآتية :

$$100 \frac{p}{(I)^E} + 12 \frac{p}{e}$$

2

وقد وجد أنه فى المحطات التى تتساوى فيها كميات المطر أن أدنى ناتج لهذه المعادلة
يكون فى المحطات التى تسقط عليها الأمطار فى الشهور الحارة أو الدفينة . وتدل قيم
هذا الناتج التى تتراوح ما بين (٤) ، (٥) على حدود النطاق الصحراوى .
ويعتمد نجاح تطبيق مثل هذه الطريقة على وجود مثل هذه المحطات بكثرة أى تلك التى
يتم فيها قياس عنصر البحر ، ولهذا نجد أن الحد الشمالى للصحراء الإفريقية قد حدد
بدقة أكثر من الحد الجنوبى .

وإذا كان الحصول على كمية البخر في المناطق الجافة أمرا صعبا فمن الواضح أن عملية النتح التي يقوم بها النبات وهي من الوسائل الهامة لفقد المياه يكون الحصول عليها أكثر صعوبة . ولكن على الرغم من ذلك نجد أن ثورنثويت يؤكد أهمية العلاقة بين البخر والنتح كأكثر الأدلة دقة للتمييز بين أنواع المناخ في المناطق الجافة . ويطلق على هذه العلاقة تعبير Potential Evapo-Transpiration أى كمية المياه التي تعود إلى الغلاف الجوى من أرض تكسوها النباتات وتوجد رطوبة كافية لازدهار هذا الغطاء النباتى فى كل الأوقات . وعلى الرغم من أن هذه الظروف - حسب هذا التعريف - لا تتوفر فى المناطق الجافة ، فإن هذا لا يقلل من قيمة هذه الوسيلة لقياس درجة الجفاف طالما أنها تمثل كمية المياه التي يحتاجها النبات الطبيعى والمحاصيل الزراعية ؛ فهي تعطى دليلا مفيدا لما يحتاجه النبات من مياه الأمطار أو من المياه اللازمة للرى وذلك فى ظل ظروف مناخيه معينة . وذلك دون اعتبار للمشكلات التي تسببها بعض النظم الاجتماعية أو الاقتصادية للمزارعين أنفسهم . هذا وقد وجد أن مقدار معامل الجفاف الذى يمثل حدا للمناطق الجافة - طبقاً لمعادلات ثورنثويت ، التي توصل إليها عام ١٩٤٨ والتي تربط بين البخر والنتح - هو (٤٠) ، أما المعامل الذى يمثل حدا للمناطق الهامشية شبه الجافة فهو (٢٠) .

ولكن نظرا لأن عدد المحطات التي تسجل كميات النتح قليلة ، فقد تقدم ثورنثويت بمعادلة مستخدمات فيها بيانات خاصة بدوائر العرض ودرجات الحرارة فقط (١) .

(١) لى عام ١٩٤٩ تقدم Khosh بمعادلة بسيطة عن فقدان المياه بغامل البخر / نتح بالبرصات هي
$$Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$
 حيث Lm كمية الفاقد الشهري بالبخر والنتح بالبرصات ، Tm يمثل متوسط الحرارة بالدرجات الفهرنيتية . فعندما يكون المتوسط الشهري للحرارة أقل من ٥٤° ف ، يكون الفاقد بالبخر / نتح على النحو الألى :

المتوسط الشهري للحرارة	٥٤° ف	٥٢° ف	٥٠° ف	٤٨° ف	٤٦° ف
كمية الفاقد الشهري	١٤.٠	١٧.٠	٢٠.٠	٢٥.٠	٣٠.٠

وتكاد هذه القيمة تكون متطابقة أم التطابق مع تلك التى توصل إليها ثورنثويت بحساباته الدقيقة .

وباستخدام هذا الأسلوب تمكن Peveril Meigs في عام ١٩٥٢ من خريطة لليونسكو (شكل ١) . وهي خريطة للعالم مبين عليها المناطق الجافة مقسمة إلى : شبه جافة ، وجافة وشديدة الجفاف (وقد عرفت المناطق الشديدة الجفاف بأنها تلك التي قد يمر عليها على الأقل اثني عشر شهراً متتالية دون سقوط أمطار ، وحيث يفتقر سقوط المطر بها إلى الانتظام الفصل) ويوضح الجدول الآتي مساحة الأراضي الجافة التي تنتمي إلى كل نمط من تلك الأنماط الثلاثة السابقة الذكر :

نوع المناطق الجافة	المساحة بالميل المربع	المساحة بالكيلو متر مربع	النسبة المئوية %
شبه جافة	٨,٢٠٢,٠٠٠	٢١,٢٤٣,١٨٠	٤٣,٤٨
جافة	٨,٤١٨,٠٠٠	٢١,٨٠٦,٢٠	٤٤,٦٣
شديد الجفاف	٢,٢٤٤,٠٠٠	٥,٨١١,٩٦٠	١١,٨٩
المجموع	١٨,٨٦٤,٠٠٠	٤٨,٨٥٧,٧٦٠	١٠٠,٠٠

وتمثل الأراضي الجافة عامة حوالي ٢٦ % من مساحة اليابس الأرض والتي تصل إلى حوالي ٥٢ مليون ميل مربع (حوالي ١٣٣ مليون كيلو متر مربع) وهناك خرائط ذات مقياس أكبر في طريقها للأنشاء ، وسوف تمثل هذه الخرائط بصورة أكثر تفصيلاً المناطق التي تتمثل فيها خصائص الجفاف .

ولقد وضح أن هناك صعوبات جمة أمام المحاولات الخاصة بوضع معادلات قائمة على أسس مناخية لتوضيح صفة الجفاف ، ويفضل بعض الدارسين استخدام النبات

(١) تحويل المساحة إلى كيلو مترات مربعة وذلك استناداً إلى النسبة المئوية من حساب الترجمة .



شكل ١ : توزيع درجات الجفاف ، وأحواض التصريف المائي ، ومناطق الجريان
السطحي غير المشبع.
عن : (Meigs, by courtesy of UNESCO, and de Marroune)

الطبيعى كأساس فى تلك المعادلات ، هذا مع أفترض عدم تدخل الإنسان أو الحيوان ، وهو أمر مشكوك فيه ، إذ أن النبات الطبيعى يمكن أن يدل على القيم المناخية فى ظل ظروف تكون فيها التربة متشابهة النشأة . فالنبات الطبيعى فى المنطقة الجافة إما أن يكون محتملاً للجفاف أو متجنباً إياه متغلباً عليه (أنظر الفصل الرابع) . والنبات الطبيعى فى المناطق الجافة من النوع المعروف باسم « الزيروفيتى Xerophytic » أى الذى يتحمل الجفاف كما أنه غالباً ما يوجد مبعثراً فى بقع تفصلها عن بعضها مساحات من الأرض عارية من النبات . وتعتبر عملية المسح الحقل للنبات الطبيعى فى المناطق الجافة من العمليات النادرة ، وإن كان مأمولاً التوسع فيها ، كما أنه يمكن للصور الجوية أن تسرع فى هذه الدراسة متخطية الصعاب التى تفرضها صعوبة الحركة السريعة فى المناطق الهامشية التى تفصل بين الاستبس والمناطق الصحراوية .

ففى تونس مثلاً ولمدة أربع سنوات شحيحة المطر ما بين عامى ١٩٤٤ ، ١٩٤٧ . وقف حد الصحراء مسافة ٢٧٠ كيلو متراً أبعد إلى الشمال من حد الصحراء أثناء فترة الأربع سنوات الأكثر مطراً بين عامى ١٩٣١ ، ١٩٣٤ . وفى عام ١٩٤٧ تساقطت أوراق أشجار الزيتون عند صفاقس بالقرب من ساحل البحر المتوسط بسبب امتداد الجفاف إلى جهاتها ، كما ظهر أثر الجفاف واضحاً على توزيع النباتات ذات الجنور القصيرة .

وإنه لمن الواضح أن مثل هذه الذبذبات الشاسعة فى هوامش المناطق الجافة وشبه الجافة تعتبر من الظواهر المتوقعة لسبب الذبذبات الكبيرة فى كميات الأمطار ، وهذه الهوامش هى عبارة عن مناطق أنتقال أكثر من كونها خطوطاً تفصل بين تغيرات فجائية فى العائلات أو المجموعات النباتية . وإلى أن يتمكن الباحثون من التوصل إلى خاصية قوية لنباتات المناطق الجافة من حيث درجة مقاومتها للجفاف ، يمكننا قياس مساحة الأراضى الجافة على النحو التالى :

المساحة بالكيلو المترات	المساحة بالأمتار المربعة	
٢٢٠٠٠٠	١١١٠٠٠	مناطق شبه جافة شجيرات قصيرة zsclerophyll Brushland
٨٨٦٠٠	٢٤٠٠٠	غابات شوكية Thorn Forest
٢١٠٨٠٠٠	١٢٠٠٠٠	أعشاب قصيرة Short Grass
٧٠٤٤٨٠٠	٢٧٢٠٠٠	
٥٠٩٥٧٠٠٠	٢٣٠٠٠٠	مناطق جافة أعشاب شفافا صحراوية Desert Grass Savanra
٢٧٤٥٤٠٠٠	١٠٠٠٠٠	أعشاب صحراوية ، شجيرات صحراوية Desert Grass. Desart Shrab
٣٢٤١١٠٠٠	١٢٩٠٠٠٠	
٦٢٩٢٧٠٠	٢٤٢٠٠٠	مناطق شديدة الجفاف صحراء Desert
٦٢٩٢٧٠٠	٢٤٢٠٠٠	
٤٦٤٩٠٠٠	١٨٠٠٠٠٠	المجموع

ومن هذا الجدول يتبين أن المساحة الجافة تمثل ٣٥ ٪ من مساحة اليابس للكرة الأرضية أى أقل بنسبه ١ ٪ فقط من التقدير الذى أوضحتته الأسس المناخية للأراضي الجافة . وذلك على الرغم من الأختلافات الكبيرة فى المساحات الموضحة لكل قسم من أقسام المناطق الجافة . وهذا هو جوهر (لب) مشكلات التقسيم .

كذلك لوحظت العلاقة بين المناطق الجافة وبين المناطق التى لا يصل فيها التصريف النهري إلى البحار الخارجية . فاستخدام De Martonne مصطلح "Enclavement" ليعرف المناطق ذات التصريف النهري الداخلى ، وتلك ظاهرة أو خاصية استخدمهما Richthofen ليميز بها مناطق وسط آسيا عن المناطق الأكثر رطوبة والتى تجرى عبرها الأنهار الرئيسية لكل من جنوب وشرق آسيا ويرى دى مارتون (خريطة رقم ١) أن المناطق التى لا يصل تصريفها النهري إلى البحر أى ذات التصريف النهري الداخلى Arcic Regions ، تغطى (تشغل) حوالى ٣٣ ٪ من يابس الكرة الأرضية ، وتلك نسبة تتفق بصورة واضحة مع الأرقام التى ذكرت ، وأمكن التوصل إليها على أسس مناخية ونباتية . كما أن حدود الأحواض النهرية ذات التصريف الداخلى تتفق بصورة عامة مع الحدود المناخية والنباتية ، بل ربما أمكن التمييز بين المناطق الجافة والمناطق شبه الجافة عن طريق تحليل عدد المرات التى أثناءها تحمل الأنهار مياهها ، وذلك إذا ما استثنينا جريان المياه الفصلى كما يحدث نتيجة ذوبان الثلوج وانصراف مياهها فى أحواض أنهار وسط آسيا أو التصريف الباطنى (الأرضى) للمياه التى توجد فى الإرسابات النهرية وتعود إلى المجارى النهرية وعلى الرغم من أهمية الاختلافات فى كميات التصريف النهري وكيفيته ، فمن المهم أيضا أن نتذكر أن ثلث مساحة سطح الأرض اليابس لا تصل مياه أنهاره إلى المحيطات ، فإن مثل هذه الأنهار لا صلة لها بمستوى القاعدة العام الذى يمثله سطح البحر ؛ الأمر الذى تترتب عليه نتائج هامة فى تطور المظاهر التضاريسية للمناطق الجافة .

وللتربة في المناطق الجافة خصائص مميزة يمكن أن تعطي تحديداً لتلك المناطق ، وذلك على الرغم من التعقيدات التي تثيرها الاختلافات المناخية التي قد حدثت فيما مضى من عصور جيولوجية ، فعادة ما تكون التربة في المناطق الجافة رقيقة وكلسية ، ومتأثرة تأثيراً طفيفاً بعمليات تفكك الصخر وتحلله . وعادة ما توجد مثل هذه الخصائص حيث تفوق عملية البخر كميات الأمطار الساقطة في كل من العروض الوسطى والدنيا . فتؤدي العمليات المناخية إلى ترسيب الكربونات الذائبة عند أسفل الطبقة المشبعة بالرطوبة والتي يختلف بعدها عن سطح الأرض في المناطق الشديدة الجفاف ، ولكنها قد تمتد إلى أسفل بمقدار ثلاثة أقدام (حوالى متر واحد) من السطح في المناطق الأكثر رطوبة عند هوامش المناطق الجافة وفيها تظهر التربة التشرنوزم (ص ١٣٤) وبها بعض التكلس الطفيف الذى يجعلها تتحول إلى التربة الكستنائية البنية الجافة حيث تموت الأعشاب نتيجة انخفاض القيمة الفعلية للمطر أى قيم ناتج قسمة الأمطار على البخر ($\frac{P}{E}$ Valnes) وهناك ، وعلى الرغم من ذلك ، مخاطر معينة عند الربط بين ظاهرة التكلس في التربة وبين توزيع المناطق الجافة ، إذ أنه من الممكن وجود تربات كلسية عميقة ، أو مغسولة في الصحراء وفي أراضى الاستبس . ومثل هذه التربات في منطقة أليس سبرنج Alice Springs في وسط استراليا وقد تكونت نتيجة لظروف مناخية قديمة ودورات تفكك وتحلل للصخر عندما كانت درجة تأثير سقوط الأمطار في منطقتها أعلى مما هي عليه الآن . وإذا أخذنا ظاهرة التكلس (تكون كربونات الكالسيوم) على أنها من خصائص المناطق الجافة ، فإن مثل هذه التربات الكلسية تغطي ما يقرب من ٤٣ ٪ من مساحة يابس الكرة الأرضية وهى نسبة تزيد بما يقرب من ١٠ ٪ على التقديرات التي أمكن التوصل إليها بوسائل أخرى . وإلى أى مدى يرجع هذا الفرق في التقدير إلى عدم توفر البيانات الدقيقة عن التوزيع المساحى لأراضى التربة المتكلسة Pedocals ، هذا أمر مازال غير معروف .

لقد قيل ما فيه الكفاية لتوضيح المشاكل والصعوبات الخاصة بتحديد المناطق الجافة وشبه الجافة . ولكن مازالت الحقيقة الباقية ماثلة في أن هناك ما يقرب من ثلث يابس الكرة الأرضية يفتقر إلى الرطوبة ذلك العامل الحيوى لكل من النبات الطبيعى والحياة الحيوانية واستغلال الأرض . ويجب أن تتأقلم النباتات والحيوانات والجنس البشرى من أجل البقاء حيث تواجه باستمرار مشكلة شح المياه في ظل نظام مناخى ترتفع فيه درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا وتتكون من أجل هذا التأقلم علاقة طبيعية وبيولوجية ممتدة ، كما أن هناك علاقة نشطة تعكس التأقلم المستمر للتغيرات في سقوط الأمطار وعملية التبخر تجعل المناطق الصحراوية ذات أهمية وحيوية . ويعتقد كثير من الناس أنهم قادرون على تمييز الجفاف ، ولكن تاريخ الاستيطان البشرى للأراضي الجافة يشير إلى أن أسس الجفاف ليست ذات أهمية أكاديمية (علمية) فحسب بل هى ضرورية للفهم السليم لما يحدث من تغيرات في البيئة الجافة .

أسباب الجفاف :

يعتبر شح الأمطار وعلاقته بالحرارة السائدة وأرقام (قيم) النتج من العوامل الأساسية في إخلق المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية . فغالبا ما تكون المناطق ذات الأمطار القليلة بعيدة عن البحار وفي قلب القارات ، ويتضح الجفاف ويعظم عندما تعترض الأرض المرتفعة سبيل الرياح الهابة على يابس الأرض من المسطحات المائية . وغالبا ما يتوافق توزيع المناطق الجافة مع المناطق ذات الضغط المرتفع الدائم ، وإن كان من المحتمل نقصان بعض الأمطار على بعض المناطق ذات الضغط المنخفض الفصلى وذلك في ظل ظروف مناخية معينة . كما توجد بعض المناطق الجافة مجاورة للمصدر الأول للرطوبة الجوية ألا وهو المسطحات المائية الحيطية . وما هو جدير بالملاحظة أن السياج الرطب في غرب الكتلة الأوراسية يتدرج إلى نظام إنتقالى للمناطق الجافة حيث يتدرج المناخ القارى ومناخ البحر المتوسط في العالم القديم صوب الشرق حتى قلب القارة .

وغالبا ما تتطابق القارة مع الجفاف فكثير من مناطق وسط اسيا لا يسقط عليها من الأمطار إلا ما هو دون ٢٠٤ ملليمتر (١٠ بوصة) ، ولا تكون هذه الكمية ذات تأثير واضح خاصة عندما تتركز فترة سقوطها في فصل الشتاء فتقترب نظم الرياح المرتبطة بالمنطقة ضد الإعصارية في شرق سيبيريا من المناطق الجافة في آسيا الوسطى Central Asia آتية من الشمال ومختقة بذلك مئات الأميال من الأرض اليابسة . وعندما تصل هذه الرياح إلى الداخل الجاف ، تنخفض رطوبتها النسبية وتعظم بها درجة التبخر وذلك لانتقالها من العروض العليا إلى العروض الدنيا أى من مناطق باردة إلى مناطق أدفأ . ولا يصيب هذه المناطق الداخلية سوى بعض الأمطار الإعصارية من الهواء الرطب الآتى من المحيط الأطلنطى إلى صحراء زنجاريا Dzungarian Desgrt إلى الشرق من بحيرة بلكاش . وعندما يتلاشى الضغط المرتفع المعروف بشرق سيبيريا في فصل الصيف ، يتكون نطاق من الضغط المنخفض فوق المنطقة الداخلية ذات الحرارة الشديدة في داخل القارة ، على حين يتكون في الغرب – فوق جنوب أوربا – لسان من الضغط المرتفع الآزورى وتسود رياح شمالية غربية جافة فوق الأجزاء الغربية من وسط آسيا . أما الصحارى في شرق أوراسيا ، فإنها توجد تحت تأثير دورة الرياح الموسمية ، وهنا يزداد جفاف الصيف كلما بعدنا عن المحيط الهادى ، وذلك على الرغم من أن الجزء الشرقى من صحراء تكلا كان يعكس التأثير الموسمى في النهاية العظمى للمطر الصيفى . وعليه فليس البعد المطلق عن المحيطات هو وحده الهام ، ولكنه البعد عن المسطح المائى الذى تأتى منه الرياح المحملة بالرطوبة ..

ويزداد الجفاف فوق وسط اسيا لوجود الحواجز الجبلية ممثلة في كل من الجبال تيتق شان Tien Shan والباير Pamirs في الغرب والتي تمنع توغل الرياح الرطبة الآتية من المحيط الأطلسى فيما عدا منطقة زنجاريا . أما في الجنوب فيحد الحاجز الجبلى الممثل في الجبال الهيمالايا من أثر الهواء الموسمى الدفء والرطب الآتى من المحيط الهندى . ومن ثم فإنه

يمكن القول ان داخل القارة الاسيوية ليس مفتوحا نسبيا إلا من جهة الشرق للرياح الآتية من المحيط الهادىء الأمر الذى يجعل المر . يلمس صفة الجفاف وفقر الحياة النباتية الطبيعة كلما أتجه صوب الغرب .

أما . فى أستراليا فحيث تقف المرتفعات الشرقية معترضة الرياح الجنوبية الشرقية السائدة ، فإن حدة الجفاف تزداد صوب داخل القارة حيث توجد منطقة شاسعه من الأراضي الجافة تصل فى مساحتها إلى نحو مليون ميل مربع (٢٥٩ مليون كيلو متر مربع) . وإذا افترضنا أن الصورة التضاريسية قد إنعكست ، فلن تكون هناك صفة الجفاف الداخلى نتيجة البعد عن البحر فحسب ، بل ربما تحرم المناطق الشرقية من سقوط الأمطار الناتجة عن دورة الرياح . وفى الأحواض الجبلية Intermontane Basins فى جنوب غرب الولايات المتحدة يكون الجفاف نتيجة لظاهرة ظل المطر التى فرضتها جبال سيرانيفادا على الرياح الغربية الشتوية وعلى الرياح الشرقية الصيفية الآتية من المحيط الأطلسى صوب نطاق الضغط المنخفض الناتج عن عملية التسخين المحلية . وتوجد أكثر المناطق جفافا والتي يقل فيها متوسط المطر السنوى عن ١٢٧ ملليمتر (٥ بوصة) فى العام فى حوض كلورادو الأدنى حيث لا تسقط على بلدة Yuma من المطر سوى ٨٨ . ملليمتر (٣ ٢٣ بوصة) فى العام وإن كان ما يسقط على Utah أكثر من ذلك ، حيث تبلغ كمية المطر السنوى فى مدينة سولت ليك Salt Lake City التى تقع على منسوب ١٣٣١ مترا (٤٣٦٦ قدما) فوق سطح البحر مقدار ٤٦ ملليمتر (١٦ بوصة) ، ولكن هذا لم يثن جماعة المورمون Mormons فى عام ١٨٤٧ عن ضرورة إقامة مزارعهم بجوار المجارى النهرية لزراعة محاصيلهم على مياه الرى من هذه الأنهار . وتتمتع السلاسل الجبلية الشاخنة والمحيطة بالأحواض الجافة بنصيب من المطر أكثر مما يسقط على هذه الأحواض ، ولهذا المطر أهميته باعتباره مصدرا لمياه رى تلك الأحواض المليئة بالرواسب الخصبه . أما سلسلة جبال للكورديليرا Cordillera فتعد السبب الرئيسى للجفاف فى الصحراء المعتدلة فى اقليم بتاجونيا بأمريكا الجنوبية حيث

تعرض هبوب الرياح الغربية السائدة فتخلق نطاقا من منطقة ظل المطر على الجانب غير المواجه للرياح .

والواقع أن أعظم نطاق صحراوي في العالم هو الصحارى الحارة التى تعتبر نتيجة لتوزيع الفلكى للضغط والرياح على سطح الكرة الأرضية . فمدار السرطان يخترق نطاق الأراضى الجافة الممتد من المحيط الأطلسى إلى شمال غرب الهند وباكستان . أما فى نصف الكرة الجنوى فتكون الصحارى حول مدار الجدى محدودة المساحة باستثناء تلك التى فى قارة استراليا ، ويرجع ذلك إلى ضيق مساحة اليابس فى كل من قارتي أفريقيا وأمريكا الجنوبية . وترتبط الصحراء الأفريقية والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية وصحراء أتكاما فى أمريكا الجنوبية ، وكلهاى فى جنوب أفريقيا والصحراء العظمى فى استراليا ، كلها بمناطق الضغط المرتفع . ففى تلك المناطق التى يسودها الضغط المرتفع حول عروض الخيل يتجمع الهواء العلوى (هواء الطبقات الجوية العليا) المتحرك صوب القطب من نطاق الضغط المنخفض الإستوائى إذ أن هذا الهواء يتجمع نتيجة لزيادة أثر دوران الكرة الأرضية تجاه القطب فى نطاق من الرياح الغربية تهب موازية لدوائر العرض . وتفقد هذه الرياح حرارتها تدريجيا بالأشعاع ولأنها تتحرك صوب العروض العليا وعندئذ يزيد ضغط هوائها فيهبط على نطاق كبير ويؤدى إلى تكون نطاق من الضغط المرتفع .

وقد تنشأ تعقيدات فى حجم وتوزيع نطاقات الضغط المرتفع نتيجة لتأثير اختلاف توزيع اليابس والماء وأثره فى الأشعاع ، وعليه أن نطاق الضغط المرتفع المتصل يتحول إلى عدسات من الضغط المرتفع غير المتصلة . ونظرا لكبر نسبة مساحة اليابس فى نصف الكرة الشمالى ، يكون نطاق الضغط المرتفع أقل إتصالا منه فى نصف الكرة الجنوى ، كما يكون أكثر تعرضا للتغيرات الفصليّة . فمثلا نجد أنه يمتد فى فصل الشتاء مئات من الضغط المرتفع حول مدار السرطان بصورة شبه متصلة من سواحل آسيا غربا حتى

شرق المحيط الهادى ؛ أما فى فصل الصيف فيؤدى التسخين المركز على يابس القارات إلى إيجاد نظام من الضغط المنخفض على الجنوب آسيا وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وإن كانت هذه الأخيرة أصغر من نظيرتها الآسيوية . كما أن الصحراء الأفريقية (شمال أفريقيا) تكون منطقة ضد أعاصرية ضحلة فى فصل الشتاء وأمتداداً لمنطقة الضغط المرتفع الآزورى فى فصل الصيف الشمالى .

أما الرياح التى تهب فى طبقات الجو السفلى – من نطاقات الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض الاستوائى فهى الرياح التجارية . ونتيجة لاختراق هذه الرياح الصحارى الحارة فى نطاق عروض الخيل ، فإنها تساعد على إمتداد ظروف الجفاف حتى العروض الدنيا . وتهب هذه الرياح بانتظام فصلى ، وهى قليلة الاضطراب وذات سرعه معتدلة . وبمرورها فوق شقة شاسعة من يابس الأرض فإنها تكون جافة ومجففة ، كما تزداد مقدرتها وقابليتها لامتصاص الرطوبة حيث أنها تهب من عروض أبرد إلى عروض أدفأ . ويبدأ هبوب الرياح التجارية فى الصحراء الكبرى بعد شروق الشمس بساعات قليلة ولكنها تقل تدريجياً فى المساء وغالباً ما يكون الهواء ساكناً أثناء الليل . ويعتبر هذا تفسير جزئى لعملية التبريد السريع للهواء الملاصق للأرض بعد أن يرخى الليل سدوله ، الأمر الذى يؤدى إلى التحول الواضح فى درجة الحرارة . وتعتبر المناطق ذات الضغط المرتفع ذات الهواء الهابط والرياح السطحية الجافة مناطق غير مناسبة لعملية التساقط ، وتكون تلك المناطق أجف الأراضى على سطح الكرة الأرضية ومطرها يتصف بالشح وعدم الانتظام ، ذلك المطر الذى يتزايد فى كميته وانتظامه الفصلى صوب الدائرة الاستوائية وكلما إتجهنا ناحية القطبين .

ويمكن أن يحدث الجفاف فى المناطق ذات الضغط المنخفض ، حتى أنه ليس ضرورياً أن يتلازم وجود الصحارى ونطاقات الضغط المرتفع المدارية . ويعتبر النطاق الجاف فى شمال غرب شبه القارة الهندية من أحسن الأمثلة على ذلك حيث توجد

صحارى السندوثار وبلوخستان في مهب الرياح المحملة بالرطوبة الآتية من المحيط الهندي ويفسر جفاف هذه المنطقة بأنه نتيجة التداخل بين الهواء الموسمي الرطب والهواء القارى الحار والجفاف والذي يهب بعد رحلته الطويلة فوق الهضاب الجافة لكل من إيران وبلوخستان ، فيمنع الهواء الجاف الذى يتدخل فى الهواء الرطب والذي يصمد فوقه من الصعود إلى أعلى ومن ثم يمنع سقوط المطر ، وذلك باستثناء بعض الرخات عندما تتكون ظروف عدم إتران فى الكتل الهوائية . ويصل السطح المائل لمقدمة الهواء القارى إلى سطح الأرض إلى الجنوب من كراتشى فيكون كل الهواء الرطب خارج صحارى بلوخستان . وإلى الشرق من كراتشى يرتفع سطح الجبهة وتكون كمية المطر متناسبة إلى حد ما مع هذا الارتفاع ، فكلما كان السطح مرتفعا كلما كان الهواء الرطب قادرا على الصعود ومن ثم تزيد فرصة سقوط المطر . وحتى فى هذه الحالة نجد أن سقوط المطر يكون بسيطا وغير منتظم مؤديا إلى الظروف الجافة غرب راجبوتانا Raiputana والسند . أما إلى الجنوب من ذلك فيرجع المطر الشحيح على هضبة الدكن إلى أن هذه الهضبة الجافة تقع فى منطقة ظل المطر لجبال الغات العربية .

وأجدر من هذا بالأهتمام ذلك الوضع غير المألوف للمناطق الصحراوية الساحلية ، تلك الصحارى التى تناخم الخزان الطبيعى للرطوبة وهو المحيطات ، وتعتبر من أكثر المناطق جفافا فى العالم حيث لا تسقط عليها إلا كميات ضئيلة من الأمطار غير المنتظمة فى سقوطها . كما تمتد صفة الجفاف هذه إلى الجزر الساحلية كما هو الحال فى جزر جوانو Guano المواجهة لساحل بيرو وكذلك جزر جنوب غرب أفريقيا . وبهذه المناطق الساحلية وكذلك سواحل شمال غرب أفريقيا نطاقات شاسعة يقل بها المطر عن ٥١ ملليمتر (٢ بوصة فى السنة) ، مع وجود تغير مفاجئ فى زيادة الأمطار عند أطرافها الاستوائية . وتجف هذه المناطق الساحلية تيارات بحرية تسمى من العروض العليا صوب العروض الدنيا مزيجة معها المياه السطحية الباردة نحو خط الاستواء ولهذا نجد أنخفاضا شادا فى درجات حرارة تلك السواحل .

وتتضح أهمية التيارات الباردة كسبب من الأسباب الرئيسية لحدوث ظاهرة الجفاف في زيادة ارتفاع كميات الأمطار إلى ٢٢٩ ملليمترًا (٩ بوصة في السنة) على ساحل استراليا الغربى والتي يعوزها بحق التيار البارد . وتقوى حركة المياه الباردة الرأسية للتيارات السطحية الباردة مثل تيار|بنجويلا وتيار هامبولط وتتداخل مع بعضها على شكل ألسنة من المياه الدافئة والمياه الباردة وما زال السبب الحقيقي لحدوث التيارات الرأسية غير معروف وإن كانت قد فسرت على أن حدوثها يعتمد على العلاقة بين اتجاه خط الساحل والتيار السطحي . وترى بعض النظريات أن أنتشار المياه السطحية من يابس القارات صوب البحر المفتوح وإحلالها بمياه سفليه أبرد يمكن أن تكون سببا من الأسباب ، ولكن ترى بعض النظريات الأخرى أهمية أثر الرياح الخارجة من اليابس والتي تزيغ المياه السطحية نحو داخل البحر ، غير أن الرياح الهابطة من يابس القارات والتي تعتبر رياحا غير دائمة لا تؤخذ لشرح ظاهرة مستمرة الحدوث كهذه .

وتوضح الأطراف الشرقية لمناطق أضداد الأعاصير شبه المدارية المحيطية توافقا وثيقا مع الصحارى الساحلية الغربية . حيث تعتبر هذه الخلايا من الضغط المرتفع نطاقات هوائية هابطة تصل أقصى درجة هبوط لها عند هذه الحدود الشرقية حيث السواحل الجافة لكاليفورنيا السفلى وأتكاما وناميب وريودى أورو . كما تؤدي دورة الهواء حول مناطق أضداد الأعاصير إلى اندفاع الهواء موازيا لخط الساحل ، وإلى نشأة الرياح التجارية المحيطة ثم إلى دوران التيارات البحرية في صورة دوامات هائلة . ويؤدي الهواء الهابط فوق سطح بحرى بارد إلى ثبات جوى واضح وارتفاع حرارى قوى الهواء الهابط ، وهذه ظروف غير ملائمة أو لا تؤدي إلى حدوث التساقط . فبالقرب من صحراء ناميب في جنوب غرب أفريقيا توضح الأرصاد العليا التى تجرى بواسطة الراديو سوفد ارتفاعا في درجة الحرارة على منسوب ٧٦٢ مترا (٢٥٠٠ قدما) ؛ وهناك ارتفاع حرارى مشابه على نفس المنسوب في فصل الصيف في كاليفورنيا الشمالية ، ويختلف المنسوب

والارتفاع الحرارى محليا وفصليا ولكنه يكون أكثر وضوحاً حيث التباين الكبير بين درجات حرارة اليابس والماء . وتبدو المياه الباردة التى غالباً ما تتحرك رأسياً مرتبطة بظاهرة الجفاف العظمى على يابس القارات . وعندما يكون الارتفاع الحرارى قريباً من مستوى سطح البحر يتكون الضباب باستمرار ثم يتحول إلى طبقة من السحب الطباقية كلما أرتفع منسوب الارتفاع الحرارى تجاه اليابس .

ونتيجة لانخفاض الصحارى الساحلية وتأثيرها الدائم بالأشعاع الشمسى .

تتكون ضغوط منخفضة محلية تملؤها نسيمات بحرية يومية وسرعان ما تتلاشى هذه النسيمات البحرية بعد غروب الشمس عندما تبرد الأرض بسرعة بفقدان حرارتها . ونادراً ما تهب هذه النسيمات فى إتجاه مباشر على اليابس وذلك لانحرافها لقوة (كوريولس Coriolis) من ناحية ، ولخضوعها لتأثير مناطق الضغط من ناحية أخرى . ويمكن إعتبار النسيمات المنحرفة الآتية صوب يابس القارات والتى تقترب من ساحل صحراء ناميب من إتجاه جنوبى غربى رياحاً تجارية مصغرة أو تغيرات محلية فى الدورة الهوائية العادية . (رياح باردة هابة على بحار باردة) هى سمة الرياح السائدة على الصحارى الساحلية ، وحيث أن هذه الرياح تنتج صوب أرض أدفأ منها تزداد مقدرتها على حمل الرطوبة ونادراً ما تكون هناك فرصة لسقوط الأمطار . فسريراً ما تقوم الحرارة الشديدة فى الداخل بتبخير ذرات المياه ولا تكون هناك فرصة لتكثيفها إلا حيث تظاهر المناطق الجبلية المرتفعة الأراضى الساحلية كما هو الحال فى بيرو حيث يمكن للسياج الجبلى تكثيف ما فى الهواء من رطوبة بسبب صعود الرياح فوقها . ويقع نطاق المطر الفعلى إلى الداخل من صحراء أتكاما على إرتفاع ١٥٢٣ متراً (٥٠٠٠ قدماً) محيطة بجبال أنديز :

وتحدث عملية التساقط عندما يضعف التزايد فى حرارة المياه الساحلية الارتفاع الحرارى للهواء الهابط ، كما يحدث عندما تبتعد مياه التيار البارد عن خط الساحل نتيجة وجود رأس أرضى بارز فى البحر . فعند رأس جواياكيل Guayaquil فى بيرو

تحدث زيادة حادة في سقوط الأمطار ، ربما تكون بسبب المياه الدافئة الهادئة التي تركت دون اضطراب نتيجة إنحراف التيار البحرى بعيداً عن خط الساحل . وتوجد أمثلة أخرى على ذلك عند الانبعاث الأرضى الذى يوجد في شمال غرب القارة الإفريقية إلى الجنوب من بورت إيتين Port Etienne وكذلك بالقرب من موساميلز Mossamedes في جنوب غرب أفريقيا . ويمكن لمثل البروزات الساحلية أن تقلل من عملية التيارات الرأسية للمياه الباردة وذلك لتدخلها في حركة المياه السطحية . فبالقرب من ساحل يرو على سبيل المثال يحل محل تيار هامبولط البارد على فترات متقطعة تيار دافئ آت من الشمال يعرف بأسم (النينو EL Nino) ويؤدى هذا التيار إلى ظروف عدم إستقرار جوى نتيجة إختفاء الارتفاع الحرارى السابق الذكر . ولربما كان هذا الانقلاب في التيارات البحرية هو الذى أدى في عام ١٩٣٥ إلى سقوط ٣٩٤ ملميمتراً (١٥ بوصة) من الأمطار على وادى تشيكاما Chicama الأدنى في يرو حيث لا يتعدى متوسط كمية الأمطار السنوية ٤ ملميمتر (١٥ بوصة) . فلقد أتت الفيضانات على بلدة تشيكاما ، تلك الفيضانات الآتية من وادى تشيكاما الأعلى الذى سقطت عليه كمية من المطر تقدر بحوالى ١٣٩٧ ملميمتراً (٥٥ بوصة) بدلا من الكمية العادية التى تصل إلى ٥٩٧ ملميمتراً (٢٣ بوصة) وتحطمت قنوات الري وتغطت الحقول بالطين والجلاميد الصخرية ؛ الا أن هذه الظروف المدمرة قد عوضت أهالى هذه المنطقة عما لحقهم من خسائر من ناحية أخرى ، فزيادة الرطوبة في التربة كان لها أثرها في إعطاء محصول أوفر من قصب السكر . هذا ويلاحظ أيضاً أنه عندما ينخفض مستوى الارتفاع الحرارى فوق صحراء ناميب في جنوب غرب أفريقيا يكون احتمال سقوط المطر أكبر ، ويتفق هذا الاختفاء مع وجود الهواء المشبع بالرطوبة الآتى من المحيط الهندى .

وهكذا نرى أن هناك عوامل كثيرة يمكن أن تؤدي إلى جفاف مساحات كبيرة من

سطح الكرة الأرضية ، غير أن دوائر العرض وحدها لا يمكن أن تشرح لنا توزيع وامتداد المناطق الجافة . كما لا يستطيع الموقع الداخلى ولا توزيع مناطق الضغط المرتفع والمنخفض ولا جركة المياه الرأسية للمياه المحيطية الباردة شرح هذا التوزيع وحدها . وينبغى أن تضاف لهذه العوامل عوامل أخرى بدأت خلال الأزمنة الجيولوجية السحيقة كتوزيع الكتل القارية والأحواض المحيطية . فعلى هذه الأقسام التضاريسية الكبرى أنطبعت الدورات الالتوائية اللاحقة التى أدت إلى الأحواض الجيولوجية العظمى والتواء الطبقات الصخرية . ولقد أتت عوامل التعرية على المناطق ذات التضاريس المرتفعة التى أوجدتها الحركات التكوينية ولكنها تأثرت بعد ذلك بحركات أرضية لاحقة فتكونت أحواض طبوغرافية منعزلة فى مناطق ظل المطر بالنسبة للأراضى التلالية أو الجبلية المجاورة . فعندما أرتفعت سلسلة الكورديليرا الغربية فى قارة أمريكا الشمالية فى نهاية العصر الكريتاسى تقطعت أوصالها إلى هضاب أنكسارية أكثر مطرا من المناطق البينية الأكثر جفافا . وأحدثت المناطق الجافة فى العالم تعتبر أحدثها تكتونيا ، (فوادى الموت) الأخلودى النشأة فى كاليفورنيا يرجع تاريخه الجيولوجى إلى عصر البليستوسين وتعكس ظاهراته الجيومورفولوجية حداثة نشأته . ولربما يكون واضحا أن معظم الأراضى الجافة فى العالم تناخمتها تضاريس مرتفعة أو تتوسطها مناطق جلية . وتشهد هذه الحقيقة الانتباه نحو الحركات التكتونية وعمليات النحت والارساب المقرونة بتخفيف الثقل على القشرة الأرضية فى بعض المناطق وزيادته عليها فى البعض الآخر مؤدية إلى عمليات الرفع والتخفيض . وحيث أن التغيير فى الارتفاع يرتبط بكمية التساقط التى يستقبلها المكاد ؛ فإن أهمية الحركات التكتونية لا يمكن تجاهلها . وعلى النقيض من ذلك قد أثبتت مناطق الأحواض الترسيبية لأسباب عديدة جاذبيتها للإنسان دون بقية الأراضى حيث تتركز بها الارسابات التى يمكن زراعة المحاصيل المختلفة فيها والتى يمكن أن تنمو عليها حشائش رعى الحيوان . كما تعتبر أيضاً المناطق التى تنصرف إليها الأنهار داخليا فتسهم بمياهها لرى الأرض أو لسقى الحيوان . فإلى هذه المناطق أنجذب الإنسان منذ

عصر ما قبل التاريخ ولكنه كان يفضل دائما في الحفاظ على ما بهذه المناطق من رطوبة . وأبعد من هذا كله فإن الإنسان بما يقوم به من عمليات للعيش في المناطق الجافة قد ساعد على إمتداد مساحة هذه المناطق ومن ثم قد أصبح هو نفسه مسئولا عن حدوث الجفاف وعليه فقد أصبح ضرورياً عند هذا الحد أن تنظر إلى خصائص أنواع المناخ في الأراضى الجافة نظرة فاحصة من أجل فهم العمليات التى يحاول الإنسان أن يستخدمها في تطوير تلك البيئة الجافة .

الفصل الثانى

أنواع المناخ فى المناطق الجافة

- الصحارى الحارة .
- الصحارى الحارة الساحلية .
- مناطق الاستبس الحارة .
- الصحارى المعتدلة .
- مناطق الاستبس المعتدلة .
- أنواع المناخ المحلية والميكروسكوبية .
- التغير المناخى .

أنواع المناخ في المناطق الجافة

لقد أكدت البيانات الخاصة بكل من المطر والنبات وكذلك التربة وجود اختلافات واضحة بين خصائص المناطق الجافة في العالم . فالصحراء والاستبس ، والجفاف وشبه الجفاف ظاهرات توضح الآثار المشتركة للمطر والبحر ، إلا أنه مع ذلك مازال هناك تميزاً أبعد من هذا وصفة خاصة بين الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة وأراضى الاستبس المرتبطة بها . ولما كانت درجات الحرارة في فصل الصيف مرتفعة في كلا النقطتين من المناخ فإن تعبيرى (صفتى) حار ومعتدل تستخدمان للخصائص الحرارية لنصف السنة الشتوى فحسب ، ولأشك أن الدائرة لعرضية هى المسئول الأساسى عن هذا الاختلاف .

الصحارى الحارة :

تتمثل الصحارى الحارة بأجلى صورها في صحراء شمال أفريقيا والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية والصحراء العظمى الاسترالية ، حيث يزيد المتوسط الحرارى السنوى فيها جميعاً عن 18°C (64°F) ، وتدخل ضمن التقسيم BWh من تقسيمات كوبن Koppen المناخية ، وعلى الجانبين الاستوائى والقطبى . وتعتبر حواف هذه المناطق الصحراوية مناطق أنتقال الأراضى الاستبس الحارة BSh التى لا تتميز فقط بكثرة أمطارها ولكن بوجود قمة فصلية واضحة أيضاً . وأحياناً ما تتدرج الصحراء الحارة إلى الصحراء المعتدلة مباشرة كما هو الحال في جهات جنوب غرب الولايات المتحدة الجافة وكذلك في وسط آسيا .

وتوجد الصحارى الحارة أساساً حوالى الدائرتين العرضيتين 20° ، 25° شمالاً وجنوباً من خط الاستواء وفي نطاق يشغل حوالى خمس درجات عرضية أو أكثر أبعد

من هذين الحدين ، وذلك حيث الكتل الهوائية الهابطة تعطي الظروف الحوية التي لا تساعد على سقوط المطر . وتتميز مثل هذه المناطق بدرجات الحرارة المرتفعة في فصل الصيف والشتاء على حد سواء ، كما تتميز بالمدى الحرارى اليومى الكبير إلا أنها تتصف بالتغيرات المعتدلة في درجات الحرارة السنوية (أى أن المدى الحرارى السنوى بها معتدل) أما البحر بها فمرتفع والرطوبة النسبية منخفضة ومدة شروق الشمس كبيرة وكمية السحب قليلة ، وتعتبر الشمس المحرقة والمسلطة أشعتها من خلال سماء زرقاء صافية الصفة السائدة لكل من الطقس والمناخ في تلك الجهات . أما سرعة الرياح فعادة ما تكون معتدلة كما أنها (الرياح) تكون منتظمة في شدتها واتجاهها. وتعطى أية اختلافات في هذه الخصائص تباينات واضحة كما هو الحال في المناطق الحارة الجافة .

ونظرا للاختلافات الكبيرة في كمية الأمطار بتلك الجهات فإن من العيب. إذن الاعتماد على المتوسطات السنوية للمطر والتي توضحها الأرقام المذكورة في الجدول الآتى (الصفحة المقابلة) لبعض المحطات المختارة ، فدائما ما تكون هذه المتوسطات قليلة أو منخفضة .

ويتضح أيضا ضعف أهمية الاعتماد على المتوسطات السنوية للأمطار من الأرقام التي سبق ذكرها أيضا عن بلدة Yuma التي سقط عليها في عام ١٨٩٩ م مقدار ٢٥ ملليمتر (١ بوصة) ، وفي عام ١٩٠٥ سقط عليها مقدار ٢٨٠ ملليمتر (١١ بوصة) كما سقطت كمية أمطار تقدر بـ ١٦٠ ملليمتر (٧/٣ بوصة) على Tamanrasset في إحدى السنوات بينما لم يسقط عليها في سنة أخرى سوى ٦/٤ ملليمتر (٢/٥ بوصة) . كما أنه ليس ضروريا أن

كمية المطر السنوى	المحطة
٢٥٢ ملليمتر (٩٩٣ بوصة)	أليس سبرينجز (استراليا) Alice Springs
١٤٧ » (٥٠٨ »)	تشارلوت ووترز (استراليا) Charlotte Waters
١٠٢ » (٤٠٠ »)	جاکوباباد (باكستان الغربية) Jacobabad
٤٨ » (١٩٠ »)	عدن Aden
٣٠ » (١٢ »)	القاهرة Cairo
٤١ » (١٦ »)	تامانراست (صحراء شمال أفريقيا) Tamanrasset
٦١ » (٢٤ »)	غردايا (الصحراء الجزائرية) Chardaia
١٨٣ » (٧٢ »)	كاريبب (جنوب غرب أفريقيا) Karibib
٨٤ » (٣٣ »)	يوما (أريزونا) Yuma

يسقط المطر كل عام ، وربما كانت ظاهرة عدم الاستمرار المكاني في سقوط المطر أمراً ذا بال عندما يتعصب المرء لفكرة الجفاف التام لأى جزء من الأراضي الصحراوية وذلك لأن نطاق سقوط الأمطار يمكن أن يكون عبارة عن بضعة أميال مربعة ولا يمتد أبعد من هذا المدى ولو ببضعة أميال . لقد أبانت خدمات خطوط الطيران المنتظمة فوق الصحراء الافريقية ، أن هناك أشرطة ضيقة من المناطق المطيرة التى تمتد مئات الأميال مثل نطاق المطر الذى امتد في عام ١٩٤٣ من بلدة داکار Dakar في غرب أفريقيا إلى جنوب المغرب وإنه لمن المتوقع أن تظهر صور الأقمار الصناعية التوزيع الدقيق لمناطق المطر هذه . هذا ونجد أن من الصعب تقرير ما إذا كانت هناك فترات جفاف طويلة أم لا نظراً لعدم وجود بيانات إحصائية لفترات طويلة . ولقد أثبتت البيانات الشفهية عدم الاعتماد عليها وذلك لأن قبائل البدو الرحل تميل لأهمال المطر غير المؤثر أى الذى لا يتسرب فى التربة والذى لا يساعد على نمو الكلا أو الذى لا يزيد من مياه الآبار . وعلى

الرغم من أن هناك بعض المناطق التي لم تسقط عليها الأمطار لمدة ست سنوات إلا أن هناك أيضا أدلة قاطعة على جريان مياه في الوديان الجافة بها أثناء نفس الفترة . ويرى Capot Rey أنه لا توجد منطقة في النصف الغربي من الصحراء الأفريقية لم تصبها كمية ذات شأن من المطر خلال فترة عشر سنوات . أو أنها ظلت لمدة ست سنوات دون أن تستقبل كمية من المطر أكثر من ٥ ملليمترات (٢ بوصة) .

ومن الواضح أن الزراعة المطرية في ظل هذه الظروف تعتبر أمراً مستحيلاً وحتى الرعى المعتمد على تربية القطعان يعتبر غاية في الخطورة . وقد يضطر الطوارق الذين يقطنون مرتفعات الأحجار في الصحراء الأفريقية أحيانا إلى الهجرة جنوبا حتى السودان بحثا عن الكلا ؛ وهذا يدل على أن الزيادة الطفيفة في سقوط المطر في المناطق المرتفعة من الصحراء الأفريقية والتي تصل فيها الأمطار إلى ١٠٢ ملليمتر (٤ بوصة) كمتوسط سنوي ليس ضروريا أن تكون مقرونة بزيادة ملحوظة في أنظام عملية السقوط .

وعادة ما يكون سقوط المطر في الصحارى الجافة على شكل رخات تصاعدية ولفترات قصيرة وفوق مساحات محدودة خلال أيام معدودة . ولا يوجد أنظام فصلى في سقوط المطر في المناطق المتطرفة في جفافها والأمطار الهائلة (الرذاذ) غير معروفة . وحيث أن هذه الامطار الهائلة نادراً ما تبلل التربة أو تؤدي إلى جريان مياه على سطح الأرض قبل أن تصيبها عملية التبخر ، فإنها تعتبر قليلة التأثير على عمليات التعرية النهرية التي تكون واضحة بعد رخات المطر الشديدة وذلك على الرغم من أهميتها في عمليات التجوية (تفكك الصخر وتحلله) في المناطق الصحراوية وكذلك رغم أهميتها في نمو بعض النباتات . ولكن لا يحس سكان الواحات والرعاة والرحالة إلا برخات المطر الشديدة . وتخلق مثل هذه الرخات العنيفة كوارث في المناطق الصحراوية لما تقوم به من هدم الحوايط والمنازل الطينية (ففي عام ١٩٢٢ دفنت اثنتان وعشرون امرأة نتيجة انهيار حائط في Tamanrasset) ، كما تؤدي إلى حدوث السيول العنيفة في أدوية الصحراء الكبرى وفي صحارى أمريكا الشمالية . ولندكر مثلاً أنه بعد فترة طويلة من الجفاف ،

كانت هناك فيضانات محلية في القاهرة عندما سقطت عليها في يوم واحد من عام ١٩١٩ كمية من الأمطار تقدر بـ ٤٣ ملليمتراً (١٧ بوصة) فأدت إلى أن عربات الترام قد غطست في الطين حتى نوافذها . وقد يؤدي هذا النوع من المطر إلى زيادة كمية المياه الجوفية كما يؤدي إلى عمليات التعرية النهرية في المناطق الصحراوية ، وقد يترتب عليه أضرارها رطوبة التربة وفي هذا فرصة لنمو النباتات السريعة النمو . ولقد سقطت على بلدة ثمانراست التي يبلغ المتوسط السنوي لما يسقط عليها من أمطار ٤٠ ملليمتراً (١٧ بوصة) ، ما قدره ٤٤ ملليمتراً (١٧ بوصة) في ثلاث ساعات سقطت ثلاثة أرباعها في أربعين دقيقة . وفي مرتفعات تيسى في نطاق صحراء شمال أفريقيا سجل المركز الحرى في Aozou ٢٧٠ ملليمتراً (١٥ بوصة) من المطر في ثلاثة أيام من شهر مايو عام ١٩٣٤ مما أدى إلى حدوث فيضانات هائلة في الأدوية . كما سقطت على Doorbaji في صحراء ثار ، حيث لا تتعدى كمية المطر السنوية ١٢٧ ملليمتراً (٥ بوصة) ، كمية من المطر قدرها ٨٦٤ ملليمتراً (٣٤ بوصة) في يومين . أما في دمشق التي يصل فيها متوسط المطر السنوي إلى حوالى ٢٢٤ ملليمتراً (٩٢ بوصة) فقد سقطت عليها في فبراير من عام ١٩٤٥ ، ٦٧ ملليمتراً (٣ بوصة) في صبيحة أحد الأيام وهذه الكمية تصل إلى حوالى نصف الأمطار التي سقطت على دمشق في كل عام ١٩٤٥ .

ويعتبر مثل هذا التركيز في سقوط الأمطار في عدد محدود من الأيام من المميزات الواضحة للمناطق الجافة . فبلدة تشارلوت ووترز Charlotte Waters في وسط أستراليا والتي تصل فيها كمية المطر السنوي إلى ١٣٠ ملليمتراً (٥ بوصة) تسقط هذه الكمية في ٢٥ يوماً في السنة ، معطية بذلك متوسطاً يومياً للأيام المطيرة يقدر بـ ٥ ملليمتراً (٢ بوصة) . أما في السويس والقاهرة فيسقط المطر عليها في ١١ أو ١٢ يوماً فقط من السنة معطياً بذلك متوسطاً يومياً للأيام المطيرة يقدر بـ ٢٥ ملليمتراً (١ بوصة) . وباستثناء المناطق القريبة من الهوامش الصحراوية ، لا يسقط المطر في

فصل معين ، فالمطر يسقط في مايو في سنة من السنين قد يتبع بمطر في شهر ديسمبر من العام التالي .

والارتفاع في المناطق الصحراوية مثل صحراء شمال أفريقيا بعض الأثر على كميات الأمطار . فتتحنى خطوط المطر المتساوية صوب الجانب الاستوائى لتتفق مع مرتفعات تبستى Tibesti وإير Air في حين أنه إلى الشمال الغربى تقف مرتفعات الأحجار Ahaggar بحافتها المعروفة باسم Tassili des Ajjar, Ennedir كجرر مطيرة وسط بحر من الجفاف ، إلا أن كميات المطر الساقطة ما تزال في حدود ١٠٢ ملليمتر (٤ بوصة) سنويا . وعلى النقيض من ذلك نجد أن المنخفضات العظمى في صحراء شمال أفريقيا تكون شديدة الجفاف . ولا يسقط على هضبة مرزق الواقعة إلى الشرق من الأحجار والتي تحميها أراضي مرتفعة من ثلاث جهات إلا حوالى ١٠ ملليمترات (٤ ر بوصة) كمتوسط سنوى ، في حين أنه في حوض أو منخفض الكفرة في الصحراء الليبية تتمثل أجف منطقة في كل الحزام الصحراوى في شمال أفريقيا .

ولا تعتمد صفة الجفاف في الصحارى الحارة على الندرة وعدم الانتظام في سقوط الأمطار فحسب ولكنها تعتمد أيضا على درجات الحرارة المرتفعة ومعدلات البخر العالية على مدار السنة . ففي الصيف حين تتعامد الشمس على مدار السرطان ويكون الإشعاع الشمسى مركزا تقل درجة الإشعاع على الهوامش الاستوائية لصحراء شمال أفريقيا وكذلك صحراء غرب إستراليا ، كما توجد بعض السحب المرتبطة بسقوط الأمطار الصيفية لمناطق الاستبس الحارة والسفانا . كما تظهر سحب من نوع السحاق أو القرع المرتفع High Cirrus فوق الصحراء الأفريقية وتكون على مستوى يزيد على ١٨٢٩ متراً (ستة الاف قدم) . وقد تعترض بعض الشئ سبيل أشعة الشمس القوية التى ترفع درجة حرارة الأرض إلى أرقام خيالية . وتتمتع صحراء سونورا Sanora في جنوب غرب الولايات المتحدة والمكسيك بحوالى ٩٠ ٪ من الشروق الشمسى في فصل الصيف ، كما أن Yuma في أريزونا لا تغطى السحب من سمائها في

شهر يوليو إلا $\frac{1}{2}$ فقط من قبتها السماوية . ويصل مجموع ساعات شروق الشمس في يوما إلى ٢٩٠٠ ساعة على مدار السنة أى ٨٩ ٪ من النهاية العظمى المحتملة (المتوقعة) . وبالمقارنة ، فإن مناطق الغابات الاستوائية المطيرة كما هو الحال في الكونغو تستقبل من الأشعاع الشمسى سنويا ما قدره ١٨٠٠ ساعة فقط أى أقل من نصف ما تستقبله بلدة حلوان في مصر .

هذا ويلاحظ أن درجة حرارة التربة في كل مكان تكون أعلى من درجة حرارة الهواء . فالرمال والصخور والمعادن يمكن أن تصل درجة جراتها في منتصف فترة ما بعد الظهر إلى ما يزيد عن ٥٨٢ م (١٨٠ ف) . ويمكن الاحساس بهذه الحرارة من خلال نعال الأحذية السمكية ، وإذا ما لمست اليد عن غير عمد جسم السيارة فإنها سريعا ما تسحب بسبب اللسعة الشديدة ؛ وإذا لم تحفظ المياه باردة في أواني فخارية أو أواني محاطة بقطعة من الخيش المبلل حتى يسمح بتبريدها عن طريق التبخر ، فإنها تكون قليلة التأثير على إطفاء الظمأ . وعلى الرغم من أن التلججات وأجهزة التبريد قد جعلت الحياة في هذه البيئة الصحراوية محتملة في الوقت الحاضر بالنسبة للباحثين عن البترول ، إلا أن السيارات في حاجة إلى تصميم من شأنه أن يؤدي إلى تبريدها حتى يمكن أن تحتفظ بالمياه أو أى أشياء مبردة أخرى . كما تعاني الخيول غير المنغلة (بدون حذوة) ألما شديداً ، أما الجمال فيعطونها خفها السميك وقاية عظيمة . ولأنه لمن الواضح أن النباتات الصحراوية لا بد وأن تكون مزودة بتركيب فسيولوجى خاص للمقاومة إذا قدر لها أن تغالب مثل هذا الارتفاع في درجة حرارة التربة . وقد يعجب المرء كيف أن عددا من الجنود في الجهة الشمالية الغربية في الفليق الأجنبى Foreign Legion وفي الجيش الثامن Eighth Army قد لقوا حتفهم أثناء الحرب العالمية الثانية لأنهم لم يستطيعوا أن يلقوا بأنفسهم أرضاً فوق الصخور والرمال المحرقة .

وجدير بالذكر أن الهواء الساخن الملاصق للأرض ينشر حرارته إلى إرتفاعات كبيرة . ففى عين صالح قد سجلت درجة حرارة ٥٥٤ م (١٢٩ ف) في الظروف المتروولوجية

المثالية ، ولكن هذا الرقم قد فاقه الرقم الذى سجل فى وادى الموت Death Valley فى كاليفورنيا والذى يقع على منسوب ٨٤م (٢٧٦ قدما) تحت مستوى سطح البحر وكانت فيه درجة الحرارة ٥٧°م (١٣٤°ف) ، وكذلك بلدة العزيزية التى تقع على بعد ٤٠ كيلو مترا (٢٥ ميلا) إلى الغرب من طرابلس فى شمال أفريقيا وقد سجل بها أعلى رقم فى درجة الحرارة والذى وصل إلى ٥٨°م (١٣٦°ف) . وهناك بالاضافة إلى ذلك درجات حرارة أعلى فى كثير من المناطق ، ولكن ندرة محطات الأرصاد فى الوقت الحاضر لا تؤكد هذه الحقيقة . وفى مساحات شاسعة تصل درجات الحرارة إلى ما بين ٣٨ - ٤١°م (١٠٠ - ١٠٥°ف) وتظل على هذا النحو لعدة أيام كل سنة . فقد سجل الترمومتر درجة حرارة ٣٨°م (١٠٠°ف) فى صحراء غرب إستراليا لمدة ٦٤ يوما متتالية ، ودرجة حرارة ٥٢°م (١٢٥°ف) لمدة ١٤٠ يوما متتالية . ولقد وصلت درجة الحرارة فى فصل الصيف فى Alice Springs إلى ٣٨°م (١٠٠°ف) بصفة مستمرة تقريبا وذلك فيما عدا بعض الفترات المطيرة أو عندما تهب نسمة باردة من الجنوب وتصل إلى المنطقة . وهناك أمثلة مشابهة توضحها المحطات الموجودة فى صحراء شمال إفريقيا وصحراء أريزونا . وفى ظل ظروف كهذه ، تصبح الحياة ويصبح العمل فى هذه المناطق من الأمور الشاقة والصعبة . ولقد تعودت العيون الناعسة (نصف المغمضة) على الانبهار الضوئى المنعكس من الرمال والصخور كما تعودت على ظاهرة السراب الذى يبدو فى صورة بحيرات زرقاء ذات بريق مؤقت متلألئ .

وتعطى ليالى الصيف فى المناطق الصحراوية بعض الراحة عندما تنخفض درجة الحرارة تحت تأثير عملية الإشعاع خلال السماء الصافية ، ولكن هذا الانخفاض يظل محتفظا بدرجات حرارة أعلى من درجات الحرارة فى فترات بعد الظهر فى إصيف غرب أوروبا . وتظل درجات حرارة الليل أعلى من ٢١°م (٧٠°ف) فى Phoenix فى صحراء أريزونا ، كما تصل إلى مناسيب أعلى من ذلك فى محطات الصحراء الافريقية . ففى عين صالح تكون متوسطات أدنى درجات الحرارة اليومية فى شهر يوليو أكثر من

٣٠° م (٨٦° ف) ومن ثم يكون المدى الحرارة اليومي الكبير في فصل الصيف نتيجة لارتفاع درجة الحرارة العظمى أثناء النهار وليس نتيجة لانخفاض درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل . وباستخدام الحرارة اليومية في الظل ، يتراوح المدى اليومي للحرارة ما بين ١٧ - ٢٢° م (٣٠ - ٤٠° ف) ، وإن كانت قد سجلت بعض الأرقام الاستثنائية . فكان متوسط المدى الحرارى اليومي في وادى الموت في شهر أغسطس ١٨٩١ حوالى ٣٥° م (٩٤° ف) وكان أقصى مدى حرارى يومية هو ٤١° م (٧٤° ف) .

وقد يصل المدى الحرارى اليومي لسطح اليابس إلى أكثر من ٣٩° م (٧٠° ف) ؛ ففي هضبة مرزق ، وصلت درجة حرارة السطح الرملى في يوم ٩ أبريل ١٩٤٤ إلى ١٠° م (٥٠° ف) في منتصف الليل كما وصلت إلى ٤٥° م (١١٣° ف) في منتصف النهار . ولا تتغير درجة الحرارة على الرغم من ذلك على من سطح الأرض قدره ٢٥ سم (١٢ بوصة) إذ تكون حوالى ٢٥° م (٧٧° ف) مع ارتفاع بسيط بعد الظهر . ولهذا نجد أن المناطق الصحراوية تكون مسكنا للحيوانات الحفارة (حيوانات الجحور) . ولقد إكتشف الانسان ميزات العيش في الكهف أو في حفر تغطيها الكتل الصخرية كما هو الحال بلدة شحات Cyrene في إقليم برقة الليبى . كما وتهدف المنازل ذات الحوائط الطينية السميكة أو الأكواخ التى توجد على شكل خلية النحل في السهول السورية المرتفعة في المنطقة ما بين حلب والعاصى Orontes ، إلى عملية التبريد الطبيعى مع إمكانية الحركة الحرة للهواء . ونادراً ما تنخفض درجة حرارة الهواء المحتجز في المنازل ، على الرغم من ذلك ، عن ٣٠° م (٨٦° ف) أثناء الليل في الواحات الموجودة في الصحراء الأفريقية الشمالية ؛ وأنه لأكثر راحة أن ينام المرء في الهواء الطلق (في العراء) حيث يكون الهواء الملامس للرمال ابرد منه في البيوت أو في الكهوف المحفورة في جنوع أشجار النخيل .

ولقد صممت الملابس العربية لا لتكون واقية من حرارة الصيف فحسب ، بل لتكون واقية من برد ليالى الشتاء القارس . ويبلغ المتوسط الحرارى لشهر يناير في بلدة

بسكرا Biskra في شمال القسم الغربى من صحراء إفريقيا إلى الجنوب مباشرة من جبال أطلس ، ١١ م (٥٢ ف) . كما تصل أدنى درجات الحرارة للشهر نفسه إلى ٦ م (٤٣ ف) . وفى أجاديس Agades الواقعة إلى الجنوب من كتلة أير Air ، يبلغ متوسط حرارة شهر يناير ٢٠ م (٦٨ ف) . ويوضح درجات حرارة الشتاء فى كل المناطق الصحراوية تباينا واضحا عنها فى فصل الصيف الذى تعطى فيه الشمس العمودية تناسقا حرارياً أكبر . وتسير خطوط الحرارة المتساوية فى إتجاه غربى شرقى تقريباً فى الصحراء الأفريقية والصحراء العربية والصحراء الاسترالية وفى الصحراء الأمريكية ، عاكسة بذلك أثر دوائر العرض .

وأثناء الشتاء تكون درجة حرارة النهار أقل منها فى الصيف ، ولكن تعتبر درجات حرارة الليل ذات أهمية خاصة وذلك لأنها تنخفض إلى مناسب أدنى وأحياناً ما تصل دون درجة التجميد . ففي Yuma التى يصل فيها متوسط درجة الحرارة لشهر يناير إلى ١٢ م (٥٤ ف) ، كانت أعلى درجة حرارة هى ٢٧ م (٨١ ف) وأدنى درجة حرارة هى ٦ م (٢٢ ف) . وتعتبر مدينة لاس فيجاس Las Vegas المركز الأمريكى السياحى والواقعة فى النطاق الصحراوى من أحسن البلدان الصحراوية وذلك لاستخدام نظام التكيف الأيام الصيف الشديدة الحرارة وليلالى الشتاء الباردة ، أما المناطق الصحراوية فى العالم القديم فلا تتمتع بهذه الميزة . وفى الأجزاء المنخفضة من المناطق الصحراوية ، لا تصل درجات حرارة الليل - كما هو الحال فى صحارى الشرق الأوسط - إلى درجة التجمد ، ولكن إذا مادعت الضرورة توقد النيران الضخمة ، ويعتبر استخدام الخيام والبطاطين ضروريا . ويسجل T.E Lawrence كيف أن استخدام السكر مع قهوة الصباح لم تجد شيئا إزاء برد الفجر القارس للرجال البدو . وباستثناء القسم الجنوى والجنوب الشرقى من شبه الجزيرة العربية ، يمكن أن يتكون الصقيع ويسقط الثلج فوق القسم الأكبر من الصحراء العربية ؛ أما فى الصحراء وسط استراليا ، فهناك فصل محدد لحدوث الصقيع يمتد ما بين منتصف شهر مايو ونهاية

شهر أغسطس تقريبا في بلدة Alice Springs وفي النطاق الواقع بين الإرج الغربية Erg Occidental والإرج الشرقية عند Hl Golea ، يسبب الصقيع خسائر كبيرة في أشجار الحمضيات (البرتقال والليمون) و١٠ من نمو النباتات الشتوية .

ومازال الارتفاع عن سطح البحر يقلل ١٠ درجات الحرارة أكثر من ذلك ، فلا يوجد النخيل في هضبة الأحجار في وسط الصحراء الأفريقية نتيجة الأنظمة في تكون الصقيع شتاء ففي Tamanrasset التي تقع على منسوب أعلى من ١٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدما) فوق سطح البحر ، يكون متوسط درجة الحرارة في شهر يناير ١٢ م (٥٣ ف) وتصل أدنى درجة حرارة إلى - ٧ م (٢٠ ف) . وعلى منسوب أعلى من ذلك في حوض الكلورادو وأعلى من منسوب Yuma وصلت أدنى درجة الحرارة إلى - ١٢ م (١٠ ف) في بلدة فورت جرانف Fort Grant التي تقع على منسوب ١٤٩٨ مترا (٤٩١٦ قدما) فوق سطح البحر ؛ وفي سانتا في Santa Fe في نيومكسيكو والتي تقع على ارتفاع ٢١٢٣ مترا (٧٠٠٠ قدما) فوق سطح البحر ، هبطت درجة الحرارة إلى - ٢٥ م (١٣ ف) كما وتؤكد الأدلة من الصحراء الاسترالية أثر الارتفاع في انخفاض درجة الحرارة وحدث الصقيع ؛ ففي بلدة Alice Springs الواقعة على منسوب ٥٨٤ مترا (١٦١٩ قدما) فوق سطح البحر ، يحدث الصقيع لمدة ١٠٢ يوما ؛ أما بلدة Charlotte Springs الواقعة على ارتفاع ٢١٣ مترا (٧٠٠ قدما) فوق سطح البحر فيعمها فصل صقيع يصل متوسط مدته إلى ٦٤ يوما .

ولقد قيل أن الموميات المصرية قد حفظت بالإضافة إلى الجهود التي قام بها المحنطون المصريون ، بواسطة جفاف الرمال وجفاف الغلاف الجوي ؛ ولقد وجدت عملية تخنيط مشابهة في المناطق الجافة من النطاق الساحلي في يبرو . وعادة ما تكون الرطوبة النسبية في الهواء في المناطق الصحراوية منخفضة حتى لقد تصل إلى حوالي ٢ ٪ ففي ٥ أكتوبر ١٩٥١ عندما كانت تهب رياح جنوبية شرقية في منطقة جالو Jalo في

الصحراء الليبية ، كانت الرطوبة النسبية ٩٥ ٪ فقط ، وكانت درجة حرارة الظل هي ٥٤.١٦ م (٥١.٦ ف) . وفي ظل ظروف كهذه ، تتشقق الشفاه ، ويجف الجلد ويصعب إطفاء الظمأ .

ولكن الرطوبة النسبية في المناطق الصحراوية . على الرغم من ذلك ، تعتبر بعضة عامة أعلى من تلك النسب فهي تتراوح في بلدة أليس . سيرنجز ما بين حوالي ٣٦ / في فصل الشتاء وحوالي ٢٥ ٪ في فصل الصيف ؛ أما بالنسبة لبلدة يوما Yuma فتكون الأرقام ٤٧ ٪ - ، ٣٤ ٪ على التوالي ، ولكن لا يمكن مقارنة هذه الأرقام إذ أن القراءات لا تشير إلى نفس الوقت أثناء اليوم . وتنشأ الاختلافات في الرطوبة النسبية أساسا نتيجة للتغيرات في اتجاه الرياح . فلقد قفزت أرقام الرطوبة النسبية في فترة وجيزة من شهر أكتوبر في واحة جالو من ٩٥ ٪ إلى ٨٥ ٪ وذلك لأن الرياح الجنوبية الشرقية تغيرت وتحولت لتهب من الشمال . وفي القاهرة تنخفض رياح الخماسين تلك الرياح الجنوبية الجافة المرتبطة بحركة الانخفاضات الربيعية على طول ساحل البحر المتوسط من الرطوبة النسبية إلى أقل من ٢٥ ٪ ، ولكنها ترتفع إلى ٨٠ - ٨٥ ٪ عندما تهب الرياح على اليابس من البحر المتوسط . وطالما كانت الرطوبة النسبية غير شديدة الانخفاض ، فإن عملية التبريد الليلي للهواء الملاصق لسطح الأرض إلى ما دون نقطة الندى تحدث رطوبة مفيدة للنبات ؛ وغالبا ما يتكون الضباب في الأدوية والمنخفضات ؛ ولكن عندما ترتفع درجة الحرارة أثناء النهار ، سريعا ما يتبدد الندى بالبحر بعد ترطيه لسطح الصخر مما يساعد على عملية تفكك الصخر وتحلله . وتتطلب الرطوبة النسبية المنخفضة درجات حرارة منخفضة لتصل إلى نقطة الندى ولتتمكن من عملية التكثيف ، فإذا قلنا مثلا أن الرطوبة النسبية كما هو الحال في أليس سيرنجز ، فإنه ينبغي أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد تقريبا حتى تتكون قطرات الندى ، ومثل هذه الحالة غير محتملة الحدوث في شهور الصيف . وتؤدي الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية المنخفضة إلى ارتفاع في معدلات التبخر ، غير أن ندرة المحطات المزودة بأجهزة قياس التبخر تجعل

إعطاء صورة واضحة للمناطق الصحراوية أمراً مستحيلاً . ففي أليس سبرنجز يصل معدل البخر إلى حوالى ٢٤١٣ ملميمترا (٩٥ بوصة) فى السنة ، وهو ما يبلغ عشرة أمثال المتوسط السنوى للمطر على وجه التقريب . وهناك محطات فى صحراء شمال أفريقيا تسجل معدلات البخر تصل إل ٤٠٦٤ ملميمترا (١٦٠ بوصة) سنويا . ويعمل معدل البخر فى Yuma أثناء الصيف إلى ١٣٩٧ ملميمترا (٥٥ بوصة) فى حين أن ما يسقط عليها من أمطار هو ٢٥ ملميمترا (١ بوصة) فقط .

ولقد أتضحنت أهمية الدراسة الكمية لفقدان المياه بعملية البخر عندما تكون Salton Sea فى عام ١٩٠٤ فى صحراء كلورادو نتيجة فيضان مياه نهر الكلورادو . وعندما التزم النهر لجراه مرة ثانية فى عام ١٩٠٧ تاركا مساحة من المياه العذبة هى Salton Sea على شكل بحيرة تقدر مساحتها بحوالى ١١٤٠ مليون متر مربع (٤٤٠ ميل مربع) ، وقد أمكن تحديد المياه المفقودة بواسطة قياس الوارد من المياه إلى البحيرة وما ينصرف منها وقياس منسوبها فكان المتوسط السوى للمياه المفقود بالبخر هو ١٥٢٤ ملميمترا (٦٠ بوصة) . ولقد قدمت دراسة البحيرات فى النظام النهري لحوض نهر الأردن متضمنا بحيرة طبرية والبحر الميت ، كما قدمت دراسة بحيرة ميد Lako Mead فى أمريكا الشمالية ، بيانات مفيدة للمهندسين المهتمين بمشاكل تخزين المياه سواء أكانت للشرب أو للرى فى خزانات مكشوفة فى المناطق الجافة .

الصحارى الحارة الساحلية :

هناك بعض الوسائل أو الأسباب التى تعدل من الخصائص المناخية المميزة للصحارى الحارة على طول السواحل الغربية للقارات ، حيث تؤدى التيارات البحرية الباردة وعمليات تقليب المياه التى ترتبط بها Upwelling إلى تغيرات واضحة . كما تتأثر درجات الحرارة بالتبريد نتيجة تأثير البحر نفسه فينخفض المدى الحرارى السنوى بصورة ملحوظة . فالمتوسط الحرارى السنوى لبلدة كالاو Callao فى بيرو هو ١٩°م (٦٧°ف) فقط ، وفى أكيك Iquique فى شيلي ١٩°م (٦٦°ف) ، ويعتبر الرقمان

شاذان بالنسبة للدوائر العرضية . كما تصل درجة حرارة أشد الشهور حرارة في كالاو Callao إلى ٢٢°م (٧١°ف) فقط ، ودرجة حرارة أبرد شهر إلى ١٧°م (٦٢.٥°ف) أما المدى الحرارى السنوى فهو ٥°م (٩°ف) . وفي خليج والفيز Walvis في جنوب غرب أفريقيا يبلغ المتوسط الحرارى السنوى ١٧°م (٦٢°ف) ، ويبلغ المدى الحرارى السنوى ٦°م (١٠°ف) فقط . ويبلغ الفرق بين متوسط أعلى درجات حرارة في أشد الشهور حرارة ، وبين متوسط أدنى درجات حرارة في أبرد الشهور ١٦°م (٢٩°ف) فقط . أما المدى الحرارى اليومى لهذه المحطات فهو حوالى ١١°م (٢٠°ف) فقط أى حوالى نصف المدى الحرارى اليومى للمحطات الموجودة في المناطق الداخلية من الصحراء الأفريقية والتي يوصح سياجها الساحلى كما هو في روى أورو Rio de Oro مثل هذه التعديلات في نظام درجات الحرارة أما بخصوص كميات الأمطار ونظام سقوطها على المناطق الصحراوية الساحلية ، فإنها لا تختلف كثيراً عن المناطق الصحراوية الحارة (الداخلية) إذ يبلغ متوسط المطر السنوى على المنطقة الصحراوية من ساحل بيرو حوالى ٢٥ ملليمتر فقط (١ بوصة) ومتوسط ما يسقط على كالاو هو ٣٠ ملليمتر (١.١٨ بوصة) ولا يسقط على سواكوموند Swakopmund في جنوب غرب أفريقيا إلا حوالى ١٦ ملليمتر (٠.٦٥ بوصة) كما يتصف سقوط المطر على تلك المناطق الساحلية بعدم الانتظام سواء في توزيعه الفصلى أو في كميته السنوية . ففي بلدة تشيكاما chicama التي ذكرت سابقاً صفحة (٤٢) حدثت أنهارات فجائية بعد فترة جفاف طويل . كما أغرقت بلدة سواكوموند Swakopmund في عام ١٩٢٤ بأمطار أنهارية وصلت كميته إلى ٥١ ملليمتر (٢ بوصة) في يوم واحد ؛ ولم تصل كمية الأمطار في هذه السنة كلها إلا حوالى ٥٥ ملليمتر (٢.١٣ بوصة) . بينما بلغ متوسط المطر السنوى بعيداً صوب داخل يابس الأرض فوق رصيف ناميب Namib Platform الذى يقع على منسوب ٧٣١ متراً (٢٤٠٠ قدماً) فوق سطح البحر ويبعد عن ساحل البحر بحوالى ٨٠ كيلوا متراً (٥٠

ميلا) ؛ مقدار ٢٦ ملليمتر (٢٩ بوصة) فقط . وتتفاوت كميات الأمطار ما بين ٧٦ ملليمتر (٣ بوصة) ، ١٥ ملليمتر (١ بوصة) .

وأهم ما يميز المناطق الصحراوية الساحلية عن المناطق الصحراوية الداخلية أيضا إرتفاع الرطوبة النسبية والضباب التى تسببه الرياح السائدة والهابة صوب اليابس من البحر . ويساعد الارتفاع فى الرطوبة النسبية على وجود حياة نباتية هزيلة كما يؤدى إلى وجود حياة نباتية دائمة على إرتفاع ١٥٢٤ متراً (٥٠٠٠ قدماً) على هيئة نطاق من النبات الطبيعى كما هو الحال فى جبال الأنديز فى بيرو . وتقرب الرطوبة النسبية فى خليج والفيز Walvis Bay بانتظام من ١٠٠ ٪ خلال النصف الأول من أيام منتصف الصيف . وبعد منتصف اليوم تأخذ الحرارة فى الارتفاع وتبدأ تنقشع سحبات الضباب وتنخفض الرطوبة النسبية إلى حوالى ٧٥ ٪ . وقد يكون الاختلاف فى الرطوبة النسبية فى بعض الأحيان فى حدود ١٠ ٪ متفاوتا فيما بين أقصى رطوبة نسبية ١٠٠ ٪ وأدنى رطوبة نسبية ٩٠ ٪ وقد سجل الضباب على مدى ١٥٠ يوما سنويا فى سواكوموند Swakopmund ، فى حين أنه بعيداً عن الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية ، قد سجل داروين Darwin فى رحلته المعروفة بأسم Voyage of the Beagle أنه قد رأى سلسلا الكورديليرا Cordillera الواقعة خلف مدينة ليما Lima فى بيرو ، مرة واحدة فقط أثناء الستة عشر يوما الأولى من رحلته ، وكان ذلك بسبب وجود السحب الطباقية Stratns التى تحركت صوب يابس الأرض بواسطة نسيمات البحر والتى ما تلبث أن تتبخر بعد ذلك . وتزداد نسيمات البحر فى قوتها على مثل هذه المناطق الساحلية بارتفاع درجة حرارة اليابس ، فإنها تهب حتى وقت الظهيرة دون قوة ٣ حسب مقياس بوفورت Beaufort ، أما أثناء معظم فترة ما بعد الظهيرة فتصل سرعتها إلى قوة ٤ أو قوة ٥ ، وتقوم بحمل اللترات الناعمة من الرمال الآخذة فى الجفاف لتجعل الحياة فى تلك المناطق غير مريحة .

وفي جنوب غرب أفريقيا يتقطع النظام العادى لنسيم البحر بواسطة الرياح المعروفة بأسم رياح الجبل Berg والتي تتميز بأرتفاع درجة الحرارة والجفاف والتي تهب من اليابس صوب البحر ، وتعرف هذه الرياح محليا بأسم « الطبيب ، Doctor » . وتحمل هذه الرياح كميات كبيرة من الغبار لعدم أميال لتلقى بها في البحر وتؤثر على حركة السفن . ولكن من مزايا هذه الرياح ، على الرغم من ذلك ، أنها تخفف من الرطوبة الناتجة عن الارتفاع العادى في الرطوبة الجوية كما أنها ترفع من درجة الحرارة إلى درجات قد تصل إلى ٣٢°م (٩٠°ف) . وكانت أعلى درجة حرارة سببتها رياح الجبل Berg في صحراء ناميب هي ٤٦°م (١١٥°ف) في بلدة بورت نولووث Port Nolloth . كما يمكن للبحر الذى عادة ما يكون منخفضا ، أن يصل إلى أرقام مرتفعة في ظل رياح الجبل ، وعادة ما يزيد صوب الداخل حيث يرتفع الضباب بعيداً عن المنطقة الساحلية .

مناطق الاستبس الحارة :

يعتبر تحديد مناطق الاستبس واستغلالها من المشكلات الكبيرة . فإذا كان يمكن لمعظم الناس أن يبينوا الجفاف المطلق ، فإن صفحات التاريخ لاستثمار الأرض في كل من العالم القديم والعالم الجديد وكذلك في استراليا تدل على أنه ليس من السهل تبين شبه الجفاف ، إذ أن هناك أمثلة عديدة من الأخطاء التي أرتكبها الزراع والرعاة الذين يعيشون في المناطق شبه الجافة . ومناطق الاستبس هي بالضرورة نطاقات أنتقال تجمع بين الخصائص المناخية الصحراوية الحقة والخصائص المناخية للمناطق الأكثر رطوبة . وغالبا ما يتفق الحد الذى يفصل بين مناخ مناطق الاستبس ومناخ المناطق الرطبة وتلك المناطق التى تتساوى فيها كمية الأمطار وكمية البحر ، إلا أنه يمكن أن يختلف هذا الحد من فصل إلى فصل ومن سنة إلى أخرى . وبمقارنة مناطق الاستبس بالهوامش التى تفصلها عن المناطق المطيرة ، نجد أن المطر يكون أقل وأكثر تغيرا (ذبذبة) كما أن البحر يكون أعلى ؛ إلا أن التغيرات الفصلية في سقوط المطر ودرجة الحرارة تكون

واضحة في المناطق ذات المناخ الأكثر جفافاً . ومن هنا نجد أن التغيرات الفصلية الواضحة في نظام سقوط المطر هي التي تميز حقيقة المناطق شبه الجافة من المناطق الجافة .

وتدل الحروف « BSh » في تقسيم Koppen على مناخ الاستبس الحار ، بإضافة الحرفين « w » ، « s » للدلالة على أجف فترة شتاء وصيف على التوالي . وتتمثل المناطق شبه الحارة من حيث علاقتها بالمناطق الصحراوية الحارة أحسن تمثيل في شمال أفريقيا وإستراليا ، كما توجد هناك مساحات شاسعة في باكستان الغربية وجنوب إيران والهوامش الشمالية والشرقية لصحراء ناميب وصحراء كلهاري في جنوب أفريقيا . وتوجد الإستبس الحارة أساساً في أمريكا الشمالية في حوض كاليفورنيا الأدنى والمكسيك . كما ينبغي أن تعتبر منطقة ظل المطر والأكثر جفافاً في شمال هضبة للذن في شبه القارة الهندية ضمن أراضي الإستبس الحارة ، هذا بالإضافة إلى قطاعات من وادي كاليفورنيا التي يجب إدخالها ضمن هذا النمط المناخي .

وتعتبر الهوامش الصحراوية في شمال القارة الأفريقية أمثلة من الانتقال إلى مناخات أكثر مطراً في فصول متباعدة من السنة . فيقع على الجانب الشمالي من الصحراء الأفريقية حزام من أراضي الاستبس يمثل منطقة إنتقال إلى المناخ الحقيقي للبحر المتوسط . ويستقبل هذا الحزام الإنتقال مطره عن طريق الأعاصير المتولدة على سطح الاتصال بين الهواء القطبي والهواء الناري ، والذي يمتد بمحاذاة البحر المتوسط شتاء . ومن المحتمل أيضاً سقوط الأمطار الإعصارية في هذا الفصل على طول الهامش الجنوبي للصحراء الأفريقية على إقليم الاستبس الذي يمثل منطقة أنتقال إلى أراضي السفانا .

وتصل كمية الأمطار الشتوية على مناطق الاستبس شمال الصحراء الأفريقية إلى ٥٠٨ ملليمتر (٢٠ بوصة) ، وقد يكون بعض التساقط على هيئة ثلوج فوق المناطق المرتفعة . وتعتبر درجة الاختلاف في الكمية الساقطة من الأمطار عالية ، إلا أن أرقام متوسطات المطر تعتبر أكثر دلالة منها في المناطق الصحراوية فتسقط على توزير | Tszeur في تونس ٨١ ملليمتر (٣.٥ بوصة) ، في حين أنه نسقط على صفاقس Sfax

الساحلية ضعف هذه الكمية تقريبا . وعلى الرغم من قلة المطر على تلك الأماكن إلا أنه بالغ الأثر على الحياة النباتية وذلك السقوطه شتاء حيث تكون درجات الحرارة منخفضة وكميات البحر قليلة . أما المدى الحرارى فإنه أقل منه فى الصحراء الأفريقية فيصل متوسط النهايات العظمى إلى ٢٦٫٧°م (٨٠°ف) على الساحل ومتوسط النهايات الصغرى إلى ٢٨°م (٥٥°ف) . كما أن التغيرات العديدة فى إتجاه الرياح أثناء مرور الانخفاضات الجوية فى فصل الشتاء تسبب تغيرات مفاجئة فى الرطوبة خاصة عندما تسود الرياح الجنوبية وهذه الرياح أسماء محلية وتعتبر الخماسين أشهرها .

وتكون الإستبس الحارة التى تقع على الهامش الجنوبى للصحراء الأفريقية فى كل من السودان وأفريقيا والساحل Sahel ، أكثر جفافا وذلك لسقوط الامطار خلال فصل الصيف عندما تكون معدلات الحرارة والبحر مرتفعة وإن كانت أقل منها فى المناطق الصحراوية نفسها . وقد تصلى من الصحراء المجاورة للأستبس درجات حرارة مرتفعة ورطوبة منخفضة بواسطة رياح الهرمتان Harmattan التى تزيد من جفاف المناطق الصحراوية . ففى النطاق الصحراوى لشمال أفريقيا تثير رياح الهرمتان العواصف الترابية التى تحجب الرؤيا والتى ينفذ ترابها من خلال الملابس وإلى العيون والآذان والأفوق والحناجر . أما فى منطقة الاستبس الجنوبية فإن هذه الرياح تأتى بالسحب الترابية وتعمل على تحريك الكثبان الرملية فى الإتجاه الجنوبى الغربى . ويكون المدى الحرارى السنوى فى الإستبس الجنوبية أقل من المدى الحرارى السنوى فى الحزام الشمالى شبه الجاف فيصل المدى الحرارى السنوى فى حلة دوليب Hillet Doleib بالسودان إلى ٥٥°م فقط (من ٢٦°م – ٣١°م) أى ٥٩°ف (٧٩°ف – ٨٨°ف) . ويسقط المطر عندما تتحرك كتل الهواء الإستوائية الرطبة نحو الشمال شهور قليلة من الصيف وأثناء استقرار الانخفاض الاستوائى على المناطق المرتفعة . ولما كان سقوط المطر فى الفصل الحار من شأنه أن يقلل من آثاره ، لذا نجد أن حلة دوليب التى يسقط عليها من المطر ٧٦٢ ملميمتراً (٣٠ بوصة) والتى تسقط فى شهور يصل فيها المتوسط الحرارى إلى

أكثر من ٥٢٦ م (٨٠ ° ف) ، تتصف بنفس الجفاف الذى يسود بلدة Tozeur في تونس والتي لا يسقط عليها من المطر سوى عشر كمية المطر التي تسقط على حلة دوليب .

الصحارى المعتدلة :

يمتد الجفاف خارج المنطقة التي تسودها كتل الضغط المرتفع المدارى إلى المناطق الداخلية من يابس القارات في نطاق العروض الوسطى . فهناك مساحات شاسعة في داخل قارتي آسيا وأمريكا الشمالية ، عبارة عن صحارى معتدلة أو مناطق استبس . ولما كانت درجات الحرارة الصيفية في تلك المناطق قد تصل في ارتفاعها إلى ما هي عليه في الصحارى الحارة فإن الصفة المميزة ينبغى أن تكون البرودة الشتوية القارسة والتي تحمل معها التغيرات الرئيسية في الحياة النباتية وفي استغلال الأرض . وبدل التفاوت في درجة الحرارة في الصحارى المعتدلة بين الصيف والشتاء على أن درجات المدى الحرارى السنوى في تلك الجهات تعد من أعلى درجات المدى الحرارى السنوى على سطح الأرض . وقد تشتد برودة الشتاء نتيجة للرياح الباردة أو الكتل الهوائية الباردة المنحدرة على سفوح الجبال المحيطة بالاحواض الأكثر جفافا فقد تنخفض درجات الحرارة في الشتاء إلى أدنى من الصفر - ٥١ (٣٠ ° ف) مؤدية بذلك إلى تكون الصقيع وإمكانية سقوط الثلج . فمثلا يسقط الثلج على Kazalinsk في كازاخستان الروسية لمدة سبعين يوما ، كما يصل عدد أيام تكون الصقيع إلى ١٨٣ يوما . وكذلك يمكن أن تنخفض درجة الحرارة في طقشند Tashkeut التي يبلغ متوسط الحرارة بها في شهر يناير - ١٣٠ م (٢٩٧ ° ف) إلى - ٣٠ م (٢٢ ° ف) أثناء ، موجات البرد ، كما يمكن أن يسقط الثلج خلال ٣٧ يوما في السنة ويحدث الصقيع في ١٢٥ يوما . وعلى الرغم من أن الظروف يتميز بها معظم وسط آسيا ، فإن فصول الشتاء في مناطق أخرى تقع على نفس العروض مثل القوقاز Caucasus تعتبر أكثر اعتدالا مع قليل من الثلج والصقيع . وتوجد مثل هذه الاختلافات في أمريكا الشمالية حيث تصل

متوسطات أدنى درجات الحرارة في شهر يناير في أجزاء من أريزونا وكالورادو إلى ما فوق نقطة التجمد وبالتالي فإنها تأتي في نطاق الصحارى الحارة في حين أن أحواض الهضاب المرتفعة والأودية في أريزونا وكالورادو وفيومكسيكو تصل فيها درجات الحرارة إلى - ٥١٧ م (٥١٢ ف) وهي درجة تؤدي إلى تكوين الصقيع .

وتتميز الصحارى المعتدلة بالمدى الحرارى السنوى واليومى الكبيرين ، كما تتميز بالهواء الجاف والأشعاع الشمسى المرتفع في جو لا يوجد به إلا القليل من السحب ويتضح أثر التمهريس على الظروف الجافة وشبه الجافة في الأحواض الجبلية المرتفعة وعلى سلاسل الجبال . تتكون الأحواض الصحراوية في وسط آسيا منتمية لجهة الشمال بفتحات تضاريسية يندفع خلالها الهواء البارد في فصل الشتاء فينخفض من درجة الحرارة بصورة واضحة مؤديا إلى انخفاض كبير في متوسطات أدنى درجات الحرارة في شهر يناير عنه في الصحارى المعتدلة في أمريكا الشمالية . كما يصل المتوسط الشهري لدرجات الحرارة في نصف السنة الشتوى إلى أقل من نقطة التجمد ولهذا يتجمد بحر آرال لمدة أربعة أو خمسة أشهر كل سنة ، ويظل الثلج الطافي فوقه في كثير من السنين حتى منتصف شهر مايو . كما يتجمد الجزء الأدنى من نهر سىرداريا Syr Darya في الجزء الجنوى من كازاكستان Kazakhstan حيث تصل درجة الحرارة في شهر يناير إلى - ٥١٢ م (٥١٤ ف) أى أقل منها في خليج فنلندا ، إلا أنه في الوقت الذى ماتزال فيه الثلوج فوق وادى سىرداريا الأدنى ، تكون أشجار الخوخ واللوز مزعومة في طشقند . وإلى الشرق من ذلك نجد أنه أحيانا ما يتجمد سطح بحيرة بلكاش Balkhash تماماً . وغالبا ما تريح الرياح الباردة الآتية من الشمال والشمال الشرق الثلوج السميكة مؤدية بذلك إلى وجود بيئة قاسية . وقد يرتفع أقصى درجة حرارة أثناء النهار في الأيام المشمسة الهادئة إلى حوالى ٥٤ م (٥٤٠ ف) ، إلا أن هذا الارتفاع يكون عاديا في المناطق الجافة التى تقع إلى الجنوب والتي تكون فيها درجة حرارة أبرد شهرين في السنة - وهما يناير وفبراير - أعلى من درجة التجمد إلا عندما تهب رياح باردة آتية من الشمال مؤدية

إلى سقوط قليل من الثلوج التى لا تلبث أن تذوب بعد فترة قصيرة .
وعلى النقيض من ذلك يكون فصل الصيف غاية فى الجفاف والحرارة . فقد مرت
عشر فترات سيفية (من يوليو حتى سبتمبر على بلدة Bairam. Ali فى Tnrkmenistan
دون سقوط قطرة مطر واحدة . ولقد تضافرت الحرارة الشديدة والأمطار الشحيحة
والسحب القليلة والرطوبة النسبية المنخفضة فى خلق بيئة جافة ومترية . وتقلل الرياح
العمودية الناتجة عن الإضطراب الجوى الذى تسببه الظروف غير المستقرة للطبقات
السفلية من الغلاف الجوى والملازمة لسطح الأرض الساخن من الرؤيا كما تقلل من
شفافية الغلاف الجوى . وقد تقترب درجات الحرارة فى الظل فى النطاق الصحراوى
الجنوبى من ٥٠° م (١٢٢° ف) وبالتالى تكون درجة حرارة الأرض أعلى من ذلك .
وفى الجزء الجنوبى من طوران Turan تصل أقصى درجة حرارة أثناء النهار فى الظل إلى ما
يزيد عن ٥٠° م (١٢٢° ف) ، فى حين أنه فى ٢٠ يوليو ١٩١٥ قد وصلت درجة
حرارة سطح الرمال فى Kepelik إلى ٩٦° م (١٧٤° ف) ، وعلى ذلك لم يكن
يستغربا أن يصل المدى الحرارى اليومى إلى ٧٨° م (١٤٠° ف) . وفى الحقيقة أن
هذه الظروف لا تختلف عن الظروف الجوية للصحارى الحارة المدارية ، الأمر الذى
جعل منها مرتعا للحيوانات الحفارة حيث تختبئ فى جحورها أثناء النهار وتظهر على
سطح الأرض للبحث عن قوتها أثناء الليل حيث الحرارة ألطف إذ تصل فى المتوسط إلى
٢٥° م (٤٥° ف) والتى تقل عن درجة حرارة النهار بحوالى ٥٠° م (٩٠° ف) .
هذا وقد تهب الرياح الجافة المترية بقوة ملحوظة ، وتزداد فى قوتها فى فترات بعد
الظهيرة . ولقد هبت رياح « الأفغانتس Afganets » وهى رياح محلية واضحة على
الحوض الأعلى لنهر آمورداريا Amur Darya فى الفترة ما بين ٢٠ ، ٢٢ أغسطس
١٩٣٠ ، وأثارت كمية من الغبار فى الجو أصبح من المأمون معها النظر إلى الشمس
دون حماية الأعين بالنظارات الشمسية .

ويرتبط بقلّة كمية السحب أثناء الصيف تكون سحب السيرس Cirras المرتفعة ذات الأثر الضئيل في حجب أشعة الشمس (تزيد ساعات سطوع الشمس في آسيا الوسطى في فصل الصيف والخريف عنها في مصر) ، كذلك يرتبط بانخفاض قيم الرطوبة النسبية التي تصل في متوسطاتها إلى ٣٠ ٪ فقط في الجنوب والتي تنخفض إلى ٥ ٪ ، إرتفاع معدل البحر إلى أقصاه وبخاصة في شهر يوليو . وتتمتع طشقند بمعدل بحر يزيد في المتوسط على ثلاثة أمثال ما يسقط عليها من أمطار ، وقد يصل الجفاف في بعض السنوات إلى أكثر من ذلك . أما في توركيلى Turkul حيث يزيد البحر على التساقط بـ ٣٦ مرة في المتوسط ، قد يصل البحر في بعض الأحيان إلى ٢٧٠ مرة أكثر من التساقط ، ذلك التساقط الذي يكون على معظم أجزاء آسيا الوسطى أقل من ٢٥٤ ملليمتر (١٠ بوصة) سنويا . وعلى الرغم من أن كمية المياه المتبخرة من سطح الأراضي الصحراوية الجافة تكون قليلة بدرجة ملحوظة ، إلا أن البحر من المسطحات المائية في الصحارى مثل الأنهار والبحيرات حيث تكون المياه متوفرة يكون مرتفعاً فيفقد نهر سرداريا Syr Darya عند بلدة كاز النسك Kazalinsk بواسطة البحر السنوى ما مقداره ١٤٦٣ ملليمتر (٥٧ بوصة) ، ويفقد ثلاثة أرباع هذه الكمية في الفترة ما بين شهرى أبريل وسبتمبر . وحيث أن هذه الظروف في فصل الصيف تتشابه بدرجة كبيرة مع ظروف الصحارى الحارة ، فإنه يصبح ضرورياً مقارنتها في كل من آسيا وأمريكا الشمالية ، وذلك على الرغم من أن التضاريس المحلية كما هو الحال في حوض فيرجانا Fergana يمكن أن تؤدي إلى اختلافات محلية واضحة :

مناطق الاستبس المعتدلة :

تكون هذه المناطق في كل من أمريكا الشمالية وآسيا جزءاً من سياح الانتقال بين الصحراء الحقة ومناطق الأعشاب القارية Area Continental Grassland . وتسقط على هذه المناطق أمطار أكثر مما يسقط على المناطق الصحراوية ، ولكن ما يزال سقوط المطر فيها متذبذباً . ولقد كانت هذه المناطق مناطق الكوارث الإقتصادية وذلك راجع

إما لكون الظروف المناخية شبه الجافة غير ملموسة بها ، وإما لأنها كانت تعامل على أنها ضمن المناطق المطيرة . ويدخل ضمن هذا النمط المناخى السهول العظمى فى الولايات المتحدة الأمريكية بين المناطق الجافة العادية فى الغرب والمناطق المطيرة العادية فى الشرق . ولقد أوضحت تلك المناطق أنها مناطق التذبذب المناخى عندما تسود سنوات الجفاف أثناء تحرك حد الجفاف وتقدمه صوب الشرق . أما فى آسيا الوسطى فإن منطقة الاستبس المعتدلة تتدرج إلى النطاق شبه الصحراوى الممتد من نهر إмба River Emba الذى ينصرف إلى بحر قزوين ، وإلى بحيرة زايسان Zayasn فى الشرق ثم يستمر مخترقا منغوليا على طول الهامش الشمالى للصحارى المعتدلة من جوى حتى يصل إلى حوض الهوانج هو Hwang - Ho وشمال غرب الصين .

وتحدث - كما هو الحال فى الصحارى المعتدلة - تغيرات حادة فى درجات الحرارة السنوية واليومية . ويفصل فصل ربيع قصير فصول الشتاء الباردة عن فصول الصيف الحارة ، وبالذات عندما يكون التساقط قليلا وغير مؤكدا ، وتكون الأمطار أقل من ٣٤٤ ملليمتر (١٣ بوصة) وعادة ما يكون التساقط فى فصول الشتاء على هيئة ثلوج ، ولكن لا تكون هذه الثلوج فى كل من آسيا الوسطى والأراضى شبه الجافة فى الغرب الأمريكى سوى طبقات رقيقة لا تلبث أن تذوب أثناء فترات الدفء . وعندما يتبع هذا التساقط الثلجى بظروف قارسة البرودة ، يمكن أن تتكون طبقة من الجليد تمنع الحيوانات من الوصول إلى النباتات القزمية شبه الجافة . أما الثلج المتبقى ، غير الذى تكوم على هيئة تلال ثلجية ، فيذوب بسرعة نتيجة الزيادة السريعة فى الحرارة فى فصل الربيع كما تدهمه أيضا أمطار الربيع ؛ والمياه النائية إما أن تنصرف بسرعة فوق أرض مازالت متجمدة إلى الأنهار ، وإما أن تتبخر غير تاركة سوى بقايا تمتصها الأرض . أما التلال الثلجية المتأخرة الذوبان فإنها بذلك تصبح موردا حيويا ومفيدا للمياه التى تحتاجها النباتات فى فصل الربيع .

وعادة لا ترتفع درجة الحرارة في فصل الصيف إلى الحد الذي ترتفع إليه في المناطق الصحراوية ، ولكنه يمكن أن تصل درجة الحرارة في الظل إلى ٤٠ °م (١٠٤ °ف) ، ويزداد أثر هذا الارتفاع في الحرارة بهبوب الرياح الجافة التي تؤكد معدلات البخر المرتفعة . والأمطار الساقطة سيقاً فوق أراضي فقيرة في غطائها النباتي تنساب على طول أودية المنحدرات Gullies ويتسرب القليل منها ليختزن كمياه

أنواع المناخ المحلية والميكروسكوبية :

هناك نطاقات كبيرة من سطح الأرض عبارة عن أرض جافة تتباين فيها الصورة التضاريس من هضاب مرتفعة إلى أحواض جبلية ثم إلى سهول إرسائية نهريّة . ولهذا كان من الضروري إدخال التغيرات أو الاختلافات المحلية في المناخات المحلية والميكروسكوبية في الاعتبار . فالاختلافات الطفيفة في الصورة التضاريسية ، وعنصر الرطوبة آثارها البالغة على الحيوانات والنباتات الطبيعية وكذلك على الإنسان . فلا تقتصر الطبقة الهوائية الهامة على طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض بل تضم أيضاً الهواء الذي تحتويه المواد السطحية للأرض . وحيث أن نظام العلاقة بين الأشعاع ودرجة الحرارة والرطوبة والتساقط والرياح يمكن أن يضطرب بعوامل يمكن أن تتدخل في هذه العناصر فإنه لمن الواضح أن ظروفًا مناخية دقيقة يمكن أن تنشأ نتيجة لعمليات الري ، وإقامة مصدات الرياح ، وعمليات الحصاد والزراعة الجافة . ويمكن لمثل هذه الظروف المناخية الدقيقة أن تؤدي على سبيل المثال إلى توالد بعض الكائنات الحية في ظروف غير ظروف يعيشها .

وتتباين قيم البخر والنتح تبايناً كبيراً في حدود مسافات قصيرة فقد دلت القياسات في الصحراء المصرية على أن منطقة ذات ظل أصطناعي كانت القيمة المقاسة بها نصف القيمة المقاسة في منطقة غير ظليلة من سطح الهضبة ، وكانت القياسات في واد قريب ثلاثة أرباع القياسات فوق الهضبة المكشوفة بينما كانت أقل القياسات في كهف على بعد أمتار قليلة من مدخله . ويمكن أن يقلل وجود التبن Mulch فوق سطح التربة

— بتكوينه طبقة مختلفة في خصائصها عما تحتها من تربة — من عملية البحر ؛ ولقد استخدمت هذه الوسيلة كأساس في الزرعة الجافة . وتساعد طبقة سطحية من التبن ذات الأحجار والزلط على تقليل كمية النتج وذلك بالتقليل من نمو النباتات العشبية الطفيلية . وللطبقة السطحية الطبيعية الناتجة عن عملية الحرث والعزق أثرها المفيد لأنها تقلل من درجة الحرارة العظمى في منطقة جذور النباتات ، كما يعتقد أنها تحتفظ بالرطوبة في الطبقات السفلى من التربة . ويمكن لمصدات الرياح كجوانب أدوية المنحدرات الشديدة Sides of Cullies ، وكالكثبان الرملية أو النباتات الطبيعية أن تزيد من المياه المحفوظة على كلا الجانبين (الجهة الآتية منها الرياح أو الناهية إليها) . كما تؤثر على درجة حرارة التربة والهواء الملاصق لها تأثيرا واضحا . ويغير الاختلاف في خاصية درجة عكس السطح للأشعة بسبب النبات الطبيعي والحصى والرمال أو الصخور الظاهرة على سطح الأرض في توازن الحرارة وكذلك في الظروف المناخية الدقيقة للتربة والهواء الملاصق لسطح الأرض . ويمكن أن تكون لمثل هذه الاختلافات في مواد سطح الأرض آثار هامة على حدوث الندى الذى يكون قليلا من حيث كميته — التى تتراوح ما بين ١٠ — ٢٠ ملليمتر (٤ — ٨ بوصة) في الليلة في المناطق الجافة — إذا إنتشر على منطقة كبيرة . إلا أن هذه الكمية لها نتائجها الهامة بالنسبة للحيوانات والنباتات الطبيعية إذا ما ركزت في مناطق ذات درجة منخفضة من حيث التوصيل الحرارى (ضعيفة التوصيل الحرارى) . وهنا تكون درجات حرارة الليل أقل منها في المناطق المجاورة بشرط أن يكون الهواء ساكنا أو أن تكون الرياح ضعيفة جداً ، فتكون كميات الندى المتجمعة أعلى من الكميات العادية التى ذكرناها آفا . وتسبب بقايا أوراق الأشجار المتساقطة وكومات الأحجار تركيزا للندى ، ولربما تكون هذه الطريقة قد استخدمت في الماضى في زراعة الأراضى الجافة . وعلى الرغم من أن ما نعرفه عن كيفية تكون الندى يعتبر قليلا نسبيا ، فإن هناك إجماع فى رأى يفضل الحصول عليه عن طريق التقليل من عمليتى البحر والنتج على تكثيفه من الرطوبة الهوائية ، أو بمعنى آخر

الاحتفاظ بالرطوبة الموجودة محليا بالفعل يعتبر أفضل من تقديم مورد جديد .

وإنه لمن الواضح أن واحة بنخيلها أو حقلا مرويا يمكن أن تخلق مناخا محليا داخل الاطار المناخى العام . فتعتبر الواحة في الواقع جزيرة نباتية ذات ظروف تختلف اختلافا تاما عن الصحراء على هوامشها . كما تخلق الحيوانات الحفاوة مناخها الدقيق بمعزل عن المناخ القريب من سطح الأرض والواقع تحت تأثير الظروف المناخية القاسية التى لا يمكن لهذه الحيوانات أن تتحملها أثناء النهار . ويمكن أن تلعب قناة رى تحترق الصحراء دوراً هاماً فى خلق بيئة حيوية وذلك بهجرة الحشرات التى لم تؤقلم نفسها للظروف المناخية الصحراوية إليها . وتقوم قنوات الرى فى المناطق الصحراوية فى آسيا الوسطى بخلق مناخ رطب بارد محليا مما يساعد على قيام عدد من الاستراحات على طولها لتستفيد من الهواء البارد الذى يمكن أن تساعد رطوبته العالية على أن تحتفظ أوراق الشاى بطعمها . عملية الحرث للأراضى البكر فى المناطق شبه الصحراوية من تركيب التربة ونظامها وكذلك من مناخها الميكروسكوى ، وكذلك يحدث التغير فى الغطاء النباتى من كونه متقاربا إلى متباعد خلافاً للتوازن بكل الحياة البيولوجية . فإزالة الغابات بالاضافة إلى الاسراف فى عملية الرى وترك الأرض بورا لاراحتها تؤدى إلى تغير فى تركيب التربة ومناخها كما تؤدى إلى تغيرات فى خصائص الطبقة الهوائية الملامسة لها . ومن ثم فإن تطور المناطق الجافة واستغلالها قد اشتمل على مجموعة من الثغرات الإيكولوجية التى غيرت من مناخها الطبيعى إلى حد كبير بصورة أوضح منها فى المناطق المطيرة (الرطبة) ، والتى يمكن أن تخلق الجفاف الناتج عن تحطيم التوازن فى

البيئة Ecological Balance .

التغير المناخى :

ليست المناخات الحالية للمناطق الجافة فى كل من العالم القديم والجديد بكافية لشرح العديد من الظواهر الطبيعية والبشرية فى تلك المناطق فتشير التضاريس والنبات الطبيعى والتربة وكذلك تاريخ استخدام الإنسان للأرض على أنه كانت هناك خلال

الفترات الجيولوجية السابقة ومنذ ظهور الانسان على سطح الأرض تغيرات واضحة في كمية وكيفية سقوط المطر وكذلك في معدلات البخر . ولقد كان هناك اهتمام بالتغيرات في فترات سقوط المطر وكميته ، وتأكدت هذه الاختلافات . كما أبانت الأدلة الحديثة المتزايدة أن هذه التغيرات قد كانت ، كما ستظل هناك تذبذبات مناخية سواء كانت قصيرة المدى أم طويلة . وإنه لمن الواضح أن الانسان نفسه كان مستوعلا عن التغيرات في إمتداد المساحة التي يسودها المناخ الجاف وخصائصها الطبيعية وذلك بإدخاله حرفة رعى الحيوانات وعمليات الحرق وحرث وتقليب التربة . ولقد حلت المناقشات القديمة الخاصة بكل من الدور الذي لعبته التغيرات المناخية والدور الذي لعبه الانسان ، وأصبح ممكنا الآن تليخيص النتائج الأساسية التي أمكن التوصل إليها من دراسة المناطق الصحراوية في العالمين الجديد والقديم .

ولقد اعتمد الاستدلال على التغير المناخى على ما توصل إليه دارسو المناخ القديم والجيولوجيون وعلماء النبات وعلماء الآثار وعلماء التربة وكذلك الجغرافيون . فكانت هناك أعمال منتصلة بدراسة الارتفاع والانخفاض في منسوب البحيرات ، والتغير في منسوب مستوى الماء الباطنى ، ودورات الإرساب والنحت ، والمظاهر التضاريسية ، والترتبات القديمة . وقام الدارسون بتأريخ هذه الأدلة بالوسيلة النسبية والوسيلة المطلقة مستخدمين ضمن ما استخدموا دراسة الطبقات الرسوبية البحرية الرقيقة Varves (الطبقات الارسابية السنوية في البحيرات ، وبخاصة عند هوامش الأنهار الجليدية أثناء العصور الجليدية من الزمن الجيولوجى الرابع) ، وكذلك الحلقات الشجرية ، وطريقة كربون - ١٤ ، وكذلك الأدوات الحجرية لانسان ما قبل التاريخ . ولقد أصبح مؤكداً حدوث فترات مطيرة في المناطق الجافة . إلا أنه يبدو محتملا الآن أن التغير في مناخ المناطق الجافة كان طفيفا للغاية خلال الألفين سنة الماضية الأمر الذى ركز الاهتمام على النشاط البشرى وأثره في تغير البيئة الصحراوية أثناء الفترة التاريخية . كما يبدو محتملا ، نتيجة اعتبارات متصلة بالدورة الجوية الأساسية ، أن النطاق الجاف المعروف شبه

المدارية لم يتلاش في فترة ما قبل التاريخ والفترات الجيولوجية السابقة ، ولكن رقعته قد أنكمشت مع شيء من الرزحة بالنسبة لموقعة من الدوائر العرضية .

وتعتبر التغيرات المناخية ذات الأهمية البالغة في دراسة استغلال الأرض في النطاق الصحراوي الجاف هي تلك التي حدثت أثناء المليون سنة الأخيرة منذ نهاية الزمن الجيولوجي الثالث . فقد تعرض جزء كبير من نصف الكرة الأرضية الشمالي أثناء فترة البليستوسين لتغير رئيسي في أنواع المناخ التي سادت العالم خلال فترة كبيرة من الأزمنة الجيولوجية . ولقد أدى تتابع الفترات الجليدية المعروفة وهي جنز Cunz ، مندل Mindel ، رس Riss ، وفيرم Wurm ، وما يقابلها في أمريكا الشمالية من فترات نبراسكا Nebraskan ، وكنساز Kansan ، وإلنيوى Illinonian ثم وسكونسن Wisconsin ، أدى ذلك إلى تكون الغطاءات الجليدية فوق معظم أوراسيا وأمريكا الشمالية . وامتدت الغطاءات الجليدية عبر شمال أوروبا من جبال اسكندنافيا كما امتد الجليد من غطاءات جليدية ثانوية في جبال الألب والبرانس والكريات إلى مسافات محدودة إلى الشمال وإلى الجنوب . أما المناطق التي لم يغطيها الجليد فقد ترك المناخ شبه القطبي القارس الدليل الواضح على حدوثه على هيئة تربة حفزية متجمدة وأودية ملاءها الرواسب . وفي أمريكا الشمالية أمتد الجليد إلى الجنوب من الكتلة اللوريسية إلى دائرة عرض نيويورك تقريباً على الساحل الشرقي ، كما تكونت غطاءات جليدية ثانوية على النطاق التضاريس الجبلي في العرب على جبال الكورديليرا . ولقد وجدت آثار لفترتين جليديتين في مرتفعات شرق إفريقيا الأنثوية وجبل كينيا . ولم يكن عصر البليستوسين العصر الذي حدث فيه الظروف المناخية الباردة فحسب ، ولكنه يعتبر أيضاً العصر الذي شهد النشأة الأولى للإنسان ، ذلك الإنسان الذي لم تكن أجزاء العالم المسكونة في الوقت الحاضر في متناوله بسبب قسوة الظروف البيئية آنذاك . ومن الأمور المؤكدة أيضاً أن الفترات التي تقع بين الفترات الجليدية والمعروفة بأسم الفترات غير الجليدية Interglacials ، قد أتصفت بمناخ أكثر دفئاً وأكثر مطراً من ذلك المناخ الذي يسود

كلا من شمال أوروبا وأمريكا الشمالية في الوقت الحاضر . ولقد تحرك إنسان ما قبل التاريخ شمالا وجنوبا متتبعا الحيوانات التي أعتمد عليها في معيشتة .

وقبل نهاية القرن التاسع عشر بما يقرب من عشرين عاما ، أى قبل التسليم بحقيقة حدوث الجليد في القارات الشمالية من العالم بوقت غير طويل ، توصل الدارسون إلى أن الفترات الجليدية في الشمال تحمل علاقة بفترات مناخية مطيرة في مناطق العروض الدنيا والتي يتمثل فيها المناخ الجاف الحالى . فأنشاء فترة جليد وسكونسن في أمريكا الشمالية اشغلت بحيرة تصل في مساحتها إلى ١١٦٥ كم^٢ (٤٥٠ ميلا مربعا) وفي عمقها إلى ٤٦ مترا (١٥٠ قدما) وادى إستنشيا Estancia المغلق في نيومكسيكو . وهذه المنطقة التي يصل فيها متوسط المطر السنوى إلى ٣٥٦ ملليمتر (١٤ بوصة) في الوقت الحاضر ، لا يمكن أن تكون كمية المطر هذه في ظل معدلات التبخر العالية كافية لإيجاد هذا الجسم المائى الضخم إذ يتطلب خلف بحيرة بهذا القدر من كمية المياه كمية من الأمطار تتراوح ما بين ٥٠٧ ملليمتر إلى ٦١٠ ملليمتر (من ٢٠ إلى ٢٤ بوصة) على الأقل . وتعتبر الدراسة القديمة التي قام بها G. K. Gilbert على الشواطئ القديمة لبحيرة بونفيل وأمثلة أخرى عديدة ، دليلا على كمية التساقط الكبيرة فوق تلك المناطق الجافة من الولايات المتحدة الأمريكية حيث لا تزيد كمية المطر السنوية في الوقت الحاضر على ١٠٢ ملليمتر (٤ بوصة) وفي أوراسيا ، أتصلت أثناء فترة جليدية بليستو سينية مياه بحر قزوين بمياه البحر الأسود ، وذلك على الرغم من أنه يعتقد في هذه الحال أن منسوب المياه قد أرتفع نتيجة لانخفاض معدل البحر بسبب انخفاض درجات الحرارة الصيفية أكثر من كونه نتيجة لزيادة في الأمطار . وفي الهامش الجنوى للصحراء الإفريقية حيث لم يكن الانخفاض في درجات الحرارة أثناء الفترات الجليدية كبيرا ، قد أدت الزيادة في كميات الأمطار إلى وجود مسطحات مائية بحيرية عذبة أمكن الاستدلال عليها من الارسابات البحرية ، واتضح أن بحيرة تشاد كانت أكثر اتساعا وأكثر عمقا . كما وجدت بحيرات في الصحراء الإفريقية نفسها بين مرتفعات

تبستى Tibesti وإنيدى Ennedi ، أما في إستراليا فهناك الدليل من إرسابات بحيرة قديمة وسابقة لبحيرة أير L. Eyre على إمتدادها الأكبر من إتساع البحيرة الحالى ، والذي يدل عن أن الظروف المناخية كانت أكثر مطرا مما هى عليه في الوقت الحاضر . أما البحر الميت الذى كان يقع أثناء الفترات الجليدية في منطقة تتصف بانخفاض درجات الحرارة في فصل الصيف وفصل مطر طويل ، وكانت مياهه أعمق من مياهه الحالية والأكثر ملوحة ، بخوالى ٢٢٧ م (٧٥٠ قدما) . ويمكن أهمية الفترات بالنسبة لمناطق السكنى الحالية في النطاق الجاف - على الرغم من جفافها - في المياه التى سلأت الصخور القادرة على تخزين المياه أى الخزانات الأرضية والتى تعتبر مصدرا متناقضا من مصادر المياه الباطنية التى يعتمد عليها كثير من الزراعة والرعاة .

هذا ولقد عرفت الفترات المطيرة Pluvials بأنها ذبذبات مطيرة طويلة تمتد فوق رقعة شاسعة من سطح الأرض ، ومثلها مثل الفترات الجليدية تفصلها فترات غير مطيرة Inter-Pluvials أقل مطرا بدرجة يصعب معها اعتبار فترة البليستوسين في العروض الدنيا فترة مطيرة متصلة . وقد أمكن ربط مثل هذا الفترات غير المطيرة بالفترات غير الجليدية ولم يكن مناخ الفترات غير المطيرة مختلفا اختلافا واضحا عن بعض المناخات المؤقتة (العارضة) في نفس المناطق ، وفي بعض الحالات كان أكثر جفافا منه في الوقت الحاضر . والمهم هو إيضاح أن المناطق الجافة لم تتلاش كلية أثناء الفترات المطيرة . وتشير الصورة الجغرافية القديمة في شمال إفريقيا ومنطقة الشرق الأوسط إلى أن الصحراء الإفريقية كانت موجودة آنذاك كم منطقة جافة ، ولكن ليست بالامتداد الذى هى عليه في الوقت الحاضر بل كانت محدودة المساحة وذات جزر مطيرة بمثابة في المناطق الجبلية مثل تبستى والحجار وإنيدى . وكان يسود مناخ الاستبس الدافئ معظم الأجزاء الشمالية والجنوبية من الصحراء الإفريقية ، أما منطقة الساحل Sahel والسودان والمناطق الساحلية في شمال غرب إفريقيا وبرقة فكانت تتمتع بمناخ مطير . وكانت منطقة الربع الخالى من شبه الجزيرة العربية واضحة الجفاف كما هو الحال في الوقت الحاضر ،

أما ظروف الإستبس المناخية فقد سادت معظم المنطقة الممتدة إلى الجنوب الغربى من وادى دجلة والفرات . وكانت تتمتع معظم فلسطين والأردن وسوريا والمناطق الجبلية فى اليمن بمناخ مطير ، كذلك كان الحال فى منطقة ظل المطر من هضبة الدكن فى شبه الجزيرة الهندية وكانت هناك أمطار مطيرة مشابهة تقع شمال بحر آرال فى المنطقة التى تتمثل فيها الظروف المناخية شبه الجافة فى الوقت الحاضر .

ولم تتفق العودة إلى حالة الجفاف إتفاقا تاما مع الاختفاء النهائى للجليد فى نهاية آخر فترة جليدية ، إذ إن إبتدأ الجفاف قبل نهاية فترة فيم الجليدية بحوالى ٨٠٠٠ سنة على الأقل ، أى فى الفترة التى وصل فيها الإنسان إلى مرحلة العصر الحجري الأعلى فى منطقة العالم القديم التى هجر فيها الإنسان الصحارى فيما عدا مناطق الواحات والأودية النهرية حتى أصبح نسق توزيع لمكان مشابهة إلى حد ما نسق توزيعهم الحالى . ولم تكن هناك ومنذ العصر الحجري القديم الأعلى ذبذبات مناخية بالصورة التى كانت عليها فى فترة البليستوسين . ومن ثم فإن الأدلة الجيومورفولوجية للتغيرات المناخية قد أصبحت أقل بكثير منها فى فترة البليستوسين . وبالرغم من هذا كانت هناك ذبذبات فى كميات المطر فى العصر الحديث أى فى فترات ما بعد الجليد . وقد أدت هذه التغيرات فى المطر إلى الظروف أو الخصائص البيولوجية للمناطق الجافة وذلك بإعطاء الفرص لكل من الإنسان والحيوان لكى يتوغل فى مناطق لم يكن بها من فرص العيش من قبل إلا القليل . ومن أهم تلك الفترات المطيرة التى تبعت الفترة الجافة لعصر البليستوسين المتأخر تلك التى تضم الثلاثة آلاف سنة التى شغلها العصر الحجري الحديث والتى ابتدأت فى حوالى سنة ٥٠٠٠ ق م .

وتتنمى لهذه الفترة شبه المطيرة والتى تسمى بفترة المناخ الأطلسى Atlantic Climate ، النقوش التى وجدت على الصخور الصحراوية والتى تصور حياة مناخ إسفانا والحيوانات التى كان يرعاها رعاة العصر الحجري الحديث المتنقلون . إذ أن حيوانات كالغزلان والأبقار الوحشية والنعام والخزيت والفيل والزراف وأفراس النهر

(السيد قشطة) والجاموس لا تتطلب مرعى جيداً فحسب بل نحتاج أيضاً إلى كميات كافية من المياه السطحية . كما استدل على الظروف المناخية الأكثر رطوبة بواسطة التربة المدارية الحفرية الحمراء ، وكذلك من سجل الطبقات الإرسائية أى الاستراتيجافى ، وكذلك الآبار الارتوازية التى استخدمت فى الواحات الخارجية والداخلية غرب نهر النيل تاركة كموات من الصلصال على أرضية الواحات مشيرة إلى مواقع العيون القديمة . ولقد اكتشفت أدوات حجرية ترجع إلى العصر الحجري الحديث فى تكوينات الطوفا الكلسية على جوانب الآبار السابقة . هناك بالإضافة إلى ذلك تمثيل تصويرى لنباتات تشبه نباتات السفانا على حوائط المعابد يرجع تاريخها للفترة التى تعرف باسم « الملكية القديمة » فى مصر ، ومن الملاحظات الهامة الدلالة أيضاً أن الرسومات الصخرية فى العصر الحجري الحديث تأتى من المناطق المرتفعة والأدلة الأخرى تأتى من الأشرطة المجاورة لنهر النيل ، أما بخصوص بحر الرمال العظيم فى الصحراء الليبية ، فليس هناك من الأدلة ما يشير إلى أن الظروف المناخية شبه المطيرة فى العصر الحجري الحديث قد غيرت من سمات الجفاف الأساسية زيادة على ما أحدثته تلك الفترات المطيرة الأطول أثناء عصر البليستوسين . وتشير الأدلة من جنوب غرب آسيا ، والهند ونيفادا ووادي كاليفورنيا إلى حدوث فترة شبه مطيرة تلت فترة الجفاف القاسية فى أواخر البليستوسين وأوائل الهولوسين ويمكن أن تكون هذه الفترة معاصرة للفترة شبه المطيرة فى العصر الحجري الحديث فى الصحراء الكبرى الإفريقية . وكان أنتشار الزراعة من مواطننا الأطلسية فى جنوب آسيا أمر أسهلا بسبب الظروف المناخية المطيرة أثناء الفترة الأطلسية فى العصر الحجري الحديث ، ولكى لسوء الحظ فإن الظروف المناخية المطيرة التى اتصفت بها فترة شبه البوريال Sub Boreal التى تبعت الفترة الأطلسية قد تغيرت . أثناء فترة ما قبل البوريال وفترة لبوريال نفسها إلى ظروف مناخية جافة غير ملائمة للبقاء على الأزدهار البيولوجى أثناء الفترة الأطلسية .

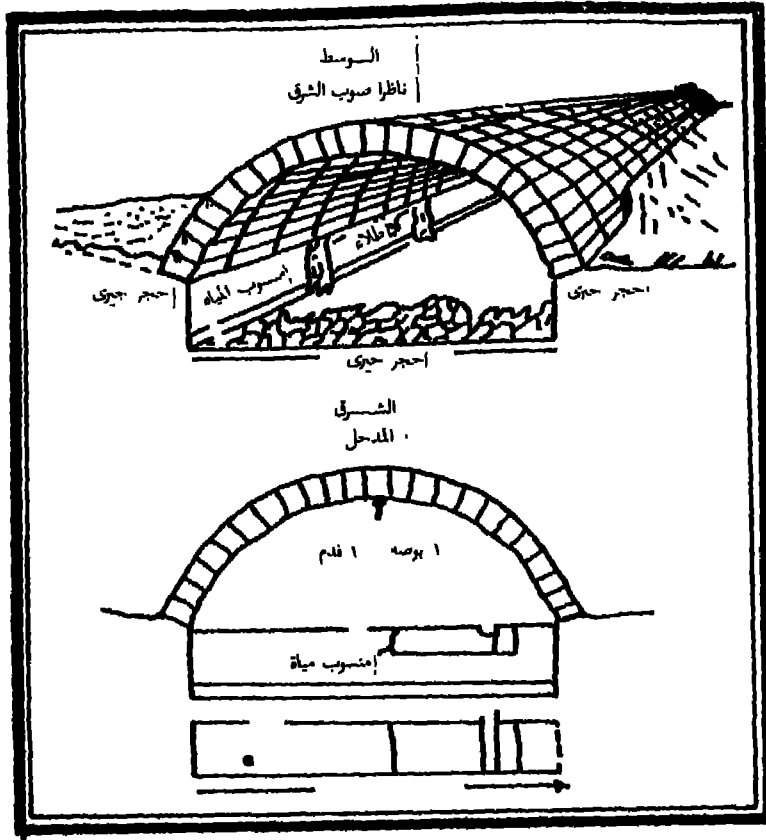
ومنذ بداية فترة شبه لبوريال (٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد) ، هناك من الأدلة الأثرية ما يثبت صفة الجفاف في النطاق الصحراوي من العالم القديم . فقد أختفت الرسوم من حوائط المعابد والمقابر والرسم على الصخور ، تلك الرسوم التي كانت تعكس حياة بيئة السفانا . فبدلاً من صور الصيد ومطاردة الحيوان في البيئة الرعوية المفتوحة كان ملوك مصر يقومون بالصيد الحيواني في مناطق مقفولة ، وغزت الكثبان الرملية وادى النيل من الصحراء الغربية وانخفضت مناسيب فيضان النيل مشيرة إلى قلة الأمطار على المناطق الجنوبية . ويبدو أن منسوب البحر الميت قد انخفض أيضاً بمقدار ثمانية أمتار (٢٥ قدماً) في ذلك الوقت ، وبعيداً من هنا صوب الشرق يبدو أنه يمكن ربط جفاف هذه المنطقة ببعض هجرات البدو الرحل في أرض ما بين النهرين (العراق) . كما تشير كل الدلائل الأثرية والجيولوجية إلى الجفاف في عصر البرونز ، وانسحاب الحيوانات والتجمعات البشرية إلى أماكن المياه حيث الواحات والأودية النهرية مع وجود القيود القاسية على نمط الحياة بالنسبة للرعاة الرحل .

وكان هناك ، على الرغم من ذلك ، تذبذب مناخى في حوالى ٨٥٠ ق . م . نحو ظروف أكثر مطراً ، إذا ما قورنت بتلك الظروف التي تسود المناطق الصحراوية في الوقت الحاضر والألفى سنة الماضية أى أثناء الفترة شبه الأطلسية Sub-Atlantic التي تميزت بذبذبات مناخية مطيرة في إطار مناخى جاف وقد تباينت الآراء بخصوص هذه الفترة الأخيرة وذلك لصعوبة ربط الأدلة ببعضها من قارة إلى أخرى وكذلك لوقوع هذه الفترة في نطاق الفترة التاريخية وظهور حضارات عظيمة في أجزاء العالم القديم . فهل هو الجفاف أم إنهيار الحكومات والنظم الاجتماعية الذى أدى إلى أضمحلل الامبرطورية الرومانية في شمال إفريقيا وإندثار مدنها العظيمة على ساحل الشام ؟ وقد رجحت كتابات الزويرث هنتنجتون E. Huntington فكرة الجفاف إلا أن الأدلة الأثرية الحديثة والإرسابات لم تؤكد لها ، إذ يوجد في كل مكان داخل الامبراطورية الرومانية في شمال إفريقيا الدليل الكافى على أن سكنى المنطقة قبل ذلك كان معتمداً على

مصادر المياه . فعزان المياه العظيم في الصفصاف بالقرب من شحات Cyrene في منطقة برقة بالجبل الأخضر في ليبيا (شكل ٢) كان مستودعا لجمع مياه منطقة صغيرة من الحجر الجيري ، وكان هذا الخزان مسقوفا بسقف قباني من الحجر لحمايته من عمليات البحر الشديدة ، كما بنيت القناة الأرضية التي تأخذ المياه من الخزان إلى مدينة شحات بطريقة نقل من المياه المفقودة إلى أدنى حد . وفي سوريا لم تبعد الجيانات الرومانية Limes عن نطاق الآبار الدائمة . وفي أى مكان من ساحل الشام (الليفان Levant توجد بقايا المدن الرومانية في مناطق كانت مصادر المياه بها كافية بدرجة تجعلها في المناطق مماثل للمناطق المطيرة في الوقت الحاضر ، وهذه الخاصية قد طمست نتيجة إزالة الغطاء النباتي وتعرية التربة التي إنتابت المنطقة أثناء وبعد الاحتلال الروماني . وقد وجد الفخار الذي ينتمى إلى أواخر الفترة الرومانية مدفونا في مصر الوسطى بين إرسابات نهري ورمال هوائية .

ويشير الدليل في كل شمال إفريقيا ومصر وساحل الشام وجنوب غرب الجزيرة العربية إلى أضمحلال الحضارة بأنهار الإمبراطورية الرومانية وتغير التوازن الجيومورفولوجي والبيولوجي . فعل الراعى محمل الزارع وصلت أعشاب رعى الأغنام والمزارع محل حقول القمح ، والحشائش أو الشجيرات شبه الجافة محل الأشجار ، فأدى هذا إلى عدم الحماية الكافية ضد رخات المطر الشتوية مما غير معه بيئة الطبيعية والمظاهر الحضارية لاستغلال الانسان للأرض . فلم يستفد الرعاة الرحل الذين توغلوا في المناطق المنزرعة من المصاطب النهرية ولا من نظم الري ولا من تربة حقول القمح الخصبة كما لم يستفد عرب برقة من هذه الميزات البيئية في سهل المرج الخصب .

أما في أمريكا الشمالية ، فهناك فجوات أكبر في قصة التغير المناخي ، إلا أن هذه القصة ليست معقدة كما هو الحال في أجزاء العالم القديم الذي عرف بقيام الحضارات القديمة ، إذ لم تكن هناك تعقيدات حضارية قبل وصول الاسبان . ولقد أمكن باستخدام دليل الارتفاع والانخفاض في مستوى (منسوب) البحيرات ، ونحت وردم



قيعان الأحواض الصحراوية ، وتكون القشور الصخرية وكذلك تتابع الطبقات (الشرائح) الارسابية الرقيقة ، أمكن تصحيح سجلات التاريخ التطوري للمنطقة . وقد أوضحت دراسة حلقات النمو للأشجار أنها تمثل أساساً طول فصل النمو أكثر من أنها توضح كمية الأمطار التي سقطت ، خاصة إذا ما اعتمدت هذه الدراسة عن حلقات النمو لأشجار Sequoia الضخمة . وتدل البحيرات القديمة في منطقة كارسون سنك Carson Sink على نهاية الأمطار الغزيرة في الجزء الأخير من الألف سنة الأخيرة قبل الميلاد ، ولكن هذه الفترة المطيرة قد سبقتها وأتبعها فترات جفاف عندما توقفت عمليات ردم قيعان المنخفضات الصحراوية ونشطت عمليات نحتها .

ولقد كانت قصة التغيرات المناخية الحديثة خلال المائة سنة الماضية أسهل لسببين : زيادة الاهتمام بالعلوم الأرضية في غضون القرن التاسع عشر ثم توافقها مع امتداد الحضارة العلمية إلى المناطق الجافة من العالم وبصورة واضحة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي وكذلك في كل من أفريقيا والشرق الأوسط وأستراليا . فقد كانت هناك اهتمامات بالمشاهدات المناخية المستمرة والتي زودت بعمل المقاييس النهرية . ولقد جعل أنتشار نظم الري كما هو الحال في الهند وفي مصر وفي جنوب غرب الولايات المتحدة من الضروري التزود ليس بالمعرفة الخاصة بالتوازن المؤقت للمياه فحسب ولكن بتلك المتصلة بالتغيرات في كمياتها وكذلك باحتمالات زيادتها أو نقصها . وعليه أصبحت هناك حصيلة متزايدة من المعلومات التفصيلية التي تشير إلى أن هناك تناقصا في كميات الأمطار في العروض الدنيا ، في حين أن هناك زيادة في الدفء في العروض العليا إنعكست على تراجع الأنهار الجليدية وكان هذا حتى ١٩٤٠ وخلال الأربعينات ، كما أنعكست أيضا على الحياة النباتية والحيوانية . وكانت آثار هذه الحقيقة واضحة في كل من العالم القديم والجديد . ففي أمريكا الشمالية ارتبط هذا التناقص في المطر بالظروف المعروفة باسم Dust Bowl في الثلاثينات الأولى من القرن العشرين ، وفي إفريقيا ارتبط بامتداد النطاق الصحراوي جنوبا إلى السودان ، وفي الاتحاد السوفيتي ارتبط بالانخفاض في منسوب مياه بحر قزوين منذ أقصى منسوب سجل في عام ١٨٨٢ . كما يمكن أن يكون للانخفاض الجزئي الذي أصاب مخطط الأرض الروسية العذراء ، بعض الصلات بمثل هذه التغيرات المناخية أو ربما يكون نتيجة تغيرات مناخية قصيرة . وقد سجلت أنخفاضات في مناسيب البحيرات في شرق إفريقيا وكذلك في بحيرة تيتيكাকা Titicaca في أمريكا الجنوبية . وتدل تحليلات الأرصاد المناخية طويلة المدى من جنوب إفريقيا ، على اتجاه في قلة كمية التساقط أثناء القرن الحالي ، وتتفق هذه الأرصاد مع أرصاد محطات وسط أستراليا كأرصاد تلك المحطة الموجودة في مدينة أليس سبر نجز Alice Springs ويمكن القول أن الانخفاض في كمية

التساقط قد حدث في كل الحالات منذ نهاية القرن التاسع عشر ، ولكنه ضرورى أن نذكر أن آثار هذا الانخفاض لم تكن متناسقة في كل قارة وأنه في بعض الأماكن كانت هناك زيادة في كمية الأمطار كما هو الحال على الهوامش الاستوائية (المدارية) للصحارى المدارية ، (وقد يكون الارتفاع في منسوب بحيرة تشاد في ١٩٥٠ - في الخمسينات من هذا القرن - دليلا على ذلك) . ولمثل هذه الاختلافات الإقليمية أهميتها من حيث العمل على التوصل إلى فهم الشذوذ في الأدلة المناخية والتي أمكن التوصل إليها استنتاجا من بيانات غير مناخية تلك التي كانت جل ما يمكن الحصول عليه للفترات التاريخية القديمة وفترة ما قبل التاريخ . وتساعد معرفة الذبذبات المناخية بالاضافة إلى ذلك في التوصل إلى تخطيط علمي أفضل في استغلال النطاق الجاف . كما أن معرفة الاتجاه العام للظروف المناخية تساعد على تجنب الأخطاء المكلفة التي حدثت في الماضي وفي الحكم على الاستغلال الأقتصادي للأراضي شبه الجافة التي انتشرت فيها مشاريع استصلاح الأراضي وتطورها بصورة واضحة . وعادة ما تكون مثل هذه المشاريع شديدة الحساسية للذبذبات المناخية بحيث تجعل أيه زيادة في حدوث من الجفاف هذه المشاريع عرضة للفشل . وإنه لمن الطريف أن نتأمل مستقبل استغلال الأراضي الجافة إذا ما عادت أحوال المناخ على سطح الأرض لوضعها العادي من الدفء والجفاف والذي ساد تسعة أعشار عمر كوكب الأرض الذي يقدر بحوالى ستة آلاف مليون سنة .

الفصل الثالث

مورفولوجية الأراضي الصحراوية

خصائص الظاهرات الجيومورفونوجية الصحراوية وتطورها
تفكك الصخر وتحلله (التجوية) والنحت في الأراضي الصحراوية
أشكال الأرسارب .
قربات الأراضي الجافة .

موفولوجية المناطق الصحراوية

يترك الجفاف بصمة واضحة على سطح الأرض . فالجبال والهضاب تبدوا شائعة في عزلتها ، والمنحدرات إنما تكون تتصف بالشدة ، وتميل التضاريس إلى الحدة وإن كانت هناك بعض الظواهر التضاريسية الملساء أو الانسيابية ، وهناك الدليل على شدة وضوح عملية الإرساب وعدم وجود التربة الحقيقية . وتتصف عمليات التعرية بالقطع وعدم الاستمرار وغالبا ما تتصل مباشرة كما هو الحال في الفيضانات الغطائية Sheet Floods والسيول الطينية Mud Flows برخات المطر الشديدة المتباعدة وغير المنتظمة الحدوث . إلا أن هذه الانطباعات الحقيقية في المناطق الجافة غالبا ما تخفيها تضخمات غير واقعية مثلما حدث عندما حاولت هوليود عرض وإبراز كثيب رملي في مناسبات عديدة بالقرب من Stovepipe في وادي الموت لتعطى انطباعة لانتشار الرمال في الأراضي الصحراوية ، في الوقت الذي لا تغطي الرمال والحقول الرملية من الأراضي الصحراوية سوى أقل من ٢٠ ٪ من مساحتها . وحتى عند إدراك حقيقة البيئة الصحراوية فإن شرح رفهم خصائصها يصبح من الأمور الصعبة في ظل التطبيق الحرفي لمبدأ جيمس هاطون الذي يقول « أن الحاضر مفتاح الماضي » وإنه لمن الواضح أن المناطق الجافة ينبغي ، على ضوء الأدلة التي تثبت التغير المناخي ، تناولها ليس في ظل الظروف المتصلة بالتغير (التطور) الأصولي للمظهر الجيومورفولوجي فحسب ، بل من حيث علاقتها بتلك الظروف التي سادت خلال الأزمنة الجيولوجية السابقة أيضاً .

ويقوم الجفاف الحقيقي « بتخيط » المظاهر التضاريسية بإبطاء سرعة التغير وذلك مثلما أبقى الهواء الجاف والرمال الجافة على الموميات المصرية والبيروفية في المتاحف خلال القرن العشرين . وكما كانت هذه الموميات حية يوما ما ، تنمو وتتغير ، فإن المظهر التضاريسي في المناطق الجافة كان متغيرا في الماضي إلا من إستثناءات قليلة جدا . وتعكس مثل هذه الظواهر التضاريسية نتائج الأمطار الأغزر ومعدلات البحر

المنخفضة أثناء الفترات المطيرة ، وذلك بكثرة الأشكال التضاريسية الناتجة عن عمليات النحت والإرساب بفعل المياه الجارية والتحلل الكيميائي وبفعل عمليات الصقيع في بعض الحالات . معدلة تعديلا طفيفا برخات المطر الشديد المتباعد في الوقت الحاضر ، تسود المظهر التضاريسي صور جيومورفولوجية ناتجة عن فعل المياه وبقايا عمليات تفكك الصخر وتحلله تشبه تلك الناتجة عن ظروف السفانا المناخية والتي يعتقد أنها نتاج فعل الرياح . وهناك ، كما هو الحال في المناطق ذات الصفات الجيومورفولوجية الأصولية المتطورة الأخرى ، تبادل رأسي في كل من الظواهر الجيومورفولوجية والتربة الناتجة عن الدماج النظم البيولوجية والمناخية في النحت والإرساب . ويتضح هذا عندما ترى الكتان الرملية . هي تغير على وادي نهري بلستوسيني متعمقا في سطح هضبة يغطي سطحها فتات صخرى ناتج عن تفكك وتحلل القشرة الصخرية وهنا نجد أن مخلفات الفتات الصخرية التي تنتمي إلى الفترات البليستوسينية المطيرة أو إلى ظروف مناخ السفانا في الزمن الجيولوجي الثالث قد حفظت بواسطة الجفاف في العصر الحديث . وإنه لمن سوء الحظ أن العوامل أو الظروف التي تقوم بالحفاظ على الظواهر الجيومورفولوجية في الوقت الحاضر ، قد اعتقد حتى وقت قريب أنها كانت العامل النشط في تطوير المظهر التضاريسي في الماضي . ولا ينبغي أن تكون صفة الجفاف بنفس القوة في كل أجزاء المناطق الجافة . ففي المناطق الشديدة الجفاف – باستخدام تعريف Meig – تبقى التضاريس والتربة محفوظة ، أما المناطق شبه الجافة على الهوامش الصحراوية الشديدة الجفاف ، وحيث يكون الغطاء النباتي أقر مما هو عليه في مناطق الاستبس العشبية ، غالبا ما تكون العوامل الجيومورفولوجية قوية وعيفة وبخاصة عندما تحفر المياه الجارية الفجائية لها مجار عميقة على هيئة أخاديد نهريه Gullies أو تنتشر على سطح الأرض في صورة فيضانات غطائية .

وإنه ليبدو مغريا من وجهة النظر الجغرافية في تقدير أهمية الأراضي الجافة أن يكون

الاهتمام خاص بتلك الظواهر التضاريسية ذات الإمكانية والأهمية الاقتصادية أكثر من تلك الظواهر التي يرى أنها أقل وضوحاً أو حتى أقل إمكانية من حيث الاستغلال الاقتصادي للمناطق الجافة . وسوف تعطى هذه النظرة ، على الرغم من ذلك ، أنطباعاً مضللاً للتباينات الموجودة في المناطق الجافة وبخاصة إذا اختيرت العناصر التضاريسية التي تستخدم في المناطق المطيرة . فعادة ما تهمل الإرسابات الرملية من قبل الزراع في الشمال أوربا ، إلا أن مثيلاتها في المناطق الجافة المعروفة باسم « Ergs » (العروق الصحراوية) يمكن أن كون واضحة الأهمية من حيث أثرها على الحياة في المناطق الجافة . ففي المناطق ذات البخر الشديد والأمطار الشحيحة مع تباينات فصلية وسنوية كبيرة ، يمكن أن تساعد الإرسابات السطحية الرملية التي تسمح بالتسرب السهل والسريع للمياه في نمو النباتات مؤدية إلى وجود مناطق عشبية لرعى الأغنام والماشية . كما يمكن أن تساعد المناطق الصخرية السطح والتي تسمى « بالحمادة » في صحراء شمال إفريقيا على إيجاد الطرق للعربات والحيوانات أو على إنشاء قواعد لاقلاع وهبوط الطائرات . في حين تجذب المناطق الصخرية المرتفعة كما هو الحال في هضبة الحجار ، السواح وهواة تسلق الجبال بأعداد متزايدة في الوقت الحاضر . وحتى الأودية الجافة فلها أهميتها عندما يبحث عن رواسبها عن بعض المعادن ، أو ربما تكون أكثر أهمية عندما نعرف أن إرسابات القاع النهري تحتفظ بالرطوبة وجريان المياه الأرضية . وفي الحقيقة ، وإذا ما أراد المرء أن ينتقى البيئات ذات الأهمية الخاصة في المناطق الجافة فإن إنتباهه يتركز على تلك الأجزاء التي لها بحكم تطورها المقدرة على الاحتفاظ بأعظم مورد طبيعي من حيث أهميته في المناطق الصحراوية ألا وهو المياه . وأينما يكون المطر السنوي أو الذي يحدث على فترات ممكنة ، كما يحدث للسهول الفيضية للأنهار التي تنبع خارج النطاق الصحراوي أو في الأحواض الصحراوية الممتلئة برواسب المنحدرات ، تكون الظروف عندئذ مواتية للاستغلال الأرضي . وعليه فإن المناطق الصحراوية التي تتميز بالإرساب ينبغي أن تنال اهتماماً خاصاً .

وتتوافق عمليات النحت والإرساب في المناطق الصحراوية مع النسق البيولوجي والمناخى الذى تعدده كل ظروف البيئة الحضرية والطبيعية ، ويتباين هذا النسق عندما تتغير البيئة من حيث الوقت (الزمن) والمكان . غير أن هذا الدور البيئى لا ينفى الدور الأساسى للحركات التكتونية وكذلك نوع الصخر . فالصحارى الرئيسية وبخاصة تلك التى تقع فى نطاق العروض الدنيا غالبا ما تكون على هيئة سهول عظيمة الامتداد متفقة ومناطق الثبات النسبى من القشرة الأرضية والتى تكون أساسا عرضة لحركات الرفع الهضبية (الرأسية Epierogenic) . وغالبا ما تحد مثل هذه المناطق السهلية انطلاقا من التضاريس والواضحة التى إما أن تكون نتيجة الصدوع كالحافات الانكسارية أو نتيجة الحركات التكتونية الالتوائية Orogenesis على هيئة سلاسل جبلية أو كتل تلالية منقطعة . ويمكن أن توجد تلال منعزلة أو سلاسل جبلية وسط المناطق السهلية الصحراوية والتى تكون ، كما هو الحال بالنسبة للمناطق الجبلية الهامشية ، مصدر المياه بالنسبة للأهوار ، كما تكون مصدر مياه حيوى حيث كونها كجزر رطوبة تختلف درجة رطوبتها باختلاف الظروف المناخية أثناء الفترة الحبيولوجية . وتقوم التلال البركانية فى المناطق الصحراوية بنفس الوظيفة التى تقوم بها الهضاب الانكسارية أو المناطق الجبلية الناتجة عن الحركات الالتوائية . ويختلف المناخ المحلى الأية كتلة تلالية مهما كان إمتدادها عن مناخ الأراضى المنخفضة المحيطة بها . ويمكن لهذه الكتلة التلالية إذا كانت أكثر ارتفاعا وإمتدادا أن تكون منطقة إقليمية من المناخ المطير كما هو الحال فى الهضبة الحبشية المطيرة ، تلك الهضبة التى قطعت اتصال النطاقات الصحراوية المتاخمة فى إفريقيا وشبه الجزيرة العربية . أما إذا هبطت المنطقة أو التوت تقريبا أو أصابها الأنكسارات الأخلودية فيبدوا أن مناخها يزداد جفافا كما هو الحال فى بطون الأودية الأخلودية فى شرق القارة الإفريقية .

وعليه فإن الحركات التكتونية يمكن أن تخلق ظروفا مناخية رطبة وغير عادية فى المناطق الجافة كما تؤدى إلى تعقيد محاولة تكوين صورة عن الأحداث المناخية فى

الماضى . وهذا حقيقى بصفة خاصة فى فترة البلستوسين عندما تعرضت مناطق عديدة لعملية الرفع الإقليمى مؤدية إلى تقيب محلى أدى إلى عملية تجديد فى التضاريس الطفيفة للأراضى السهلية التى نشأت فى ظل ظروف مختلفة من حيث درجة الحرارة والأمطار أثناء الزمن الجيولوجى الثالث وأوائل الزمن الجيولوجى الرابع . فلا بد أن الزيادة فى الارتفاع التابعة لحركة الرفع قد سببت زيادة فى الأمطار ترتبت عليها نتائج جيومورفولوجية وحيوية هامة . فيحتمل أن تكون المناطق الجافة فى أمريكا الشمالية وآسيا وإفريقيا بصفة خاصة قد أصابها تلك التعقيدات التكتونية فى نفس الوقت الذى حدثت فيه تغيرات فى الدورة الجوية أثناء الزمن الجيولوجى الرابع .

كما هو الحال فى المناطق المطيرة ، يلعب نوع الصخر دورا هاما فى تحديد الخصائص الجيومورفولوجية لسطح الأرض فى المناطق الجافة . فحسب طبيعة الصخر ودرجة تأثرة بعمليات التجوية الصحراوية تكون التباينات (الاختلافات) فى المنحدرات وفى نوع الإرسابات السطحية . وهذه بدورها تؤثر على المناخ المحلى والميكروسكوبى (التفصيلى) ، ومن ثم يمتد هذا التأثير إلى الخصائص الإيكولوجية للمنطقة وكيفية استخدامها من قبل الزراع الثقيلين والرعاة الرحل . وأبعد من هذا فإن الغطاء السطحي من الفئات الصخرية قد يتأين فى خصائصه الميكانيكية والكيميائية على الرغم من عدم تغير نوع الصخر ، وذلك بسبب الظروف المناخية التى سادت أثناء تكون هذا الفئات . إنه لمن المحتمل أن يكون هذا الغطاء السطحي من الفئات الصخرية قد تكون أثناء ظروف فصلية مطيرة من مناخ السفانا عندما تتضافر الحرارة والأمطار لتؤكد أهمية الوسط المؤثر على عمليات التجوية الكيميائية أى التحلل الكيميائى للصخر .

والى الشمال من النطاق الصحراوى للعروض الدنيا فى قارة أمريكا الشمالية وفى أوراسيا ، تكون استجابة نفس النوع من صخر لعمليات التجوية مختلفة عنها فى ظل ظروف السفانا المناخية وفى الصحارى المعتدلة وأراضى الاستبس حيث يكون المناخ

باردا وحيث يتكون الصقيع في فصل الشتاء الأمر الذى يمنع من نمو شجر النخيل ، يكون لديه دوره الواضح في معدل تفكك الصخر وتحليله . وإذا ما قورنت هذه المناطق بالصحارى الحارة ، يكون التعديل في الصخر في الصحارى المعتدلة أسرع بكثير منه في الصحارى الحارة بسبب تأثير صقيع الشتاء البارد الذى لا يقتصر على عمل الرطوبة الكيميائية أثناء ذوبان الصقيع بل يمتد إلى أثره الميكانيكى نتيجة تكون بللورات الجليد خلال الشقوق الصخرية فيؤدى ذلك إلى تفلق Shattering الكتلة الصخرية . وفي أعظم المناطق الصحراوية المعتدلة تطرأ ، كما هو الحال في منغوليا ، يشبه الفتات الصخرى وما ينتج عنه من صور جيومورفولوجية الظواهرات الجيومورفولوجية شبه القطبية والتي تكونت في ظل ظروف مناخية شبه جليدية . ونتيجة لأثر الصقيع ، فإن معدل تفكك الصخر وتحلله في المناطق الصحراوية المرتفعة في النطاق الصحراوى الحار يكون أكبر منه في المناطق المنخفضة عند أقدام (حضيض) المرتفعات ، وذلك على الرغم من أن أثر التجوية لا يكون بالطول ولا بالعظم الذى يكون عليه في الصحارى المعتدلة ومناطق الاستبس أو العروص العليا .

ويتباين تطور الصور الجيومورفولوجية في النطاق الصحراوى الجاف في الوقت الحاضر ، من ثم ، تبعاً للارتفاع من ناحية وللواقع بالنسبة للدوائر العرضية من ناحية أخرى . كما يتباين ولو بصورة يصعب تمييزها ، تبعاً لدرجة تركيز وتكرارية رخات المطر . فرخات المطر المهمة جيومورفولوجيا وإيكولوجيا هي تلك الرخات التى تزيد كمية مياهها على مقدرة نفاذية الأرض التى تسقط عليها . ومن ثم تؤدى إلى جريان سطحي نادرا ما يكون عنده الوقت لتكوين مسالك محددة ، وعليه فإنه يقوم بأداء مهمته كعامل تعرية بصورة واضحة . أما رخات المطر الأغزر ، فإنها تكون أقدر من حيث قدرتها على النحت والحمل ؛ وكلما كثرت مرات حدوثها كلما كان أثرها واضحا في عمليات تفكك الصخر وتحلله في ظل ظروف من التبادل بين الجفاف الرطوبة ، فتزال المواد الصخرية المفككة والمتحللة بسرعة لينكشف سطح صخرى جديد يتعرض

لعمليات التجوية . ولم تدرس ، لسوء الحظ ، مثل هذه الرخات الغزيرة بانتظام ولم تعمل لها خرائط إلا في مناطق قليلة ، الأمر الذى يصعب معه معرفة الاختلافات الإقليمية والمحلية التى تفيد الدراسة الجيومورفولوجية . ومعروف بالطبع أن مثل هذه الرخات تكون كثيرة الحدوث على هوامش المناطق الجافة أكثر منها في قلب النطاق الصحراوى نفسه . وأنها قد حدثت بكثرة في الماضى منها في الوقت الحاضر .

لقد كان عاديا منذ سنوات قليلة ، أن تشتمل مقدمة كهذه على جزء متصل بفعل الرياح ولكن البحث الجيومورفولوجية الحديث قد أوضح على الرغم من ذلك ، أن الظاهرات الجيومورفولوجية الراهنة في المناطق الصحراوية هى نتائج فعل المياه الجارية كما كان الحال أثناء الفترات الأكثر مطراً في الماضى ، وأن دور الرياح فيها بسيط وأقل أهمية بالنسبة للدور الذى تقوم به المياه . ويكون فعل الرياح واضحا ومؤثراً عندما تعمل في إرسابات بحيرية قديمة يمكن أن تنحت فيها أو تذروها أو تعيد توزيعها طالما كانت حبات هذه الإرسابات دقيقة وغير متجانسة . ويكون مستوى الماء الأرضى في الفترات الصخرى الدقيق هو المنسوب المحد لعملية السفى ، كما يكون الغبار الناعم دائما تحت طائلة الرياح . ويغلف هذا الغبار المدن الساحلية في إقليم برقة عندما تهب الرياح قوية من الجنوب حاملة إياه من مناطق بعيدة في شمال أفريقيا . ويثار هذا الغبار بالتيارات الهوائية الانقلابية في صورة التورنادو المصغر أو ما يسمى « بالأعمدة الترابية The dust devils » في المناطق الصحراوية ومناطق الاستبس في جميع أنحاء العالم . وعلى الرغم من ذلك ، فإن مساحة تجمع الرمال تعتبر صغيرة بالنسبة للمساحة الكلية للأراضي الصحراوية . فلقد سارت فرقة المشاة الأجنبية الفرنسية فوق أرض صخرية وفوق قيعان أودية جافة أكثر مما سارت فوق حقول الكثبان الرملية التى تشغل أقل من ٢٠ ٪ من الأراضي الصحراوية الجافة . ولكنها اكتسبت سيادتها كظاهرة صحراوية واضحة نتيجة قربها من الدروب الصحراوية المفتوحة والتى بواسطتها اختراقت القوافل صحراء شمال أفريقيا .

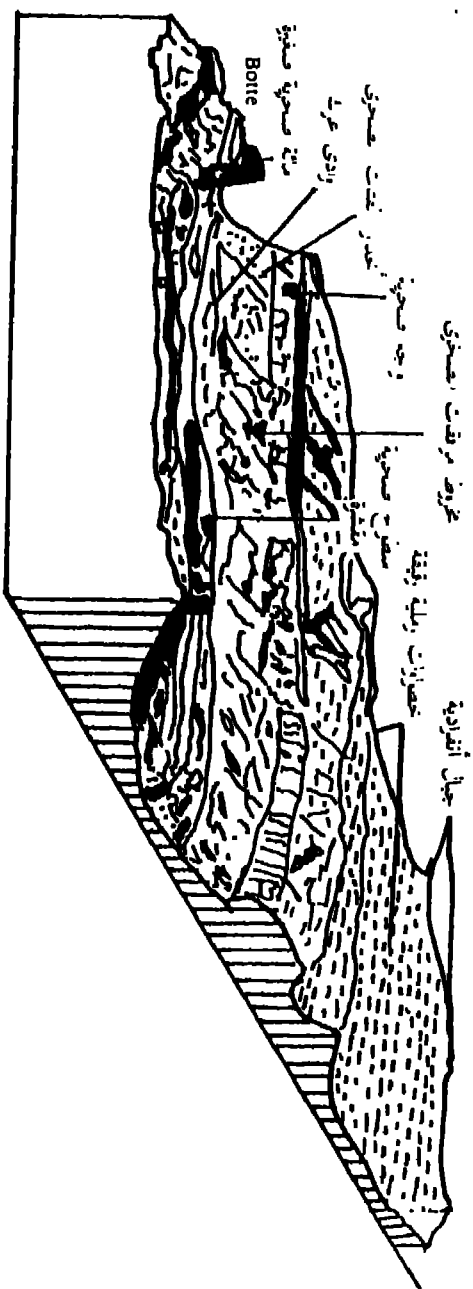
خصائص الظاهرات الجيومورفولوجية الصحراوية وتطورها :

ينهر المرتحل في صحارى كل من شمال أفريقية وشبه الجزيرة العربية وأستراليا ، والمتعود على الظاهرات الجيومورفولوجية في المناطق المطيرة بالسهول الممتدة والمترامية إلى الأفق أو التى تسدل عليها المناطق الجبلية البعيدة ستارة من الانحدار الشديد . وحتى في المناطق الصحراوية التى تأثرت بأعنف الاضطرابات التكتونية كتلك الصحارى فى الجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية أو صحارى آسيا الوسطى ، تسودها الصورة التضاريسية السهلية التى يحيطها سياج جبلى بانحدارات شديدة وكأنها ستارة هائلة مسدلة على هوامش تلك السهول . ويمكن رؤية نظام الصخر بوضوح فى المناطق الجافة وذلك لأن الصخور تكون عارية . بينما تكون الزوايا الواضحة من أهم خصائص اتصال أجزاء المنحدرات ، وتوضح هذه الصفة اختلافات الصخور من حيث تأثيرها بعوامل التعرية كما تؤكد التناقضات فى نوعية الصخور . أما شبكة التصريف المائى فى المناطق الصحراوية تعتبر من النوع الداخلى Endereic (أنظر الفصل الأول صفحة ٣١) المنتهى فى منخفضات أو أحواض مغلقة . وغالبا ما يكون هذا التصريف النهري غير منتظم ويختلف فى توزيعه حسب المظهر التضاريسى وحسب كمية المياه الساقطة حاليا وفى الماضى وعادة ما تكون الأحواض النهرية فى المناطق الصحراوية أصغر مهما فى المناطق شبه الجافة ، وذلك ما لم تتدخل التضاريس المرتفعة حيث يكون هناك نظام التصريف النبرى أكثر وضوحا وانتظاما كما هو الحال فى هضبة الحجر فى صحراء شمال أفريقيا . كما أن الأنهار فى المناطق الصحراوية غير دائمة الجريان شأنها فى ذلك شأن رخات المطر مصدر وجودها . وتعكس على سطح الأرض فى هيئة قنوات نهريّة جافة تعرف باسم الأودية Wadi فى صحراء شمال أفريقيا وصحارى الشرق الأوسط وبأسم Arroyos فى الصحارى الأمريكية وبأسم Nalas فى باكستان الغربية . وتقف على النقيض من ذلك الأنهار العابرة Allogenic Streams التى تستمد مياهها من المناطق مرتفعة وأكثر أمطاراً فى المناطق الصحراوية أو التى تقع مناعها خارج النطاق والصحراوى كلية . والسهل

الفيضى لهذه الأنهار الدائمة الجريان ، كما هو الحال فى نهر النيل ونهر الكلورادو ، هو الذى يقدم أحسن البيئات لسكنى الإنسان فى المناطق الجافة كما تدل على ذلك بوضوح خرائط توزيع كثافة السكان . وبالإضافة إلى هذه المنخفضات الخطية (الطولية) للأودية النهرية هناك أيضا منخفضات السهول التى ملأت الكثير منها الرواسب المائية أو رواسب البحيرات القديمة التى تقوم الرياح بحملها وإعادة إرسائها على هيئة حقول كتبانية فى المناطق الناهبة إليها الرياح . وتغطي قيعان بعض هذه المنخفضات بطبقة لامعة من الأملاح التى يبدو واللون الأخضر النباتات القادرة على تحمل الملوحة واضحا وسط اللون اللامع المنعكس من السطح الصخرى العارى والرمال وكذلك بللورات الأملاح .

ولقد أوضحت دراسة وفحص السهول التى تبدو مسطحة فى المناطق الصحراوية أنها عبارة عن سطوح ذات أنحدار كوتتها عمليات التحت والإرساب . ويمكن تبين نمطين رئيسيين من هذه السطوح ، سطح التحت عند أقدام التلال والذى يعرف باسم البدمنت « Pediment » والسهل التحاتى الصحراوى « Pediplain » ويتدرج كلا السطحان إلى سطوح إرسابية . وترتبط التلال التى ترتفع بانحدار فجائى فوق هذه السطوح إرتباطا وراثيا بها ، وتعرف هذه التلال باسم الجبال الانفرادية Inselbergs حيث ينمو السطح السفلى على حساب الأرض المرتفعة مثلما ينمو الرصيف البحرى المنحوت على حساب الحافة الساحلية يتراجع الحافات البحرية على حساب ظهورها من يابس الأرض (شكل ٢) .

والبدمنت هى منحدر أقدام التلال وهذا المنحدر عبارة عن سطح منحوت بانحدار بسيط وممتد ، يمتد بعيداً عن الأرض المرتفعة التى تقف خلفه بانحدار قد يتباين من نصف درجة عند مقدمة إلى سبع درجات عند مؤخرته . وليس هناك أنحدار جانبى مواز لواجهة الأرض التلالية إلا إذا كان سطح البدمنت قد تأثر هو والواجهة التلالية بحركة رفع تحدية . ويخترق هذا السطح السهل المنحدر مجموعة من الميكلات المائية



شكل ٢ : خانق وادي عراك Wadi Arak على هضاب كتمة الحجر في صحراء شمال إفريقيا . يوضح عناصر الظاهرات الجيومورفولوجية لمنطق الشديدة الجفاف . ويوضح فعال المياه الجارية في كل من الخائق والمنحدرات العليا المنخفضة (رسمه هذا الشكل من صورة فوتوغرافية في كتاب :

(Schiffers. H., Die Sahara, Franckh' verlagshandlung Stuttgart, 1950)

شبه المتوازية بعد الرخات القصيرة للمطر . ولا تعمق هذه المسيلات مجاريها في جسم هذا المنحد، وعليه فلا ينعكس فيه نظام الأودية وأراضي ما بين الأودية . أما إذا كان هناك بدمنت متقطعة فهذا يشير إلى تغير مناخى وتعتبر البدمنت بذلك ظاهرة جيومورفولوجية قديمة أى نشأت في ظل ظروف مناخية مخالفة لظروف مناخية راهنة . وأحيانا ما يوجد غطاء رقيق من الرسوبات المائية فوق السطح الصخرى . وقد يكون هذا الغطاء متصلا أو متقطعا ويمكن له أن يعول نباتات متفرقة التوزيع هامة للرعى ، إلا أن ظاهرة البدمنت تعتبر على الرغم من ذلك ظاهرة تحت قطعت في صخر صلب . وتكون نقطة الوصل بين منحدر البدمنت والأرض المرتفعة زاوية منفرجة إما على هيئة إتصال حاد أو يكون هذا الإتصال عن طريق وصلة من أرض ذات أنحدار مقعر يتكون من فتات صخرى متجمع من المنحدرات الشديدة التى تعلوه ، وقد تصل هذه الوصلة فى انحدارها إلى ٢٠ درجة فى أغلب الحالات . وقد تغطى نقطة الإتصال بين الانحدارين على الرغم من ذلك بالمازوح الرسابية عند مصبات أودية المنحدرات « Gullies » ومصبات الأودية الكبرى التى تقطع فى منحدرات التلال المرتفعة . ويمكن لهذه المازوح أن تندمج ببعضها لتعطى غطاء يكاد يكون متصلا من المواد الحصوية يعرف باسم البجادا « Bajadas » . وفى الطرف المنخفض من البدمنت يتدرج سطحها الصخرى إلى سطح إرسائى حيث يختفى السطح الصخرى تحت إرسابات نهريّة أو بحيريّة فى قاع المنخفض .

ويأخذ سطح البدمنت فى النمو والامتداد على حساب الأرض المرتفعة يتراجع المنحدر . ولأسباب تركيبية ونوعية فى الصخر قد لا يكون تراجع المنحدر بصورة متناسقة وعليه فتكون مجموعة من الأقواس المتوغة فى سطح المنحدر لتتالى وإذا ما إتصل قوسان متقابلان على جانبي الأرض التلالية تكونت ظاهرة معابر البدمنت Pediment Cols أو Passes يمكن أن يودى إستمرار عملية تخفيض الكتل التلالية إلى أندماج شبه كامل لمنحدرات أقدام التلال (البدمنت) حتى يصبح المظهر التضاريسى عبارة

عن نسق أو مجموعة من الانحدارات البسيطة تعلوها تلال أنفرادية . ويتكون في هذه المرحلة من التطور الجيومورفولوجي للمنطقة مظهر السهل التحاقى الصحراوى Pediplain الذى يتصف بمجموعة متلاحمة من البدمنت تعلوه تلال انفرادية متبقية . Residual Inselbergs

ولقد أصبح أمر المناطق السهلية والجبال الانفرادية في الأراضي الجافة ، على الرغم من ذلك ، محيراً وذلك بسبب تدخل التغيرات المناخية . فهناك على الجانب الاستوائى من المناطق الجافة في نطاق السفانا توجد أراضي سهليه فسيحة ليست بها انحدارات ملحوظة . ومثل هذه السهول « سهول السفانا » تغمرها فصليا مياه الفيضانات التى تسببها الأمطار الصيفية . وبالإضافة إلى ذلك لا تتضح خطوط تقسيم المياه كما قد يتغير اتجاه المجارى النهرية من عام لآخر معطية بذلك صورة للمسالك النهرية المضطربة التى نادرا ما تنحدر بحارها في سطح هذه السهول بصورة عميقة . وغالبا ما تعمل هذه السهول طبقة سميكة من الفتات الصخرى المتحلل إذ تنشط عملية التحلل الكيميائى أثناء الفصل الحار والمطر . وتبعثر على سهول السفانا جبال أنفرادية يمكن أن يحيط بها سياج ضيق من منحدر البدمنت أو يمكن لهذه الجبال الانفرادية أن ترتفع مباشرة فوق الأرض المستوية ، وبهذا فإن هذه السهول تتشابه مع السهول النحائية الصحراوية . Pediplains

والجبل الانفرادى Inselberg (يعتبر تعبير Bornhardt مرادفا) من الظاهرات التضاريسية التى توجد في نطاق متسع من البيئة البيولوجية المناخية في المنطقة المدارية الممتدة من النطاق الصحراوى حتى نطاق الغابات الاستوائية المطيرة . وتشتمل هذه الجبال الانفرادية على تلال شديدة التضرس ذات انحدارات شديدة ، ويمكن أن تتباين في أحجامها وأبعادها من تل صغير الحجم إلى كتلة جبلية كبيرة . وقد تتباين التضاريس النسبية من أقدم قليلة لعدة مئات من الأقدام . أما من حيث الشكل فانه يختلف اختلافا كبيرا فبعض هذه الجبال قبائى وبعضها معلق الجانب (overhang)

والبعض الآخر تكون قممه مسطحة أو مموجة ، كما توجد هناك تلال غير متماثلة الانحدار على جوانبها . ويلعب نوع الصخر دوراً هاماً في تحديد أشكالها أو حتى وجودها أو بقائها . ويتكون كثير من هذه التلال من نفس الصخور التي تتكون منها الأرض المستوية المحيطة ، إلا أن هناك تلالاً تتكون من صخر أكثر صلابة فعانت امتداد سهول السفانا أو سهل البدمنت على حسابها . وليس من السهل دائماً التمييز بين هذين التمثطين من التلال ، إذ أن الاختلافات في مقاومه الصخر وبخاصة في الصخور التي تبدو متجانسة قد تغيب على التحليل البتروlogي التفصيلي .

تفكك الصخر وتحلله (التجوية) والنحت في الأراضي الصحراوية :

لقد بسطت عدة نظريات بهدف شرح أصول الظواهر الجيومورفولوجية في لأرضي الجافة . وتتضمن هذه النظريات بعض المعلومات عن عملية التفكك الصخري لتحلله وعملية النحت في كل من المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق الهامشية مثل أثر ماخ البحر المتوسط ومناخ السفانا على نظم المظاهر الجيومورفولوجية ، تلك المناخات نى تكون جافة في الفصل الحار وفي الفصل البارد على الترتيب . وكما هو الحال في لمناطق المطيرة يكون دور التجوية ذا شقين - فهي عملية تؤدي إلى إضعاف الصخر لتسهيل عمليتي النحت والنقل ، كما تقوم بتصغير حجم الكتل الصخرية إلى فتات أدق معطية بذلك المادة الخام التي تشتق منها التربة بعد تغيرات كيميائية وبيولوجية وكثير من عمليات التجوية والنحت والنقل في ظل هذه الظروف المناخية غير واضحة تمام الوضوح وذلك على الرغم من أنه كانت هناك بعض الشكوك البالغة المتعلقة بشرح هذه العمليات قديماً ، الآراء القديمة التي قيلت في شرح هذه العمليات .

فلقد كان مفهوماً أنه في ظل المدى الحرارى الكبير في الصحارى الجافة وفي ظل التباينات الحرارية الواضحة بين الشتاء والصيف في الصحارى المعتدلة أن التفكك الميكانيكى للصخر قد استحوذ على قدر كبير من الإهتمام في الكتابات القديمة . ففى نطاق تغلغل حرارة الشمس من القشرة الأرضية الذى يتأثر بالتقيدات في المدى

الحرارى اليومى والسنوى (لنقل أنه حوالى ثلاثة أقدام أى حوالى مترا تحت سطح الأرض) كان تمدد وانكماش الصخر المكشوف الفقير فى وجود طبقة واقية من التربة والنبات الطبيعى . وكان لهذا أثره على تفكك أجزاء الصخر السطحية أى فصل الطبقات والشرائح الصخرية بعضها عن بعض ، كما كان مسؤولا أيضا عن وجود الشقوق الرأسية فى الصخر وعن حدوث التفكك الاستدارى لمعادن الصخر . ويذكر المرتحل فى المناطق الصحراوية حدوث فرقعات شبيهة بفرقعات البنادق ناتجة عن تقشر سطح الصخر فى كل من الصحراء الأفريقيه وشبه الجزيرة العربية . ولقد أوضح التجارب العملية الفنية ، على الرغم من ذلك ، التعيرات لحراريه وحدها غير مؤثره وأن الرطوبة لازمة للصخر ليتفلق بدلا من ملاءمة نفسه للبعوط الناتجة عن الاختلافات فى درجة الحرارة ووجود المياه أب. الأملاح ، وكلاهما موجود فى المناطق الصحراوية على خلاف ما كان معتقدا من قبل ، لا يزيد فقط فى قوة التعيرات الحرارية ولكنه يعطى العناصر الأساسية لعملية التحلل الصخرى الكيميائية والتي تصبح عندئذ أكثر نشاطا فى معظم المناطق الصحراوية عما كان مفترضا من قبل

وباستثناء الهوامش شبه الصحراوية أو شبه الجافة ذات الفترات المطيرة الأكثر حدوثاً والأكثر تأثيراً ، هناك مصادر عديدة للمياه فى النطاق الصحراوى ، فرحات المطر التى تسقط من آن لآخر والمصحوبة بالحرارة المرتفعة تؤدى إلى فترة قصيرة ولكنها مؤثرة من البيئة التى تنشط فيها عملية التحلل الكيميائى ، تلك العملية التى يستمر تأثيرها لفترة أطول من فترة سقوط المطر نفسها . ويعتبر ندى الليل الذى تظهر آناره فى صورة علامات على شكل عروق ورقة الشجرة Vermiform Markings على سطح قطع الحجر الجيرى مصدراً هاماً من مصادر المياه فى عملية التجوية الصخرية والتى تساندها عملية تكون للصقيع فى العروض العليا وكذا المرتفعات الكبيرة . وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن تجذب المياه الأرضية إذا كانت قريبة من سطح الأرض رأسياً بعملية الخاصة الشعرية ، أو يمكن أن تطرد بواسطة الضغط الصخرى نفسه . وعندما تصل هذه المياه إلى سطح

الأرض مشبعة بالمحاليل الحديدية والسيليكية تتبخر تاركة هذه المعادن إما على سطح الأرض أو في الشقوق الصخرية|. ولقد وجدت بعض المعادن الطينية Clay Minerals مثل المونتموريلونيت Montmorillonite في الشقوق الصخرية في هضبة الحجار في الصحراء الكبرى الإفريقية وبالقرب من جده في شبه الجزيرة العربية . إذ أن نصيب هذه المناطق يكون كبيراً من مياه الأمطار الساقطة أو من كميات الندى ، كما تعمل هذه المناطق المرتفعة على إمداد المنطقة بالرطوبة اللازمة لعملية التحلل الكيميائي . وتحفظ الشقوق الظليلة بالرطوبة مدة أطول ، وهذه الخاصية أعتبراتها من حيث نشاط عملية التجوية على الجانب الظليل من التماثيل المصرية . ومن الآثار الثانوية لعملية تبخر المحاليل المعدنية Exudation تكون ما يعرف باسم الطلاء الصحراوي Desert Varnish والذي يبدو أنه يقوم بدور الحاجز لفعل التجوية بسبب وجود الأملاح .

وعادة ما يكون أثر الأملاح في المناطق الجافة بالغاً . ويتجمع مسحوق أملاح سلفات الصوديوم وكربونات الصوديوم الذي تحمله الرياح وترسبه فوق الصخور البلورية على طول الشقوق ، وعندما تتبلور هذه الأملاح وتكبر في حجمها تولد ضغطاً كبيراً على الصخر ، وتكون القوة الناتجة عن هذا كافية لتفكيك الصخر إلى معادنة المكونة له والتي يمكن أن تحركها ضربات نقط الأمطار . ويمكن لمعدن الفلسبار أن يتأثر بالتغيرات الكيميائية بفعل الأملاح . وعلى الرغم من أن الحجر الرملي أقل تأثراً من الصخور البلورية مثل الجرانيت إلا أنه ليس محصناً أو في مأمن من مثل هذا التأثير . ويعتبر كل من الحجر الجيري والكوارتزيت أعظم الصخور مقاومة لهذا التأثير المحلي ، الأمر الذي يجعلها تنعكس على سطح الأرض في المناطق الجافة في صورة تضاريس مرتفعة . وكذلك فإن عروق الكوارتز تظهر في صورة تضاريس واضحة على النقيض من الصخور التي تتداخل فيها هذه العروق . وتعتبر عملية التفكك الصخري الحبيبي Granular Disintegration التي مهما اختلفت على تفسيرها ، من صور التجوية الهامة والواضحة والتي تعتبر السبب في تكون ما يعرف باسم « قرص غسل النحل »

Taffoni والتي تتضح في الواجهات الصخرية في المناطق الصحراوية . وبمجرد بداية هذه العملية وتكون تلك الفجوات في واجهة الصخر فإن الظل الذي تسببه جوانب تلك الفجوات يزيد من عملية الاحتفاظ بالرطوبة وزيادة عملية التجوية .

وحيث تصبح الأمطار أكثر حدوثاً صوب إقليم السفانا وفي داخله ، تصبح عملية التحلل الكيميائي أكثر تأثيراً . ففي هذه المناطق لا تكون الحرارة الشديدة والرطوبة المرتفعة هما السبب في ذلك فحسب ، بل يصبح النبات الطبيعي أكثر كثافة ويؤدي إلى وجود كميات كبيرة من الأحماض العضوية التي تساعد على التحلل المعدني ووجود المحاليل المعدنية في مياه التربة . كما تساعد الحياة العضوية في التربة على الاحتفاظ بالمياه أكثر من احتفاظ الفتات المعدني بها ، ومن ثم تلعب دوراً حيوياً في كل من عمليتي التفكك والتحلل الصخري . ويمكن أن يصل سمك الطبقة المفككة والمتحللة في المناطق المدارية المطيرة إلى قدر كبير والتي بسبب استمرار التغيرات الميكانيكية والكيميائية تؤدي إلى التربة المدارية الحمراء . أما في الأراضي السفانا تسير عملية تحطيم الصخر ميكانيكياً وكيميائياً بصورة أبطأ منها في المناطق المدارية المطيرة وعليه يكون الغطاء الصخري المفكك والمحلل أقل سمكاً منه في تلك المناطق ، ولكنه ربما يظل في حدود عشرات الأقدام . وعادة ما تظهر مثل هذه التربة تركيزات قوية من أكاسيد الحديد والألومنيوم وإزالة كاملة لمعدن السيليكا . وإذا ما أزيل الأكسيد يبقى البوكسيت ولكن عادة ما تحتوى المواد المفككة والمتحللة على أكاسيد الحديد . وتوجد القشور التي تتكون من أكاسيد الحديد والتي تعرف باسم Ferricretes في جنوب الصحراء الأفريقية والصحراء الليبية وكذلك في استراليا ، وقد يصل سمكها إلى حوالي ثلاثين قدماً . وهي عبارة عن مواد صلبة ومقاومة ، وتكون إحدى القشور الصلبة والتي يمكن أن تغطي سطح الأرض في المناطق الجافة .

وهناك قشور أخرى تكون مادة السيليكا عنصر اللحام فيها ، فهناك على سبيل المثال القشرة السيليكية Silicretes في جنوب أفريقيا ، أو تكون المادة اللاصقة من الجير

Lime أو الجبس Gypsum فتتكون قشرة الكاليش Caliche في المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، كما توجد في تونس ومناطق أخرى من شمال أفريقيا . أما القشور الكلسية فهي عادة ما تكون رقيقة لا تمتد في عمقها إلى أبعد من ثلاثة أقدام . وغالبا ما تتكون هذه القشور فوق التكوينات المسامية والمنفذة للمياه مثل الحصى والرمال . ويمكن أن تؤدي إلى كئيبان ساحلية من الحجر الرمل الكلسي كما هو الحال في منطقة درنة بإقليم برقة الليبي . ويكون الجير مسحوقا أيضا في القطاع السفلي من هذه القشور . أما بالقرب من السطح فإن القشرة تكون متماسكة ومتجانسة . وتشابه القشور الجبسية في نظامها مع القشور الكلسية ، ويمكن أن تغطيها مواد مفككة سهلة الحركة . كما يوجدان فوق مظهر طبوغرافي متشابه يكون في العادة مناطق إرسابية بسيطة الانحدار مثل المصاطب النهرية أو السهول الإرسابية النهرية . ويبدو أن هذه القشور تتكون عندما تتسرب المياه في التربة أثناء فترات الأمطار المتقطعة وتتفاعل مع حبيبات التربة . عندما يتسرب المحلول . فإنه يعرض لعملية البخر وترسب المواد المذابة من كربونات أو كبريتات الكالسيوم . وفي ظل الظروف المتعاقبة من الإذابة والإرساب تتكون طبقة سميكة من الكاليش تعرف باسم « القلنسوة الصخرية Cap Rock » في السهول العليا في ولاية تكساس الأمريكية . وعليه فإن القشور الصخرية تمتد على الجانب القطبي من النطاق الصحراوي لتكون ظاهرة بيئية هامة في الأراضي الجافة . أما القشور الملحية فإنها هي الأخرى تغطي مساحات كبيرة إما في الأحواض الداخلية الصحراوية كما هو الحال في منخفض القطارة في الصحراء الغربية المصرية وفي منطقة الشطوط في كل من الجزائر وتونس ، وكذلك في السبخات الليبية ، وفي المنخفضات الملحية في صحراء كلهاري أو في البلايا في صحاري الولايات المتحدة الأمريكية أو في كثير من أحواض آسيا الوسطى . ويمكن لهذه القشور الملحية أن تكون نتيجة لسوء استخدام مياه الري ومثل هذا النوع من القشور الملحية يمكن مناقشته بصورة حيوية من حيث تأثيرها على الاستغلال الزراعي في المناطق الجافة .

وتدخل عملية تفكك الصخر وتحلله مع فعل المياه السطحية بدرجة كبيرة كشرح مقبول لتكون سهول السفانا والجبال الانفرادية التي يمكن رؤيتها حالياً في المناطق الجافة وشبه الجافة كظواهرات جيومورفولوجية قديمة (أى لا تدين بوجودها للظروف المناخية الحالية في هذه المناطق) Paleoforms وتختلف طبقات الفتات الصخرى السميكة فوق سهول السفانا في سمكها حسب نوع الصخر الذى توجد فوقه بدرجة تجعل السطح تحت هذا الفتات غير منتظم . ففى أثناء الفصل المطير تجرى الأنهار فى قنوات مضفرة تنقصها المقدرة على تعميق مجاريها ، كذلك بسبب الانحدار البسيط وبسبب طبيعة حملتها التى تتكون من ذرات ناعمة استخلصتها المياه من الفتات الصخرى . غير أن الأنهار تكون قادرة على عملية القطع الجانبي فى التربة السطحية الحمراء التى تكون ضعيفة المقاومة لعملية النحت والتآكل ما تحوى صخوراً صلبة . وعليه فإن الجبال الانفرادية فى مناطق سهول السفانا قد تمثل السطح غير المنتظم تحت الفتات الصخرى ، وأن هذه الجبال قد ظهرت كمظهر تضاريسى بإزالة تلك الطبقة من الفتات الصخرى فى ظل ظروف من عمليات التعرية السيلية Shrest Wash والنحت الجانبي Lateral Corrasion وبمجرد ظهور هذه التآكل الانفرادية يبقى عدم الانتظام هذا فى التضاريس ، كما ويزداد شدة وذلك لأن الانحدارات الشديدة لا تحتفظ بالرطوبة مثلما تحتفظ بها الأرض المنخفضة عند حضيضها ، وبالتالي تكون هذه المنحدرات أقل تأثراً بعملية التحلل الكيميائى . وتزداد فى نفس الوقت مساحة الأرض السهلية وذلك بامتداد منحدرات البدمنت على حساب منحدرات مناطق الأرض المرتفعة . وعليه فإن منحدرات أقدام الجبال يبدو أنها ميكانيكية النشأة أى تتطور نتيجة التفكك الميكانيكى أكثر من العمليات الكيميائية . ومن ثم فإنها تمثل ظروف مناخية جافة . وفى ضوء التغيرات المناخية التى أصابت المناطق شبه الجافة لا يكون معقولاً أن نفترض أن عملية التسوية فى ظل ظروف السفانا المناخية غير مسئولة عن وجود بعض المناطق السهلية الكبرى فى كل من استراليا وشمال أفريقيا على سبيل المثال ، حيث توجد بعض

النباتات المتحجرة من نوع نباتات السفانا في الهضاب الشاسعة في صحراء شمال أفريقيا .

وتشرف هضاب الحمادة بانحدارات شديدة على أودية عميقة تتصف فقط التقائها بسطح هذه الهضاب بزوايا حادة . ويمكن أن تكون حافة الهضبة مقطعة بأودية غير دائمة الجريان ، وتمتد هذه الأودية لمسافة قصيرة في سطح هذه الهضاب التي لا يوجد من الأدلة على فعل الأنهار إلا النادر . وتنساب مياه الأمطار على سطح هذه الهضاب بغير تركيز في قنوات محددة . ويكون الانحدار طفيفا فهو في حمادة جوير Guir في الصحراء الكبرى يكون ١ : ٥٠٠ ؛ حتى أن أشد رخات المطر لا تكون قادرة على تكوين مسالك نهريّة محددة تستأثر بعملية البخر والتسرب الأرضي بالقسط الأكبر مما يسقط على هذه الهضاب من أمطار . وإذا كان سطح هذه الهضاب أكثر المحداراً تكون المياه الجارية عندئذ أكثر تركيزاً وتحديداً ، وتأخذ عملية النحت في جسم الأرض صورتها وتزداد بذلك كثافة نسيج الأودية . وفي الهوامش شبه الجافة ذات المطر الأغزر يكون السطح السهلي المستوى هو الصفة التضاريسية السائدة في حالة عدم تركيز المجارى المائية وما يتبعها من عملية التقطيع في سطح الأرض .

ولقد أثار تكون منحدر البدمنت جانبا من المناقشات الحيوية المتصلة بالمظهر الجيومورفولوجي في الأراضي الجافة ، فالقلة من الدارسين في الوقت الحاضر هم الذين يلقون على الرياح مسئولية العمل الجيومورفولوجي في المناطق الجافة ، غير أن الدور الأول لفعل كل من المياه الجارية وعمليات تفكك الصخر وتحلله هو بلا جدال الذي يحدد الطبيعة الحقيقية للعمليات الجيومورفولوجية الفعالة في المناطق الصحراوية . وهناك نقطتان رئيسيتان يجب شرحهما هما : تراجع الحائط الخلفي لمنحدر البدمنت ، والأرض السهلية لمنحدر البدمنت نفسة . وتتضمن مشكلة تراجع هذه الحافات أو منحدرات الجبال الانفرادية بالضرورة فهما وتقديراً لنشأة المنحدر الشديد في بادئ الأمر . ففي المنطقة الجافة في جنوب غرب الولايات المتحدة تعطى الظواهر التضاريسية الصاعدة

ظروفاً مثالية لمثل هذه المنحدرات كما هو الحال في الحافات الصدعية وحافات الالتواءات الرأسية الجانب Monoclines لهضاب الكلورادو . ويمكن لهذه الحافات الانكسارية أن تصل بأطوالها إلى نسب هائلة كما هو الحال على طول خط الانكسار المعروف باسم « جراندواش Grand Wash » الذى يمثل الحد بين هضبة الكلورادو ومنطقة السلاسل والأحواض Barin and Range فى الجنوب الغربى . وأقصى ما تصل إليه التضاريس النسبية فى هذه الحافة هو ١٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدما) . أما صدع هاركن Hurricane الذى يمتد من مدينة سيدار Cedar City فى ولاية يوتا Utah لمسافة قد تصل إلى ٢٧٤ كيلو مترا (١٧٠ ميلا) إلى نهر الكلورادو فى الجنوب ، فإنه يعطى مظهرها تضاريسا واضحا وسائدا تمثله الحافة المعروفة باسم « Huericane Ledge » تلك الحافة التى تتراوح فى ارتفاعها ما بين ٣٠ ، ٤٢٧ مترا (١٠٠ إلى ١٤٠٠ قدما) أعلى من الأرض المنخفضة عند حضيضها . ولربما تكون صفة الالتواءات الرأسية للجانب أكثر أنواع البنية الجيولوجية تمثيلا لهذه الحافات من الصدوع ، ويمكن لهذه التمثيل البنيوى أن يخلق أنحدارات شديدة تحيط بالهضاب ، كما يمكنه أن يؤدى إلى الأغوار التكتونية Graben والهضاب الاندفاعية Horsts . أما بقية المناطق الجافة التى تتمثل فيها الحافات المتراجعة والمنحدرات البدمنت عند حضيض تلك الحافات ، فلا تتمثل فيها تلك المظاهر التضاريسية التكتونية . ولقد بلور لستر كنج L.King لمثل هذه المناطق ، دورات تحانية متتابعة تنشأ نتيجة الحركات الاندفاعية الرأسية (الهضبية) Epeirogenic Uplifts فى القارات تتبعها عملية نحت رأسى فى الأنهار الرئيسية . وتكرار عمليات التجديد المصحوبة بتراجع فى المنحدرات الأودية سوف يؤدى إلى اتساع المنحدرات البدمنت مكونة بذلك سهولا عريضة عند حضيض الأرض الأكثر ارتفاعا . غير أنه ليس محتملا أن يكون هذا هو الذى حدث فى منطقة كصحراء شمال أفريقيا ، التى يشك فى أن يكون قد شغلها يوما ما أنهار كبرى ؛ ومن هنا فإن هذا الشرح الذى تقدم به كنج ليس قائما على أسس علمية قوية .

وتتناقص المنحدرات الشديدة في المناطق الدائمة الجفاف أو في المناطق ذات الجفاف الفصلي مع تلك المنحدرات البسيطة والهينة في المناطق المطيرة . فتفتقر منحدرات المناطق الجافة الفتات الصخرى الذى يخفى تحته الصخر الصلب والذى يمكن بأحتفاظه للرطوبة أن يزيد من عملية التحلل الصخرى . وتكون المنحدرات الصخرية واضحة؛ مجزئتها العلوى الخالى تماما من الفتات الصخرى والنبات الطبيعى ، ويسمى هذا الجزء العلوى بالواجهة الصخرية أو الواجهة الحرة Free Facal التى تكون شبه قائمة . وتقوم عملية التفكك الصخرى وتخلله بانتزاع المواد الصخرية من هذه الواجهة الحرة ، كما تتباين هذه العملية باختلاف الأنواع الصخرية ، وعليه فإنها تميظ اللثام عن العناصر الدقيقة فى التكوين الصخرى . وعادة ما يوجد تغير فجائى فى الانحدار أسفل هذه الواجهة الصخرية وتكون هناك زاوية واضحة بين منحدر الواجهة الصخرية ومنحدر الفتات الصخرى أسفله والذى تتجمع فوقه المواد التى أنتزعت من المنحدر الصخرى . وينتهى نطاق منحدر الفتات الصخرى سفلياً بتغير آخر فى الانحدار بزواوية تفصله عن السهل الصخرى عند حضيضه . ويتصف هذا المنحدر الفتاتى بمقدرته الفائقة على الاحتفاظ بالرطوبة التى تكون كافية لنشاط عملية التحلل الصخرى والتى أحيانا ما تكون كافية لنمو بعض النباتات الطبيعية . ويمكن التغير فى المناخ وفى نوع الصخر أن يودى إلى تعديلات فى تلك الصورة الأساسية . فعلى هوامش مناخ البحر المتوسط وهوامش مناخ السفانا ، تدخل الأمطار الفصلية الغزيرة عمليات كبيرة فى التحلل الصخرى فيؤدى ذلك التقليل من حجم الكتل الصخرية وحدتها . كما تحرك الأمطار هذه القطع الصخرية على المنحدرات لتكون بها وصلة مقعرة قصيرة بين منحدرات الفتات ومنحدر البدمنت (السهل الصخرى) . وفى الصحارى المعتدلة ذات الشتاء البارد الذى يودى إلى تكون الصقيع يمكن أن يكون لعملية التفلق نفس ما للأمطار على هوامش الصحارى الحارة من أثر حتى أن صحارى أمريكا الشمالية ووسط آسيا ينقصها فى العادة الالتقاء المفاجئ بين الحضيض السهل (البدمنت) ومنحدر الفتات . ويمكن لنوع الصخر أن يؤثر على طبيعة التغير

في الالتقاء بين منحدر الفتات ومنحدر البدمنت مثلما يحدث عندما تتفكك الصخور الرملية الضعيفة التماسك بسبب عمليات التجوية في ظل الظروف المناخية الجافة ، حيث تؤدي إلى تكون نسبة كبيرة من المواد الناعمة . وتحت تأثير فعل الرياح وفعل الأمطار التي تلبو أكثر أهمية يزال الفتات الصخري من فوق المنحدرات وبتكرار هذه العملية يتراجع المنحدر محتفظاً بشدته . غير أن المتخصصين يؤكدون أن المنحدرات في المناطق الصحراوية في أمريكا الشمالية وفي نطاق الصحراء الكبرى الأفريقية تحمل بصمات عمليات تفكك صخري أشد من عمليات التفكك الصخري التي تحدث في الوقت الحاضر . وهنا نجد الحاجة ماسة إلى أخذ التغير المناخى كالعادة في الاعتبار . وهذا له أهميته الخاصة في حالة القباب ذات الصخور البللورية والتي توجد على هيئة جبال انفرادية في صحراء شمال أفريقيا .

ولقد أعتبر فعل المياه في الوقت الحاضر مسئولا عن إزالة الفتات الصخري عند حضيض المنحدرات ، فأدى هذا إلى تسوية السطح الصخري الذي ترك نتيجة تراجع المنحدرات ، كما يؤثر على إمتداد المنحدر الصخري (البدمنت) . ولقد وضعت عدة نظريات لشرح الكنه الحقيقي لطبيعة عملية التسوية هذه ، فقد جبهذ ماكجى Mc Ges – الذى يعتبر أول من تبين البدمنت كظاهرة جيومورفولوجية هامة – السيول الفيضية كأداة نحت رئيسية ، ولكنه لم يبدل أية محاولة لشرح الكيفية التي أدت إلى تراجع المنحدرات ، تلك العملية التي نتجت عنها الأرض المستوية والتي يمكن أن تكون مسرحاً لفعل السيول الفيضية . ولقد ناصر آخرون مثل Johnson التعرية الجانبية للأنهار كعامل في تكون السطح الصخري وتراجع المنحدرات غير أن شرحه لم يكن مقبلاً .

أشكال الأرساب .

يتصف ما يقرب من ثلث يابس الأرض حسب الحسابات التي قام بها دى مارتون da Martonne (أنظر صفحة ٣١) بأنه من المناطق ذات التصريف النهري الداخلى

حيث تنتهى الأنهار فى أحواض مقفولة ومعزولة عن مستوى القاعدة العام الذى تمثله المحيطات . وينتهى العديد من الأنهار الكبرى إلى أحواض إرسائية ، يؤدى الإرساب فيها إلى ارتفاع مستوى القاعدة طالما تظل الظروف المناخية غير متغيرة . ولما كانت هناك مساحات شاسعة من الأراضي الجافة عبارة عن أحواض مليئة بالفتات الصخرى ، وعبارة عن أودية فإنه يبدو هاماً تفهم خصائص تلك الأحواض . ولا تقل عن هذه الأهمية خصائصها من حيث إختزان المياه فى ثنايا ذلك الفتات الصخرى . ولقد استخدمت هذه الخزانات المائية الأرضية لسنين طويلة فى النشاط الرعوى والزراعى فى المناطق الجافة ، فكانت بذلك مراكز أو مناطق تركز السكان . كما يمكن لمثل هذه الإرسابات البحرية أو النهرية المكدسة فى بطون هذه الأحواض أن يعاد توزيعها بفعل الرياح وتعطى مظاهر إرسائية واضحة ، والتي وإن كانت لا تشغل من سطح الأرضى الجافة إلا نسبة ضئيلة ، لها أهميتها التى تفوق كثيراً امتدادها وانتشارها .

وإنه لمن الواضح أن شبكة التصريف المائى المنظمة ما هى فى العادة إلا دليل على ظروف مناخية أكثر مطراً . إلا أنه على الرغم من ذلك تنساب مياه الأمطار الفجائية على طول المجارى المائية الصحراوية قبل أن تتسرب فى الفتات الصخرى أو أن تصيبها عملية التبخر . وفى الأحواض التى يحيطها سياج تضاريسى مرتفع تعترض الجبال الرياح الحاملة للمطر فتتصيد كمية من الأمطار كافية لامتداد الأنهار بالمياه فيمكنها أن تتوغل نتيجة لذلك لمسافات متباينة فى تلك الأحواض الجافة . وفى كلا الحالتين تعتمد صفة القنوات النهرية ونظام التصريف النهري على خصائص سقوط المطر فى مناطق متابع هذه الأنهار . وحتى فى المناطق التى تستمد مياهها من ذوبان الثلوج كما هو الحال فى نهري أموداريا Amu Darya وسيرداريا Syr Daria فى آسيا الوسطى فإن كميات التصريف المائى تتباين فيها من سنة لأخرى . ومقدرة الأنهار الصحراوية على الحمل والنقل تكون كبيرة فى أوقات الفيضان ولكنها تنساب فى قنوات مضفرة خلال بقية السنة ، وكثيراً ما تقف عن الجريان كلية .

كما تتناقص مقدرة المياه النهرية على الحمل والنقل في نطاق تغير المنحدر بين المنطقة التلالية والأرض المنخفضة المستوية ، الأمر الذى يؤدي بالضرورة إلى إرسائها لحمولتها ، فترسب المواد الخشنة أولاً ، أما المواد الناعمة فإنها تمتد بعيداً عن حضيض التل . وعليه فإن المراوح الإرسائية في المناطق الجافة لا تختلف من حيث مادتها عن تلك التى توجد في المناطق الأكثر مطراً فحسب بل يكون حجمها أكثر وضوحاً . فقد يمتد أنتشار المواد الإرسائية الناعمة مئات الأميال بعيداً عن حضيض التل كما هو الحال في آسيا الوسطى . ويحتمل أن تكون مثل هذه المواد التى ارتحلت لمسافات طويلة لم تكن إلا نتيجة فيضانات لم تدم إلا لبضعة أيام أو بضعة أسابيع مثل تلك التى تحدث نتيجة ذوبان الثلوج والأنهار الجليدية في فصل الربيع والصيف . ولا تتصف بالانتظام في جريانها إلا الأنهار التى تستمد مياهها جوفياً ، وذلك ما لم تقع منابعها خارج المنطقة الجافة . أما الأنهار العابرة Allogetic مثل نهر النيل ونهرى دجلة والفرات ونهر الكلورادو التى تستمد مياهها من خارج الحدود الصحراوية فإنها تعتبر أنهاراً استثنائية مثلها في ذلك مثل الينابيع التى كونتها تلك الأنهار في النطاق الصحراوى .

وكنتيجة لعملية البحر الشديدة وسرعة تسرب المياه أرضياً لا تكون هناك إلا المواد الناعمة التى يمكن أن تحمل إلى مسافات بعيدة من حمولة هذه الأنهار ، هذا بالإضافة إلى الحمولة المذابة ؛ كما قد يضيع بعض المواد الناعمة في ثنايا المواد الخشنة التى توجد على قاع المجرى النهري مغيرة بذلك المواد التى توجد في قاع المجرى النهري إلى رمال لوميه يمكن أن تكون مناسبة لعملية الزراعة الفصليّة . وأحياناً ما يترك الحصى الكبير وتزال المواد الناعمة بفعل المياه السريعة الجريان وتتكون نتيجة لذلك مواد إرسائية غير متجانسة من الرمال الخشنة والحصى مكونة ما يعرف بالجزر الحصوية أو الشطوط Shoals يفصلها عن بعضها رواسب من مواد أكثر نعومة . وتجدر العريات صعوبة في عبور القطاعات ذات المواد الناعمة في مثل هذه الأودية النهرية في الأوقات التى ينخفض فيها منسوب المياه أو تجف .

ويمكن أن تتكون البحيرات التي تترسب فيها أدق الأرسابات في أكثر المناطق انخفاضاً من الأحواض الصحراوية وفيها أيضاً تترسب الأملاح الذائبة . ومثل هذه البحيرات الحوضية التي تعرف بالبلايا Playas أو السبخات Sebchas تعتبر شائعة بدرجة كبيرة في المناطق الجافة ، ويمكن أن تتميز أصولياً من الشطوط Schotts التي تتجمع فيها المياه وتتبخّر من مصادر ارتوازية . وتباين البحيرات الملحية الكبيرة المساحة مثل بحيرة إيري Lake Eyre في أستراليا ونهر آرال Aral Sea في آسيا الوسطى في أعماقها وفي شواطئها التي تتراجع نتيجة أنكماشها بسبب عمليات البحر لتكتشف طبقات من الإرسابات الملحية . وتعتبر هذه السهول الطينية المغلفة كما هو الحال في القسم الشرق من قرة قوم Kara Kum من المناطق الهامة التي تختزن الرطوبة إذا ما قورنت بالرمل الزائد النفاذية المنتشر على هوامشها فقد حفرّت قنوات أو مسالك مائية صناعية في قرة قوم واسطة الرعاة الرحل لتقود مياه الأمطار إلى حفر تحفظ بها ومثل هذه الآبار تعتبر أساسية في تربية الحيوانات .

وعندما يكون كلوريد الصوديوم نسبة كبيرة من الأملاح المرسبة يقل تماسك الأراضي السهلية بسبب تجمع ذرات الصلصال حولها . ويمكن الرمال التي تعملها الرياح عندئذ أن تحفر خطوطاً في سطح الأرض Furrows . فالدهاليز الأرضية Yardangs يمكن أن تقوم الرياح المحملة بالحيبيات الرملية بخفها في صخور ضعيفة غير التكوينات الصلصالية . كما يمكن أن تتجمع حبات الرمل الدقيق والغرين وكذلك الصلصال التي حملتها الرياح على الجانب التي تهب إليه من المنخفض .

وإن كان لا ينظر للرياح في الوقت الحاضر على أنها العامل السائد والأساسي في تكوين ظاهرات النحت الرئيسية في المناطق الجافة ، إلا أنه من الخطأ أن نعتبرها عديمة الأثر كلية . فعلى هوامش المناطق الجافة تزيد الرياح نتيجة لنشاط الإنسان وحيواناته في امتداد النطاق الصحراوي . كما أنها بواسطة عملية الإذراء Deflation وبواسطة البرى Corrasion وكذلك بعملية الترسيب تلعب الرياح دوراً هاماً تطوير وتعديل الظاهرات الجيومورفولوجية الصحراوية .

وتنشط عملية الأذارة في المواد الارساوية الدقيقة الحبيبات والتي يمكن للرياح أن تحملها كحمولة عالقة بواسطة الاضطرابات لدائرية التيارات الهوائية . فتزال المواد الناعمة من التربة التي تكونت أثناء فترات سابقة أكثر مطراً وكذلك من الفتات الناتج عن عملية التحلل الصخري تاركة المواد الصخرية الخشنة في صورة غطاء حصوى يعرف باسم (رج) Reg . فيوجد الفتات الصخري الخشن والذي يتراوح قطر حبيباته ما بين ٢ ، ٣ ملليمتر في القسم الشمالى من الصحراء الليبية على الأرضى المرتفعة المعرضة لفعل الرياح والمحيطة بالمنخفضات التي تتجمع فيها المواد الصخرية الناعمة لفترات قصيرة . وتتحرك حبيبات الكوارتز بعملية القفز والرحف السطحي وأحيانا ما ترتفع عن سطح الأرض في حركتها ولكن هذا يتوقف على سرعة الرياح وقوتها ، وكذلك على درجة وعورة سطح الأرض . وتنشط عمليات القفز على سطوح الأرض المحصوية والصخرية غير أن النبات الطبيعى يمكن أن يحد منها أو يوقعها . ويبدو أن الزحف الأرضى للفتات الصخري Surface-Creep هو السائد إذا كانت سرعة الرياح شديدة وإذا كانت هناك حركة منتظمة في تقديم ذرات الرمال على طول المنحدر . ومقدرة برى الرياح على تشكيل حفر كبيرة كتلك التي توجد في الصحراء جوى في قارة آسيا أمراً مشكوكا فيه حيث أصبح من المتفق عليه الآن أن أقصى ما يمكن أن تقوم به الرياح هو إذراء الرمال الناعمة التي ملأت فجوات تكتونية الأصل (بمعنى هذه الفجوات قد نشأت نتيجة حمل الرياح وليس نتيجة لمقدرتها على النحت) .

غير أنه يمكن مشاهدة آثار عملية النحت بواسطة الرياح المحملة بالفتات الصخري قريبا من سطح الأرض في المواد الضعيفة وفي الأعمدة الخشبية في الأرضى الصحراوية ، كما يمكن أن نموم هذه الرياح بإزالة طلاء العربات والمنازل . غير أن الصخور الصلبة يمكن أن تدع هذه الحماية كلية . وقد يقلل الطلاء الصناعى صفة عدم الانتظام في سطوح المواد ، الماخلق الصحراوية فيمنع من تجمع الرطوبة التي يمكن أن تكون بداية

تأثير عمليات التحلل الصخرى . كما أن عملية إزالة المواد المفككة والمحللة من فجوات « قرص غسل النحل » تؤدي إلى إظهار سطح صخرى جديد يتعرض لفعل الظروف الجوية . وفوق سطح الأرض حيث يكون أثر الرياح المحملة بالرمال والغبار واضحا يتكون الحصى الصخرى المثلث الجواب المعروف باسم Dreikanter التي تشبه في شكلها « الجوزة البرازيلية Brazilian Nut » والتي يتضح أن جوانبها مشكلة بفعل يرى الرياح .

وتؤدي مناقشة الإرسابات الهوائية إلى ميدان أكثر أمنا من مناقشة مقدرة الرياح على النحت ، على الرغم من اختلاف الآراء حول بعض هذه الظواهرات الإرسابية فحقول الكثبان الرملية العظيمة Ergs في الصحراء الإفريقية وخر الرمال العظيم في سالانسيو Salanscio في الصحراء الليبية والنفود Nefuds في صحراء شبه الجزيرة العربية ، وحقول الرمال في صحراء استراليا العظمى ، أصبح من المعروف الآن بواسطة كثير من المتخصصين بأنها من أصل محلي تماما وأنها تمثل إرسابات مائية أعيد توزيعها ، وأن هذه إرسابات المائية قد تجمعت في أحواض بحيرية خلال الفترات المطيرة من الزمن الجيولوجي الرابع . وبما لاشت فيه أن بعض هذه الرمال قد أشتقت من تفتت الصخور الرملية التي توجد بكثرة في بعض المناطق الصحراوية مثل الصحراء الأفريقية ، غير أن الكثير من هذه الرمال قد مر على مرحلة الإرسابات البحرية والنهرية . ولا بد أن يكون هناك مصدر هائل من الرمال حتى يمكن أن تتكون مثل هذه الحقول الرملية ؛ أما إذا كان مصدر الرمال محدودا فلا توجد إلا طبقة رقيقة أو كثبان رملية منعزلة .

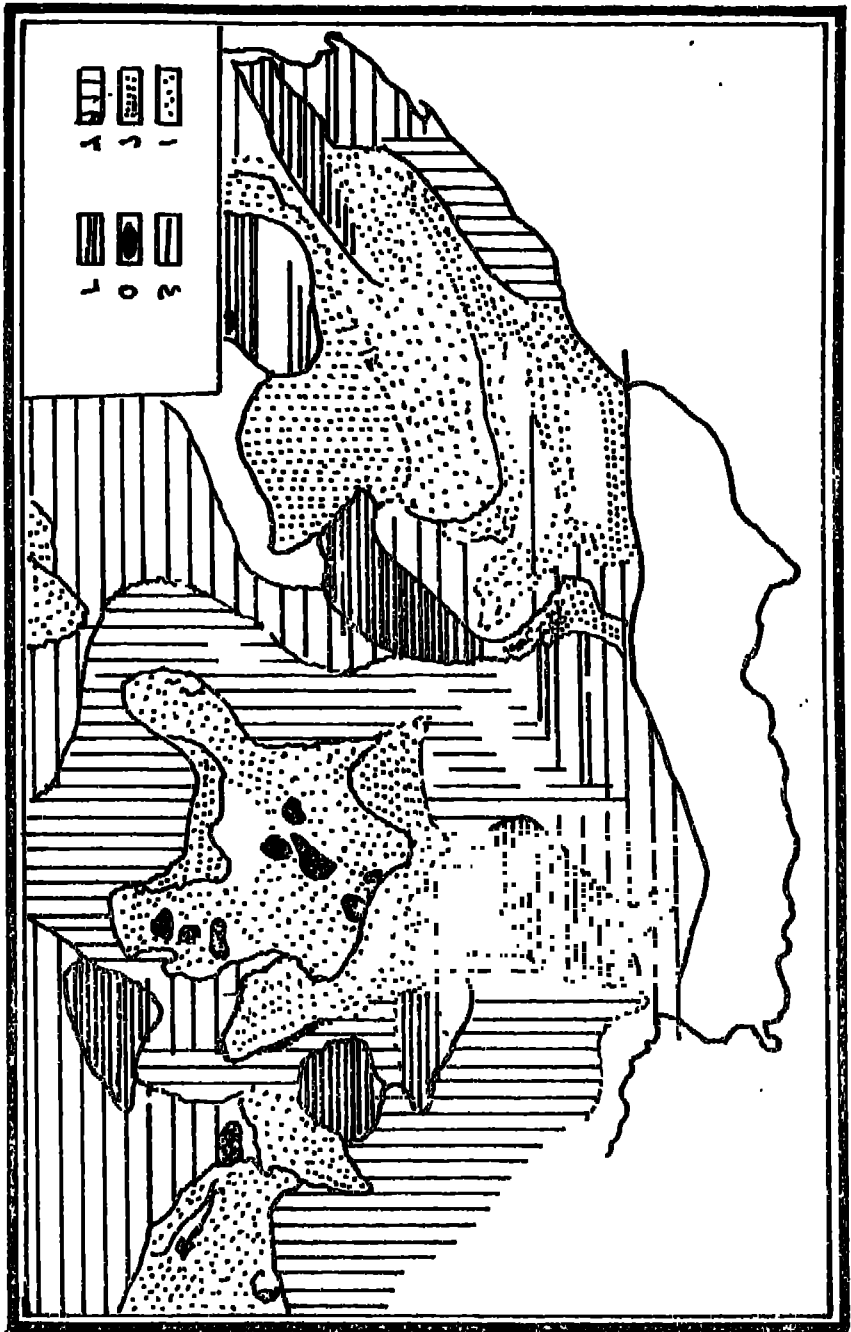
ومن أحسن الأمثلة على الانتشار الرمل الرقيق والذي يغطي مسافة تصل إلى آلاف الأميال المربعة ، وذلك الغطاء الرمل الذي يعرف باسم سايما Selima في الصحراء الليبية التي يقع فيها الصخر الصلب تحت سطح الرمال مباشرة . ويمكن للرمال في ظروف كهذه أن تكتسح بواسطة الرياح السائدة مكونة كثبان رملية تحف بدروب صخرية يطلق عليها اسم جازيس Gassis في القسم الغربي من الصحراء الأفريقية . ولقد

أستخدمت هذه الدروب الصخرية بقوافل الجمال ، كما اخترقتها أفواج العبيد من أراضي السفانا ومناطق الغابات الاستوائية المطيرة في الجنوب إلى الواحات الصحراوية وسواحل البحر المتوسط في الشمال . وأحيانا ماتتلف العريات الحديثة بالسير على هذه الدروب الصخرية المكشوفة . أما الرمال السطحية المتناسكة تكون أكثر أماناً بالنسبة لهذه العريات .

ولا يتسع المجال هنا لوصف تعقيدات الأشكال الكثيية في حقول الرمال العظمى في الصحراء الأفريقية الكبرى ومثيلاتها من صحارى العالم القديم ، ولكن يمكن أن نتناول الأنماط الرئيسية منها . وإنه لمن المهم أن نشير إلى تلك الحقيقة التى تقول بأن مناطق الحقول الرملية والممثلة في حقل الرمال الشرق العظيم Grand Erg Oriental وحقل الرمال الغربى العظيم Grand Erg Occidental في الصحراء الأفريقية وكذلك رمال النفود في شبه الجزيرة العربية ، ورمال الدافانز Davans في أفغانستان ، تعتبر أقل الغطاءات الرملية حركة . وقد يبدو أن الرمال دائمة التوزيع في منطقة من المناطق محددة المساحة ، غير أن الصورة الرئيسية تظل في هيئة كتبان مستعرضة وكتبان طولية . ويمكن تشبيه الكتبان المستعرضة بتموجات ضخمة من الرمال تختلف في ارتفاعها وفي طولها . وسواء أكانت هذه التموجات بارزة المظهر أو كانت غير واضحة المعالم ، وسواء أكانت المسافة بين محاور هذه التموجات طويلة أم قصيرة ، فيبدو أن هذه الخصائص ما هى إلا انعكاس لقوة الرياح السائدة في تلك المناطق . وكما هو الحال بالنسبة للأمواج البحر فهناك حد للارتفاع الذى يمكن أن تصل إليه قمة الموجة الرملية . وتقوم الرياح القوية بإذراء حبات الرمال على طول محاور هذه الموجات لتلقى بها في الفجوات الأمامية أى في الجهة التى تهب إليها الرياح بدرجة تقلل من ارتفاع المظهر التضاريسى يرى الكثيف وهناك أجزاء أخرى توجد كتبان رملية طويلة ضخمة تبلى مرتبة في توافق مع اتجاه الرياح السائدة في حين أن الكتبان العرضية توجد في عمودى على اتجاه الرياح ويمكن أن تكون الكتبان الطويلة ذات أنحدارات شديدة محاور كحد السكين والذى أطلق عليها أسم

(سيف Set) في الصحراء الجزائرية لما بينها وبين الحصام من شبه . ويمكن نتيجة التغير في اتجاه الرياح أن تتشكل هذه الخطوط الكثبية الطويلة وتصبح على هيئة كثبان هرمية أو نجمية الشكل . وتوجد الكثبان الطويلة على هوامش الأروب الصخرية ، وتبدو على هيئة عرف الديك . وتجعل أنحداراتها الشديدة الحركة من الدورب الصخرية الخالية من الرمال إلى حقول الكثبان الرملية صعبة على الحيوانات وصعبة بصفة خاصة على العربات ، وذلك على الرغم من أن . اللوريات الثقيلة قد أثبتت مقدرتها على صعود منحدرات بارتفاع ٩ مترا (٣٠ قدما) وذات أنحدار يقترب من أربعين درجة .

وباستثناء رمال النفود في الصحراء العربية تتمثل أحسن حقول الكثبان الرملية في الصحراء الأفريقية (شكل ٤) حيث تفصلها عن بعضها أرض صخرية مكشوفة . والكتل المرتفعة مثل التبستى والحجار التي تترتب حولهما الكويستات المرتبطة بالصخور الرسوبية وتعلوها القمم البركانية كما هو الحال في قمة إيمى كواسى Emi Koussi التي يصل ارتفاعها إلى ٢٤١٥ مترا (١١٢٠٤ قدما) في كتلة تبستى . ويمتد واحد من هذه الحقول الرملية من ساحل السنغال عبر موريتانيا ويستمر حتى الجزائر باسم عرق شيش Brg Chech الذى يندمج بعد ذلك في العرق الغربى العظيم والعرق الشرقى العظيم . وهناك حقل آخر يقع على هوامش كتلة الحجار والذى يعرف باسم العرق السودانى في الجنوب وعرق الإصاوانى Issouane في الشمال وعرق مرزق في ليبيا . وتحاط كتلة تبستى نحو الشرق بحقول الرمال المعروفة باسم تنرى Tenre وبلما من الجهة الغربية ، وتحاط من الناحية الشرقية بالامتداد العظيم للصحراء الليبية . وتتأثر كل هذه الحقول بالتيارات الهوائية الغالبة من الشمال الشرقى إلا الجنوب الغربى . أما الكثبان المتناسكة والانتشارات الرملية الرقيقة فإنها تمتد أبعد من ذلك صوب الجنوب حتى تصل إلى الحدود الشمالية لحوض الكنفو حيث تغطيها نباتات السفانا . وأبعد من ذلك إلى الغرب في النيجر الأوسط مازال الكثير من الكثبان الرملية متحركا ، ولكن يعتقد أن العامل البيولوجى هنا — ممثلا في تركيز رعى الماشية وسقيها من مياه النيجر — يمكن



شكل ٤ : بيئة وتضاريس القسم المعروف من صحراء شنن أفريقيا .
 عن : (Verist. Le Sahara, "Que Sais Jo". No. 766)
 ١ - القاعدة الحجرية .
 ٢ - صحراء رملية قديمة تسمى شنن .
 ٣ - كل بركانية .
 ٤ - صحراء رملية قديمة قارية تابعة للبراري .
 ٥ - تلال واريحة .

٦ - صحراء رملية قديمة تسمى شنن .
 ٧ - صحراء رملية قديمة تسمى شنن .
 ٨ - شرق الكهف .

أن يكون العامل الفعال في حركة الرمال في بعض المناطق ، في حين أن هناك كثبان رملية ثبتتها النباتات الطبيعية .

ولقد أعتبر معظم الدارسين الكثبان الهلالية Barkhans الشكل الكثيبي الرئيسي في الأراضي الصحراوية الحارة . ولئن كانت هذه الكثبان الهلالية نادرة نسبياً في الصحراء الإفريقية فإنها تميز بشكل كبير الصورة الكثيبي في كل من الصحراء العربية والصحارى الآسيوية ، وكذلك صحارى أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية ، وتعتبر الكثبان الهلالية في وادي الموت أحسن مثل معروف على ذلك . ويبدو أن هذه الكثبان الهلالية المتناثرة والتي يتجه فيها جناحا الكثيب Horns صوب الاتجاه الذاهبة إليه الرياح ترتبط بمناطق يكون فيها مصدر الإمداد الرملى غير دائم ، وعلى النقيض من حقول الكثبان الرملية العظمى Ergs ، تعتبر هذه الكثبان الهلالية ظاهرات سريعة الحركة ومتقطعة أى غير متصلة ، كما تتصف بارتفاعاتها الكبيرة وتعلوا الأراضي السهلية المستوية ذات الصخور الصلبة المتماسكة وتتناقص أنحداراتها البسيطة الموجه للرياح والتي غالباً ما تكون أقل من ٥° مع الانحدارات الشديدة على الجانب الهابة إليه الرياح والتي تتوافق إلى حد كبير مع زاوية الإستقرار الرمال الجافة وهى حوالى ٣٣° ، في حين أن أجنحة الكثيب وكذلك التغير المفاجيء في الانحدار بين منحدر جسم الكثيب وواجهته تضيف إلى المظهر الكثيبي خصائصه المميزة . وكما هو الحال في النفود في وسط نجد في المملكة العربية السعودية أحياناً ما يمكن أن تتكون الكثبان الهلالية فوق سطح كثبان قباية أكبر تحيط بها هى الأخرى فجوات ناتجة عن عملية سفى الرمال . وتوجد هذه الكثبان الهلالية على هيئة كثبان منعزلة في موريتانيا وإلى الشمال من أنحاة نهر النيجر . كما توجد الكثبان الهلالية المنعزلة إلى الجنوب . حوض تاريم في صحراء تكلا مكان والتي تعلو فيها هذه الكثبان تربة الصلصالية الجافة لبحيرات الأحواض القديمة . أما في بلوخستان فهناك أمثلة معروفة الكثبان الهلالية المتحركة عبر الممرات التلالية حيث تهب الرياح خلال دهاليز بين هذه التلال . ولكن يبدو أن هذه الكثبان كما هو الحال فى أى

مكان آخر توجد به الكثبان الهلالية المنفردة لها علاقة بالمناخ الجاف وشبه الجاف أكثر من علاقتها بالمناخ الشديد الجفاف .

ولا يقتصر وجود الكثبان الرملية بطبيعة الحال على الصحارى الداخلية . فتوجد الصحارى الساحلية التى يبدو أن نمط الكثبان الرملية فيها متأثراً أساساً بخصائص خط الساحل ونظم هبوب الرياح . ففي المناطق المنخفضة من الصحارى الساحلية كما هو الحال فى موانئ بيروت وبوليفيا تسودها الكثبان الرملية الهلالية وإن كانت الكثبان الطولية والمستعرضة موجودة أيضاً . وكل هذه الأنواع من الكثبان الرملية يمكن أن تتحرك صوب يابس الأرض لمسافات كبيرة حتى توقف حركتها نحو الداخل بواسطة هوامش الهضاب كما هو الحال فى بيروت ، أو بواسطة الزيادة فى الرطوبة والأزدهار فى الحياة النباتية الطبيعية .

وتفرض الكثبان الانفرادية المتحركة مشاكل قاسية على الواصلات فى المناطق الجافة ، تلك المناطق التى يعتمد الحفاظ على النشاط الإقتصادى بها على وجود وسائل المواصلات ، ويمكن اختراق الكثبان الانفرادية بسهولة بواسطة السيارات ، كما أنها قد أثبتت قلة خطورتها على إطارات « وسست السيارات » من تلك القطاعات أو الأجزاء من الأرض الصخرية فى المناطق الصحراوية . وهناك من ناحية أخرى يقع الكثير من الحوادث فى المناطق الصحراوية عندما يتعرض السائقون غير المتمرسين على القيادة فى تلك المناطق للأنحدار الشديد الذى يفصل بين جسم الكثيب الهلالي وواجهته . أما بخصوص السكك الحديدية فى المناطق الصحراوية ، تكون المشكلة هنا شبيهة بتلك المناطق التى تسقط عليها الثلوج والتى تحتاج إلى إزالة هذه الثلوج باستمرار فى الأرضى شبه القطبية . فلقد كانت هناك صعوبة جسيمة فى بناء واستخدام الخط الحديدى المعروف بخط « عبر قزوين Trans - Caspian » والذى يمتد من بحر قزوين إلى سمرقند . ففي الثلاثين ميلا الأولى من بحر قزوين والتى تقع بين ما بين واحة مرف (ميرى) Merv (Mery) وأوكساس Oxus (آموداريا Amu Darya) ، وفى النطاق الضيق ما

بين أوكساس وبخارى ، قد بذلت جهود هندسية للحد من حركة الكثبان الهلالية .
تفرعت هذه الجهود من تشييع أرضية الطريق بمياه بحر قزوين لتكسيها تماسكا ، إلى
تغطية قطاعات منه بطبقة صلصالية ثم بغرس أعمدة خشبية في جسم الكثيب على
الجانب المواجه للرياح . كما كانت هناك محاولات أخرى أقتضت تشجير الكثبان بنبات
الطرفاء الذى تقل من بعض الحداثق أو المشاتل الموجودة في الجبال الإيرانية ، وأمكن
زراعته على جانبي الطريق للحد من حركة الرمال . وبالرغم من كل هذه الاحتياطات
مازالت الاستعانة بفرق عمالية ملسة وضرورية لكى يبقى الخط الحديدى مفتوحا .
وعلى النقيض من ذلك لم يعترض بناء الخط الحديدى بين بسكرا Biskra وتوججورت
Touggourt الذى يخترق العرق الشرق العظيم أى عقبات وذلك بسبب الثبات النسبى
الذى تتصف به رمال هذا الحقل الكثيبى الضخم . وعموما فلم تكن هناك صعوبات
تذكر على الحفاظ على هذا الخط مفتوحا .

إنه الكثيب الهلالى أكثر من العرق الذى يعتبر المشكلة بالنسبة للواحات . فقد
إنهارت المنازل الموجودة على الجانب الغربى لواحة جالو في ليبيا نتيجة هجرة كثبان رملية
متحركة داخل منخفض الواحة في الوقت الذى لم يعرف فيه أن حقلا رمليا (عرق)
قد دفن برماله واحة من الواحات . ويعتبر هذا التباين بين حقول الكثبان الرملية الكبيرة
والكثبان الانفرادية المهاجرة ، من ثم غاية في الأهمية في جوانب كثيرة من جغرافية
الصحارى . إذ يعتبر العرق بسبب مقدرته على تخزين المياه عنصرا ثابتا وفعالا من عناصر
البيئة الطبيعية ، وكذلك بسبب مراعيه التى وإن كانت غير دائمة إلا أنها تستمر فترة
كبيرة مرعى لقطعان البدو الرحل ، وكذلك بسبب ملاءمتها لوسائل النقل في الصحراء
كالجمال ، والنقل بواسطة السيارات والسكك الحديدية ثم بسبب حصانها النسبية
ضد دفن الواحات التى تقع داخل حدودها . وعلى الرغم من ذلك فإنها إذا ما قورنت
بالسهول الفيضية وبقنوات الأودية والمراوح الإرسائية المحيطة ببطون الأحواض ،
الصحراوية فإنه لا يمكن اعتبارها بأى حال من الأحوال بيئة استيطانية هامة في المناطق
الجافة .

وتوجد في نطاق صحارى داخل آسيا وبخاصة على هوامشها الشرقية والجنوبية الشرقية رواسب أدق في حبيباتها من رمال الصحراء الكبرى وصحراء شبه الجزيرة العربية . ففى الصين وحدها توجد مساحات تقدر بحوالى ٢٥٩٣٠٧ كيلو مترا مربعا (١١٩٠٠٠ ميلا مربعا) من تكوينات « اللوس Loess » ، وإن كان معظم هذه المساحة يوجد فى الوقت الحاضر داخل نطاق المناطق المطيرة أكثر من وجوده فى المناطق الجافة وشبه الجافة . كما توجد تكوينات اللوس فى مواضع طبوغرافية (تضاريسية) متعددة فى القارة الآسيوية ، فأحيانا توجد فوق السلاسل الجبلية وفى الأودية التى تفصل تلك السلاسل عن بعضها ، وفى أماكن أخرى توجد على شكل غطاء سميك فوق هضاب مقطعة ومتصدعة ، فى حين أنها فوق الأراضي السهلية المنخفضة وأحواض البيدمونت لا تكون بصورة واضحة إذ تختوى على كميات كبيرة من الحصى والفئات الصخرى . وعلى الرغم من أن تكوينات اللوس قد عرفت بأنها إرساب غير رقائقى ودقيق الحبيبات يرجع إلى الزمن الجيولوجى الرابع إلا أنها ليست بأية حال متجانسة القوام فتباين أرسابات اللوس فى اللون وفى درجة الخشونة ، كما يمكن أن تكون على هيئة طبقات تفصلها عن بعضها شرائح حصوية . ولقد اختلفت الآراء فى تقدير عمر أرسابات اللوس ، فيرجعها البعض إلى أواخر البليوسين ويرجعها البعض الآخر إلى الزمن الجيولوجى الرابع . وهناك اختلاف حول أصل المواد المستمدة منها تلك الأرسابات ويرجع هذا الاختلاف إلى تباين أنواع الفئات الصخرى فى كتلة إرسابات اللوس نفسها . ففى بعض الأحيان . وإن كان هذا قاصرا على بطون الأودية . يوجد فئات صخرى نتيجة أنهار الأمطار الغزيرة فى صورة خليط حصوى كونجلوميريتى فى الجزء الأسفل من التكوينات اللوسية . أما فى الأجزاء الوسطى من المنخفضات فيوجد فئات صخرى نهري بحيرى (اللوس الطباقية — إرتشوفن Richthofen) ، والتى يمكن أن تمثل المواد الدقيقة الحبيبات التى حملتها الأمطار إلى أسفل المنحدرات إلى منخفض البلايا والتى تكون فيها الإرسابات فى صورة طباقية ، وهى إرسابات أرضية وتحمل بقايا نباتية لمياه عذبه .

ولقد أكتشفت عظام وحتى هياكل كاملة لحيوانات وحيد القرن أو الخريت والفيلة والحصان والثيران والغزال والتيتل والجمال . في تلك الطبقات الغنية بحفرياتها .

أما تكوينات اللوس الصفراء فيعتبرها كثير من الدارسين أنها تمثل إرسابات هوائية وإن كانت غير متجانسة في خصائصها الميكانيكية والكيميائية . وتحتوى إرسابات اللوس في آسيا الداخلية على تكوينات رملية في هوامشها الشمالية تعكس تشابها مع حبات الرمال السائبة على الهوامش الجنوبية للأجزاء الجافة من آسيا الداخلية . وأبعد من هذا صوب الجنوب والشرق تكون الذرات الدقيقة سائدة إلا حيث تكون المياه قد قامت بتصنيفها أو إدخال طبقات حصوية عليها . وتوجد في هذه الإرسابات اللوسية الصفراء عقد جيرية إما في صورة تجمعات متباعدة وإما في صورة طبقات رقيقة مرتبة . ويبدو أن التقديرات القديمة لسماك اللوس الهوائية كان مبالغاً فيها ، فلقد اعتقد تشوفن أن سمك هذه الإرسابات قد بلغ في منخفضات إقليم الاستبس ما يقرب من ٦٠٠ متراً (٢٠٠٠ قدماً) في حين لا تتعدى التقديرات الحديثة ٤٠٠ متراً (١٣٠٠ قدماً) . وفي أماكن كثيرة وبصفة خاصة بعيداً عن هضبة أوردوس Ordos Plateau لا يكون سمكها أكثر من ٤٠ ، ٥٠ متراً (١٥٠ قدماً) . وهناك من الأدلة ما يثبت أن تكوينات اللوس الصفراء هوائية الأصل غير أن البيدرولوجين الروس والصينيين يصرون على أن اللوس الصفراء الحقة تتكون نتيجة فعل عمليات تكوين التربة وأن الإرسابات الممهدة لهذه التربة قد تكون من أصول متباينة النشأة . وبما لا شك فيه أن اللوس قد ترسبت وتجمعت وسارت في تغيرات بيولوجية في غضون فترات ما قبل التريخ والفترات التريخية . ففي شمال الصين حيث يوضع الموتى في صناديق من الخشب السميك على سطح الأرض أو تغطي في حفرة ضحلة ، قد ردمت هذه الصناديق وتلك الحفر بإرسابات لوسية يبدو واضحاً أنها هوائية الأصل والنشأة .

ويمكن للمرء أن ينتهي إلى النتيجة التي تقول بأن تطور أراضي تكوينات اللوس في آسيا الداخلية وتطور الأراضي الجافة في الحوضين الأوسط والأعلى لنهر الهوانجيو تعكس

نشأة وتطور الظواهر الجيومورفولوجية في المناطق الجافة وشبه الجافة في بقية الأراضي الجافة تحت تأثير الذبذبات المناخية الجافة والمطيرة والتي حدثت في أواخر الزمن الجيولوجي الثالث وخلال الزمن الجيولوجي الرابع . وعليه فإن كل التطورات الجيومورفولوجية مشتملة على الآثار الجليدية المباشرة وغير المباشرة قد لعبت دورا أختلفت حدته زمنيا ومكانيا .

تربات الأراضي الجافة :

لأنه لمن الواضح أن قسما كبيرا من الأراضي الجافة وبخاصة تلك الأراضي الشديدة الجفاف أي المناطق الصحراوية الحقة ، ينبغي أن تصنف التربة فيه على أنها من النوع المحلى المتكامل التكوين أي من النوع الذى يعرف لدى البيولوجيين باسم « أهلاان » (١) . فالعمليات البيولوجية التى تعمل على نمو طبقات التربة (Azonal) (١) تقاطع باستمرار بسبب الطبيعة المتقطعة لعمليات الترسيب وكذلك بسبب أثر تدرية الرياح ، فى نفس الوقت الذى يحد فيه النقص فى الرطوبة أو يكاد يمنع العمليات الكيميائية من الوصول مداها . وبالإضافة إلى ذلك هناك أيضا فقر وغياب الغطاء النباتى المتصل إلا من حالات مبعثرة ، الأمر الذى يترتب عليه فقر فى المادة العضوية . وعليه فإن المرء لا يتوقع فى ظل الظروف الشديدة الجفاف أن يجد التربات الحقيقية إلا فى أماكن محددة ومبعثرة كما هو الحال على نطاق كبير فى مناطق الواحات (وليس فى كل الواحات) ، وعلى نطاق ضيق تحت مجموعات الشجيرات المبعثرة غير المتصلة ؛ ويصعب بالمعنى الدقيق اعتبار تربات « الحمادا » « الرق » و « العرق » وبعض تقسيمات التربة فى المناطق الشديدة الجفاف ، تربات حقيقية حيث أن هذه

(١) للتربة تقسيمات إقليمية ثلاثة هى : التربة التى تتكون فى ظل ظروف مناخية متشابهة (سائلة) وتسمى "Zonal" ، التربة التى تتكون نسجه ظروف مناخية محلية فى الطاق المداخى وتسمى "Intrazonal" ثم التربة السطحية غير المتكاملة النمو من حيث مقطعها وتسمى "Azonal" (المرجع) .

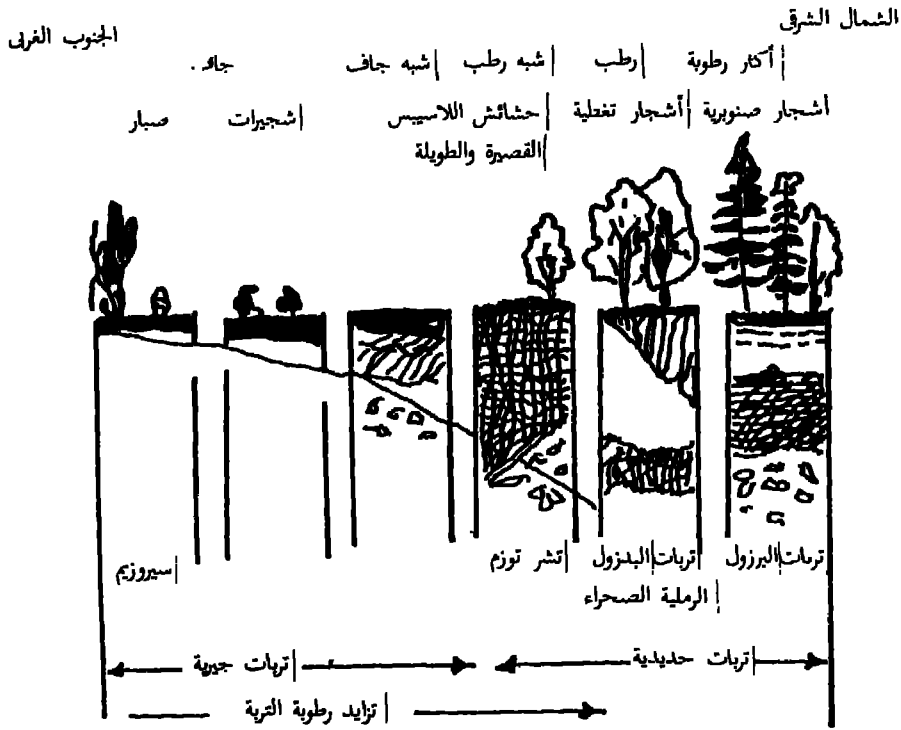
التقسيمات ما هي في الحقيقة سوى تقسيمات جيومورفولوجية بسيطة . فتعبيرات مثل تربات « شديدة الإذراء » تستخدم للدلالة على « الرق » أى المناطق الصحراوية الحصوية التى انتزعت منها المواد الناعمة بفعل الرياح أو بالانحراف المائى على المنحدرات . ويشتمل تعبير « التربة الإرسائية » التقسيمات المختلفة للكثبان الرملية من الشكل الصغير ممثلا في « النبكات Nebkas » إلى الصورة الكبيرة مثل الكثبان الهلالية والحقول الرملية أى العرق . كما يجب أن يضم هذا النمط من التربة الإرسائية النمط الذى تنمو فيه النباتات في كثير من واحات الصحراء الكبرى والصحراء الليبية .

ومن وجهة النظر البيدولوجين|قد يكون من الأصوب التفكير في تعبيرات مثل التربة الهيكلية Skeletal Soils لقسم كبير من الأراضي الصحراوية الشديدة الجفاف . وهذه غالبا ما تقسم إلى « تربات صخرية Lithocois » حيث يكون الصخر مقاوما لعمليات التجوية ولا توجد عليه إلا نباتات قليلة جدا ، إذ أن هذه النباتات لا تستطيع أن تضرب بجذورها في الصخر الصلب ما لم تشتمل هذه الصخور على قدر كبير من الشقوق ؛ وإلى « تربات هشة Regosols . والتربة الهشة (المفرولة) تتكون فوق صخور رسوبية ضعيفة وفوق الصخور التى تعمقت فيها عمليات التجوية (تربات حفوية متبقية) وكذلك فوق العناصر الحصوية من إرسابات اللوس في الضنين وأجزاء من تونس . وهذه التربات الهيكلية يصعب التمييز بينها حيث يمكن أن تنمو على تربة Regosols بعض الأعشاب والشجيرات الكافية للرعى كما يمكن أن تحتوى على مواد عضوية كبيرة (غير الدريال الحقيقي) ومثل هذه التربات الهشة العضوية قد استخدم تعبير Regosol Renker .

وفي المناطق التى تقل فيها حدة الجفاف أى المناطق شبه الجافة والتى مازالت تفوق فيها عمليات البحر كمية التساقط غالبا ما تنقصها عمليات غسل الأملاح المعدنية القابلة للنوبان مثل كربونات الكالسيوم وسلفات الكالسيوم . وتكون هناك باستمرار حركة رأسية علوية للرطوبة الموجودة في التربة وفي ظل مثل هذه الظروف فإن هذا النوع

الإقليمى للتربة هو من نمط التربة الكلسية Pedocal Soil (شكل ٥) ، والتي توجد بها عقد أو طبقات من الجير في قطاعها الرأسى . وفى أوضح أنواع التربة الكلسية تتكون التربة فى معظمها من مواد معدنية مع نسبة أقل من ١ ٪ من المواد العضوية . وهنا يمكن أن تكون كبرونات وسلفات الكالسيوم قشرة سطحية (مثل الكاليش) من الجير والجبس . وعادة ما تكون المعادن فى هذا النوع من التربة فى متناول النباتات وبخاصة عندما تكون خصائص ظروف التربات الكلسية أكثر تركيزا ووضوحا حيث تفتقر التربة إلى الرطوبة التى يمكن أن تجعل المواد المغذية فى صورة تستطيع النباتات والمحاصيل الزراعية الاستفادة منها . وفى الحقيقة فإن أحد الفوائد من عملية الري هو إعطاء رطوبة التربة لهذا الغرض فى حين أن الزراعة الجافة تهدف إلى حفظ مياه الأمطار أو منع عمليات البخر الزائدة للمياه الأرضية . وقد أمكن التوصل إلى نتائج ملحوظة لزراعة أشجار الفاكهة والخضروات وأعشاب الرعى وحتى لزراعة القطن فى الواحات الصحراوية — ذات النمط الإرسالى من التربة — ؛ ولكن فى مثل هذه الواحات يستمد النبات عناصره الغذائية أساسا من المعادن الذائبة فى المياه الجوفية المستخدمة فى الري . وعندما تكون حبيبات الرمال كبيرة لا تتحقق على الرغم من ذلك الفائدة الكاملة لعملية الري ، إذ أنه كما يحدث فى بعض المساحات من الأجزاء الشديدة الجفاف وتكون تربتها واسعة المسام فإن المخصبات التى تستخدم لا نستطيع مع الري أن تستقر فى التربة حتى تستفيد بها جنود النبات وذلك لا تساع الفراغات فى التربة .

وعلى هوامش الأجزاء الصحراوية الشديدة الجفاف يتصف المطر بأنه أعظم كمية وبأنه فصلى فى حدوثه أكثر منه فى صورة رحات متباعدة الحدوث . وأحيانا تظل قشرة الجير والجبس موجودة على سطح الأرض غير أن التربة الحقيقة تقبع تحتها . وهذه التربات البنية والرمادية الصحراوية وشبه الصحراوية تسمى « سيروزيم Sierozems » ولا نزال المواد العضوية فى هذا التربات فقيرة وتستمد هذه التربات من الشجيرات مثل تلك المعروفة بأسم Artemesia . وحيث يزداد المطر بزيادة طول الفصل المطير ، تبدأ



شكل ٥ : قطاعات التربة على طول خط يمتد من الشمال الشرقي إلى جنوب الغربي في الولايات المتحدة الأمريكية .
عن : (Thompson, Soils and Fertility, 1952, Mc Graw Hill.)

الحياة العشبية في الظهور وتكون الحياة النباتية في بادئ الأمر عبارة عن شجيرات مبعثرة . وتعطى كمية الدوبال الناتجة عن الحياة النباتية المزدهرة لونا داكنا للتربات الكستنائية — البيئة في أراضي الاستبس ، غير أن خصائص التكلس ما تزال موجودة في التربة حيث يحتفظ مقطع التربة بطبقة كربونات الكالسيوم . وتعطى هذه التربات التي تشغل الأراضي الجافة من السهول العظمى في أمريكا الشمالية وأراضي الاستبس في القارة الآسيوية إذا ما قورنت بتربة السيروزيم بيئة محصولية غير مستقرة . فحيث توجد تربة السيروزيم وحيث النظم المناخية التي توجد في ظلها هذه التربة يكون

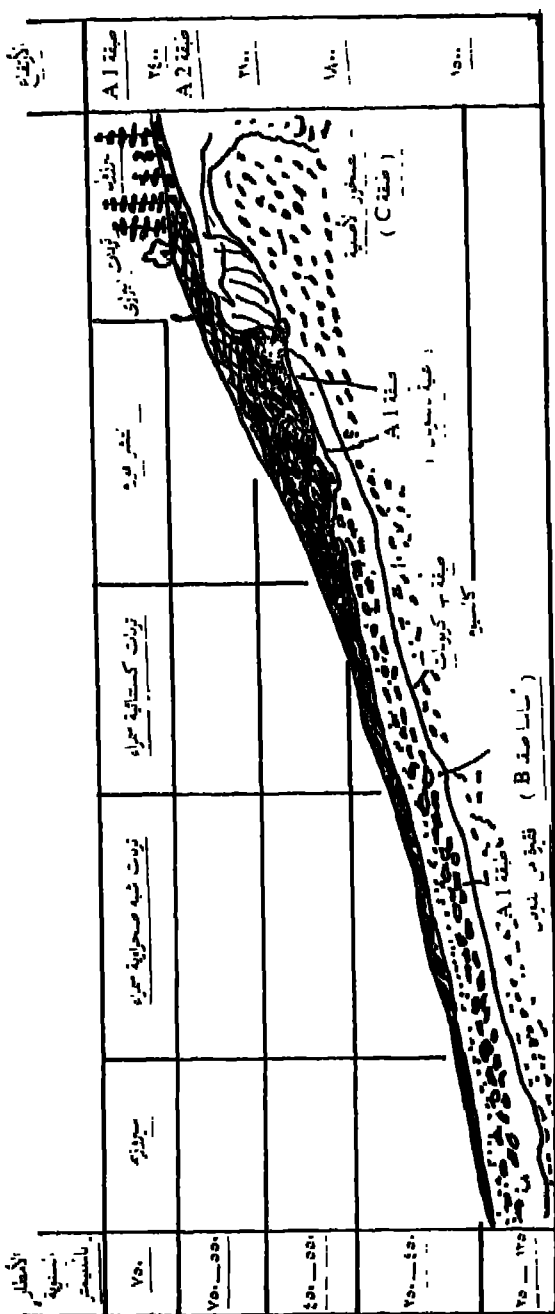
واضحاً أنها غير مشجعة على الزراعة إلا في ظل ظروف تكون هذه التربة فيها مكونة من ذرات دقيقة على هوامش سهل فيضى أو مراوح إرسائية رطبة . أما التربة البنية الكستنائية فتوجد في مناطق الانتقال التي يمكن فيها أن تغرى الظروف المتذبذبة من الرطوبة والجفاف الفلاح بتوسيع رقعة أرضه الزراعية بزراعة بعض الحبوب في السنوات الرطبة ولكنه يعانى من هلاك المحصول وإزالة التربة بسبب الدوامات الهوائية الترابية أثناء السنوات الجافة . وحتى أثناء السنوات المطيرة هناك أساليب معينة يجب أن يتبعها الفلاح إذا ما أراد أن ينجى محصولاً وافراً .

وبزيادة الظروف الرطبة وثبات حدوث المطر يصبح الغطاء النباتى العشبى أكثر اتصالاً وأكثر غنى وأزدهاراً ، وتكون هناك حماية أوفر ضد تعرية الأمطار للتربة وضد آثار السيول الغطائية Sheet run-off وترتفع نسبة المواد العضوية وتصبح عملية تكوين الدوبال في التربة أحسن ، وكل ذلك بسبب تأثير الزيادة في الرطوبة . غير أنه حتى في « التربة السوداء Black Earths » (التشنوزم) تظل نسبة الدوبال التي تحويه هذه التربة حوالى ١٠ ٪ أو أقل من ذلك والتي تكون أقل من اللون الداكن الذى قد يشاهد من النظرة العابرة في طبقة ١ — A من قطاع هذه التربة . وتوجد كربونات الكالسيوم على هيئة عقد أو طبقة متصلة في قطاع تربة التشنوزم وذلك إما عند أو قريباً من الجزء السفلى أى قاعدة الطبقة ب — B من قطاع التربة . ولقد أشتقت كثير من ترات التشنوزم من صخور كلسية ولكنها تعتبر ترات إقليمية Zonal Soils وليست ترات محلية Intrazonal Soils حيث يمكن أن يعكس هذه الصفة الصخر الأم الذى يمكن أن تشتق منه . ويربط المرء ترات التشنوزم بنطاقات زراعية الحبوب الكبرى من العالم — مثل نطاقات القمح في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ، ونطاقات القمح في أوكرانيا والأرجنتين . ويعرف الثبات الواضح في فصلية المطر وكمية ترات التشنوزم بأنها ترات هامشية للأراضي الجافة من العالم . ولكن لما كانت هذه الترات غالبية التكوين من أرسابات اللوس في كل من العالمين القديم والجديد يبدو أن صفة الجفاف هي

العامل الأساسى المساهم فى تكوينها .

وفى المناطق التى توجد بها إرسابات اللوس توجد أيضا تربات تشبه تربات التشنوزم ولكن ينقصها التركيز فى تكوينات كربونات الكالسيوم . غير أن هذه التربات قد غسلت بصورة واضحة ونتج عن عملية الغسل هذه أن وضعت هذه التربات فى نمط يعرف بأسم تربات البرارى *Prairie Soils* فى النطاق المطير وليس فى النطاق الجاف . ويمكن الإشارة إلى الرطوبة الكبيرة فى مناطق تربات البرارى بملاحظة أن هذه المناطق تتمثل فيها تربات ما يسمى بنطاق الذرة فى الولايات المتحدة الأمريكية . وبعد أن انتقلنا من التربات الكلسية إلى التربات العضوية ، ينبغى أن نسجل أن حد الأرض الجافة الذى أمكن التوصل إليه بمعرفة العلاقة بين المطر والبحر ، لا يتوافق مع التقسيم بين هاتين المجموعتين من التربات . ولهذا دوره فى التناقضات التى سبق ذكرها فى الفصل الثانى حيث كان واضحا أن التربات المتكاسة تغطى حوالى ١ ٪ من الأراضى الجافة أكثر من نسبة الأراضى الجافة التى حددت على أساس كل من عامل المناخ والنبات الطبيعى فى الوقت الحاضر .

وباستثناء تربات التشنوزم الحقيقية فى قارنى أوراسيا وأمريكا فإنه ليس من السهل أن تتصور أن هناك تربة أقليمية *Zonal Soil* على درجة من الصعوبة من حيث التجمعات النباتية ، ومن حيث الزراعة فى نطاقات مناخية تكون فيها الحرارة مرتفعة بدرجة كافية لنمو النبات على مدار السنة . ففى مساحات كبيرة فى شمال وجنوب أفريقيا ، وفى الأمريكتين ، وفى آسيا وكذلك فى استراليا قد استبعدت الزراعة إلا من مناطق الاستبس الهامشية والواحات الطبيعية أو تلك التى صنعها الانسان وكذلك الأحواض النهرية . وكما لا حظنا لا يوجد هناك شئ اسمه الجبل الصحراوى ، وذلك لأن الرطوبة تزداد بالارتفاع ، ولذلك فإن المرء يجب أن يأخذ فى الاعتبار التتابع فى أنماط التربة وهو صاعد من قاع حوض صحراوى إلى هوامشه الجبلية أو طول منحدر لكتله جبلية ترتفع فوق الأراضى السهلية المحيطة بها . فعلى طول مثل هذه القطاعات يمكن أن



شکل ۲ : اثر انقباض غشائیه بر تغییرات منطقه " Big Horn " فی مونتینگ
 بایولاجی متحده ایالات Wyoming
 عن : Jonny, Factors of Soil Formation U a system of quantitative pedology. (1941)

يتدرج المرء من تربه « البزلول المغسولة ، فوق الأجزاء المرتفعة والتي تتدرج إلى « تربة البرارى » و « التربة البنية الكستنائية » و « تربة السيروزيم » القريبة من قاع المنخفض . الصحراوى فى ظل ظروف يمكن أن تتكون فيها أنماط التربة الإقليمية الحقيقية (شكل ٦) . وعليه فإن منحدرات الأحواض الصحراوية أو منحدرات المناطق الجبلية المرتفعة يمكن أن تعطى إمكانية واضحة للرعى . والزراعة ، وبخاصة إذا كان ممكنا تغيير التصريف الطبيعى لمياه المنحدرات من أجل الأغراض الزراعية .

ماذا إذا عن قيعان الأحواض الصحراوية نفسها ؟ يبدو هنا وجود ميزات واضحة لازدهار الزراعة حيث وجود الإرسابات السميكة والدقيقة الحبيبات والتي ترسبت عند نهايات نظام التصريف النهري من المناطق المرتفعة المحيطة . غير أن قيعان هذه الأحواض توجع بها التربة المحلية الرئيسية فى كل المناطق الصحراوية - التي تعرف باسم Halomorphic Soils . وهى عبارة عن ترسيبات سميكة من الصودا واللبوراكس والجير والجبس وكذلك ملح الطعام ، تلك التي تكون البلايات السبخات والشطوط والفلايس Vleis والبحيرات الملحية فى غرب الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك والأراضى الجافة فى كل من أفريقيا وآسيا وأستراليا . وإرسابات على هذا القدر من التركيز فى كميات الأملاح لا يمكن اعتبارها بنق تربيات حقيقية ، وعادة ما يقتصر تعبير Halomorphic على الإرسابات الملحية التي تختلط بها بعض الطمي والصلصال . كما توجد مثل هذه التربات الملحية حيث الزيادة فى العوامل المؤدية إلى ظروف التكلس ، فهى فقيرة الصرف ومن ثم يمكن اعتبارها تربة محلية غالبا ما تفتقر إلى القطاع المنتظم للتربة .

وفى الأودية ذات البلايات ، يمكن الربط بين أسباب التركيز الزائد للأملاح وعماليات البخار من المسطحات المائية ، غير أن التربات الملحية يمكن أن تتكون أيضا فى ظروف مغايرة وفى مواضع أخرى . فيمكن أن تتكون نتيجة سوء تنظيم مياه الري وبسبب الانخفاض فى العلمى للأراضى . فالياه الباطنية الملحية ، والتي وجدت فى كثير من الأودية الصحراوية فى كل من العالمين القديم والجديد وفى استراليا ، يمكن أن

تصعد إلى سطح الأرض نتيجة لزيادة في الأمطار أو عن طريق الاستخدام الزائد لمياه الري (شكل ٧) . كما تخفيض منسوب مستوى الماء الباطنى يمكن أن يترك مستويات عليا للتركيز الملحي في التربة تكون في متناول جذور النبات والمحاصيل الزراعية . وعلى العموم فإن كل التربات الملحية تسبب مشاكل خاصة أمام إنتاج المواد الغذائية سواء أكان هذا الإنتاج معيشيا أو تجاريا . وعادة ما يكون التغلب على هذه المشاكل صعبا ما لم يغسل الملح من التربة بالاستخدام الواعى والمنظم لمياه الري . ويمكن أن تتأثر بعض أوجه الاستغلال الأخرى في المناطق الصحراوية بالتركيز الملحي في التربة . فأحيانا يصوق المواصلات وأحيانا أخرى يساعدها . ففي المسطح الملحي العظيم في الولايات المتحدة الأمريكية — هوامش بحيرة جريت — ولت في ولاية يوتا — وفوق المسطح الملحي لهوامش بحيرة إيرى في استراليا قامت مسابقات السيارات لمعرفة الرقم القياسى للسرعة على الأرض . في حين أن المسطح الملحي في منخفض القطارة كان عقبة أمام الحركة الميكانيكية للجيش في شمال أفريقيا أثناء الحرب العالمية الثانية . وكان هذا عاملا بيثيا حساساً في إختيار ميدان معركة العلمين حيث كان الجانبان محميان — بالبحر من الشمال أو بالمنخفض الملحي الصعب الأختراق من الجنوب . إولا شك أن أختراع العربات السريعة الحركة على الأرض (Hovercraft) سوف يجعل الأساليب التكتيكية والاستراتيجية في حرب الصحراء أكثر تعقيدا .

ويمكن تقسيم التربات الملحية إلى مجموعتين رئيسيتين : مجموعة التربات القلوية البيضاء (Solon hak) ، ومجموعة التربات القلوية السوداء (Solonetz) ، وتغطى مثل هذه التربات القلوية من سطح الجمهوريات الروسية وحدها أكثر من ٧٥ مليون هكتار (٣٥ مليون فدان) أى حوالى ٣٤٪ من المساحة الأرضية ويوجد هناك في المناخ القارى في أوربا الوسطى ما يزيد على ٥٠٠ ألف هكتار (٢٠٢٤٢٨ فدان) متأثرة بالأملاح في السهل المجرى وحده ، كما تحتوى الصين على ٢٠ مليون هكتار (٨٠٩٧١٦٦ فدان) تتصف بدرجة عالية في الملوحة الأرضية . وهناك مساحات كثيرة بنفس



شكل ٧ : توزيع الشبكات الجافة :
 عرب : Woldstedt, Das Eiszeitalter, Fardioand Enke, Stuttgart, and UNESCO.
 (Compte rendu des recherches relatives a. l'hydrologie da la zone aride, 1952)

الملوحة في أراضي البحر المتوسط من العالم القديم وفي الولايات المتحدة الأمريكية وفي استراليا وأفريقيا والهند وباكستان . والتربة القلوية البيضاء في أراضي البحر المتوسط وفي الأستبس الجنوبية لروسيا . والتي يمكن أن نتناولها هنا كمثال على هذه المجموعة القلوية ، عبارة عن تربة بيضاء ليس لها نظام تركيبى (مقطع للتربة) وتحتوى على كميات زائدة من الأملاح ، غير أنها غنية بالكربونات التى يمكن أن تكون دليلا على أنها تربة إقليمية معدلة عن تربة التشنوزم والتربة البنية الكستنائية وتربة السيروزيم . وتباين قيم القلوية « 10^H » لهذه الترات القلوية البيضاء ما بين (٧) ، (٨.٥) . وتتكون التربة القلوية السوداء في ظل ظروف تؤدي إلى إزالة كميات كبيرة من كلوريد الصوديوم بحيث تصبح كربونات الصوديوم هى السائدة ، واللون الأسود مشتق من المحلول اللبالي في مياه التربة القلوية . كما تختلف التربة القلوية السوداء عن التربة القلوية البيضاء في أن نظام مقطع التربة يتضح بها ، فتوجد التربة في أجزاء القطاع العليا على شكل رقائى ثم تتحول إلى النسيج المنشورى والأسطوانى في أجزائه السفلى . وتؤدي عملية الغسل لكربونات الصوديوم ، تحت تأثير ظروف زيادة الأمطار أو نتيجة عمليات الري تكوين تربة غير مالحة تعرف باسم (Solod (Soloth . وهذه الترات يمكن اعتبارها نتيجة عمليات طبيعية أو أصطناعية لتقليل ملوحة التربة .

والظروف المناخية والتضاريسية وكذلك أحوال التربة على هذا النحو تظهر الأراضي الجافة على أنها لا تعطى سوى فرصا قليلة للحياة النباتية والمحاصيل الزراعية . وللمشاهد الذى لم يتعود إلا على الأراضي المطيرة يبدو الأمل في نمو وإدخال وتجميع حياة نباتية في ظل هذه الظروف المناخية وجفاف التربة معدوما على الإطلاق . ولكن مازال حتى في المناطق الشديدة الجفاف ذات التربة الفقيرة في موادها العضوية (الهيكلية) هناك الأمل في وجود بعض الحياة النباتية التى تباين في كثافتها وفي المساحة التى تشغلها تبعا للتباين في كميات الأمطار من حيث مدة حدوثها ومن حيث الرقعة الأرضية التى تسقط عليها . فحيث تزداد الرطوبة ، تزداد ما تحتوية التربة

من مواد عضوية كما اتضح ذلك من قبل وإن لم تكن هذه الزيادة متمشية طرديا أو بنفس النسبة ، حتى يتكون في النهاية دوبال حقيقى تحت غطاء الحشائش في إقليم الاستبس . كيف يمكن للنباتات أن تنيا في ظل هذه الظروف القاسية من ندرة المياه والفقر المعدنى للتربة والتربات الملحية الصعبة المعالجة ؟ ما هو الميكاليزم الخاص (العملية العضوية) الذى ينبغى أن تتصف به النباتات للتغلب على تلك الصعاب التى فرضتها البيئة ؟ للأجابة على هذه الأسئلة ينبغى أن تتناول الجغرافيا الحيوية للأراضى الجافة من حيث الحياة النباتية أولا ، ثم بعدئذ من حيث الحياة الحيوانية التى هى انعكاسية للحياة النباتية . فالحياة النباتية ، والحيوانات العاشبة (آكلة العشب) والحيوانات اللاحمة (آكلة اللحوم) تعكس البيئات المختلفة فى الأراضى الجافة وسوف تلقى بعض الضوء أو تصنع علامات على الطريق المؤدى إلى استغلال هذا الثلث الجاف من يابس الكرة الأرضية .

الفصل الرابع

الجغرافيا الحيوية للأراضي الجافة

الحياة النباتية .

الحياة الحيوانية .

الجغرافيا الحيوية للأراضي الجافة

لاشك أن البيئة الأرضية الجافة تكتسب دلالتها الواضحة في مجال الجغرافيا الحيوية — من طريقة حياة وتكاثر وعدد الفصائل النباتية والحيوانية . وتشتمل هذه البيئة الصحراوية على عناصر المناخ وأشكال السطح وأنواع التربة — يعدل كل منها في الآخر ويصعب تفسيراً كاملاً إلا إذا اعتبرت هذه العناصر كلا لا يتجزأ . ويعتبر دور الحياة النباتية في إطار هذه الوحدة على قدر كبير من الأهمية . ذلك لأنها جزء من البيئة الكلية ، ولهما من العلاقات المتداخلة مع كل من المناخ والجيوغرافولوجية وعلم التربة ما يجعل اعتبار أحدها منفصلاً عن الآخر غير ذي معنى ، هذا من ناحية أخرى لأن الحياة الحيوانية ومعظم النشاط البشرى في الصحارى يعتبر مرآة للحياة النباتية .

ولقد سبق الحديث عن قدرة النبات على تعديل المناخ المحلى ، كما أن له دور في حماية سطح الأرض من فعل الأمطار الإنهارية ؛ وأهم من ذلك فإنه يعمل على تماسك التربة والفتات الصخرى على المنحدرات فيقلل بذلك من عملية الانهيارات الأرضية . وعلى أى حال فإنه من المحتمل ألا يوجد جزء من البيئة الكلية يمكن أن يحدث به تعديل سريع وسهل بالتغيرات المناخية سواء القصيرة أو الطويلة المدى . كما أنه ليس هناك آخر من سطح الأرض في هذه البيئة يمكن أن يتغير بسهولة الإنسان وحيواناته ، كما يحتمل أيضاً ألا يكون هناك عنصر يئى يمكن أن يحدث تغيرات سريعة في ملامح الصورة الأرضية وقدراتها الكامنة . والآن وبسبب هذا التداخل للعناصر البيئية المختلفة فإن أى تغير ولو طفيف في أحد هذه المكونات سيؤدى إلى سلسلة من ردود الفعل التى مع مرور الزمن ينتج عنها إعادة ترتيب الكل ليعطى استقراراً مؤقتاً قبل أن تبدأ مجموعة جديدة من التغيرات .

وليس أمام الإنسان في الوقت الحاضر إلا القليل مما يستطيع عمله في مجال ما يسمى « بالهندسة الجغرافية » . إذ ليس عليه سوى أن يتذكر هذه الخطط الطموحة

للمهندسين السوفيت من أجل المحافظة على مستوى مياه بحر قزوين الآخذ في التناقص والإنكماش . فهم يهدفون إلى زيادة نصيب ما يصرف من مياه نهر الفولجا إليه وذلك بتحويل منابع نهرى Pechora , Vychegd اللذان يتجهان نحو المحيط المتجمد الشمالى إلى نهر كاما Kama رافد نهر الفولجا . كما يندرج تحت هذه الخطط محاولات إسقاط المطر صناعيا ، وكذلك تعمير الأراضي الجافة . غير أنه مازالت هناك مجتمعات ذات مستوى تكنولوجى منخفض سواء فى الماضى أو فى الحاضر تسبب أهلها دون وعى منهم بتدمير وتعديل الحياة النباتية ، فى إحداث مشاكل جيومورفولوجية فتجددت عمليات النحت والإرساب . ويمكن أن يحدث هذا فى كل الأقاليم المناخية ، غير أن القليل من سطح الأرض تكون فيه هذه التغيرات على درجة من الأهمية مثل ما هى عليه فى الأراضي الجافة .

ومن كل هذه الاعتبارات يستحق النبات والحيوان فى الجهات الصحراوية دراسة تفصيلية . فكلما ازدادت معرفتنا عن ملاءمة النباتات والحيوانات للظروف المناخية الجافة ، كلما كان ممكنا التوصل إلى إنتاج محاصيل زراعية تناسب ظروف الجفاف . كما أنه كلما كثرت معرفتنا بفسولوجية النبات فى الأراضي الجافة ، كلما عظمت إمكانيات تربية لنبات على نطاق واسع فى المناطق الجافة أو فى المناطق ذات المياه الجوفية الملحية . فرما توجد الآن أجيال من بنى البشر وأنماط من الذكور والإناث الذين تختلف وظائفهم الفسيولوجية عن هؤلاء الموجودين فى المنطقة المدارية المطيرة . فهل صحيح أن « ساكن الصحراء الحقيقى له عيون رمادية أو زرقاء خفيفة ، وأن العضلات التى تتحكم فى إنسان العين قد تطورت لدرجة أن إنسان العين هذا يمكنه البقاء ثابتا دون أن يناله الكلل » (١) ، أو أنه يفضل أن يضع على عينيه منظار الوقاية من الشمس نط (Afrika Korps) إن كان متوقفا ؟ وإن كانت معظم مشكلات

الحياة في أراضي الصحراء والاستبس لم تجد لها حلولا مريضة حتى الآن ، إلا أن أبحاث المناطق الجافة المتزايدة والتي تمولها الأمم المتحدة ، قد وضعت في بعض الأحوال هذه المشكلات في إطارها الواضح أكثر مما كانت عليه قبل بداية الحرب العالمية الثانية وأصبح في متناول اليد تطبيق الأبحاث البحتة في الوقت الحاضر .

الحياة النباتية :

هناك عديد من المشكلات المرتبطة بنمو وتكاثر النباتات في الأراضي الجافة إذ لا بد لها أن تحيا في ظروف غير مستقرة لموارد المياه ، كذلك فإنها لا تتمتع بفرص كبيرة لتغيير بيئتها المحلية حتى تناسب متطلباتها الفسيولوجية كلما تزايدت درجة الجفاف . وكلما كان الغطاء النباتي مبعثرا ، فقد النبات حماية جيرانه ويصبح بهذا غير مترابط ، وقائم بمفرده . ويعد العنصر المناخي للبيئة في أجلى تطرفه — حيث تكون درجة الحرارة اليومية عالية للهواء والتربة (في منطقة نمو الجنور) — حيث تصل إلى أدنى درجة لها في فصل البرودة ليلا (حسب موقعها بالنسبة للدائرة العرضية ، وحسب ارتفاعها) — فتصبح بذلك بالغة التأثير على حياة النبات . وتعتبر معدلات البخر بعملية النتج مرتفعة ، وتزداد المحتويات المعدنية للتربة وتقل المحتويات العضوية بها ، كما تنقص الرطوبة التي تمكن النبات من الحصول على المواد الغذائية ، كذلك فإن نسيج التربة ، الذي يكون النبات حساسا بالنسبة له ، غالبا ما يكون أكثر نفاذية . وربما يتغير بسرعة في مسافات قصيرة ، تماما كما يحدث لرطوبة التربة التي تعتمد على اتساع المسام . وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض تربات الأراضي الجافة ترتفع بها كميات الأملاح .

وعلى ذلك فإن الجزء الأكبر من الأراضي الصحراوية تغطيها النباتات المقاومة للجفاف من نوع « الزيروفيت Xerophytes » والتي لها القدرة على تنظيم دورات حياتها لكي تتناسب مع ظروف الجفاف التي تختلف في طولها في مناطق الرطوبة النسبية المنخفضة ومعدلات عالية للبخر النتحي في التربات الكلسية ذات الرطوبة القليلة . وغالبا ما تكون طبقة ما تحت التربة والتي في متناول جذور النبات باستمرار . وحتى

يمكن للنبات العيش في ظل ظروف الجفاف هذه ، فإن النباتات التي يفترض أن أصولها الأولى كانت في مناطق مدارية ، لابد لها من بعض وسائل الملاءمة بتطوير وظائفها العضوية حتى يمكن مقاومة الحرارة والجفاف . وعلى أية حال فليست كل النباتات في الأراضي الجافة من النوع المقاوم للجفاف . فالبعض يتمكن من البقاء لأنه قادر على تجنب ظروف الجفاف ، والبعض الآخر يقوى على تجنب التركيزات الكبيرة للأملاح في بعض تربات الأراضي الجافة . وكلا النوعين من النباتات الصحراوية : المقاوم منها للجفاف والمتحایل منها على الجفاف والملوحة مازال لهما عدو رئيسى واحد يناضلان ضده ألا وهو حيوانات الرعى التي ترعى عليها والإنسان الذى يحرقها طلبا للوقود أو يزيلها من أجل الزراعة . غير أن الطبيعة قد حبت تلك النباتات بخصائص شوكية أو سامة كوسيلة تدافع بها عن نفسها .

وليست النباتات المتحيلة على الجفاف بنباتات صحراوية حقيقية ذلك لأنها تلائم دورات حياتها بالفترات التي تكون فيها الرطوبة ممكنة أو موجودة . وتتميز بعض نباتات الصحارى بدورات حياة غاية في القصر مثل نبات *Boerhavia repens* في الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى والذي لاحظ أنه يزهر ويموت وينثر بذوره في مدى ثمانية أيام فقط ، وذلك عندما تتاح له الرطوبة لليوم . واحد ، أى في ظل ظروف أشبه جافة mesophytic أكثر منها ظروف تامة الجفاف xerophytic . وتعتبر هذه النباتات سريعة الزوال نباتات وحشائش حولية ، توجد أساساً في أقاليم المناخ الأقل جفافاً ذات الأمطار الموسمية الصيفية أو الشتوية . وتوجد مثل هذه الحوليات الصيفية والشتوية في صحارى الماجوف Majove والكلورادر في الولايات المتحدة الأمريكية ، وفي الهوامش الشمالية والجنوبية للصحراء الكبرى . وتبقى البذور في طور السبات بعد تبعثرها وانتشارها ، وقد تمتد فترة السبات هذه في بعض الأحيان خلال الفترة المطيرة التالية ، وهذا يؤكد الفكرة القائلة بأن البذور يمكن أن تبطل من نشاطها الحيوى حتى تتاح الظروف لدورة حياة كاملة ومؤكدة . وهناك بالإضافة إلى ذلك أنواع أخرى من النباتات

الصحراوية مثل الشجيرات الملحية (*Atriplex*) التى تنثر نوعين من البذور ينبتان بعد فترات مختلفة الظروف من حيث الوقت والرطوبة والحرارة . وتستفيد النباتات المتجنبة للجفاف إستفادة أقتصادية من مورد الرطوبة المحدود فى التربة حيث أن متطلباتها من الرطوبة تكون قليلة (إن أكثر البذور نجاحا فى الأراضى الجافة هى التى تتميز باستهلاك قليل من المياه مع دورة حياة قصيرة) ، وتتبعثر تبعثرا واسعا حتى تتجنب المنافسة على مياه التربة . وهذا الإنتشار النباتى الذى تتميز به الأراضى الصحراوية ، قد يتيح الفرصة لوجود رقعات نباتية كثيفة تتميز بأعداد عظيمة من الفضائل النباتية المختلفة وذلك حيث يتوفر مورد غنى للمياه كما هى الحال فى بطون الأودية . غير أن ، هذه المناطق لسوء الحظ ، تعتبر الأراضى التى يتكاثر فيها جراد الصحراء . كذلك فإن النباتات المتجنبة للجفاف لها مجموعات جذرية تتميز بكبر حجمها بالنسبة للسيقان والأوراق التى تكون صغيرة جدا — وفى الحقيقة فإن عملية التبخر من الورق قد تستبدل بمجذع تقل عن طريقه عملية التبخر أيضاً ولكنه لا يقوى على حيوانات الرعى .

وتساعد حيوانات الرعى مثل الجمال والثيرات والغزلان والمعر والأغنام على أنتشار بذور النباتات فى أوسع رقعة ممكنة لكى تتيح أحسن الفرص لإيجاد ظروف بيئية مناسبة للنباتات . وتساعد الأشواك والأغلفة السمكية على البذور والثمار على التعلق بأرجل الحيوانات وما يغطى أجسامها من شعر أو وبر أو صوف . فلقد ذكر أن بعض أشكال النباتات من فصيلة (*Kochie*) لم تكن معروفة من قبل ولكنها تنمو الآن بوفرة فى هوامش الصحراء الليبية حيث حملتها إلى هناك أحذية الجنود الاستراليين فى الحرب العالمية الثانية . ويتضح ميل بعض النباتات الصحراوية التى تتصف بخاصية نشر بذورها لمسافات طويلة لما تتميز به بعض هذه النباتات وثمارها من ميزة التدحرج ، مثل « *Rose of Jericho* » (*Anastatica hierochuntica* and *Astericns Pygmseus*) . وهناك طرق أخرى فى نشر البذور تلعب فيها الرياح دورا كبيرا وتمنح بذلك فرص النمو والتكاثر فى أحسن الظروف الملائمة .

هذا وتمتلك الأشجار ، والنباتات ، والحشائش الدائمة التى من فصيلة النباتات المقاومة للجفاف وسيلتين رئيسيتين لمقاومة هذا الجفاف فبعضها قادر على احتمال الجفاف ، ويمكن أن يستمر حياً فى فترات الجفاف الطويلة مثل شجيرات الـ *Creosote* (*Larrea divaricata*) فى الأراضى الجافة فى أمريكا الشمالية وذلك عن طريق اجتيازها فترات الرطوبة المنخفضة أثناء مراحل الإنبات . ثم يستمر النمو بعد ذلك عندما يمكن الحصول على المياه مرة أخرى ، وذلك على الرغم من أن النبات يبدو مكفهرًا فى الفترة الفاصلة بين الجفاف والحصول على المياه كما لو كان ميتا . وتعد الفطريات والطحالب من النباتات القادرة على احتمال الجفاف ، غير أن القلة من النباتات الصحراوية هى التى تقع ضمن هذه الفصائل النباتية . وكثير من النباتات المقاومة للجفاف قد طورت عملية مقاومتها له بالتقليل من النتج عن طريق الأوراق ، وذلك بواسطة غطاء كثيف من الشعر ، أو بغلق المسام التى تساعد على عملية النتج وكذلك نفخ الأوراق فى بداية فصل الجفاف . وهناك غير هذه الأنواع من النباتات ما تملك نفس التركيب لتقليل الفاقد من المياه ولكن قد يحتزن الماء فى الأوراق والجذور والسيقان . وتعد هذه النباتات الصحراوية كثيرة العصارة مثل الصبار والتين الشوكى .

وتفادى الجفاف أو التحايل عليه أو مقاومته تعتبر إذن خصائص نباتات الزبروفيت ، غير أن النباتات فى الأراضى الجافة ينبغي أن تكون قادرة كذلك على التغلب على تركيزات الأملاح العالية فى التربة القلوية البيضاء والتربة القلوية السوداء (أنظر صفحة ١٤٠) . وللنباتات الصحراوية المقاومة للجفاف القدرة على مقاومة الآثار السامة الناتجة عن ملوحة التربة والمياه الجوفية . فلقد طورت صفة احتماها بحيث يمكنها البقاء والعيش مع ارتفاع المحلول الملحى فى خلاياها ، كما يمكن للبعض الآخر من هذه النباتات أن يتخلص مما بها من أملاح . وبالإضافة إلى ذلك هناك النباتات التى يمكنها تجنب التأثير الملحى الضار بتنظيم دورة حياتها بحيث تنفق والفترة التى تكون فيها نسبة الرطوبة عالية فى التربة الأمر الذى يترتب عليه قلة التركيزات الملحية . وتعد استجابة

مثل هذه النباتات لظروف الملوحة العالية ذات أهمية واضحة للمزارع في الأراضي الجافة .

وتعد هذه الملاءمة للجفاف بالنسبة للنباتات في الأراضي الجافة ، من ثم ، مظهر الارتباط غاية في التعقيد فسيولوجيا وتشريحيا ، والذي يعد ما سبق ذكره موجزا مبسطاً له . ويوضح الوصف العام للحياة النباتية في الأراضي الجافة أنها تعتبر فقيرة في أنواعها التي تتكون أساساً من نباتات متفرقة تنمو متقاربة من بعضها كلما تزايدت الرطوبة موسمياً أو سنوياً . وحتى يمكن لهذه النباتات التحايل على التربة الصحراوية والجفاف الجوى فإن مساحة سطح أوراقها يكون صغيراً بمقارنته مع مساحة سطح جذورها التي تخترق التربة إلى أعماق بعيدة والتي تمتد جانبياً لمسافة كبيرة بحثاً عن الرطوبة . كذلك فإن سيقانها تكون قزمية وغالباً ما تكون محمية بواسطة لحاء فلينى حتى يمكنها التقليل من عملية النتح . وفي المناطق الصحراوية الشديدة للجفاف تتكون الحياة النباتية على شكل أكمات منزهة تفصلها عن بعضها عدة أمتار . ولكن حيث تزداد الرطوبة في الهوامش الانتقالية تبدأ الحشائش في الظهور تدريجياً مع الأمطار الموسمية ، ويتحرك المراء خارجاً من الصحراء الحقيقية إلى نطاق الاستبس أو شبه الاستبس ، ثم إلى ذلك الجزء الكبير من الأراضي الجافة والذي قد يشغل $\frac{1}{3}$ المساحة الكلية للنطاق الجاف والذي وإن كان يطلق عليه دون تحفظ علمي اسم الصحراء إلا أنه في حقيقته نطاق استبس (كما هو الحال في صحراء أمريكا الشمالية) . ومن الواضح أنه لم تكن هناك دقة في اختيار مثل هذه التسميات ، غير أن علماء الجغرافيا الحيوية وعلماء الفصائل النباتية يرون في المقاييس الكمية المتصلة بالجفاف شرطاً أساسياً وضرورياً من شروط دراسة الأراضي الجافة .

وتوجد في بعض مناطق الأراضي الجافة أنماط واضحة من نباتات الاستبس ففي الصحراء الكبرى و صحراء شيل و صحراء النفود بالجزيرة العربية توجد مناطق غاية في الجفاف تمثل الصحراء الحقيقية والتي تقف حتى اليوم فاصلاً إن لم تكن حاجزاً متصلاً بين نباتات الهوامش

المسطرة صيفا وتلك الممطرة شتاء . غير أن صفة الفصل هذه ليست واضحة في الأراضي الجافة في الجنوب الغربى الأمريكى . فهناك الاستبس الشجيرى الشمالى يختلط في المنطقة الوسطى باستبس السنط الجنوبى ، غير أنه في الجنوب يسود نبات الصبار بدرجة كبيرة والذي لا بعد نبات رعى الحيوانات . ويعتبر الصبار اللافقارى Spineless Cactus المتطور نتيجة النمو الاختيارى نباتا تجريبيا أكثر منه نبات في بيعه الطبيعية .

الحياة الحيوانية :

تعتبر خاصية الانتشار لبذور بعض نباتات الأراضي الجافة دليلا على أهمية الحركة والتنقل التى تؤمن بقاء الأنواع المختلفة من هذه النباتات . أما بالنسبة للحيوانات فتمثل هذه الحركة من جرى وقفز أحسن تمثيل في الغزال (الذى كانت متابعتها الدافع الرئيسى للمحاولات الأولى لاستخدام السيارات في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية) ، والتيتل والكائنات . أما الثدييات الضخمة الحجم فإنها تعتبر نادرة نسبيا في المناطق الصحراوية وإن كانت أكثر شيوعا في المناطق شبه الجافة . وقد استطاعت هذه الحيوانات العيش لما تتصف به من السرعة التى تمكنها من الوصول إلى موارد المياه والاستفادة من الحشائش التى تنمو عقب سقوط الأمطار . وقد استطاع الإنسان صيد هذه الحيوانات منذ عصور ما قبل التاريخ ، كما توضح ذلك الرسوم الموجودة على صحور التبتى . غير أن عملية الصيد لا تقى بحاجة مجموعات كبيرة من سكان الصحارى حتى ولو تعلم الإنسان تسليح نفسه بالمقاييع والسهام لكى يعوضه النقص في سرعته وتحمله مطاردة هذه الحيوانات لمسافات طويلة . ولقد كانت هناك لحسن الحظ ثدييات بطيئة الحركة — السائرة — التى أمكن للإنسان أن يتحكم فيها وأن يستأنسها . وتتمنع مثل هذه الحيوانات كالجمال والأغنام والماعز والماشية بخصائص تمكنها من البقاء في ظل ظروف الجفاف ، على الرغم من أنها في حاجة إلى المياه سواء من الينابيع أو عن طريق النباتات التى تقتات عليها بصورة منتظمة . ولا

شك أنه بدون اعتماد مثل هذه الحيوانات العاشبة على النباتات ، لما كان هناك تطور في نمط الحياة الرعوية ، ولما كان هناك تعايش بين الصحراء والواحة ولانضال بين الاستبس والزراعة . كذلك فإنه لمن الواضح أن أراضي الصحراء وشبه الصحراء تقل بها الحيوانات الضارية وذلك لقلة الحيوانات التي يمكن أن تتغذى عليها . كما أن رعى القطعان يصبح غير ممكن إذا كانت هناك سباع ونمور تهدد هذه القطعان في تلك البيئة .

وتتمتع حيوانات المدو والقفر في الصحارى بقدرتها على البحث عن المياه لمسافات بعيدة ، وهى بذلك تكون أقل تمثيلاً لحيوانات الملاءمة مع الجفاف عن الحيوانات بطيئة الحركة الفقارية واللافقارية صغيرها وكبيرها . وتعتمد الثدييات الصغيرة والطيور والحشرات والزواحف على بيئتها المحلية بل وتتلاءم معها . ويعتبر الذباب الذى يعيش في الواحات أكثر من أى منطقة صحراوية أخرى وبخاصة فوق ثمار البلح التى تجفف على أسطح المنازل في تلك الواحات ، والذى يتبع المتنقل من واحة إلى أخرى على هيئة أسراب ، من العوامل المسببة لمشكلات صحية في تلك البيئة الصحراوية . كذلك فإن الزواحف التى تعيش في المناطق الصحراوية الشديدة الجفاف قد تكون سامة للانسان والحيوان غير أنها أقل خطراً عما هو شائع ومعروف ، إذ يصبح اللهب بالسحالى الغريبة على جذران المنازل وسيلة مدابغة مريحة تبدد قسوة الحياة الصحراوية الرتيبة . ولقد أوضح ديزنى Disney أنه حتى العقرب يمكن أن يكون وسيلة تسلية . وعلى النقيض من ذلك يعد الجراد دون شك أعظم في تلك البيئة حيث أنه المستهلك للنباتات الخضراء ، وأنه بقدرته على الحركة يمكن أن يحدث معه الدمار الهوامش الزراعية في الأراضي الجافة .

وتعكس الحيوانات التى تعيش في الشقوق الصخرية وفي الكهوف والحفر التى تحفرها في التربات الهشة تجنباً للحرارة والجفاف أول صورة من صور التلاؤم للحياة مع تلك البيئة الصحراوية الجافة . وتعتبر الحيوانات الحفارة واسعة الانتشار في الأراضي الجافة

حيث تتغذى على جذور النباتات وعلى الحشرات . وتمثل هذه الحيوانات في الجربوع (فأر الصحراء) والجُرْذَان والأرانب وحتى الطيور . وتستطيع هذه الحيوانات بخاصية الحفر هذه أن تخلق مناخها الخاص بها بعيدا عن حرارة الهواء المرتفعة أثناء النهار وكذلك حرارة التربة السطحية . وتعد حيوانات كالكنجaro والجربوع من الحيوانات الليلية التى تمضى نهارها تحت الأرض فى بيئتها الخاصة حيث تكون الرطوبة أكثر منها فى الهواء الخارجى بما يزيد على خمس مرات . وتتوازى مثل هذه الدورة الليلية النهارية للحياة عند بعض الفصائل الحيوانية مع الدورة الفصلية عند البعض الآخر . وتماثل مثل بعض الحيوانات القطبية ، وحيوانات البيات الشتوى فى المناخ القارى القارس نقضى بعض حيوانات المناطق الحارة الجافة البيات الصيفى خلال أكثر فصول السنة حرارة وذلك حتى تقلل من حرارة الجسم ومعدل التنفس والعرق والحاجة للغذاء والماء . فتصبح بذلك فى فترة سبات أكثر منها فى فترة سكون . ولا تظهر بعد ذلك إلا عندما تكون ظروف الحرارة والرطوبة مناسبة لتكاثر واستكمال دورة حياتها . وبطبيعة الحال فإن النتيجة الطبيعية لهذه الملاءمات هى أن الحياة الحيوانية التى تشاهد فى الأراضى الجافة تختلف بين النهار والليل وبين الموسم الحار والموسم المعتدل أو البارد .

ولقد لوحظ من قبل أن بعض أنواع النبات تتغلب على ظروف الجفاف والحرارة عن طريق ألحية سميكة لتقليل النتح . وشبيه بذلك أنواع كثيرة من الحيوانات فى الأراضى الجافة التى اكتسبت نظاما مماثلا - مثل تكون الأطراف الواقية كما هو الحال القوقع الصحراوى الحلزونى أو فى صوف أغنام المارينو . ويساعد الفراء أو الصوف أو الشعر على حماية الحيوانات من حرارة الجو المرتفعة كما يقلل من العرق . ولقد أوضحنا سابقا أن لبعض النباتات دورات حياة قصيرة لكى تستفيد من ظروف البيئة المناسبة والمؤقتة . وفى عالم الحيوان يملك النحل والزناير والعناكب مثل هذه الخاصية ، كذلك يعتمد الجراد على الاستفادة من الظروف المؤقتة . وفى المساحات غير المزروعة يتغذى الجراد على الحشائش التى تنمو عقب سقوط الأمطار وإلى حد ما على الشجيرات

القصيرة . وطالما كان الجراد ذا آثار مدمرة في استغلال الأراضي الجافة في العالم القديم وفي استراليا فإنه ينبغي دراسة طبائعه بشيء من التفصيل .

وليس الجراد من حيث تركيبة الفسيولوجى ملائما لظروف الجفاف ، إذ يعد من الكائنات المتحيلة عليه والتي تتطلب قدراً من الرطوبة لدورة حياتها القصيرة ، كما ويعتبر من الحيوانات التي تحافظ على بقائها بقدرتها على الترحال . ولربما يكون من المستهجن القول بأن محاولات ترطيب التربة بواسطة الري قد زادت من رقعته الأرضي الصالحة لتوالد أسراب الجراد وتقليل إنتاجية المحاصيل التي استخدم الري أساسا كوسيلة لزيادتها . ومثل الجراد كمثال البعوض الذي يعتبر مضايقا لساكنتي الواحات ، وعلى الرغم من أن الرياح هي التي توجه أسراب الجراد إلا أن نظام الرطوبة يتحكم فيها إلى حد كبير . وتعتبر أسراب الجراد على درجة كبيرة من الحساسية بالنسبة للتباين في كميات الأمطار واتجاه الرياح وسرعتها ، وكانت الظروف التيورولوجية الموجهة الأساسي لإغارات أسراب الجراد في الماضي . ففي الوقت الذي أقفرت منه بعض المناطق قد نجده في مناطق أخرى نظرا لوقوعها في نطاق ضغط منخفض نتجت عنه أمطار وحشائش فجلبت إليها الرياح الهابة صوبها أسراب الجراد . وعلى أية حال فقد تمت السيطرة في أفريقيا على نوعين من أخطر أنواع الجراد هما « البحر الأحمر Red Locust » والجراد الأفريقي المهاجر African Migratory Locust ، وذلك لأنه أمكن تحديد مناطق توالدها واتخذت الاحتياطات لمنع انطلاق أسرابها .

وعلى النقيض من ذلك فإن الجراد الصحراوي (Scistoceria gregaria) كان من الصعب السيطرة عليه . فلقد كانت هناك موجات متتالية من أسراب الجراد في صحارى العالم القديم فيما بين المحيطين الأطلسي والهندي في العشرين سنة الأخيرة . وتوضح البيانات الشهيرة التي ينتشرها مركز أبحاث مكافحة الجراد ، أن الجراد الصحراوي يتوالد في منطقة تسقط عليها الأمطار في أواخر الشتاء وأوائل الربيع في اهرامش الصحراوية المتاخمة لإقليم البحر المتوسط من صحارى العالم القديم . ففي

ذلك الوقت تنمو الحشائش قصيرة العمر التي يتغذى عليها الجراد . وعندئذ تضع الإناث بيضها الذي يتطلب رطوبة عالية والذي يناسبه بصورة أفضل وجود طبقة رملية سطحية جافة فوق طبقة رطبة . ومن ثم تتوافق منطقة التوالد مع حزام أمطار أواخر الشتاء وأوائل الربيع في شمال أفريقيا وسواحل البحر الأحمر وشمال شبه الجزيرة العربية عمر إيران حتى باكستان وشمال غرب الهند . وفي فصل الصيف تهاجر أسراب الجراد التي توالدت في تلك المناطق الشمالية جنوباً عبر الصحراء الكبرى ثم تتجه شرقاً حتى تصل باكستان . وعلى أساس جغرافي حيوي يتوقع المرء وجود منطقة تغذية وتوالد متوافقة مع الهوامش الصحراوية ذات الأمطار الصيفية في الأقاليم شديدة الجفاف . تتمثل بحق في حزام يشغل منطقة الساحل الصومالي والسودان ويمتد داخل جنوب شبه الجزيرة العربية حتى باكستان . وفيما بين هذين الحزامين الرئيسيين يهاجر الجراد ويتحكم في هجرته الأمطار الفصلية في هوامش البحر المتوسط وفي إقليم السفانا (شكل ٨) . وقد يحدث اضطراب في نمط التوالد والهجرة نتيجة التباين الكبير في سقوط الأمطار على تلك المناطق .

ويعد هذا النسق في الوقت الحاضر معتقداً وذلك نتيجة التحكم بواسطة المبيدات الحشرية في مناطق التوالد . وغالباً ما تشير الدراسات الجغرافية المقارنة مكاناً وزماناً إلى أن المبادرة في علاج مشكلة استغلال الأرض في بيئة مالا تتأق إلا عندما تحل بها كارثة إقتصادية أو طبيعية أو كليهما في بلد أو منطقة ما وتكون مواردها الإقتصادية كبيرة بالنسبة للأضرار التي لحقت بها . ونورد هنا مثالا ، أنه في شتاء ١٩٥٤ - ١٩٥٥ دمرت أسراب الجراد ما قيمته ٥٤ مليون من أشجار الموالح في المغرب . وتم في أواخر الخمسينات وأوائل الستينيات رش المبيدات الحشرية من الجو وذلك ضمن برنامج أرضي جوي متقن . فلقد استخدم في موسم واحد ١٩٥٩ - ١٩٦٠ ما يربو على ٣٤٠٠ طناً من المبيدات الحشرية في مناطق التوالد الشتوي في المغرب ، وعلى إمتداد الواحد السياسية في شمال وغرب أفريقيا في ذلك الوقت ، وفي الصحراء الفرنسية آنذاك أو

المناطق التى ترتبط معها إقتصادياً فى الجنوب .

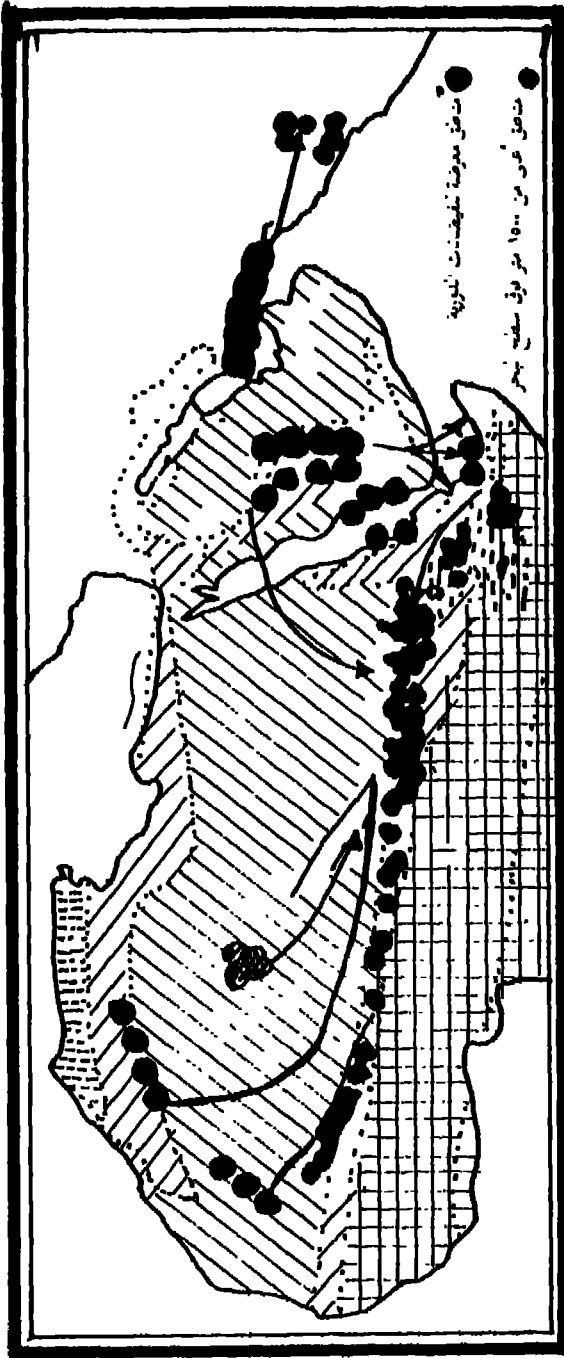
أما ناحية الشرق فقد عاق تعدد الواحدات السياسية والتخلف الإقتصادى الين إدخال مثل هذه الوسائل حتى عام ١٩٦٢ عندما قامت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (الفاو - F.A.O) بشن حملة شاملة ومركزة بدأت بمبلغ ٣٥ مليون جنيه واشتملت على أبحاث عن يقات الجراد التى سبق ذكرها والتى تتوافق مع مناطق وضع البيض التى تكون كمية الرطوبة بها ملائمة لنمو نباتات شجرية مثل قيعان الأودية ومناطق التصريف الداخلى والمراوح الإرسائية والمجارى المائية الدائمة أو المؤقتة ولسهول الفيضية . وتمثل هذه المناطق يقات محلية فى نطاق البيئة الشديدة الجفاف ، على هيئة جزر ومسالك بيئية أكثر ملائمة لحرفة الرعى والزراعة المعيشية المستقرة أو المحصولية التجارية . وتسهم قدرة الجراد على الحركة فى انتقال أسرابه من الجزيرة لأخرى حسب اتجاه الرياح والأمطار . وأنها لتلك القدرة تتطلب تعاوناً دولياً شأنها فى ذلك شأن ما يتطلبه نهر دائم يجرى فى الأراضى الجافة من تعاون دولى إذا ما أريد استغلال مياهه للرى استغلالاً سليماً .

وتحت وطأة الوباء تحقيق التعاون فى مواجهة الجراد إلى حد ما ، فما زالت منظمة الأغذية والزراعة تصدر تحذيرات جديدة عن أسراب الجراد فى إيران وباكستان وجبال الأطلس . وبذلك يمكن للزراع المعيشيين أو الرعاة أو المزارع الصغير فى كل من إيران وباكستان الغربية أو فى المنطقة الجافة من الهند أن يتلقوا وسيلة تحميهم من المجاعة والهلاك كنتيجة للأساليب التى اتخذت شكل ٨ — مناطق توالد وهجرة الجراد الصحراوى فى فصلى الشتاء والصيف ، ١٩٦٨ . (أعتمدت هذه الخريطة على :

Trewarths, An Introduction to Climate, Mc Graw-Hill .

وكذلك على بيانات من مركز أبحاث مكافحة الجراد الصحراوى ، لندن

Anti Desert Locust Research Information Centre, London .



شكل ٨ : مناطق تجمّع شجيرات الأكاسيا في فصل الشتاء والصيف . ١٩٦٨

والتوافق الملحوظ أو الواضح بين توزيع ١٩٦٨ والأقاليم (النطاقات) المناخية لكوين
جاء مصادفة ؛ ولكنه على أية حال يعطى الصورة العامة .

الدليل :

Am — مناخ الغابات الاستوائية المطيرة .

Aw — مناخ السفانا المدارى .

BS — مناخ الاستبس .

BW — المناخ الصحراوى .

Cw — مناخ دافى ذو شتاء جاف (موسمى وسفانا المرتفعات) .

Cs — مناخ دافى ذو صيف جاف (بحر متوسط) .

إختصارات إضافية

أنواع مناخ A :

W — قيمتن واضحتان للمطر يفصلهما فصلان جافان .

i — مدى حرارى بين أدفاً شهر وأبرد شهر أقل من ٥ مم (٥٩ ف)

أنواع مناخ B :

h — متوسط حرارى سنوى أكثر من ١٨ م (٦٤ ر ٦٤ ف) .

s — جفاف صيفى تكون كمية أمطار أغزر شهر شتاء ثلاثة أمثال

كميتها فى أجف شهر صيفا على الأقل .

w — جفاف شتوى ؛ تكون أمطار أغزر شهر صيفا عشرة أمثال أجف

شهر شتاء .

k — متوسط حرارى سنوى أقل من ١٨ م (٦٤ ر ٦٤ ف) :

أنواع مناخ C :

s — صيف جاف ؛ تكون كمية أمطار أغزر شهر شتاء ثلاثة أمثال

أجف شهر صيفا على الأقل ، أو تكون كمية المطر أثناء أجف

شهر صيفا أقل من ٣٠ ملليمتر (١٢ بوصة) .

a — صيف حار ؛ متوسط حرارة أدفاً شهر أكثر من ٣٢°م

(١٢٧°ف)

b — صيف قصير بارد Ccol ؛ أقل من أربعة شهور تزيد حرارتها عن

١٠°م (٥٠°ف) .

لضمان استمرار إنتاج الموالح على بعد آلاف الأميال في بلاد المغرب . ويبدو من توزيع وهجرة الجراد الصحراوي أن المبيدات الحشرية التي تستخدم جواً أو على الأرض قد قللت من الآثار البيئية للرياح الشرقية والرياح الغربية القوية .

وإذا كان الجراد يعتبر العائق الأساسي في تاريخ استغلال الأراضي الجافة في العالم القديم ، فإنه لم يكن كذلك بالنسبة للأراضي الصحراوية . ولأنه لمن حسن الحظ أن بالأراضي الجافة عالم حيواني مفيد ونافع سمحت تأقلماته الفسيولوجية باستغلال هذه البيئة بصورة ما ، خاصة في مرحلة لم يكن يسمح فيها التقدم التكنولوجي بغير استخدام هذه الحيوانات لاستغلال هذه الأراضي استغلالاً سليماً . إذ كيف كان للأراضي الجافة من العالم القديم أن تسمح يعيش الإنسان غير المعتمد أساساً على الزراعة في الواحات بدون الجمل ؟ وحتى المحلات العمرانية الحضرية كانت تعتمد على قوافل الجمال كأسلوب ووسيلة للتجارة عاشت عليه المدن الصحراوية . وماذا يمكن أن يكون عليه الوضع ، أو ماهي الأمكانية في فرصة نجاح الرعي المعيشي والتجاري في المناطق الهامشية الأكثر رطوبة ، بدون الماشية ذات السنم المعروفة باسم زيبو Zebu والأغنام ذات الذيل السمينة . ولا يعني هذا الأقلال من أهمية الحصان في الصحراء ، غير أنه حيوان مراعى لابد أن يحمل علفه في المناطق الشديدة الجفاف ، كما أنه يحتاج إلى السقى المنتظم . أما الحمار والبغل فهما يمشلان حيوانات العمل في المناطق الصحراوية ، ويفضلان الحصان من حيث ملاءمتها للبيئة الصحراوية . كما يعتبر الثور من حيوانات الحمل الغالية إذ يقدر على حمل أثقال كبيرة لمدة ثلاثة أيام دون غذاء أو شراب .

وقد يعجب المرء من طول التأخر في معرفة فسيولوجية هذه الحيوانات حتى بدأت الحضارات التكنولوجية المتقدمة أكتشاف الصحراء . فلوفهمت فسيولوجية الجمل « سفينة الصحراء » فهما سليما لأمكن إنقاذ حياة كل من بيك « Burke » و « Wills » أثناء استكشافهما الأوسط | استراليا . فعندما كافا عائدين إلى (كوبرز كريك Cooper's Creek من خليج كارنتاربا في عام ١٨٤٦ مستخدمين الجمل كوسيلة أنتقال ، تعرضا لضربة شمس قاسية نتيجة لسوء توجيههما للجمال التي كان يمكن بأحسنائه إنقاذ حياتهما . إذ لم يكن واضحا حينذاك أن الجمال المستوردة من العالم القديم تحتاج لفترة تتراوح ما بين سنتين وثلاث سنوات لكي تؤقلم نفسها قبل إمكان إستخدامها في الأراضي الجافة الأسترالية ، بينما تمت رحلة كل من (بروك) و (ولز) أثناء الفترات الأولى من عملية التأقلم .

كما تعتبر عملية التأقلم عاملا هاما وحساسا في نجاح إدخال حيوانات الرعى إلى الأراضي الجافة ، غير أنه من المهم أيضا أن تكون هناك سابق معرفة بمقدرتها على مقاومة الجفاف . وبأستثناء الجرابيع الصحراوية وبعض الثدييات الأخرى الصغيرة والحشرات وكذلك الزواحف ، يعتبر الجمل الحيوان الأساسي من بين العاشبات في هذه البيئة ، وما العاشبات الأخرى إلا معاونة له . فهو بذلك يعتبر للإنسان أكثر الحيوانات من حيث أهميته الحيوية في المناطق الجافة من العالم القديم . ولقد أخرج علم وجود حيوان مماثل مماثل له في العالم الجديد إستكشاف واستغلال الأراضي الجافة في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية والأراضي الجافة في أمريكا الجنوبية . وليس معنى هذا أن الجمل حيوان مثالي من حيث مقدرته على الحمل أو من حيث كونه مصدر اللبن أو اللحم أو الجلود . ويعتبر الجمل ذو السنامين — أحد نوعي الجمال والذي يعيش في آسيا الوسطى — أقدر على تحمل البرد الرطوبة ، كما يمكنه تحمل العطش مدة أطول من المدة التي يتحملها الجمل ذو السنام الواحد في كل من الصحراء الأفريقية والصحراء العربية . وتعطى تقارير المستكشفين أرقاما متباينة عن درجة تحملهما وطاقتهما احتمالهما وجلدهما ، وسوف فتعرض لتحليلها فيما بعد . إلا أن الكثير منها يثبت أن

أقصى ما يمكن أن يتحملة الجمل ذو السنم الواحد من الوقت بدون مياه هو حوالى عشرة أيام ، بينما يمكن للجمل ذى السنمين أن يذهب أكثر من ثلاثين يوما بدونها . غير أن هذه الأرقام ينبغي أن تؤخذ بشيء من الحيطة ، إذ أن هناك تعقيدات عديدة وراء هذه التقديرات البسيطة ، منها الفصل من السنة الذى يتحمل فيه الجمل هذه الفترة ، ونوعية العلف الذى يمكن أن يحصل عليه الحيوان ، ثم الفترة الزمنية التى يقوم فيها الحيوان بالعمل .

وإذا تفاضينا عن عاداته الكريهة ، فإن من أهم الصفات المميزة له ، والتى يتساوى فيها مع بقية حيوانات الحمل وحيوانات الركوب القادرة على ظروف الجفاف ، هو أنه يستهلك كميات كبيرة من العلف تتراوح ما بين ١٨ — ٢٢ كيلو جراما (٤٠ — ٧٩ رطلا) فى اليوم . وهذا العلف الذى لا يعتبر الحصول عليه سهلا فى البيئة الصحراوية ، يستلزم وجود مرشد لأماكن العشب التى عادة ما تكون بعيدة عن الدروب التى تسلكها القوافل ، كما يحد من عدد الجمال التى يمكن استخدامها فى القافلة أو التى يمكن رعيها على المرعى الموجود . وتقلل عملية إطعام الجمل من فترة العمل الفعلية له . وبالإضافة إلى هذه المعوقات التى فرضتها متطلبات التغذية للحيوان ، فإن الجمل فى حقيقة الأمر يعتبر من الحيوانات البطيئة ، إذ لا تتعدى رحلته اليومية فى ظل أحسن الظروف ٢٢ كيلو مترا (٢٠ ميلا) . حقيقة أن هناك جمال سباق قد تدرت تدريبا خاصا لتقطع مسافة ٦٥ كيلو مترا يوميا (٤٠ ميلا) ، غير أن هذه الجمال السريعة قليلة العدد وغالية الثمن لاستخدامها كحيوانات حمل فى قافلة . ومن ثم فإن الجمل حيوان بطيء ويتطلب فترات راحة كثيرة ، إلا أنه على الرغم من ذلك ، يمكنه أن يحمل أثقالا تصل إلى ١٥٢ كيلو جراما ، وهذه أكبر بكثير مما يمكن أن تحمله حيوانات مثل الياك Yak والراما Llama والأغنام التى تستخدم فى الجهات الصحراوية الأخرى . ولكن خاصية الجمل هذه لا ينبغي لها أن تجعل منه حيوانا يحمل بضائع رخيصه غير ضرورية ، بل ينبغي استخدامه اقتصاديا

يجعله البضائع الثمينة والغالية . ولكنه مازال يستخدم في جر العربات في كل من استراليا وباكستان ، وفي جر المحراث في بعض المناطق الأخرى .

والجمل قادر على القيام بكل هذه الأعمال في المناطق الجافة بسبب بنيانه وخصائصه الفسيولوجية ، وهنا مكمن ميزته الرئيسية . فعنده الخف الكبير الذى يساعد على توزيع وزن جسمه (حوالى نصف طن) فوق مساحة من الرمال الناعمة أكبر من مساحة الحوافر الصغيرة لدى الحصان . كما أن خف الجمل يكون سميكاً بدرجة تجعله متمتعاً بحصانة ضد الإشعاع الحرارى من السطح الصخرى أو الرمل الشديد الحرارة ؛ كما أن للجمل بالطبع « سنام » . ولا شك أن شرح أهمية سنام الجمل أو سنام الزيو أو الذيل السميك للأغنام الصحراوية سوف ينقلنا من الحديث عن تشريح إلى الحديث عن بعض الخواص في علم وظائف الأعضاء والتي لم يتسن لنا فهمها إلا حديثاً . ويمكننا الآن بهذا القدر من المعرفة الإجابة على السؤال الرئيسى الخاص بحيوان الجمل — ما هى المدة التى يمكن للجمل أن يتحملها بدون مياه ؟ ولماذا يكون الجمل قادراً على تحمل العطش مدة أطول من الإنسان في ظل الظروف البيئية الواحدة ؟

فلقد تقدم McIcic بتقدير تفصيلي عما يطرأ على الإنسان عندما تنقص المياه في جسمه إلى أقصى درجات النقصان ، أى عندما يبقى بدون مياه ليوم أو ليومين تحت وطأة حرارة الصيف في صحارى جنوب غرب أمريكا ، أو يبقى لمدة أسبوع في ظروف مناخية أقل حرارة من ذلك ، بحيث لا تصله أية مياه يتناوله بعض الفواكه العصرية مثل البرتقال والطماطم والبطيخ . فعندما يكون عارياً تماماً ، يمكن رؤية عضلات ذراعية وساقية التى كانت مفتولة وقد ضمرت وتجددت كما أختفت شفتاه وبدتا وكأنهما مبتورتان تاركتين مكانهما هالة غائرة من نسيج أسود اللون ، أما عيناه فقد أصبحتا في حالة « بحلقة » ثابتة تحيط بهما جفون مقلوبة كما أصبح وجهه أسوداً كوجه الزنجي واكتسب جلده اللون البنفسجى الشاحب .. وأصبح جلد أطرافه مشدوداً سهل التمزق

بلامسته للأشواك والضخور غير المهذبة وإن كان لا يدمى لعدم وجود أية آثار للدماء أو بلازما الدم^(١) . وتبين حالة هذا الرجل كل العلامات التي تدل على الدرجة الكبرى لنقص المياه في جسمه . كما يساعد فهم ما يطرأ على جسم الإنسان من تغيرات في ظل ظروف نقص المياه ، على تبين الكيفية التي يقاوم بها الجمل والثدييات الأخرى التي أقلمت نفسها لظروف المناطق الشديدة الجفاف .

ويمكن لجسم الإنسان أن يفقد قدرا بسيطا من مياهه قبل أن تصل درجة هذا الفقدان إلى حالة الخطر . فعندما يصل الفاقد من مياه الجسم عن طريق العرق إلى ٦ ٪ أو ٨ ٪ من وزن الجسم يجف الفم ويلتصق اللسان بسقفه وتضطرب الحواس . ولكن عندما يصل هذا الفاقد إلى حوالي ١٠ ٪ من وزن الجسم يصبح المرء في حالة هذيان ، عديم الإحساس بالألم ، ولا تدمى جروحه (حسب وصف Mc Gee) . وإذا ما وصل هذا الفاقد إلى ١٢ ٪ من وزن الجسم ، فإن شفاء المرء دون مساعدة طبية يصبح مستحيلا . وذلك لأنه أصبح غير قادر على عملية « البلع » . كما تحدث تغيرات في الدورة الدموية تنعكس آثارها على تغيرات في أعضاء الجسم الأخرى ويصبح الدم أكثر كثافة ولزوجة ، وينهك القلب نتيجة الجهد الذي يبذله في ضخ هذا الدم اللزج لكي يكمل دورته في الجسم . ومع قلة سرعة الدورة الدموية ترتفع درجة الحرارة وينتهي الأمر بالموت . والسرعة في ارتفاع درجة حرارة جسم الإنسان والتي تلي لإنهيار المنظم الحرارى في الجسم ، يمكن أن يطلق عليها تعبير « الانفجار الحرارى المميت Explosive Heat Death » . ويشير هذا المنظم الحرارى إلى حوالي ٣٧°م (٩٧.٤ ف) ويمكن التحكم فيه في حدود درجة فهرنهايتية واحدة عن طريق تبخير العرق من سطح الجسم .

(١) W. J. Mc Gee, Desert Thirst as a Disease, Interstate Medical Journal (1906) 13, 283

ويتميز الجمل على الرغم من ذلك بوظائف عضوية مختلفة ، كما أن مدى المنظم الحرارى لجسمه كبير . فهو حيوان يعرق ولكن بدرجة أقل من الانسان . وللاحتفاظ بالمياه فى جسمه يتصف الجمل بأنه لا يعرق قبل أن ترتفع درجة حرارته إلى حوالى 41°C (105.8°F) . وبالإضافة إلى هذا فإن جسمه يبرد أثناء الليل حتى يصل إلى 34°C (93.2°F) فيأخذ بذلك فترة طويلة أثناء حرارة النهار لترتفع درجة حرارة جسمه إلى حد الخطر . وعليه فإن مدى التغير فى درجة حرارة جسم الجمل الذى يقع ما بين 34°C ، 41°C (93.2°F إلى 105.8°F) يكون أكبر منه عند معظم الحيوانات ذات الدم الدافئ والتي يقع التغير الحرارى لأجسامها بين 37°C ، 40°C (98.6°F ، 104°F) ، فتقل بذلك عنده سرعة الانفجار الحرارى المميت .

غير أن الجمل ما يزال يفقد مياهها من جسمه عن طريق العرق ، وعن طريق الرئتين ، إما ما يفقده عن طريق التبول والتبرز فيعتبر قليلا . ويستطيع الجمل أن يعوض هذا الفاقد مما هو مخزون فى سنامه على هيئة شحم . ولا يوجد للمياه خزان فى جسم الجمل على هيئة سائل ، وعليه فإن المرتحل فى المناطق الصحراوية لا يجد فى أقصى ظروف الظمأ أكثر من العصارة الهضمية الخضراء فى تلافيف معدة بعيرة . وبحصل الجمل على المياه اللازمة لجسمه فى ظل ظروف الشح المائى عن طريق أكسده الشحم الموجود فى سنامه وفى أجزاء أخرى من جسمه .

ويؤدى استهلاك الشحم من أجل تنظيم المياه فى جسم الجمل ، الذى لا تتوفر له مياه الشرب أو الأعشاب الخضراء ، إلى نقص فى وزنه . ولقد أوضحت التجارب التى أجريت فى « بنى عباس Beni Abbes » فى الصحراء الجزائرية ، بعض الحقائق الهامة فأتضح أن الجمل الذى يتغذى على التمور الجافة والدريس أثناء الفصل المعتدل لا يشعر بالظمأ إلا بعد ١٦ يوما غير حالته لا تكون خطيرة . ففى شهر يونيو تغذى جمل يزن ٤٥٠ كيلو جراما على أعشاب جافة وبدون مياه لفترة ثمانية أيام ، وبنهاية هذه الفترة ساءت حالته وأصبح لا يزن سوى ٣٥٠ كيلو جراما . وعندما قدمت له المياه ، شرب

١٠٣ لترا (٢٧ جالونا) فى خلال عشرة دقائق ، واستعداد وزنه الأصيل . وإذا عملت الجمال ، فإن الفترة التى تتحملها بدون مياه لا تتعدى أسبوعا فى فصل الصيف ، وهذه فترة تفوق كثيرا تلك الفترة التى يتحملها الإنسان نفس الظروف . كما اتضح أن الحيوانات العاشبة التى تقتات على الحشائش الشتوية الخضراء لا تأبه بشرب المياه لمدة قد تزيد على الشهرين .

وإنه لمن الواضح أن هذه الأرقام لا يمكن استخدامها كميّار ، إذ تتوقف الفترة التى يمكن للجمال أن يبقاها بدون مياه على ما يتناوله من حشائش رطبة ، وعلى طبيعة العمل الذى يقوم به ، وعلى الفصل من السنة ، وعلى طبيعة الأرض التى يسير عليها وطول المسافة التى يقطعها ، ثم على نوعه وسلالته وظروف تربيته . وهذا يفسر لنا تقارير الرحالة المتعارضة عن مقدرة تحمل الجمال ، ولكن يبدو أن الجمال ذا السنامين أفضل من الجمال ذى السنام الواحد ، وأن الأخير أحسن من الحيوانات التى ليست لها سنم . كما تشير هذه الأرقام إلى أهمية الدور الذى يقوم به المتخصصون فى قيادة قوافل الجمال ، وما يتميزون به من مهارة تتصل برعيها وتربيتها ، تلك المهارة التى تمكنهم من معرفة فصل التزاوج عند الجمال والذى يتفق مع فصل المطر ، وأن عملية الحمل عند هذا الحيوان تستغرق إثنى عشر شهرا . وهذا من شأنه أن يجعل رعاية هذا الحيوان أمرا يحتاج إلى خبرة ودراية فى ظل هذه البيئة الصحراوية القاسية .

وعليه يرتبط استخدام الأرض فى جهات العالم القديم بالجافة بالجمال لما له من مقدرة فائقة على الحمل ، فهو أكثر مقدرة من حيوان اللاما الذى يوجد فى الهضاب المرتفعة الجافة من جبال الأنديز . كما ويعتبر الجمال أنسب الحيوانات البيئة الجافة ، فلقد استخدم فى مصر كحيوان مستأنس منذ ألقى سنة قبل الميلاد . وبالرغم من هذا لا يمكن أن يعيش الجمال بدون الماء كما هو الحال بالنسبة لبعض الثدييات الصغيرة الأخرى ، فالجربوع (فأر الصحراء) يمكن أن يعيش على الغذاء الجاف باستمرار دون مياه ، وحتى فان الفأر الأمريكى الذى يشبه الكنجار ويزداد وزنه فى ظل هذه الظروف

الجافة دون استعماله للمياه .

ويعتبر الإنسان إذا ما قورن بهذه الحيوانات أفقرهم من حيث استعداده للعيش في الأراضي الجافة ، إذ تتطلب أعضائه جسمه المياه بانتظام إذا كان عليها أن تستمر في أداء وظائفها . فلا بد للإنسان إذن أن يعيش بجوار المياه ، أو أن يحملها معه أو تحضر إليه حتى يمكنه أن يستفيد من هذه البيئة الصحراوية ويستغلها . وإذا ما قورن الإنسان بالجمال . فإن شرب الإنسان للمياه يعتبر قليلا أى حوالى لتر واحد من المياه كل مرة ($\frac{1}{2}$ جالون) . غير أن الإنسان يمكنه أن يقلل من درجة فقدان جسمه للمياه وذلك بأستخدامه الملابس الواقية من الحرارة وكذلك ببقائه في الظل وبالقليل من حركته ونشاطه . وعليه يعتبر أرتحال المرء في الصحراء أثناء الليل ، وحط رحاله في الظل أثناء النهار ، أمراً هاماً من الناحية الإقتصادية لمواجهة مشكلة النقص في المياه .

وتؤدي عملية العرق من جسم الإنسان إلى تجمع الأملاح على سطح الجلد ، والمذاق الملحي للعرق معروف جيداً لهؤلاء الذين اضطروا إلى تسلق حافة جبلية في المناطق الصحراوية أثناء أرتفاع درجة الحرارة ، أو لهؤلاء الذين حاولوا أنتزاع عربة قدر لسوء قيادتها أن تغرس في الرمال الناعمة في الصحراء . ومالم يعوض الجسم ما فقدته من أملاح كلوريد الصوديوم فإن التعب ينتابه كما تصاب بعد الأطراف بشد وتقلص في عضلاتها ، وتدرنجيا يصاب الجسم بأنهباء في الدورة الدموية . ويمكن تعويض ما يفقده الجسم من أملاح بتعاطي بعض أقراص الملح مثلما يفعل السائحون المرفهون إلى المناطق الصحراوية ، أو يمكن لعق الملح كما يفعل سكان هذه المناطق . ويعتبر هذا التعويض هاماً وضرورياً ، ويمكن الحصول على الملح في المناطق الصحراوية بسهولة وبخاصة المناطق الساحلية منها التي يعتبر الملح فيها سلعة تجارية ثمينة . أما استخدام المياه الجوفية المالحة ، فعادة ما يكون سىء التأثير إذ تسبب هذه المياه الاسهال الذي قد يؤدي إلى آثار جانبية غير صحية .

وإذا كان الإنسان لا يطعم في أن يتساوى في قدرة تحمله مع الجمل على العطش إلا أن هناك حصيلة من البيانات تشير إلى إمكانية تأقلمه مع ظروف البيئة الجافة . ويعتبر تأقلم الرجل الأبيض لظروف البيئة الجافة أنجح من تأقلمه لظروف البيئة المدارية المطيرة . وتشير هذه البيانات إلى أنه بعد أيام معدودة تطرأ تغيرات على نظام وعمل الغدد العرقية والغدد المخاطية . وتسير عملية التأقلم في خمس خطوات هي :

- (أ) نقصان معدل الإرتفاع في درجة حرارة الجسم .
- (ب) البطء في فقدان الجسم للدرجة الحرارة .
- (ج) زيادة حساسية عملية التنظيم الحرارى في الجسم .
- (د) التقليل من الاضطرابات الثانوية الناتجة عن التنظيم الحرارى في الجسم .
- (هـ) الزيادة في تحمل أرتفاع درجة حرارة الجسم أو النتائج الثانوية بسبب التنظيم الحرارى في الجسم . (١)

ويعتقد أن ساكن المناطق الصحراوية يمكن أن يتمتع بمقدرة تجعله يعمل للاضطرابات الناتجة عن نقص المياه في جسمه ، ويجذب بعض الدارسين وجهة النظر التى ترى أن هؤلاء الذين يتصفون بالقامة النحيفة الطويلة هم أنسب الناس للتغلب على أثر الحرارة . ولقد أبانت التجارب التى أجريت على القوات المسلحة للولايات المتحدة الأمريكية أنه ليس ضروريا أن تكون الخلايا الملونة الداكنة ذات ميزة في المناطق الجافة الحارة . فالسود والبيض بكامل ملابسهم مشاة أوجالسين ، لديهم درجة تحمل واحدة للظروف الجافة الحارة ، غير أنهم عندما يكونوا عراة معرضين لأشعة الشمس ، فإن البيض الذين لفحتهم أشعة الشمس يكونوا أكثر تحملا من السود . وبالطبع فإن الظروف البيئية لا تعطى الإجابة الكاملة على تحمل المرء للدرجة الحرارة والجفاف حيث أن الكيفية التى يتصرف بها الفرد والجماعة هى التى تعتبر غاية في الأهمية . فالبدو

(١) D. H. K. Lee, 'Applications of Human and Animal physiology and Ecology to Arid Zone Problems' (in) The Problems of the Arid Zone (1962) UNESCO XVIII, P. 217.

الرحل يفضلون يبتهم الصحراوية الجافة على الواحات التي يرتبطون بها تعايشيا من الناحية الاقتصادية والسياسية ؛ غير أن الكثيرين من الأوربيين قد أحبوا الصحراء (مثلما أحبوا المناطق القطبية) وأصبحوا عبر التاريخ على وفاق معها . ومن أمثال هؤلاء :

Passarge, Laurence Doughty, Philby, Glubb and Thesiger. (cf. F. Spenser Chapman's attitude to the hot humid zone in The Jungle is Neutral) .

وكما كتب الفيلد مارشال موفتجمرى حديثا : « إن الأشياء اللعينة الرئيسية في حياة الصحراء هي الذباب والرمال والعواصف الترابية . ولكن باستثناءها وجد جنوب الجيش الثامن الحياة في جملتها صحية وإن كانت غير مرفهة . وعلى الرغم من الحرارة الشديدة كان هناك نوع من الهواء جعل المناخ بهيجا ومنشطا . ونحن الذين عشنا وحرارنا من العلمين إلى تونس كنا غاية في النشاط وعلى درجة عالية من الروح المعنوية . فباستثناء بعض الأمراض الخاصة مثل القروح الصحراوية ، واضطرابات المعدة ومرض الصفرة — وهذا الأخير كان قاصرا على الضباط — لم تكن هناك إلا حالات مرض قليلة » (١) .
ولربما كان حقيقيا أن فرص انتقال المرض في المناطق الصحراوية الجافة بالتأكيد أقل منها في المناطق الرطبة الدفينة ، غير أن الملاريا تعتبر من الأمراض المتوطنة في بعض الواحات . كما كانت هناك مشاكل ازدياد الأمراض الناتجة عن جفاف الجلد مثل انقلاب جفنى العين Conjunctiva وجفاف الغشاء المخاطي Mucous membranes .

وعلى الرغم من ذلك فإن المرء لا يستطيع إلا أن يكون منضبطا في البيئة الصحراوية الجافة . حيث لم يكن يقدر لجنود الفرق الصحراوية أن يكونوا نشطين وعلى درجة عالية هي الروح المعنوية ، لو لم يقم المهندسون وسائقو عربات المياه بأداء واجهم بكفاءة عالية من أجل إمداد الجندي بتموينه اليومي من المياه (نصف جالون — ٢٣ لترا) ،

(١) Field Marshal Viscount Montgomery, 'The Battle of Alamein, Sunday Times Magazine (٢٤ September 1967), p. 25

ولو لم يتعلم الجنود الإقلال من شربهم للمياه رغم حرارة النهار . ويفقد الكثير من المياه في ظل ظروف ، الجفاف الحار بأستخدام وسائل التبريد البسيطة مثل وسيلة (تشاجول Chagul) المستخدمة في باكستان الغربية حيث تبرد المياه بواسطة التبخر عن طريق وضع قطع اللباد المبلل حول إناء المياه .

وبدون المياه يقع المرء تحت رحمة يئته فقد مات كل من Will's , Burke عطشا في استراليا الوسطى ؛ ويقال أن جماعة من البلو قد تمكنوا من العيش بشربهم محتوى معدة حيوان اضطروا لدبحه وهناك نوحدهمسون مقبرة عند Tinajas Altas على طريق الشيطان Camino del Diablo (Devil's Road) امتد على طول الحدود بين المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية ، الذى استعمله الباحثون عن المعادن أثناء حركة الاندفاع نحو كاليفورنيا في عام ١٨٤٩ ، حيث كانت المياه المحدودة في كميتها ، غير موجودة إلا في مكانين على طول شقة تبلغ ٢٤١ كيلو مترا (١٥٠ ميلا) بين Yuma . Sonoita (ولا يقدر على قذارة مياه الشرب من الحفر الصحراوية إلا ذلك الشخص شديد الظمأ) . ويتفاوت عدد الموتى من المرتحلين على الطريق بين المئات والآلاف ، ويعتقد أن أكثر من ٤٠٠ شخص قد لقوا حتفهم بين بلدتي سونويتا ويوما . وقد هلك العديد من المكسيكيين على الطريق إلى مناطق استكشاف الذهب في وادي الكلورادو قبل عام ١٨٦٠ مباشرة . أما في الصحراء الكبرى فهناك من القبطون إلى بلما ، طريق يخترق منطقة قاحلة ، إلا من بحر وحيد مياهها رديئة بالقرب من بلما . وعلى طول هذا الطريق أتت قوافل العبيد من Bornu إلى طرابلس حتى أوقف الفرنسيون والإيطاليون حركتها . وتقدر نسبة أعداد العبيد التى فقدت على طول مثل هذه الدروب المقفرة من المياه بحوالى ٨٠٪ ، غير أن تجار الرقيق كانوا يرجون من الـ ٢٠٪ الباقية منهم (أى من ٤٠٠,٠٠٠ عبد من العدد الكلى المقدر وهو ٢ مليون) . وفي عام ١٩٥١ فقدت قافلة من اللوريات التى تحمل أنابيب غاز الأيدروجين البالونات التى تستخدمها محطة الأرصاد الجوية في واحة الكفرة بالصحراء الليبية ، أعدادا كبيرة في الأرواح وإلى

الغرب من ذلك ضل أحد اللوريات طريقه من القطرون إلى زواره ونفذ تموينه من البترول . فانطلق أثنان من طاقمة على الأقدام بحثا عن الماء ، أما الثالث فقد وجد حيا بعد أربعة عشر يوما من البحث وكان تموينه من المياه اللازمة لجسمه معتمدا كلية على ما كان يحمله اللورى من الفواكة المعلبة .

وعلى الرغم من كل هذا فإن الحياة قد تأثرت في المناطق الجافة منذ آلاف السنين . فتعلم « بوشمن صحراء كلهارى » كيف يعثرون على المياه في ظل ظروف مستحيلة . ويقال أن امرأة عجوزا (في رواية مشكوك في صحتها) قد أبقت على حياتها وحياة رجلين معها وأربعة من الحمير لمدة أربعة عشر يوما ، وذلك بمص المياه من رمال صحراء كلهارى . وليس هناك من شك أن البوشمن قد اكتشفوا الطبقة الرطبة Sip Layer ، والتي كانوا يمتصون الماء منها بواسطة الغاب المجوف الذى يتخلل الرمال السطحية الجافة إلى تلك الطبقة الرطبة أسفلها . وكان مؤكدا ، في تكساس أن الراحل الجاهل كان عليه أن يتعلم أن هناك كحولا في نباتات الصبر ، وأنه إذا أحرقت أشواك نبات « الازيلريوم Yucca » ونبات التين الشوكى بواسطة قنديل الكيروسين ، فإن سيقان هذه النباتات تحتوى على قدر من المياه للأبقار التى يقتلها العطش^(١) ، غير أنه لا توجد صعاب في منطقة حاسى مسعود أو مناطق البترول المحيطة بها في الصحراء الجزائرية حيث توجد المياه على بعد تسعة أمتار فقط (٣٠ قدما) من سطح الأرض . ويتطلب قيام العمران في المناطق الشديدة الجفاف من النطاق الجاف الأمريكى ، كما يتطلب الاستغلال المعدنى ، والزراعة على الرى ، كميات ضخمة من المياه . وهذه المياه يجب أن تأتى في معظمها من الخزانات الأرضية ، إذ لا توجد هناك مياه سطحية . كافية إلا حيث تغسل مياه البحر الشواطئ الصحراوية . ويمكن لمياه البحر أن تحل بوسائل اقتصادية مناسبة من أجل استهلاك الإنسان والحيوان ومن أجل استخدامها في الأغراض الصناعية .

(١) A. Cooke 'The Taras Drought', The Guardian (7 August 1953)

الفصل الخامس

مصادر المياه في الأراضي الجافة

مشاكل الملوحة

مصادر المياه فى المناطق الجافة

تعتبر المياه أنفـس المـوارد الطـبيعية فى المناطق الجافة ، حيث تتحكم فى وجود وتوزيع وكثافة كل من النبات والحيوان والإنسان . ولما كانت المياه شحيحة أو معدومة على سطح الأرضى الجافة فى أنحاء العالم ، فإنها تميز بوضوح مظهر المناطق الجافة عن مظهر المناطق المطيرة المتاخمة لها . ولكى يمكن استغلال المناطق الجافة فى الرعى وفى الزراعة المستقرة ، وفى التجارة ، وفى الاستفادة بالموارد المعدنية ، وفى إنشاء المراكز العمرانية ، ينبغى توفر المياه بكميات يعتمد عليها ، وتكون ذات خصائص نوعية بقيام نشاط إقتصادى مختار . وإذا ما استبعدت البحار الداخلية والمحيطات لم يبق فى المناطق الجافة غير موردين مائين رئيسين . فهناك أولا المياه الجوفية (الباطنية ، الأرضية) التى تعتبر مصدرا متناقصا فى بعض المناطق الجافة ؛ ثم هناك ثانيا الأنهار الدائمة التى تستمد مياهها ذات الكميات الكافية من مناطق مطيرة ، أو من جزر رطوبة فى المناطق الجافة ، بحيث تمكن هذه الأنهار من الجريان على سطح الأرض فى ظل ظروف تجعل البخر عنيفا . وإذا أمكن الحصول على المياه من الينابيع أو بضخها إلى سطح الأرض ، فإنه يجب الحفاظ عليها من عمليات البخر حتى يحين وقت استعمالها . وعندما تكون المياه الباطنية وفيرة من حيث كميتها ، ومناسبة من حيث نوعيتها ، أو حينما يمكن السيطرة على مياه الأنهار الدائمة الجريان ، تكون الآمال فى ازدهار المناطق الصحراوية غير محدودة ، ويمكن أن يسهم الثلث الجاف لإسهامة حيوية وهامة بما يحتاج إليه العالم من حبوب وفواكهه ولحوم وزيتون وخضروات وألياف وأخشاب . ويفتح تقطير مياه البحر بتكاليف معقولة الصحارى الساحلية التى تنصف بقرها من شرايين المواصلات المحيطية ، كما يمكن أن تعطى مصائد الأسماك المحلية لهذه المناطق الصحراوية الساحلية ميزة على قريناتها من الصحراء الداخلية . وإنه لضرورى ، من ثم ، أن نسبر الأغوار بحثا عن موارد المياه فى المناطق الصحراوية الجافة قبل النظر فى استعمالها .

وتحت تأثير عامل الجاذبية ، تسرب غالبية مياه الأمطار رأسياً خلال المواد المرسبة وخلال الصخور ، ولكن هناك بالإضافة إلى ذلك اتجاهان آخران لحركة المياه بدونها تقل كمية المياه الباطنية التي تظهر على سطح الأرض في المناطق الجافة بدرجة كبيرة . ويمكن للمياه الجوفية تحت تأثير الضغط أن تتحرك علوياً من خزانات سفلية خزانات أعلى منها ، كما يمكن أن تتحرك جانباً في ثنايا الخزان الأرضي الواحد على هدى إنحدار يحدده على وجه التقريب ميل الطبقة الصخرية الخازنة للمياه إذا كانت هذه الطبقة من الصخور الرسوبية . غير أن الأمطار الساقطة على سطح الأرض لا تحفظ كلها جوفياً ، ففي صحراء كلهارى قلرت نسبة ما يضاف إلى المياه الجوفية مما يسقط على المنطقة سنوياً من أمطار بموالى ٤ - ٥ ٪ ، وهذا يعنى أن الكمية السنوية المتسربة أرضياً هي ١ ملليمتر ($\frac{1}{1000}$ بوصة) . وحتى في ظروف سقوط الأمطار الانهمارية ، يكون أثرها على إمداد المياه الجوفية بأنة زيادة في بادئ الأمر قليلاً ، إذ تبدأ حركة المياه المنهمرة في صورة سيول قبل أن يتشبع السطح الرملى الجاف . ولقد لوحظ أن منسوب المياه في الآبار يظل ثانياً حتى تغمر الأرض بالمياه ، وبعدها فقط يبدأ هذا المنسوب في الارتفاع . وفي الأجزاء الجافة من تنجانيقا ، والتي يرتفع بها متوسط البحر إلى ٨٥ ٪ ، لا تصل نسبة الكمية المتسربة في الصخر إلا إلى ١٠ ٪ فقط ، في حين أنه في تونس التي يسقط عليها ما يقدر بموالى ٣٢٥ مليار متر مكعب من مياه الأمطار ، لا يتسرب من هذه الكمية أرضياً سوى ما نسبته $\frac{1}{10}$. وإذا ما استثنينا الحركة الرأسية العلوية للمياه بعامل الحرارة الباطنية ، فإن مثل هذه الحركة من خزاناتها الأرضية لابد وأن تكون نتيجة الظروف الارتوازية كما هو الحال في الأحواض الارتوازية في قارة استراليا وفي شمال أفريقيا ، أو نتيجة الضغط المحلى الذى أدى بالمياه إلى الاندفاع على طول خطوط الصدوع أو على طول الشقوق الصخرية . وتتضح الحركة الجانبية للمياه الجوفية على طول ميل الطبقة الحاملة للمياه في واحات مصر حيث تنساب المياه بانحدار تقدر نسبته بـ ١ : ٢٠٠٠ . وعادة ما ترتبط هذه الخاصية بالحجر الرملى النوبى Nubian Sandstone وإن كانت غير مقصورة عليه . وتنبثق المياه الجوفية من الخزان الصخرى

إذا ما تعرضت لضغط مائى كاف حيثما تتقطع الأرض بفعل عوامل التعرية وحيثما تصيبها التقلقات التكتونية بدرجة تجعل الطبقة الصخرية المغطيه للمياه الجوفية سهلة الإزالة بفعل ضغط المياه الجوفية . وإنما لحركة المياه الجوفية الجانبية فى الخزان الصخرى التى تكون مسؤولة عن إمداد الأرضى الجافة بالمياه ، وإن كان طبيعيا أن هذه المياه قد تحتاج فى بعض الأحيان إلى عملية الضخ لتصل إلى منسوب سطح الأرض .

وعلى الرغم من أن الحجر الرملى يعتبر بصفة عامة أحسن الخزانات الصخرية للمياه الجوفية إذ تصل نسبة الفراغات به إلى ٤٠ ٪ ، تشير المشاهدات إلى أن الحجر الجيرى الذى لا تصل فيه نسبة الفراغات إلا إلى ١٠ ٪ ، يعتبر أحسن الخزانات للمياه الجوفية ، وذلك بسبب وجود نظام من الفوالق المتقاطعه ، بهذا النوع من الصخور . ومن ثم تعتبر أحسن خزانات الحجر الرملى للمياه الجوفية تلك التى تتصف بوضوح نظام الشقوق والفوالق بها . ويتسع نظام الفوالق فى الحجر الجيرى بدرجة كبيرة أثناء الفترات المطيرة ، كما هو واضح فى منطقة برقة فى الظاهرات الكارستية المتمثلة فى المناطق الساحلية للبحر المتوسط ، ويعطى هذا النظام من الفوالق المتسعة نسيجا ممتازا من خزانات المياه الجوفية المتصلة . ويجب أن تحتجز المياه فى هذه الطبقات الصخرية الحاملة للمياه من الحجر الجيرى علوها وسفليا بين تكوينات صخرية عديمه النفاذية نسبيا . فيقوم الحجر الطباشيرى بما يحويه من نسبة عالية من المارل بلور الصخر الحاجر فى منطقة شمال أفريقيا والشرق الأوسط . كما تقوم طبقة الطباشير والصلصال التى تبلغ فى سمكها ٩١٤ مترا (٣٠٠٠ قدما) بلور الطبقة الحاجزة التى تعلو الصخر الحامل للمياه والمعروف بأسم « رمل داكوتا الكريتاسى » *Gretaceous Dakota Sandstone* والذى يعتبر أحد الخزانات الصخرية العظمى للمياه الجوفية فى الولايات المتحدة الأمريكية . كما يمكن أن تعمل الصخور النارية وبخاصة تلك التى توجد فى صورة غطاءات صخرية كحافظ تلك الخزانات الصخرية فى بعض المناطق من القارة الاسترالية ، أما فى صحراء وسط استراليا فتغطى تكوينات الصلصال الكريتاسى الخزانات الصخرية الرملية التى تنتمى إلى عصرى الجوراسى والكريتاسى .

وتعتبر تلك الخزانات الصخرية الرملية من أشهر مصادر المياه الارتوازية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وجنوب إفريقيا وكذلك استراليا . وتكون حركة المياه خلال تلك التكوينات الرملية أبطأ من التدفق السريع للمياه في الكهوف والقنوات والأنفاق الكارستية القديمة ، غير أن ما تعطيه من مياه يكون كبيراً إذ تتراوح كمياتها ما بين ٨٠٠ — ١٠٠٠ متراً مكعباً في الساعة . وقد توجد مثل هذه الخزانات الصخرية على أعماق كبيرة من سطح الأرض كما هو الحال في الصحراء الإفريقية ، إذ تمثلها تكوينات الحجر الرملي النوى التي تنتمي إلى الميزوزوى الأسفل (الزمن الجيولوجي الثاني الأسفل) والتي تغذى بمياهها الواحات مثل الواحة الداخلة في الصحراء المصرية . وهنا تعلق تكوينات الصلصال الخزان الصخري الرملي الذي يستلزم الوصول إليه لإخترق تكوينات يتراوح سمكها ما بين ٣٠ — ٩١ متراً (١٠٠ — ٣٠٠ قدماً) ، وذلك حسب الظروف المكانية لكل بحر . أما في واحة الفرافرة التي تقع إلى الشمال الغربي من الداخلة ، فإن ميل الطبقات الرملية يكون أقل من أنحدار مستوى الماء الباطني ، وعليه فإن المياه الجوفية تتسرب خلال تكوينات الجير والمارل التي توجد أسفلها . وتقابل طبقة الحجر الرملي الرقيقة والمعروفة بأسم (رمل داكوتا الكريتاسي) والتي يصل سمكها إلى ٩١ متراً (٣٠٠ قدماً) والتي تعتبر خزاناً أساسياً للمياه الجوفية في قارة أمريكا الشمالية ، مجموعة التكوينات الجوراسية / الكريتاسية في شرق القارة الاسترالية .

وتتضمن الأحواض الارتوازية الرئيسية ، والتي يعتبر الخزان الصخري الرملي مصدر المخزن من المياه الجوفية بها ، أحواضاً من تكوينات صخرية رسوبية على نطاق شبه قاري تشغل الأجزاء المقمرة من القاعدة القارية والكتل الصلبة القديمة لقارة جندوانا . وتحاط مثل هذه الأحواض الارتوازية بمناطق صخرية قافزة . ومن شأن هذا النظام أن يزيد في ميل الطبقات الصخرية صوب أواسط تلك الأحواض . وخير مثل على ذلك ، نظام الكويستا الذي يحيط بالكتلة الصلبة القديمة للصحراء الكبرى الإفريقية ، حيث تنبثق المياه الجوفية في صورة شبه ارتوازية من ينابيع على هوامش واجهات الكويستات .

وأحيانا ما يؤدي أنيثاق هذه المياه إلى وجود الواحات الصغيرة . وتنتمي واحة الداخلة وكذلك الواحة الخارجة إلى الشرق منها إلى هذا النمط . وتشغل الأحواض الارتوازية في قارة استراليا أكثر من ثلث مساحتها . فيمتد الحوض الاسترالي العظيم مسافة ١٩٣٠ كيلو مترا (١٢٠٠ ميلا) من الشمال إلى الجنوب ومسافة ١٤٤٨ كيلو مترا (١٠٠ ميلا) من الشرق إلى الغرب . وتوجد منطقة الامتصاص السطحية Catchment Area إلى الشرق من الخزان الأرضي على طول نمط تقسيم المياه المعروف بأسم المقسم العظيم « Great Divide » . وتظهر المياه في الغرب على سطح الأرض في بحيرة آيرى Lake Eyre ، مكونة تلال تشبه الفوهات البركانية بالقرب من كوارز سبرينجز Cōward Springs . ويغطي هذا الحوض الارتوازي العظيم مساحة تقدر بحوالى ١٥٥٤٠٠٠ كيلو مترا مربعا (٦٠٠٠٠٠ ميلا مربعا) ، ولوجود هذا الحوض الارتوازي أهمية حساسة وبالعلة في استغلال المناطق الجافة في كل من كوينزلاند ، نيوسوث ويلز وجنوب أستراليا .

وبالمقارنة ، لم تظهر الكتل القارية البللورية القديمة ، لحسن الحظ ، على سطح الأرض إلا في مساحات صغيرة وأقل إمتدادا من غطائها الإرسائي ، وتعتبر هي الأخرى مصدر محليا وليس إقليمي للمياه الجوفية . فهنا توجد المياه الجوفية في الصخور ذات الشقوق والفواصل الواضحة ، أو صخور المناطق الصحراوية الجافة التي لا تزال تحمل آثار عمليات التحلل الكيميائي في صورة حطام صخري ، وعادة ما يكون العطاء المائي لمثل هذه الصخور قليلا (١ - ٤ م ساعة) ، كما لا يوجد مستوى ماء أرضي متصل ، حيث يمكن الحصول على المياه الجوفية من آبار مستقلة تستمد مياهها من انسكاب ما هو محجوز منها في نظام الفواصل الصخرية . ونادرا ما تظهر هذه المياه الجوفية على سطح الأرض في صورة ينابيع . ويعتبر هذا النمط للمياه الجوفية النمط الرئيسى في مناطق كثيرة من جمهورية السودان ، والأجزاء الجافة من إفريقيا الشرقية ، وأجزاء من شبه الجزيرة الهندية ، حيث حفر آبار ضحلة في الصخر الصلب فأعطت اقفر الاحتمالات للمياه الجوفية في المناطق الجافة . أما المناطق البركانية فإنها تعطي احتمالات

أفضل وإن كانت تتوقف كميات المياه الجوفية التي يمكن الحصول عليها على طبيعة غطاءات الالفا ، كما أن أكتشاف مناطق المياه الجوفية يعتمد في العادة على الصدفة والحظ أكثر من اعتماده على الدراسة . وتكون أحسن النتائج في البحث عن المياه الجوفية في مناطق الصخور النارية عندما تنتشر الفوالق ، وعندما تكثر الشقوق الصدعية ، وعندما توجد بعض التوفا البركانية (الرماد البركاني) على هيئة طبقة حاملة للمياه بين التكوينات الصخرية ، وكذلك عندما تكون الطبقات اللافيه المسامية مركزة على طبقة صخرية أقل مسامية من الصخور الرسوبية أو حتى على طبقة لافية أخرى أقل مسامية . وفي أحسن الظروف ، يمكن الحصول على عطاء جيد من المياه الجوفية كما الحال في اليمن ، حيث ترتكز حافة صدعية من تكوينات الطفوح البركانية على قاعدة من الصخور الرسوبية . غير أنه غالبا ما تكون هناك بعض التعقيدات بسبب وجود السدود البركانية الرأسية dykes التي تقسم الطبقات اللافيه إلى أقسام قد يكون بعضها جافا وبعضها الآخر المجاور غنيا بمياهه .

ولقد اعتمد استغلال الخزانات الصخرية الإرسائية الإقليمية وخزانات الصخور النارية البللورية المحلية ، في الفترات السابقة ، بدرجة كبيرة ، على الظروف البنيوية |المواتية (الملائمة) ، كما هو الحال في المواقع الاتزانة وشبه الاتزانة ، أو حيث أدت درجة التقطع والتصدع إلى وضع طبوغرافى يتقاطع فيه سطح الأرض مع مستوى المياه الأرضى . كما كان ظهور المياه الأرضية مركزا في أماكن معينة وكان استغلالها في صورة حفرات مائية متناثرة وعلى هيئة واحات مبعثة . غير أن الواحات أحيانا ما ترتب في نسق خطى عندما تنبثق المياه عند قاعدة حافة صدعية أو حافة بركانية ، أو حتى على طول خط صدعى لا ينعكس تضاريسيا على سطح الأرض بصورة واضحة ، إلا أنها غالبا ما تكون مرتبة ترتيبا عشوائيا . وعليه فإن الحياة النباتية الطبيعية ومراكز الرعى والمناطق المنزرعة وتوزيع السكان تنقصها صفة الاتصال — ويتطلب التوصيل إلى الخزانات المائية الأرضية أدوات حفر دقيقة لم تتوفر أثناء الحضارات البشرية القديمة .

فكان طبيعياً أن تستغل طلائع الزراع الأوربيين الأراضي الجافة مسترشدين في العثور على المياه الأرضية بأمكان النباتات الطبيعية ، وكانت هذه الأماكن عبارة عن فتات صخرى غير متماسك يمكن الحفر فيه بآلات يدوية بسيطة . وتتوافق هذه المناطق بصفة عامة مع أشكال الإرسابات التي أشرنا إليها في الفصل الثالث من هذا الكتاب ، أى الإرسابات الممتلئة في الفتات الصخرى الذى يملأ أحواض ما بين السلاسل الجبلية ، وإرسابات قيعان الأودية ، وكذلك المراوح الإرسابية من صخور البدمنت أى منحدر البجادا ، وتكوينات السهول الفيضية والدلتاوات . وهذه هى الإرسابات الحصوية والغرينية والصلصالية التى ترجع إلى أواخر الزمن الجيولوجى الثالث وأثناء الزمن الجيولوجى الرابع . ولقد تماسكت أجزاء من هذه الرواسب وتحولت إلى صخور رملية على درجة كبيرة من المسامية بصورة عامة . وتعمل الصخور الصلبة غير المسامية وبعض العدسات الصخرية غير المسامية التى توجد أسفلها عمل المصائد المائية : وعادة ما يكون عطاء هذه الخزانات الأرضية من المياه قليلا وليس بكميات كبيرة كما هو الحال فى خزانات المياه الارتوازية وشبه الارتوازية ، غير أن هناك حالتان يمكن أن تزيد فيها كمية العطاء المائى وكمية المياه المحفوظة .

ففى مظهر تضاريسى إرسابى ، كما هو الحال فى السهول العليا فى قارة أمريكا الشمالية ، حيث حدثت عملية الإرساب المائى على نطاق إقليمى كبير ، هناك أمثلة عديدة من القباب الصخرية والمناطق الجبلية المدفونة تحت إرسابات صخرية غير متماسكة . وتقوم مثل هذه المناطق الجبلية المدفونة بدور المصائد التى تعترض حركة المياه الجوفية . ويمكن لها أيضا أن تعطى ظروفا مائية أرتوازية وشبه إرتوازية . وربما تتصل مثل هذه الظواهرات الجبلية جغرافيا وتطوريا (وراثيا وأصوليا) بالظروف المناخية شبه الجافة أو ظروف الاستبس أكثر من صلتها بالظروف المناخية الصحراوية الحارة . وتشتمل سهول البمبا العليا High Pampas بالأرجنتين ، وكذلك الوحدة التكتونية العظمى فى حوض الكنج والسند ، والأراضى المنخفضة للدجلة والفرات فى أراضى ما

بين النهرين ، على أمثلة من هذا النمط التضاريسى المدفون . وغالبا ما تتكون مصاعد المياه الأرضية فى المواد الإرسائية المتماسكة فى المناطق التى تعرضت للنشاط البركانى بواسطة السدود الرأسية التى تحجز خلفها المياه فتتجمع ويمكن أن تنسكب فوق مساحة (شقة) عريضة من سطح الأرض . ولقد وجدت أحسن مصائد السدود الرأسية فى المناطق التى كانت فيها السدود البركانية أكثر مقاومة من الصخور المحيطة بها ، وبالتالى وقفت كمظهر تضاريسى أكثر ارتفاعا من الأرض التى حولها قبل أن تبدأ فترة الإرساب النهري فى تلك المنطقة . وكلما كانت محاور هذه السدود البركانية أكثر انتظاما وأقل تقطعا ، كلما كانت أكثر فاعلية فى تصيد وحجز المياه الأرضية . غير أن السدود البركانية ليست دائما فى صورة محددة ، فيمكن أن توجد بصورة متشعبة إشعاعية من رقبة بركانية ، أو توجد على شكل خلايا متكدة . وفى ظل ظروف كهذه توجد خزانات المياه الجوفية بصورة منفصلة يختلف كل منها عن الآخر فى كمية عطائه من المياه الجوفية وتوجد أمثلة كثيرة على هذا النمط فى جنوب أفريقيا .

كما وتعطى الأحواض الجبلية التى ترجع إلى نظام السلاسل الجبلية فى الزمن الجيولوجى الثالث فى العالمين القديم والجديد والممتلئة بالارسابات الصخرية ، أمثل الظروف لتجمع المياه الأرضية وبخاصة عندما توجد المصائد البنيوية Structural Traps . فتحتوى المنطقة التى تتمثل فيما نظام الخوض والجبل فى الولايات المتحدة الأمريكية على كتل انكسارية وأودية أخلودية مليئة بالرمال والحصى فوق تكوينات الكاليش التى تقوم بدور الحافظ للمياه ، كما يؤدى وجودها إلى جعل الرواسب التى تعلوها مهما كان سمكها رقيقا قادرة على خزن المياه إلا إذا تعرضت هذه الرواسب للإزالة نتيجة نشاط عمليات النحت بواسطة الأنهار الآتية من المناطق الجبلية بغية الوصول إلى مستوى الأنهار الرئيسية أو الوصول إلى مستوى بحيرة المنخفض Playa . كما وتظهر تعقيدات أخرى نتيجة الصفة الإرسائية (الاستراتيجية) للرواسب التى يمكن أن تكون بصورة طباقية منتظمة مع تدرج فى نوعية الرواسب من حصى خشن

على الهوامش إلى رمال وصلصال في وسط المنخفض . وكثيراً ما توجد هناك ، على الرغم من ذلك ، صفة التداخل الإصبعي بين التكوينات المسامية وغير المسامية مؤدية إلى وجود المياه الجوفية في صورة عدسية تعرف بأسم Perched Water Tables تتصف بأنها محددة وغير متصلة ؛ كما تؤدي إلى تداخلات معقدة بين الخزانات الصخرية . وعليه فتباين مناسيب المياه الأرضية في الآبار تبايناً كبيراً في الموقع الواحد ، وتوجد صوب أواسط المنخفضات كثير من الآبار غير المنتجة التي كلفت عمليات حفرها كثيراً ولكن عائدها المائي كان ضئيلاً . وإعادة تشيع هذه الخزانات الأرضية لا يكون عن طريق ما يسقط على منطقة المنخفض من أمطار بل مما يسقط على المناطق الجبلية المحيطة به ، وتمثل المناطق الإرسائية المروحية لمنحدر البيدمنت المناطق التي يمكن الحصول فيها على كميات مياه مفيدة .

وعلى سبيل المثال ، هناك ظروف مشابهة ، إلى حد ما ، لتلك الظروف ممثلة في حوض تسيدام Tsaidam Basin ، على هوامش كل من الصحارى الحارة والصحارى الباردة إلى الجنوب الشرق من لوب نور Lop Nor في صحراء تكلاما كان Takla Makan في آسيا الوسطى . فهذا الحوض عبارة عن منخفض تكتوني في بطن ثنية مقعرة ردم بإرسابات ترجع للزمنين الثالث والرابع . وعليه فإنه يبدو الآن في صورة سهل ممتد تعلو سطحه الإرسائي جزر تلالية لم تغط أعاليها بالرواسب وبخاصة ذلك القسم المرتفع الذي يقع في الشمال الغربي والذي يتراوح منسوبه ما بين ٢٨٠٠ — ٣٠٠٠ متراً (٩٠٠٠ — ١٠٠٠٠ قدماً) فوق سطح البحر . أما القسم الأوسط الأقل ارتفاعاً والذي يتراوح منسوبه من ٢٦٠٠ إلى ٢٨٠٠ متراً (٨٥٠٠ — ٩٠٠٠ قدماً) فهو في معظمه منطقة سهلية مستوية السطح ومتكونا من إرسابات نهريّة (تحتوي على كميات كبيرة من المواد القلوية) ورمال متحركة من أصل بحيري ودلتاوي . وهناك إلى الجنوب والشرق من هذا السهل الأوسط هناك مظهر تضاريسي مختلف وأكثر تعقيداً كونه الأنهار المؤقتة المنصرفة من جبال كوين لون Konen - Lun ، في الشرق . ويؤدي هذا

التعقيد في الصورة التضاريسية إلى وجود نسق أرسالي معقد يزيد من صعوبات التوصل إلى موارد المياه الجوفية إذا ما قورن بالأجزاء المرتفعة التي تقع إلى شمال وإلى الغرب .

ويمكن للرواسب في السهول الساحلية أن تكون مصادر عامة للمياه الجوفية ، غير أنها كما هو الحال في الأحواض الصحراوية غالباً ما يكون ترتيب وتنظيم الخزانات الصخرية بها على درجة كبيرة من التعقيد . فقد كانت السهول الساحلية في الأراضي الجافة متأثرة بدرجة كبيرة بذبذبات منسوب البحر في الزمن الجيولوجي الرابع بدرجة جعلت الإرسابات البحرية والإرسابات الأرضية قريبة من الخزانات الصخرية التي توجد على مناسيب مختلفة والتي تختلف في كمية عطائها من المياه الجوفية . وتتطلب استراتيجية هذه الأراضي الساحلية فحصاً دقيقاً أثبت استخدام وسائل المقاومة الكهربائية قيمته وأهميته ، كما ينبغي الشرح الدقيق لهذه الاستراتيجية إذا ما أريد الحصول على كميات من المياه الأرضية يمكن استخدامها اقتصادياً . ولقد تمكن التوصل إلى نتائج جيدة ، على الرغم من ذلك ، في السهول الفلسطينية التي تعطى كميات من المياه الأرضية تقدر بحوالى ١٠٠ متر مكعب / ساعة من المياه لأغراض الري .

ولكى يكون الاستغلال الكثيف للمياه الأرضية ممكناً ، ينبغي تحديد إمكانية وجودها والحصول عليها ، كما ينبغي تحديد قدرة هذه الموارد المائية على الاستمرار والثبات . فلم يعد الأمر هو العثور على المياه من أجل سد حاجة منزلية ، بل أصبحت طبيعة المشكلة متصلة بكمية هذه المياه من ناحية والفترة التي يمكن أن تستمرها من ناحية أخرى ، في ظل ظروف معدلات السحب التي يتطلبها نشاط إقتصادي معين . فعادة لا توجد هناك أية مشاكل في المناطق المطورة حيث تستمر مياه الأمطار في إعادة ملء الخزانات الأرضية ، وذلك باستثناء بعض المناطق التي تفوق متطلبات المصانع الحديثة معدل إعادة التشبع لتلك الخزانات الأرضية . وعليه فإنه يمكن أن تعود تلك الخزانات الصخرية إلى حالة التشبع مرة ثانية إذا ما توقفت عملية السحب منها لفترة

ما . أما في المناطق الجافة التي تكون بها كمية الأمطار قليلة ومعدلات البحر مرتفعة فلا تكون هناك غير زيادة طفيفة في رصيد المياه الجوفية في بعض الحالات الاستثنائية ، غير أن هذا الرصيد سريعاً ما يتناقص . وفي الحقيقة فإن استخدام المياه الجوفية في الأراضي الجافة يقوم على الرصيد المائي الذي حفظ أثناء الفترات المطيرة من عصر البليستوسين ، وعليه فإن المياه التي تستخدم للري وسقى الحيوانات والتي يستعملها الإنسان تعتبر مياهاً حفرية Fossil Water . ولقد أتضح استنزاف المياه الجوفية في نقص عطاء الآبار وانخفاض مستوى الماء الأرضي مما أدى إلى حفر آبار أعمق للوصول إلى الطبقات بالمياه الجوفية . وغالباً ما يكون استنزاف المياه الجوفية (استخدام الآبار فوق طاقتها) نتيجة لعدم الفهم السليم لحالة المياه الأرضية ، ويرجع عدم الفهم هذا إلى عدم الإلمام بالمعرفة الخاصة بالمياه الأرضية أو قد يرجع إلى أن استخدام المياه الأرضية قد قام على نشاط أقتصادي غير منظم أو موجه حسب الحاجة وحسب استخدام الوسائل التكنولوجية السليمة في استخدام هذه الموارد المائية . وعليه فهناك أمران على درجة كبيرة من الأهمية في المناطق الجافة يتمثلان في تقدير رصيد المياه الجوفية وهذا يتطلب تعاوناً دولياً بسبب الأمتداد الكبير للخزانات ، ثم في معرفة إمكانية إعادة تشبع خزانات المياه الأرضية . ولضبط موارد المياه الأرضية ينبغي للفاقد من هذه المياه أن يتحدد بإيجاد سجلات لكميات المياه المستخدمة . فهناك على سبيل المثال ازدياد معدل السحب من المياه الجوفية الموجودة في التسع أحواض المثلة في نهر جيلا Gila River وروافده في صحراء أريزونا من سنة إلى أخرى ، أي من حوالي ١١٢٢٠٠٠/١١٢٢٠٠٠ متر مكعب (٩٠٠,٠٠٠ فدان / قدم) (١) إلى ٣٩١٩,٩٩٩,٤٤٠ متر مكعب (٣١٨٧,٠٠٠ فدان / قدم) في عام ١٩٥٠ . ولقد قدر معدل المياه المسحوبة بأنه يفوق كمية المياه المعوضة سنوياً بحوالي ٣٠ مرة على الأقل . وتعد مشاكل تقدير المياه المسحوبة في واحات الصحراء الأفريقية والصحراء الليبية وصحراء شبه الجزيرة العربية مشاكل ضخمة

(١) واحد. فدان / قدم - ١٢٣,٣٤٨ م^٢ أي كمية المياه اللازمة لتغطية فدان الأرض بمقدار قدم واحد = ٢٧٢,٥٠٠ جالون .

وجسيمة ، غير أنه من الضروري معرفة رصيد مصادر المياه الجوفية قبل البدء في محاولات تطوير هذه المناطق . ولقد عرف الكثير عن معدل إعادة تشبع خزانات المياه الأرضية لكثير من المناطق الصحراوية أكثر مما عرف عن معدلات السحب من تلك الخزانات .

والآن وقد أدت مشكلة إعادة التشبع إلى استخدام أساليب مختلفة متصلة باستكشاف واستعمال أنسب الظروف التضاريسية والإستراتيجية والمائية . فينبغى أن تحول مياه الفيضانات إلى الأرض التى تتصف بأن صخورها على درجة كبيرة من النفاذية ، كما ينبغى أن تمنع من المرور على سطح أرض تساب منه عمليات البحر جانباً كبيراً من المياه . ومن أجل هذا الغرض أقيمت بعض السدود بالقرب من رؤوس المراوح الأرسائية لكى تساعد المياه على التسرب بسرعة فى الإرسابات الأخشن عند حضيض التلال . وقد أقيمت فى الولايات المتحدة الأمريكية خزانات حجز لتمسك مياه الفيضانات من أجل الإسراع فى عملية التسرب كما هو الحال فى منطقة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا .

وإنه لمن حسن الحظ أن بعض الخزانات الصخرية التى يعتمد عليها استثمار قطاعات كبيرة من الأراضى الجافة تقوم الأمطار الفصلية التى تسقط على المناطق الجبلية المتاخمة لها بإعادة تشبعها بالمياه . ففي الجزائر تشبع الآبار الارتوازية التى يعتمد عليها استغلال حقول البترول الجزائرية بما يسقط على جبال الأطلس من أمطار وبما يذوب من ثلوج ، كما تقوم المياه الذائبة من الثلوج من الجبال المحيطة بحوض تسايديم Tsaidem Basin فى آسيا الوسطى ، تشبع الرمال والتكوينات الحصوية ، وينعكس هذا على الحياة النباتية الغنية فى تلك المنطقة . وعندما تكون عملية التشبع طبيعية وعادية ، فإن المشكلة غالباً ما تكون متصلة بعملية التسرب الأرضى للمياه . وفى هذا الخصوص تعتبر الشطوط الجزائرية والتونسية أوضح الأمثلة على ذلك . ففي هذا الشطوط تنشط عمليات البحر من الخزانات الصخرية المعروفة بأسم تورانى Turonian

والتي تفقد منها آلاف الملايين من جالونات المياه سنوياً ، والتي تترسب فيها كميات هائلة من الإرسابات الملحية .

مشاكل الملوحة :

لا شك أن المياه المتسربة خلال صخور القشرة الأرضية تحمل معها بعض المعادن المذابة . وعندما تظهر هذه المياه على سطح الأرض في صورة ينابيع أو تضخ من الآبار فإنها غالباً ما تكون مشبعة بهذه المعادن . وهناك نسبة معينة من هذه الأملاح يمكن تحمل وجودها في المياه سواء أكان هذا بالنسبة للنباتات أو الحيوانات أو الإنسان .

وبخصوص الاستعمال البشرى فإن « المياه الحلوة Sweet water » كما توصف في الصحارى المصرية والليبية هي التي يحتاجها الإنسان وذلك على النقيض في المياه الغدقة أو الملحة التي تحتوى على نسبة كبيرة من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) وأملاح أخرى ذائبة . ويمكن شرب المياه التي تصل فيها نسبة الأملاح الذائبة إلى ٣ آلاف جزء في المليون من ملح الطعام بانتظام في ظل المناخ الجاف دون أية آثار مرضية ، ولكن إذا زادت هذه النسبة إلى خمسة آلاف جزء في المليون فإنه لا يمكن احتماؤها إلا لمدد قصيرة . أما إذا وجدت أملاح أخرى غير ملح الطعام فإن نسبة الأملاح الذائبة المسموح بوجودها ينبغي أن تكون عندئذ أقل بكثير . فتحوى المياه في واحة جالو Jalo التي تقع في صحراء شمال ليبيا على (٧٤) من الـ pH ، وتعتبر درجة عسرها مرتفعة حيث تصل إلى ١٣.٢ (وهذا معناه أن درجة العسر هذه لا يمكن التخلص منها بعملية الغليان) وتصل نسبة الأملاح الذائبة إلى ٣٨٨٠ جزء من المليون ، وهذه نسبة أعلى مما ينصح به طبياً وخاصة عندما توجد أملاح سلفات المغنسيوم وسلفات الكالسيوم وكلوريد الكالسيوم بكميات كما يبينها الجدول الآتى :

نسبة الأملاح الذائبة في واحة جالو (جزء في المليون)	
٢٣٦	الكالسيوم
١٣٢	المغنسيوم
٢٣	البوتاسيوم
٨٣٤	الصوديوم
١٥٦٠	الكلوريد
٩٠٧	السلفات
٢٨٨٢	

ويمكن لغير المقيمين والقادرين (المقتدرين) الحصول على المياه الحلوة من بوتافال Botafal التي تبعد حوالى ٤٠ كيلو مترا (٢٥ ميلا) من واحة الكفرا . أما سكان الواحة فليس أمامهم إلا أن يشربوا من مياهها التي أحيانا ما تكون ملوثة بالمخلفات العضوية الحيوانية . أو أن يأتوا بالمياه الحلوة من تلك الآبار التي تبعد عنهم بحوالى $\frac{3}{4}$ ميلا والتي لم تلوثها الحيوانات . وبعد فترات المطر ،

ويمكن في المناطق ذات المياه الملحة ، الحصول على مياه شرب جيدة تتراوح فيها نسبة الأملاح ما بين ٢٠ و ٢٠٠٠ جزء في المليون حيث لا تتمزج مياه الأمطار المتسربة بالمياه المالحة مباشرة ، عبر أن كمية هذه المياه تكون قليلة ويكون توزيعها غير منتظم حتى في مسافات قد لا تصل إلى ١٠٠ باردة .

أما بخصوص الحيوانات المستأنسة فيمكن أن تكون كمية كلوريد الصوديوم الذائبة أعلى طالما لا تكون أملاح سلفات المغنسيوم موجودة فيمكن للخيول في جنوب استراليا أن تعيش على مياه تصل فيها نسبة الأملاح الذائبة إلى ٦٢٦٠ جزء في المليون ، وقد وجد أن أعلى نسبة يمكن لهذه الخيول أن تتحملها هي ٨٧٠٠ جزء في المليون . وتعتبر الأغنام من الحيوانات التي تتحمل أعلى نسبة للملوحة وهي ١٥٦٠٠ جزء في المليون ، أما الماشية فيمكن أن تعيش على مياه تصل نسبة الأملاح بها إلى ٩٤٠٠ جزء في المليون . وتعتبر المياه ذات النسب العالية من الأملاح الذائبة أى أعلى من النسب التي يتحملها الإنسان والحيوان ، واسعة الانتشار في الأراضي الصحراوية الجافة . وتصل إلى أعلى مستوى لها من الملوحة في البحار الداخلية في قارة آسيا وفي المياه التي تحد الصحارى الساحلية بطبيعة الحال . وتعتبر عملية التخلص من أملاح المياه الأرضية ومياه البحار ، من ثم ، من أعظم المشاكل التي ينبغي حلها إقتصادياً إذا كان رعى القطعان وزيادة السكان الناتجة عن ظاهرة التحضر أو العمران آخذة في الزيادة .

أما مشكلة تحمل الأملاح بالنسبة للمحاصيل الزراعية فتعتبر غاية في التعقيد حيث أن العلاقة وثيقة بين ملوحة المياه الأرضية والتربة ، وتعتبر السيطرة على منسوب الماء الأرضي أساس الزراعة على الرى واستصلاح الأراضي الملحة . فالتصريف غير الكفء هو المسئول عن فقدان التربة لخصوبتها بزيادة الأملاح في الأراضي الجافة من الولايات المتحدة الأمريكية إلى الهند ، وذلك باستثناء التربة ذات القوام الخشن ، أى التي لا تحتفظ بالمياه الكافية لنمو النباتات . ولقد رأينا بعض النباتات في المناطق الجافة لها من التركيب ما يقاوم الآثار الضارة للملوحة التربة والمياه الأرضية . غير أن المحاصيل الزراعية في المناطق الجافة تعتبر حساسة للملوحة ، وأن المياه التي تستخدم في المناطق الصحراوية ينبغي أن تكون درجة ملوحتها منخفضة نسبياً بحيث لا تتعدى ٧٠٠ جزء في المليون . وهذه النسبة لا تقارن بما يمكن أن يتحملها كل من الإنسان والحيوان والتي تكون أعلى من ذلك . وهذا معناه أن عملية إعذاب المياه لأغراض الرى تعتبر عملية

غير إقتصادية . ويجب أن تعالج عملية التغلب على مشاكل الملوحة بالنسبة للمحاصيل الزراعية بأساليب مختلفة ممثلة في الري المنظم واتباع أساليب الري بالرش أو بأختبار سلالات لمحاصيل زراعية على درجة عالية في تحمل الملوحة . ولقد توصل بعض الباحثين إلى أن النباتات يمكن أن تكتسب تحملا للملوحة إذا استخدمت بذور استطاعت أن تؤقلم نفسها . وكانت هناك محاولات أخرى تناولت غمر (نقع) البذرة في محلول ملحي لعدة ساعات قبل زراعتها ، فأدت هذه المحاولة إلى الزيادة في محصول القطن في الأراضي الملحية في الاتحاد السوفيتي غير أنها لم تؤثر إلى تغير في درجة تحملها للملوحة ، وعندما استخدمت هذه المحاولة على بذرة القمح والشعير في باكستان لم تأت بنتيجة . ولقد أوضحت بعض المحاصيل مثل البنجر والشعير تحملا للملوحة عن طريق زيادة الرطوبة في التربة . وبصفة عامة تعتبر الخضروات معتدلة التحمل للأملح وخاصة « الجنجل *Asparagus* والسبانخ اللذان يعتبران أكثر الخضروات مقاومة ، أما الفجل والكرفس والبازلاء فتعتبر من الخضروات الحساسة . ويعتبر الأرز من المحاصيل الحقلية التي تتحمل الملوحة ، ومن المحاصيل الهامة التي تناسب التربة الملحية ، ويستلزم نموه ظروف رطوبة خاصة ، بمعنى أن التربة ينبغي أن تكون مغطاة بالمياه إذ يساعد ذلك على عدم تركز الأملاح في الجزء المبلل من التربة « *Wet zone* » . كما يمكن زراعة الشعير والبنجر والقطن في الأراضي الملحة ، وهناك بعض الحشائش التي أثبتت قدرتها على تحمل الملوحة . ومعظم أشجار الفاكهة — إذا ما استثنينا شجرة النخيل وإلى حد ما شجرة العنب — تعتبر حساسة بالنسبة للأملاح سواء في التربة أو في المياه الأرضية . وأشجار الفاكهة على سبيل المثال لا تنمو في التربة السوداء الملحية في أوكرانيا ، ذلك على الرغم من نمو شجرة البتولا *Birch* وشجرة الصفصاف *Willow* وشجرة الحور *Aspen* في مثل هذا النوع من التربة في أجزاء أخرى من الاتحاد السوفيتي ولا يمكن أن تؤدي ملخص قصير كهذا إلى أكثر من توضيح بعض المشاكل التي تواجه الزراعة في الأراضي الجافة بسبب ملوحة المياه الأرضية والتربة الملحية . غير هذا الملخص يشير إلى الحاجة الماسة للدراسة الخاصة يتحمل المحاصيل الزراعية الهامة

وأشجار الفاكهة ذات القيمة الاقتصادية للملوحة ، وهذه الدراسة يمكن إجراؤها في أماكن كثيرة من العالم .

وتعتبر عملية إعذاب المياه ممكنة ، ولقد وصلت فعلا إلى درجة من التطور .
التكنولوجيا جعلت سعر جالون أو لتر مياه الشرب لا يزيد كثيرا عن سعره من شركات المياه في المناطق المطيرة . ويعتبر مشروع إعذاب المياه Guernsey في Channel Islands مثلا في المناطق المطيرة للحصول على المياه العذبة من ماء البحر . تتطلب كل عمليات الإعذاب رأس مال كبير ، وطاقة ضخمة وعمالة على كفاءة عالية . وإذا ما استثنينا أقطار البترول الغنية في منطقة الشرق الأوسط ، تعتبر هذه المتطلبات فيما عدا الطاقة الشمسية شحيحة . ويمكن إعذاب المياه بطريقة التقطير ، وبطريقة التبريد أو بطريقة الامتصاص الكيميائي ، حيث تعتبر المياه من المواد ذات المقدرة الكبيرة على الاحتفاظ بعناصرها ؛ بمعنى أن تعرضها للتباينات أو التغيرات الحرارية أو الكيميائية لا يؤدي إلى تغيير أو تعديل في تركيبها الكيميائي . وحيث أن المياه تنصف كذلك بالمقارنة الكهربائية العالية ، فإن الأملاح المتأينة يمكن إزالتها بتمرير تيار كهربى في المياه المالحة ، أى بواسطة عملية التحلل الكهربائي Electrodialysis . وتعتبر عملية التقطير الوسيلة الطبيعية أو العادية في إعذاب المياه بأثر الإشعاع الشمسى على المحيطات عن طريق الدورة الجوية العادية . ويتطلب تحويل مثل هذه الطريقة إلى وسيلة صناعية وقودا باهظ التكاليف إلا إذا استخدمت الطاقة الشمسية كمصدر للحرارة . ولقد استخدم الروس ، في كراكوم. Kara Kum ، مرايا أسطوانية لتركز أشعة الشمس على أنبوبة زجاجية تعمل كمسخن . ويمكن الروس بهذه الوسيلة من الحصول على ٧٥ ألف طن من المياه المرشحة في السنة أستخدمت في سقى الماشية . واتجه الاهتمام في أماكن أخرى إلى مضاعفة التقطير العادى بواسطة الحرارة كما هو الحال في Guernsey حيث يوجد عدد من وحدات تكثيف البخار يستخدم في مجموعات . ويمكن الحصول على إنتاجية عالية من المياه المقطرة لكل وحدة حرارية مستهلكة وذلك عن طريق ضغط بخار

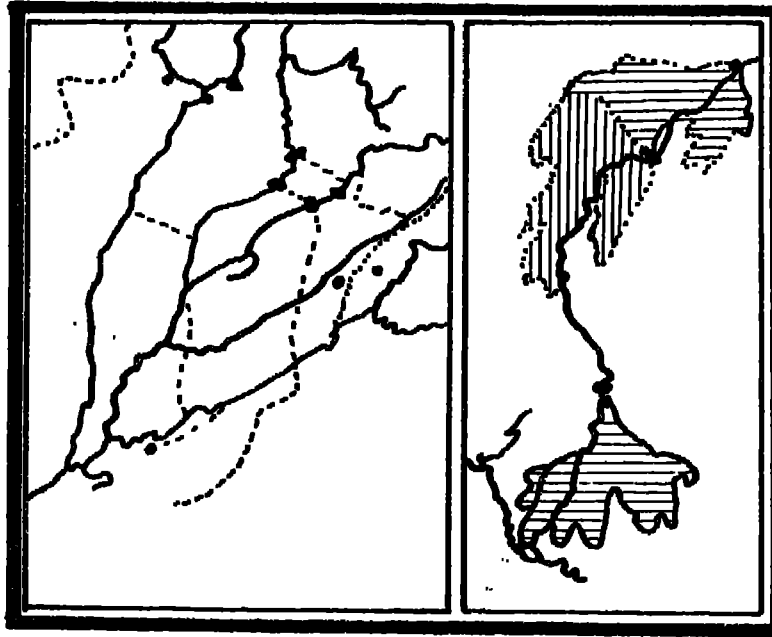
الماء الذى يعمل على مضخة حرارية ، ولكن مثل هذه الوحدة قد صنعت على نطاق صغير وتدار بقوة ماكينات الديزل ولقد استخدمت هذه الوحدات فى معسكر شمال أفريقيا أثناء الحرب العالمية الثانية ، ويستخدم بصفة دائمة فى مناطق الكشف عن البترول فى الصحارى . وتعتمد وسائل فصل الأملاح بطرق التبريد على الحقيقة العملية التى تقول بأن الأملاح الذائبة لا تتجمد عندما يتكون الجليد فى مياه ملحة عند درجة الصفر المئوى . فعندما تزال المياه المتجمدة من المحلول الملحي تنوب بعدئذ مياهها عذبة . وهنا تعمل آلات ميكانيكية جنباً إلى جنب مع عمليات التبريد على إزالة المياه المتجمدة وفصلها عن المحلول الملحي . ولقد استخدمت عملية الفصل عن طريق التجمد فى الصحارى ذات الفصل الشتوى البارد فى الاتحاد السوفيتى أثناء تكون فترة الصقيع ، وذلك بملح بمحيرات صناعية بالمياه المالحة ثم صرف المحلول الملحي بعد ما تصل الطبقة المتجمدة من المياه إلى حوالى نصف بوصة . ويتراوح الانتاج بهذه الطريقة حسب درجة التصقيع ، إذ يمكن الحصول على ما بين ٤٠ إلى ٥٠ لتراً من كل متر مربع يومياً عندما تنخفض درجة الحرارة إلى -5°C ، ويصل هذا الإنتاج إلى ما بين ١٢٠ — ١٦٠ لتراً يومياً لكل متر مربع عندما تصل درجة الحرارة إلى -20°C . ولكى تكون هذه المياه ذات قيمة ، فإنه ينبغي عمل الترتيبات اللازمة لحفظ واستخدامها فى الشهور الحارة من السنة . وهناك وسائل أخرى استخدمت بالضغط الأسموزى وإضافة بعض الكيماويات للتخلص من الأيونات الملحية . وواضح أن كل هذه الوسائل لا تعطى المياه الكافية لرى المحاصيل الزراعية بكميات كبيرة وتكاليف يمكن أن يتحملها الزارع الذى يزرع أرضه من أجل عيشه . غير أن هذه المياه ستستغل بصورة متزايدة لاستعمالات سكان المدن ، ولربما يكون ذلك عن طريق استخدام الطاقة الذرية كمصدر طاقة أساسى فى المستقبل . ولقد أنشئ جهاز يقوم بعملية تقطير مياه البحر ويعطى ٥ مليون جالون يومياً فى الكويت مستخدماً فى ذلك الغاز الطبيعى كوقود من حقول البترول التى تقع على بعد ١٥ ميلاً . وحتى باستخدام هذا المصدر الرخيص من الطاقة فإن المياه العذبة التى أمكن الحصول عليها بهذه

الوسيلة مازالت غير رخيصة لاستخدامها في ري المحاصيل . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الحالة تقف على طرفي نقيض بالنسبة لبلدة محرق Moharek على الخليج العربي التي حصلت في نهاية القرن التاسع عشر على حاجتها من المياه العذبة من ينابيع تحت سطح مياه البحر . فعندما تكون مياه البحر أثناء فترة المد على عمق قامة (٦ قدم) أو (٢ متراً) فوق الينابيع يمكن للغطاسين ملء قريهم باستخدام أنابيب من الغاب الرومي (البوص) ، في حين أنه أثناء انخفاض المياه فإن النسوة يمكنهن ملء قريهن من الينابيع مباشرة .

وبالمقارنة ، فإنه يمكن القول بأن تلك الأجزاء من الأراضي الجافة التي تحصل على المياه من أنهار دائمة الجريان تعتبر أكبر خطأ . فلقد أعطت كل من الدجلة والفرات والنيل والسند المياه الكافية على طول الفترة التاريخية للأنسان ليقوم الحضارة النهرية Hydraulic Civilizations في العالم القديم ، في حين أعطى نهر الكولورادو في العالم الجديد نفس الفرص التي استغلت أكبر استغلال في فترات تاريخية أكثر حداثة . فتصل كمية المياه السنوية التي يعطيها نهر دجلة وحدة إلى ١٧.٢٦ مليون متر مكعب ، وإذا أضيف لهذا القدر من المياه كل من الزاب الكبير والزاب الصغير ومياه أهدايم Ahdaim ، ونهر ديالاه Diyalah وبالطبع مياه الفرات ، تصل كمية مياه حوض الدجلة والفرات إلى أكثر من ٦٩.٠٠٠ مليون متر مكعب في السنة . إلا أنه على الرغم من ذلك ، هناك مناطق في بعض هذه الأحواض النهرية ليست لديها كميات المياه الكافية لعملية الري اللازمة للمتطلبات الزراعية ، إذا ينبغي أن نتذكر أن الماشية وحدها تستهلك ما يزيد على ١٢٥ مليون متر مكعب من المياه سنوياً في العراق ومعظمها مأخوذ من قنوات الري . ويأتي النيل كل عام بكمية مياه تصل إلى ٨.٠٠٠ مليون متر مكعب ، إلا أنه تبعاً لزيادة الأرض الزراعية والتوسيع في عمليات الري كان من الضروري لإنشاء خزانات للمياه خلال المائة عام الأخيرة .

ويعتمد استغلال مياه الأنهار الدائمة الجريان ، إلى حد كبير ، على نظام تصريفها الذى تتحكم فيه الظروف المتبيورولوجية لمناطق المنابع أكثر من تلك الظروف الخاصة بالأجزاء الدنيا حيث فقدان المياه عن طريق البحر والتسرب الأرضى أو أخذ المياه لأغراض الرى ، يحدث بصورة واضحة . ففى النيل الذى تغذيه مياه الأمطار المدارية الصيفية من هضبة الحبشة ، وكذلك من خزان المياه الاستوائى لبحيرة فيكتوريا وبحيرة البرت فى مرتفعات شرق أفريقيا ، هناك اختلاف بين وواضح بين نظام التصريف الفصلى للنهر . ففى أثناء الفيضان تكون للمياه زائدة عن متطلبات المياه التى ذهبت عبر القرون للضياع بعمليات البحر فى المناطق المنخفضة التى تغمرها المياه من ناحية ، وفى البحر من ناحية أخرى . وعلى النقيض من ذلك فإن التصريف المائى فى أوائل فصل الصيف يكون منهخفا وغير كاف للمتطلبات الزراعية . وإنه لمن حسن الحظ أن النيل الأزرق والنيل الأبيض يكمل بعضهما الآخر من حيث نظام تصريف مياههما ، ففى شهر أغسطس يكون تصريف مياه النيل الأزرق أكثر من تصريف مياه النيل الأبيض بثلاثة أضعاف ونصف ، ولكن فى شهر مايو يكون تصريف مياه النيل الأبيض أكثر من تصريف النيل الأزرق بخمسة أضعاف ، وتظل هذه المياه تمد الزراعة الصيفية فى مصر لمدة طويلة . وبدون بناء السدود والقناطر فإن نظام الرى الدائم يكون مستحيلا . وكذلك كان ضروريا بناء السدود والخزانات على مجموعة أنهار جيلا — كلورادو Gila - Colorado للتحكم فى كمية تصريف المياه ، فأدى ذلك إلى عدم دخول المياه إلى نهر الكلورادو من نهر جيلا عند نقطة التقائهما بالقرب من بلدة يوما فى صحراء أريزونا لسنتين عديدة ، حيث حجزت المياه فى القطاع الأعلى من النهر بواسطة السدود مثل سد Cillespie , Coolidge على نهر جيلا ، وسد Roosevelt على نهر سولت أحد روافد نهر جيلا . أما فى وسط آسيا وعبر القوقاز فإن الأنهار تجري بكميات مياه كبيرة فى فصل الربيع مستمدة من الثلوج الذائبة ، أما فى فصلى الربيع والصيف فيكون مصدر المياه من ذوبان الأنهار الجليدية . ولكى يمكن توزيع المياه التى تأتى بها الأنهار المختلفة فى أوقات متباعدة من السنة كانت الحاجة ماسة إلى بناء السدود

وشق القنوات التي تربط تلك الأنهار ببعضها مثل قناة Creat Fergansky التي تحمل مياه نهر نارين Narin River إلى الأنهار الأقل مائية في وادي فرجانسكي في جمهورية أوزبك . ويشبه هذا المشروع شبكة القنوات التي أقيمت على نهر السند وروافده (شكل ٩) ، والذي يتشابه فيهما نظام تصريف المياه . وبدأت هذه الشبكة ببناء قنطرة على نهر رافي Ravi في عام ١٨٥٩ ، ثم شق قناة بأرى دواب الأعلى . ويزود نظام تصريف المياه لكل من الدجلة والفرات بمياه الينابيع وكذلك بنويان الثلوج . التي توجد على المرتفعات الشمالية وهنا يكون الفيضان الرئيسي في فصل الصيف .



شكل ٩ : (أ) (مشروعات الري المقترحة في حوض السند الأعلى (متعددة على خريطة Coode وشركاه ، المهندسن المدنيين) . وهذه بالاضافة إلى شبكه قنوات الري القديمة في « أرض الأنهار الخمسة » .
(ب) المناطق المروية والمزعم رها في حوض السند .

عن : (Huntings)

وتتطلب المحاولات التي تبذل عن أجل تنظيم مياه الأنهار الدائمة الجريان وكذلك من أجل الحفاظ على مياه الأمطار في خزانات وكذلك من أجل ضخ المياه الجوفية وتخزينها لاستخدامها في رعى الماشية ، للتغلب على مشاكل إطفاء الخزانات والتقليل من عمليات البخر والتسرب الأرضي للمياه . فقد غطت الخزانات المائية في صخور الحجر الجيري الأيوسيني غير المنفذة للمياه في منطقة الجبل الأخضر في شمال برقة كما هو الحال في الصفصاف (شكل ٢) بالقرب من بلدة شحات بسقف من كتل الحجر الجيري التي قطعت وشكلت بأحجام معينة من المحاجر المجاورة . وعليه فيجب أن يقلل البخر من هذه الخزانات إذا أريد للمياه ألا تضيع هباء — فيمكن أن تصل كمية البخر إلى حوالى ٥٠ ٪ من كمية المياه المفقودة في الخزانات الضحلة ، ويمكن أن تصل إلى ٢٠ ٪ في الخزانات العميقة . ولقد أمكن التبين في جنوب استراليا من أن نسبة المياه المخزونة التي تصل إلى أقل من ٦ : ١ تعتبر غير اقتصادية .

$$\text{معدل التخزين (نسبة التخزين)} = \frac{\text{كمية المياه ا حجم الخزان}}{\text{حجم الخزان}} : ١$$

وإذا صعب بناء سقف حجري لخزانات المياه وبخاصة الخزانات الكبيرة ، يمكن تغطية سطح المياه بطبقة كيميائية رقيقة من مادة الهكساديكانول (Cetyl alcohol) Hexadecanol التي يمكن أن تغطي سطح الخزان إذا ضخحت من قارب صغير . غير أن هذه الوسيلة تبدو لسوء الحظ قاصرة على الخزانات الصغيرة نسبياً (التي تبلغ في مساحتها ١ هكتار أو ٢٤٧ فدان) ، التي لا تسمح إلا بمسطح مائى صغير المساحة ، وإلا تصبح الأمواج كبيرة بدرجة يصعب معها الإبقاء على إتصال هذه الطبقة الكيميائية الرقيقة . كما كانت هناك محاولات للتغلب على عملية التسرب الأرضي تضمنت وضع طبقة لزجة فوق أرضية الخزانات الصغيرة وفوقها طبقة من الطين وذلك لحمايتها ضد حوافر الحيوانات ، وكذلك بسد الفتحات الموجودة في التربة والفتحات الصخرية بمواد كيميائية وبأستخدام الصلصال والتربة كمادة لاحمة . ويتوقع المرء تقدما

في ميدان محاولات التقليل من عمليات البخر والتسرب التي تصيب المياه المخزونة .

ولم تكن هذه سوى إلمامة عامة لمشاكل مصادر المياه في الأراضي الجافة . فالمياه يمكن الحصول عليها مباشرة من الأنهار الدائمة وغير الدائمة وكذلك من المسيلات السطحية الناتجة عن رخات المطر المؤقتة . ولقد أهتم الإنسان منذ بداية الحضارات بالاستفادة من هذه الموارد المائية في أوجه نشاطه الاقتصادية المتنوعة حسب ظروفه الاجتماعية والاقتصادية . ما هي نوعية استخدام الأرض التي يمكن أن تكون في الأراضي الجافة ؟ فكان الاستخدام التقليدي متصلا برعى الحيوانات وكذلك الزراعة المعيشية القائمة على الري مع اختلاف واضح بين وسائل الحياة ومستوى المعيشة . ولكن الآن أصبحت الصحارى أكثر عمراناً وأصبحت الآن الزراعة التجارية وأصبحت هناك مناطق للترفيه ، وكذلك تعدل الأسلوب البدوي المتنقل للحياة ، أو أنه قد اختفى كلية من بيئته ، وفي كل حالة من هذه الأحوال أربط التطور بإمكانية المحافظة على المياه — وتلك هي الوسيلة التي تساعد على التمييز بين كل من المناطق الجافة والمناطق المطيرة في استخدام الموارد المائية .

الفصل السادس

الزراعة في الأراضي الجافة

الزراعة فى الأرضى الجافة

يرى كثير من الناس أن الزراعة تقتصر فى المناطق الجافة على الواحات والأودية النهرية فى العالم القديم « قديما » ، أو أنها نتيجة لنظم الري الحديثة والمتطورة ذات التكاليف الضخمة التى أستخدمها الأمريكيون فى الجنوب الغربى الجاف ، وفى غرب الهند نتيجة لمشروعات مهندسى الري البريطانيين ، وفى شمال غرب أفريقيا بسبب مجهودات الفرنسيين ، والتطويرات الواسعة النطاق على النيل فى مصر والسودان فى منتصف القرن العشرين . وإن كان الري منذ القدم يعتبر استجابة تكنولوجية أكيدة للظروف البيئية فى المناطق الجافة ، إلا أنه يتطلب لنجاحه مستوى عال من التنظيم الاجتماعى والتكنيكى المشروع . غير أن الزراعة الجافة تعتبر ممكنة فى المناطق التى تقل فيها رطوبة التربة والهواء ، كما أنها قديمة قلم الزراعة القائمة على الري . وقد يثار هنا أن مثل هذه الزراعة الجافة تتطلب معرفة وثيقة وأكثر دقة بالبيئة ، كما تستوجب فهما لدقائق الحفاظ على التوازن بين رطوبة التربة وما يحتاجه النبات من مياة . ومع ذلك ، فكلما التمحطين من الزراعة يعولان أعداداً كبيرة نسبيا من البشر على الصعيدين المعيشى والتجارى ، كما تعرض كلاهما لإخفاق المحاصيل وللحوادث الإقتصادية والمجاعات . كما أدى هذان الأسلوبان فى الزراعة إلى تغيرات كبيرة فى البيئة ، وذلك بتدمير مواد التربة عند أستخدم نظم الزراعة الرطبة دون وعى خصوصا فى الهامش المتلهذب بين المناطق الجافة والرطبة ؛ هذا من ناحية ، وبإجذاب التربة نتيجة تشبعها بالمياه وارتفاع نسبة الأملاح بها من ناحية أخرى . وتبين الأمثلة العديدة من العالمين القديم والجديد أن علاقات الإنسان بيئته فى الأرضى الجافة كانت مشحونة بالصعوبات المتوقعة فى ظل ظروفها المناخية غير المستقرة ، كما تبين هذه الأمثلة أن أعمال الإنسان قد زادت من مشكلات هذه البيئة ، ومن حلة الجفاف بها أحيانا .

وقد يبدو ، من ثم ، غريبا أن الأرضى الجافة فى جنوب غرب آسيا ومثيلاتها فى العالم

الجديد ، هى بغير جدال مواطن قيام النشاط الزراعى من فلاحه الأرض وتربية الحيوان . فقد اكتشف رجال الآثار الدليل شبه المؤكد على استزراع الحبوب كالقمح والشعير وكذا استئناس الحيوانات كالأغنام والخنزير والمعرز والماشية قديما فى هذه المناطق . وإنه لمن الصعب تأكيد تحديد مواطن زراعة الحبوب على الرغم من إمكانية تمييز الحبوب المزروعة عن الحبوب البرية حيث إن بذور القمح المزروعة مثلا أصغر حجما وأقل خشونة منها فى حالتها البرية . ونادرا ما تبقى البذور محفوظة فى مواضعها الأثرية ما لم تكن مطمورة فى أوعية فخارية ، أو ما لم تكن فى صورة متفحمة ، إلا أن اكتشاف المناجل الصوانية وأحجار الطحن ليين استخدام الحبوب ولو من النوع البرى كغذاء . ولربما جمع صيادو الحيوانات ومستأنسوها ، وكذلك مستزرعوا النباتات ، بذور كل من القمح والشعير البريين وجودها الفصل بكميات وفيرة . ولما كانت الحشائش البرية ذات خصائص تساعد بذورها على الانتشار السريع ضماما لتكاثرها على نطاق واسع وحفاظا على نوعها ؛ فالأرجح أن يكون الإنسان القديم قد قام بحصد تلك البذور التى بقيت لأسباب وراثية لفترة طويلة فى سنابلها . عندما نشأت فكرة زراعة الفائض المحصول السابق ، فقد قلل الاستمرار فى عملية الانتخابات هذه ، من وجود الأنواع السريعة الانتشار فى المناطق التى كان الإنسان يقوم بزراعتها .

ولقد تحقق للإنسان فى تقييمه للبيئة أن المناطق التى تضافرت فيها التربة والرطوبة قد ساعدت على الزراعة والإنتاج ، وهىأت أماكن إستقرار أفضل لتوفر الماء له والحيواناته من تلك المناطق العالمية التى وإن كانت الأمطار فيها بدرجة يمكن للإنسان الاعتماد عليها إلا أن الحبوب البرية قد أكتشفت بها فى حالتها الطبيعية .. ويرى بعض علماء النبات أن دخول الحشائش لهذه البيئات الجديدة قد نتج عنه تغيرات كبيرة فى تركيب النباتات المنتجة للحبوب بفعل الطفرات والتجهين ، بدرجة لم يعد معها النوع المزروع بقادر على تحمل بيئة كتلك التى أنتجتها منها أسلافة البرية . ففى حوالى الألف الخامسة قبل الميلاد زرعت هذه الحبوب فى أراضي ما بين النهرين (ميزوبوتاميا)

الفيضية السهلية وكذلك على المراوح الإرسائية المائية Alluvial Fans وتجمعات الفتات الصخرية Detritus Spreads عند حضيض منحدرات التلال والأحواض الجبلية .

وفي هذه المنطقة أيضا . يمكن بوضوح مشاهدة تطور أساليب الزراعة في الأراضي الجافة ، من زراعة تعتمد على السقوط الفصلي للأمطار الشتوية والريعية على المرتفعات التلالية - تلك التي كان ولا يزال ضمان كميتها وحدوثها أبعد ما يكون عن حدود سيطرة الإنسان الفنية ، أى الزراعة على المطر أو الزراعة الجافة - إلى الزراعة في قيعان الأودية التي أنحسرت عنها مياه الفيضانات التي تستفيد بالمياه الجارية غير المنتظمة في تعزيز الأمطار التي تسقط على فترات متباعدة . وأمكن أخيرا أستغلال مساحات بصفة مستمرة ، بالقرب من الأنهار الدائمة الجريان أو عند أماكن أنبثاق كميات وفيرة من الماء الأرضي ، والتغلب على أخطار الفيضان بإنشاء نظام من القنوات وصولها لحمل المياه متى وحيثما تكون الحاجة إليها - أى الزراعة على الري بالمفهوم الحقيقي للمصطلح . وإن هذا هو الهيكل العام لأساليب إنتاج الحبوب والفواكه والخضر الذي يسمح لنا بإقامة نظام لتصنيف ووصف الزراعة في الأراضي الجافة .

وقدم الزراعة على المطر ، أى الزراعة الجافة كما تسمى الآن ، عادة معروفة جيدا ، غير أن أساليب هذه الزراعة قد مرت بمراحل مختلفة من التطور في العالمين القديم والجديد وكذلك في إستراليا ، بإستخدام أسلوب المحاولة والخطأ بهدف إنتاج أكبر قدر من محاصيل الزراعة في أقصر فصل نمو ممكن وبأقل من المياه المستمدة من الأمطار أو من الرطوبة المختلفة في التربة . ومن أشهر محاصيل الزراعة الجافة القمح والشعير والذرة والدخان والذرة الرفيعة ، وهى أكثر أهمية من المحاصيل البقولية ؛ غير أن زراعة البرسيم الحجازى والبرسيم والبازلاء قد نجحت أيضاً في أماكن أخرى . وبالرغم من ذلك ، فمهما اختلفت الأساليب وتنوعت المحاصيل ، فإن الزراعة على المطر لا تنجح في الأراضي الجافة الحقة ، وأن معظم الزراعة الجافة الهامة تكون في الأراضي شبه الجافة ، وبخاصة في المنطقة الهامشية بين النطاقيين الجاف والرطب ، تلك المنطقة التي ، على الرغم من ذلك ، قد شهدت أفدح كوارث استغلال الأرض .

وتعتبر أساليب الحفاظ على المياه أساسية في ممارسة الزراعة الجافة ، ويتم تخطيطها بحيث تضمن سرعة تسرب مياه الأمطار في التربة الحيلولة دون تبخرها ، حتى تحفظ هناك لوقت حاجة النبات إليها . وينبغي تحاشي فقدان المياه بعملية النتج عن طريق الأعشاب بتقنية الأرض منها قبل البذر ، كما ينبغي أن تتم عملية البذر بأسرع ما يمكن للنباتات المتحيلة على الجفاف للاستفادة من الرطوبة الموجودة بالتربة . ونظرا لأن كميات المياه في التربة تكون قليلة حتى في ظل أحسن الأساليب الزراعية ، لذا يجب زراعة النباتات على مسافات متباعدة . وللتريبات الرملية مزايا عديدة ، إذ تساعد على سرعة تخلل مياه الأمطار في التربة وتقلل من فقدان المياه عن طريق البحر عقب انتهاء المطر ، حيث أن الرطوبة لا بد وأن تمر كبخار في ثنايا التربة بالقرب من السطح أكثر من مرورها كسائل بفعل الخاصية الشعرية . وعندما تقلل نسبة الرمال في التربة ، يصبح من المهم وجود طبقة سطحية خالية من الحشائش جافة الهواء ، تستجيب لحرث زراع القمح والشعير المعيشين لها بالمحارث غير العميقة ، وذلك كما هو الحال في أراضي البحر المتوسط شبه الجافة في العالم القديم . والهدف هو إنتاج طبقة واقية جافة تزداد لا بترك الأحجار في مكانها في الحقول فحسب بل ينشرها مع القش على سطح الأرض فتقلل من فعل الرياح . وتؤدي كثرة الحرث غير العميق لهذه التريبات ترتفع بها نسبة المواد الدقيقة إلى طبقة ترابية سطحية لا تلبث أن تتماسك ذراتها قطرات مياه الأمطار ثم تهبط فتسد مسام التربة مؤدية بذلك إلى تكوين طبقة سطحية شبه صماء تقلل من كمية الماء السطحي المتخلل . وتحمل المواد الدقيقة خلال فترات الجفاف بفعل الرياح على شكل سحب ترابية ، وترسب في الاتجاه الذي تهب إليه الرياح فتفسد مساحات كبيرة . وعليه تتضح ضرورة قيام توازن جيد بين عمق الحرث وعدد مرات حدوثه ، وهو ما لم يتحقق دائما ، ويتبين هذا من ترك الأرض بسبب تعرية التربة أو قلة العائد الأقتصادي كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية . ومن جهة أخرى فقد نجحت أنواع من الزراعة الجافة على درجة عالية من التخصص في ظروف بيئية غير مشجعة كما هو الحال في زراعة الذرة والفاصوليا التي قامت بها جماعة الهوى Hopi الهندية على الكتيان الرملية

في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، وهي كما هو معروف مصدر هام لحشائش الرعى القصيرة التي ترعاها حيوانات الشعوب الرعوية المتنقلة في الصحراء الكبرى .

ولقد أثبتت التجارب التي أجريت في المخططات الزراعية في الأراضي الجافة استنفاد المحاصيل لرطوبة التربة تماماً في وقت الحصاد ، بحيث لا يبقى احتياطي من هذه الرطوبة لفصل النمو التالي . والاحتفاظ برطوبة التربة من سنة لأخرى مطلب واضح ، إذا ما أريد الحصول على إنتاج جيد من المكان الملائم لتغذية النباتات في الطبقات العليا من التربة . وقد أكتشف الزراع في المناطق الجافة هذا المعيار في وقت مبكر بتطبيق نظام إراحة الأرض .

وإراحة الأرض سنة كل سنتين أو ثلاث عامل أساسي في زراعة الحبوب ، فالنضحية بمحصول سنة في قطعة من الأرض يضمن الحصول على محصول جيد في السنة التالية . ويؤدي تطبيق هذا الأسلوب بدوره إلى غط من الزراعة المتنقلة للزراة المعيشيين . ولقد أهمل الزراع الأريون القدامى في غرب أمريكا الشمالية بما كان لذلك من نتائج سيئة ، وتعتبر إراحة الأرض عملية إيجابية إذا ما أريد تحقيق أفضل النتائج ، غير أنها تتطلب عناية (خدمة) زراعة دائمة . وعند الحصاد تترك الأجزاء السفلى من سيقان النباتات في الحقول ، ولكن المشكلة تبدأ في الظهور عندما تأخذ الأعشاب الضارة في النمو ؛ فهي تبتد بالتتح رطوبة التربة التي يجب العناية بالمحافظة عليها . ويؤدي حرث الأرض إلى خلوها من الأعشاب الضارة كما يحول دون تماسك التكوينات السطحية للتربة في صورة طبقة صماء غير أنه يعرض سطح الأرض لتعرية الرياح وفعل الأمطار . وحيثما تتوفر الآلات المناسبة لإزالة الأعشاب الضارة دون المساس بأعقاب النباتات الواقعة للتربة ، فإن إراحة الأرض دون حرثها تعتبر البديل الذي يجب العمل به . كما يبدو أن إراحة الأرض تؤدي إلى زيادة النيتروجين في التربة بسبب نشاط البكتريا في مثل هذه الأراضي التي تلائم رطوبتها ودرجة حرارتها ذلك النشاط البكتيري . ويزيد نظام إراحة الأرض من وجود الأجزاء المزروعة في المناطق شبه الجافة خصوصاً في العالم

القديم على هيئة بقع متناثرة ، وغالبا ما يصحب ذلك التحول إلى استغلال بديل الزراعة ، فإما رعى الحيوانات وإما استغلال الموارد الغاية استغلالا مركزا كتغذية الخنازير على ثمار أشجار الزان ، أو قطع الفلين وجمع التين ، كما هو الحال في أجزاء من حوض البحر المتوسط .

ويعتبر استخدام الدورة الزراعية مع نظام إراحة الأرض الخطوة التالية في تحسين أساليب الزراعة الجافة . وقد تمتد هذه الدورات لفترات تشتمل كل فترة منها على عدة سنوات ، وعادة ما تضم أحد محاصيل الحبوب ، ومحصولا من محاصيل الغرس (كالذرة) وكذا محاصيل العلف والبقول بالإضافة إلى تلك المساحات من الأرض التي تترك لإزاحتها . ولقد ثبت أن القمح والذرة يكونان تالفا مناسبيا في السنتين الأوليين من الدورة في السهول العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية ، حيث تحفظ صفوف نبات الذرة رطوبة الأرض غير المزروعة بينها . أما في استراليا فيعتبر القمح أكثر المحاصيل أهمية ، وقد يزرع بعده الشوفان وتترك مساحة الأرض لإزاحتها ، أو قد يزرع بعده الشوفان وأحد محاصيل العلف الأخضر . ويبين الأخير أهمية أساليب الزراعة المختلطة في بعض مناطق الأراضي الجافة . وحتى في ظل أفضل الظروف ملائمة ، فالزراعة الجافة هي بالضرورة نمط من الزراعة الواسعة لا تلائم أو تسمح لأسباب إقتصادية باستخدام الأسمدة العضوية والمخصبات الكيماوية ، نظراً لأن كمية الرطوبة الموجودة بالتربة لا نفى بحاجات النبات إذا زاد نموها بفعل هذه الأسمدة وتلك المخصبات . ونظراً لانخفاض غلة هذه المناطق ، يلزم زراعة مساحات أكبر من تلك التي تزرع في الأراضي الرطبة للحصول على كمية مساوية من الإنتاج . ولا يتضح ذلك في أى مكان بمثل ما يتضح في تاريخ استغلال الأراضي شبه الجافة في الجنوب الغربى الأمريكى حيث منح الزراع مساحات غير كافية بمقتضى مشروع Homestead Acts . ويقضى قانون ١٨٦٢ بمنح كل قاطن مساحة ٦٤,٧٥ هكتاراً (١٦٠ فدانا) بعد استقراره فترة خمس سنوات في استزراع هذه الأرض ، ولربما توافق ذلك مع حدوث دورات مناسبة من سقوط الأمطار مما أدى إلى تفاؤل لم يدم طويلا من حيث إمكانية نجاح استغلال هذه المنطقة بأساليب

الزراعة الجافة ، ذلك النطاق الذى كان مسرحاً للرعاة أساساً معتمدين فى حياتهم على
المجارى المائية الدائمة أو الينابيع الغنية بمياهها . وسرعان مادالت دولة الرعاة بعد أن بلغ
الرعى قمته عام ١٨٨٢ ؛ كما أضمحل أزدهار قطعان الماشية ، وتجمع المنتفعون من هذا
النظام فى نطاق أراضى الحشائش الجاف نسبياً الذى قامت بدراسته الهيئة الفدرالية
برئاسة J. W. Powell . ولقد أوضحت نتائج دراسة هذه الهيئة أن مساحة المائة
وستون فداناً التى تكفى لمعيشة أسرة فى الشرق الرطب لانفى بحاجة مثل هذه الأسرة فى
الغرب الجاف . وعليه فقد أوصى J. W. Powell بالألا يمنح كل منتفع مساحة تقل عن
عشرة كيلو مترات مربعة (٤ ميل مربع ٢٥٦٠ فداناً) ، كما يجب دراسة الأرض دراسة
علمية قبل أن يتم الاستقرار بها . كما أكد J. W. Powell ضرورة أخذ نمط التصريف
النهرى فى الاعتبار عند توزيع الأراضى كما لا ينبغى تقسيمها إلى مستطيلات . ويعزى
فشل الأمريكين فى استقرار الزراعة الجافة إلى فشل الحكومة فى تنفيذ هذه
التوصيات ، كما يرجع إلى الدعايات المغربة التى شجعت « المنتفعين Homesteaders »
على زراعة الأراضى الجافة بأساليب الزراعة الرطبة غير الملائمة . كما أثبت هذا
الإخفاق عدم مراعاتهم للظروف البيئية وكيف كان من السهل تدمير الموارد البيئية
الأساسية من تربة ونبات طبيعى . وبالمقارنة فقد استمرت نظم الزراعة الجافة الدقيقة
والمتكاملة بنجاح فى شمال إفريقيا حتى الوقت الحاضر ، وتسود هذه الأساليب معظم
الأراضى الزراعية فى هذا الجزء ، فينمو الذرة فى المغرب على ساحل مراكش الأطلسى
دون ، غير أن أوضح الأمثلة على الزراعة الجافة تتمثل فى صفاقس بتونس حيث تزرع
تجمعات الزيتون على نطاق واسع فى التربات الرملية الملائمة على أمطار تقل عن ٢٥٤
ملليمتر (١٠ بوصة) سنوياً . ومن الطريف ما رآه « باول » من أن الزراعة الجافة
ممكنة ، فقط فى المناطق ذات التربات الرملية . وتعزيز رطوبة التربة مما يسقط على المنطقة من
أمطار بالاستفادة من المياه السطحية ذات المجارى المحددة أو غير المحددة ، يؤدى من
شأنه إلى الأهتمام بأساليب الزراعة التى تضم شبكة دقيقة متشعبة من المشاريع المائية
التي ينبغى أن ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتفاصيل سطح الأرض ، ونظم التصريف النهرى ،

والمستويات التكنولوجية ، والتنظيم الاجتماعي ، وهذا الموارد المالية . فمن جهة ، هناك السدود البدائية التي يلقي بها عبر مجارى المنحدرات الصغيرة التي قد تجرى فيها المياه سنة كل عشر سنوات . ومن جهة أخرى فهناك السدود الضخمة المقامة على الأنهار الدائمة الجريان والرئيسية في العالم مثل النيل والسند والكلورادو . ويصعب تحديد المنسوب الذى تنتهى عنده الزراعة الجافة على المياه الجارية وتبدأ عنده الزراعة على الرى إلا وفق مدى مساهمة النشاط البشرى فى ذلك . فحينما تزود الحقول بالمياه بواسطة مياه الفيضان الناتجة عن رخات الأمطار الفصلية على المنحدرات والمراوح الإسايية المائية أو فى مجارى الأنهار ذات الفيضانات الفصلية ، تكون الزراعة عندئذ نوعاً من الزراعة الجافة فى ظل ظروف تضاريسية (أرضية) معينة رغم أنها قد تشتمل على بعض المحاولات البدائية للتحكم فى المياه وتحويلها . وقد ميز هذا النوع من الزراعة كثيراً عن الزراعة على الرى ، وغالباً ما تعرف بالزراعة على الفيضان (الفيضية) أو الزراعة فى قيعان الأودية بعد أنحسار المياه الفيضان عنها .

وتوجد أبسط أساليب الرى فى أجزاء عديدة من العالمين القديم والجديد كما هو الحال فى تونس وإقليم طرابلس ، أو فى جبال إيران وبلوخستان ، أو قديماً فى جنوب غرب كلورادو . وتقام السدود من الأحجار والشجيرات على مجارى الأنهار الصغيرة الوقتية ، أو حتى عبر الأحواض الضخمة على منحدرات التلال لوقف المياه المحددة وغير المحددة الجريان ، وتقليل حدة النحت الخلقى وكذلك التقليل من التعرية على نطاق واسع . وهى ترسيب الغرين الذى كان يجرف على المنحدرات وعلى طول المجارى المائية خلف هذه السدود ، تربة ملائمة لنمو النباتات . تؤدى الفيضانات الفصلية أو الوقتية إلى تكوين طبقات جديدة من الغرين ، فتجدد بذلك خصوبة التربة . أما مشكلة تفويض هذه السدود البدائية بفعل رخات الأمطار القصيرة العنيفة غير المألوفة ، فقد حلت بإقامة سدود متتالية على طول هذه المنحدرات . وقد لا تتعدى أهمية هذا النظام المحافظة على المياه لفترة أطول مما قد يحدث بواسطة أخرى ، غير أنه

قد يزداد عليه تدريج منحدرات التلال بشكل يؤدي إلى تقليل سرعة جريان المياه على طول هذه المنحدرات ، وزيادة الوقت المتاح للتسرب المائي .

وتهيئ قيعان الأنهار الكبيرة في المناطق ذات الأمطار الفصلية قيام نوع من الزراعة على الفيضان يكون الحصول فيه على المياه مضمونا بدرجة أكبر ، إلا أنها تواجه مشكلات السيطرة على سيول الفيضانات اللاحقة المدمرة التي قد تغمر أو تكتسح رسابات الغرين المختلط بالحصى والحصباء الكبيرة . وعلى الرغم من ذلك ، فقد مارست جماعة الهوى Hopi الهندية الزراعة في قيعان الأودية التي انحسرت عنها المياه الفيضان (بصورة أنجح من زراعة السهل الفيضي) في هضبة الكلورادو ، ووادى ريوجراند بالولايات المتحدة الأمريكية ، كما استخدمها الفلاحون في وادى إبرو Ehro في قطالونيا بشمال شرق أسبانيا . حيث أن المظاهر الجيومورلوجية التي يتميز بها قاع الوادى النهري تشتمل على مجموعة من القنوات الدائمة الاتصال والانفصال ، والتي تختص كل قناة منها بنسقطولى من الإرسابات الغرينية والرملية والحصى ، فإنه يبدو واضحاً أن يكون هناك نمط مماثل في زراعة الحيوي يتغير من سنة لأخرى تبعاً لتغير تلك القنوات .

ويتكرر عدم الاستمرار في نمط الزراعة على المروج الإرسابية المائية التي تؤدي إلى حدوث مشكلات خاصة بالاستغلال وذلك عندما تفوق عمليات التحت عمليات الإرساب . ويعتبر بناء الشكل المخروطى العملية المميزة لفعل الأنهار وذلك نتيجة التغير الفصلى في مجاريها التي نادراً ما تتعمق في سطحه ، ومن ثم تصبح مشكلة الزراعة هي التأكد من القنوات التي ستجرى فيها مياه الأمطار القادمة . ويستلزم هذا بناء نوع من الجسور البسيطة لحفظ المياه في القنوات المختارة لزراعة المحاصيل بها عندما تقل الأمطار . وما هذه التطويرات إلا خطوة أكثر تقدماً من مجرد تحويل المياه بواسطة السدود الطينية أو الخنادق . ويؤدي استخدام هذه التحسينات إلى نقل المياه حيث تلك المناطق التي لا تتمتع بأى من النمطين سالفى الذكر (الزراعة في قيعان الأودية

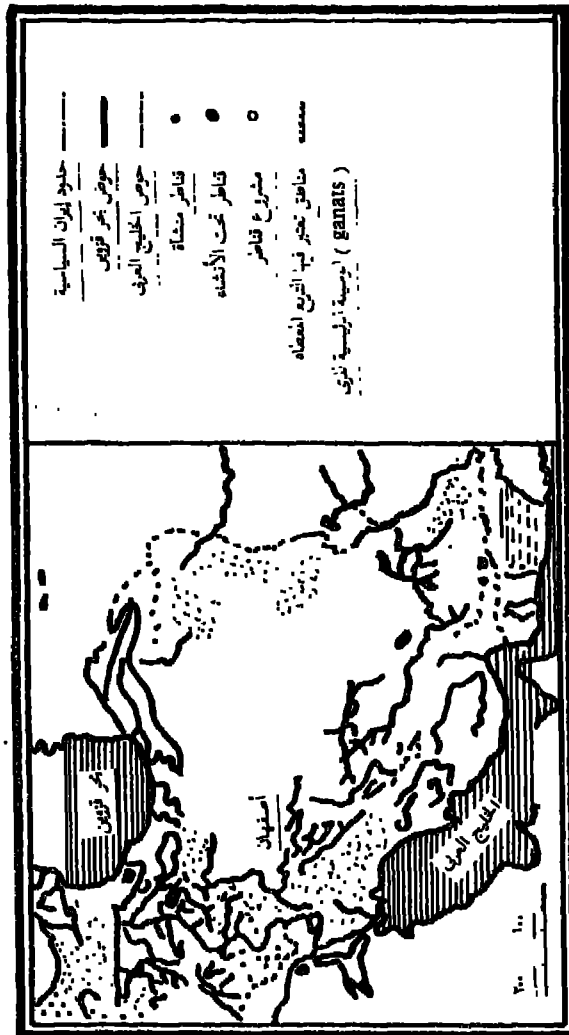
عقب أنحسار مياه الفيضان عنها ، والزراعة بواسطة تحديد مسارات مياه الفيضانات فوق المراوح الإرسائية) — ذلك النظام المطبق في حضيض جبال أطلس بتونس بأستخدام السدود والقناطر وقنوات التحويل التى تؤدى بالمياه إلى الجهات التى أختيرت خصيصاً بفضل طبيعتها وتكويناتها السطحية التى يسهل معها تسويتها وتدرجها . هذا وقد استخدمت قنوات تحويل المياه من أمام السدود المقامة على الأنهار الفصلية ، وتحويل مياه الفيضانات الفصلية إلى المناطق الحوضية التى أختارها الزراع لخصوبتها ، والتى كثيراً ما استخدمها جماعة « الهوى » الهندية والمصريون القدماء . وكانت زراعة المحاصيل الشتوية كالقمح والشعير والعدس والبصل والكتان ممكنة فى وادى النيل حيث الفيضانات المنتظمة وكمية المياه الكافية التى تسمح بالزراعة الحوضية . وقد استفاد هذا النظام فى الأصل من تحذب السهل الفيضى على طول الجرى المائى ، حيث يبنى النهر جسورة الطبيعية من مواد أكثر خشونة بينما يلقى بالغرين الناعم على سطح الأرض الأكثر انخفاضاً . خلف تلك الجسور عندما يبلغ الفيضان أقصاه . ويمكن عقب انخفاض الفيضان تربية الحيوانات وزراعة الحبوب على الأراضى ذات التكوينات الدقيقة التى لا تزال محتفظة برطوبتها ، وذلك على الرغم من أن خطر الفيضانات الفصلية قد حدد الاستقرار الدائم على الجسور الطبيعية العالية وعلى الضفاف النهرية . وتهىء ظروف الدلتا فرصاً مماثلة للزراعة الحوضية عن طريق قنوات التحويل أو بدونها ، وذلك على الرغم من أن امتداد المناطق المزروعة يكون هنا بشكل طولى نظراً لارتباطها بالأفرع النهرية التى تمتلئ فصلياً بالمياه . وفى ظل ظروف الفيضان الفصلية هذه ، يتجنب الزراع إجهاد التربة وذلك بالتشديد على عدم زراعة أكثر من محصول واحد سنوياً ، فيسلمون من مشكلات تراكم الأملاح فى التربة وتشبعها بالمياه . وعلى الرغم مما قيل كثيراً من أن مصر هبة النيل وطميه ، فمن المؤكد أيضاً أن إراحة الأرض الإجبارية التى فرضها الفيضان الفصلية كانت مساوية من حيث الأهمية . فتسمح إراحة الأرض فى كثرة أنحسار مياه الفيضان عنها بتهوية التربة كما يساعد تفتح

مسامها على غسل ما بها من أملاح بمياه الفيضان التي تجدد خصوبتها أيضاً بما ترسبه عليها من غرين . وتؤدي استجابة الزراع لهذا النظام إلى تجنب جذب التربة الناتج عن تركيز الأملاح فيها وتشبعها بالمياه ، وهما من عيوب الري المستديم . ومهما كان الأمر ، فالري الدائم مزاياه العديدة التي تفوق مزايا الري الفصلي ، من حيث الغلة وتنوع المحاصيل الزراعية اللازمة للاستهلاك والتصنيع ، وكذا اتساع رقعة الأرض الزراعية وانتشار السكان الذي تقيد به المهارات الفينة والموارد المالية ومصادر المياه السطحية والجوفية في المناطق الجافة .

ولقد أتاحت المراوح الإرسائية ، مع تطوير الأساليب الزراعية ، فرصة تحويل المياه الجارية الفصلية إلى نوع من الري المستديم أو شبه المستديم الذي ما يزال يستخدم على نطاق واسع ، كما يسمح بالزراعة الدائمة للحبوب والخضروات والفواكه الشجرية بدرجة أكبر . ويساعد تدرج تكوينات المراوح الإرسائية من مواد خشنة عند قمته إلى مواد ناعمة عند الأطراف على غوص مياه الفيضانات الفصلية في الأجزاء العليا من تلك المراوح ، كما تساعد إقامة السدود البسيطة عند أطراف التكوينات الخشنة على زيادة كمية المياه المتسربة . وتتضافر هذه الخصائص الأرضية وهذا الأسلوب (بناء السدود) تتحول مياه الأمطار الغزيرة الوقتية أو الفصلية إلى مياه أرضية مستديمة . ففي إيران يحول انعدام الأمطار في الفترة من مايو إلى أكتوبر دون ممارسة الري في فصل الصيف . وحيث ترتفع نسبة الجبس والملح في مياه أنهار تلك المنطقة فقد عرف السكان منذ القدم أن المراوح الإرسائية عند أقدام المناطق التلالية يمكن أن توفر كميات ضخمة من الماء الأرضي على درجة من العذوبة يمكن لكل من الإنسان والنبات والحيوان أن يتحملها . ويحفر عدد من الآبار في الجزء العلوي من المروحة الإرسائية بأعماق تقرب من ٩٢ متراً (٣٠٠ قدم) تحت سطح الأرض ؛ يمكن التوصل إلى تحديد نطاق إمدادات المياه الأرضية الوفيرة والتي يتحدد على ضوءها موقع البئر الرئيسية . وتحفر آبار أخرى على أبعاد تتراوح بين ٩١ — ٢٧٤ متراً (٣٠٠ — ٩٠٠

قدم) للتعرف على مدى استمرار وميل مستوى الماء الأرضى ، ثم تربط هذه الآبار بدورها بواسطة أنفاق تعرف فى إيران بالقنوات Qanats وفى مناطق أخرى ، « بالفجارات Foggaras » ؛ كما تسمى « بسلاسل الآبار Chains of Wells فى قبرص وتستلزم هذه الآبار وتلك السراييب الباطنية معرفة على درجة كبيرة من التخصص بهيدرولوجية الماء الأرضى ، كما أن إقامة كل منها والحفاظ عليها صعب ومكلف . كما يجب أن تكون هذه السراييب كبيرة بدرجة تسمح باستمرار صيانتها أثناء استخدامها ، فلا يشغل الماء من مقطعها العرضى سوى جزء صغير لا يتعدى قطرة ١٢٠ متراً (خمسة أقدام) على الأكثر . وتمثل الآن أكثر من أربعين ألف قناة عماد الرى فى إيران ، وذلك على الرغم من المشكلات المتعلقة بتوفر الأيدى العاملة المتخصصة اللازمة لإنشاء هذه القنوات وصيانتها ، وما تتطلبه من رؤوس الأموال الضخمة والتكاليف المتكررة وتوزيع المياه على الحقول والأشجار عند أطراف المراوح الإرسائية . كما يستخدم الماء فى طريقة لإدارة طواحين المياه التى تستخدم فى طحن الحبوب . وترتبط نظم توزيع الزراعة وأماكن الاستقرار ارتباطاً وثيقاً بهذه الأشكال التضاريسية المتميزة . (شكل ١٠) .

ويعطى الرى المستديم من الأنهار العابرة Allogetic عن طريق استخدام السدود وقنوات التحويل — الآن وكما كان فى الماضى — أعظم الفرص للتجمعات البشرية الكبيرة ، وكذا نشأة وتطور حضارات الأنهار . وتتمثل أبسط أساليب الرى المستديم فى اعتراض مجرى النهر بعائق ما لتحويل المياه وتوجيهها إلى الحقول . وتشتمل الأساليب الأكثر تطوراً على بناء القنوات ، مثل قنوات الدلتا على النيل شمال القاهرة مباشرة ، وقناطر Sukkur على نهر السند ، وقناطر « الهندية Hindiya » و « الكويت Kut » فى أراضي ما بين النهرين (ميزوبوتاميا) . والغاية من هذه القنوات هى رفع المياه أمامها بدرجة تسمح بتحويلها بواسطة الترع إلى الأراضي المنخفضة . ولقد أنجحت قناطر الدلتا على النيل فى تحقيق هذا الهدف ، فعندما زادت رقعة الأرض المزروعة وزاد عدد



شكل ١٠ : وسائل الري في إيران
عن : (620 - 597 pp. 70, 1961, 70, Geogr., 1961, 70, pp. 597 - 620)
(Bernont Annls. Geogr., 1961, 70, pp. 597 - 620)

السكان ، استلزم ذلك تقوية هذه القناطر عام ١٨٨٤ لمواجهة المتطلبات المتزايدة من المياه ، وعندما عجزت عن تحقيق هذا الغرض بنت السدود والخزانات . ولقد بنى أول سد تخزين على النيل في منطقة الشلال الأول حيث يشق النهر مجراه في الصخور الجرانيتية . وتعتبر سدود التخزين شائعة الانتشار على كافة الأنهار الرئيسية في المناطق الجافة . ولد أسوان أهمية خاصة بين هذه السدود إذا ضاف نصف مليون فدان إلى الأراضي الزراعية في مصر السفلى . وعندما زاد الطلب على المياه — كما حدث في حالة قناطر الدلتا — استلزم ذلك تعليته للمرة الأولى في عام ١٩١٢ ، وللمرة الثانية في منتصف عام ١٩٦٠ حتى يكمل الحاجز الصخري ، الذي لا يقتصر على الإمداد بالمياه اللازمة للرى ، بل يتعدى ذلك إلى توليد القوى الكهربائية أيضاً . ويصبح الاستمرار في استخدام مياة النيل للرى واضحاً حينما نعلم أن قناطر إدفينا على فرع رشيد قد أستكمت في عام ١٩٥٢ لمنع البحر المتوسط من الاختلاط بمياه النيل ومنع النيل من الضياع في البحر . ويمثل تضافر هذه المجموعة من السدود والقناطر الدقة المتناهية في تنظيم عملية الإمداد بالمياه للرى المستديم ، ويصعب أن نجد له مثيلاً في أجزاء أخرى من العالم . وقد تطلبت أعمال الرى في أودية الأنهار الدائمة الرئيسية في الأراضي الجافة كوادى النيل ، طاقة عمل كبيرة على درجة عالية من التخصص (على غرار بناء القنوات Qanats في إيران) في هذه الفترة الزمنية المبكرة ، فأدى ذلك إلى نشأة محلات عمرانية كبيرة مثل موهنجو دارو Mohengo Daro وهارابا Harappa في حوض السند . وكان نمط التطور هنا في أساليب الرى مماثلاً إلى حد ما هو عليه على النيل ، مبتدئاً من الزراعة الحوضية على مياه الفيضان إلى قنوات التحويل التي بلغت الذروة في عام ١٨٥٩ عندما حفرت قناة Doab على نهر بارى الأعلى Upper Bari للريطة بنهر رافى Ravi بواسطة قناطر عند مادهور Madhopur . وتم تطوير هذا النظام في عام ١٩١٧ ببناء قناتى Sidhnai وشيناب الدنيا Lower Chenab وأخيراً تم ربط نهر جليم Jhelum بنهر شيناب Chenab وكذلك بنهر رافى Ravi عن طريق المشروع الثلاثى الكبير Crand Triple Project في عام ١٩٢٢ ، فبناء قناطر غلام محمد

Ghulam Mohammad قرب حيدر آباد ، ثم بتشيد قناطر جدو Guddu حديثا والتي تقع على مسافة ١٦٠ كيلو مترا (١٠٠ ميل) من Sukkur ناحية المنبع .

ولقد عملت نظم الري التي توقشت حتى الآبار بفضل الانسياب المائى المتأثر بالجاذبية ، سواء من المجارى الفصلية أو الأنهار الدائمة أو من الماء الأرضى ، كما هو الحال فى نظام القنوات Qanats بايران . ومع ذلك فقد أشتملت أساليب الري على استخدام بعض الوسائل التي اعتمدت على أسس ميكانيكية لرفع مياه الآبار أو الأنهار حيث يتم توصيلها النهاى إلى الحقول بواسطة نظم الري التي تعتمد على فعل الجاذبية . وتتباين هذه الوسائل لإبتداء من بركة أرشميدس القديمة (تصنع الآن من الصلب المطروق وتضاهى المضخات الحديثة فى كفاءتها وتكاليها) ، والشادوف أى الدلو المعلق فى صارى خشبى ذى ثقل فى الجانب الآخر ، والنوريا Noria أى العجلات الفارسية التي ترفع الماء فى دلاء معلقة فى عجلات خشبية تتحرك ببطء (١) ، إلى آلة الديزل أو المضخات التي تدار بالكهرباء ولقد شهدت الآبار ذاتها تطويرات مماثلة ، فتنورت من الآبار التي تحفر يدويا والتي تجمع الماء الأرضى القريب من السطح ، الآبار الحديثة فى كل من باكستان والهند حيث أنابيب الصلب المجوفة التي تدق الأرض لمسافة ٩١ مترا (٣٠٠ قدم) وتعمل بمضخات تدار كهربائيا لتروى ٢٢٤ هكتارا (٨٠٠ فدان) من القطن والذرة الرفيعة وقصب السكر صيفا ، والقمح والذرة الرفيعة شتاء . ويوجد من هذا النوع قرابة الألفى بئر فى منطقة Uttar Pradesh وحدها وترفع المياه من الحوض الإرتواى العظيم فى كوينزلاند الآن إلى السطح عن طريق ما يزيد على الألفى بئر تنتج ما يربو على ٢٥٠ ألف جالونا يوميا .

ويختلف رفع المياه ، على هذا النطاق الكبير ، عن تلك الكميات الصغيرة التي يتم الحصول عليها فى زراعة البساتين بالواحات الصغيرة فى ليبيا . ففي واحة جالو تحفر الآبار فى الرمال بقطر أكبر من المطلوب ، ثم تبطن بمجذع النخيل لمنع الجوانب الرملية

من الأنهار ، وعادة لا يمتد سور جنود النخيل إلى قاع البئر وذلك لأن المياه المتسربة على عمق حوالى ثلاثة أمتار (٨ — ١٠ قدم) من بعض هذه الآبار في قرب أو دلاء من الصفيح ، ويعمق في البعض الآخر من الآبار منحدر يستطبع الحيوان أن ينزل عليه ليرفع الماء بخطة ذكية ليلقى بها في جابية للمياه . وتنقل المياه من الآبار الرئيسية بواسطة قنوات ذات عمق يبلغ ١٥ سم (٦ بوصات) ، وينظم توصيل المياه إلى فروع هذه القنوات بواسطة سداد من الرمال . وغالباً ما تزرع المحاصيل المختلفة في القنوات الرى ذاتها ، وتحمى البادرات الصغيرة والشتلات من أشعة الشمس بواسطة مظلات من سعف النخيل . (شكل ١١) . ويحصل اللفت والبصل والطماطم على المياه اللازمة من الريات التي تحدث مرات عديدة كل يوم . ويزرع للقرعيات مثل البطيخ والخيار ، والدخن والشعير والبرسيم الحجازى في مناطق صغيرة مكشوفة تروى من قنوات الرى . وعادة ما تقسم هذه المناطق إلى مربعات صغيرة بواسطة جسور من الرمل حيث تزرع غالباً أشجار النخيل الصغيرة التي تتطلب هى الأخرى رياً كثيراً . ومعظم هذه المحاصيل استهلاكية ، أما

الرعى الحرفة الطبيعية في المناطق الجافة

تشغل البقع والأشرطة الخضراء التي تمثل الزراعة على الرى ، والتي تظهر في صورة الأقماع الصناعية في الأراضي الجافة ، مساحة أصغر بكثير من تلك التي تشغلها أنماط أخرى للاستغلال الأراضى في تلك البيئة . كما تسد الزراعة الجافة بعض الفراغات ، غير أن أعظم هذه الأنماط جميعاً من الناحية الاقتصادية وأكثرها استجابة لظروف البيئة الجافة هو الرعى . والرعى على الرغم من ذلك يشتمل على وسائل عديدة للحياة ومستويات معيشية متباينة . فهناك المراعى الغنية لكل من الماشية والأغنام في الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا والتي تقوم بإنتاج اللحوم والجلود والصوف كاستثمار تجارى قائم على مساحة من الأرض تقدر بمئات الأميال المربعة ومستخدماً بضعة عشرات من

العاملين . ويخالف مثل هذا النمط من الرعى كثيراً رعى البدو الرحل في العالم القديم الذين لا يهدفون من ورائه سوى العيش هم وأفراد قبائلهم . فهناك في الحقيقة أنماطاً مختلفة الرعى مثلها في ذلك مثل الأنماط المختلفة الزراعة في الأراضي الجافة . ويعتبر الرعى وسيلة من وسائل الحياة التي كانت عرضة للتغيرات السريعة التي تسببت فيها تغيرات عناصر البيئة في الظروف المناخية وخاصة في سقوط المطر ، هذا بالإضافة إلى الضغوط الاجتماعية والاقتصادية .

وتشير الأدلة من العالم القديم إلى أن منطقة جنوب غرب آسيا هي المنطقة التي استؤنست فيها أول الحيوانات ، وذلك على الرغم من عدم التوصل حتى الآن إلى اتفاق تام حول الكيفية التي تمت بها عمليات الاستئناس . فيعتقد البعض أنه في المناطق التي تكون فيها رقعة الأرض الخضراء محدودة كما هو الحال في معظم الأراضي الجافة ، تكون الحاجة ماسة إلى أسر بعض الحيوانات والاحتفاظ بها لحين الحاجة إليها . ويفضل البعض الآخر الرأي الذي يقول أنه أثناء فترة الجفاف التي تبتعت الفترات المطيرة المتوافقة مع الفترات الجليدية ، كان على كل من الإنسان والحيوان أن يجلبا — بحكم حاجتهما المشتركة — نحو مصادر المياه ، فكانت هناك منطلقات الاستئناس بسبب هذه الوحدة من أجل البقاء . أما في المناطق الأكثر مطراً حيث تكون الأراضي الخضراء شاسعة ، يمكن أن تعيش مجموعات بشرية كبيرة فوق مستوى الاحتياج اليومي ، كما يصبح عندها من سعة الوقت ما يمكنها من ممارسة بعض الأعمال الفنية التي وجدت لسكان ما قبل التاريخ على جدران الكهوف الموجودة في كل من لاسكو Lascaux في فرنسا ، وألتاميرا Altamira في أسبانيا ، وفي الرسوم الصخرية في مرتفعات الحجار بالصحراء الكبرى . ففي مثل هذه الأماكن وفي ظل ظروف مناخية كهذه ، لم تكن هناك حاجة إلى استئناس الحيوانات حيث كان الإنسان يحصل على ما يحتاج إليه من اللحوم باصطياد الحيوانات البطيئة الحركة ، هذا إذا علمنا أن الزيادة السكانية لم تقف الموارد الغذائية المحلية .

وتعطى الاستكشافات الأثرية الأدلة التي يمكن بواسطتها فهم أساليب الصيد المختلفة عند الإنسان البدائي ، إذ توضح هذه الاستكشافات أن صيد الحيوان لم يكن عشوائياً أو دون تمييز . فيبدو أن إنسان نياندرتال الذي كان يعيش في الكهوف منذ أربعين ألف سنة في شانيدار Shanidar بالعراق قد احتسب تخصصاً في الفصائل الحيوانية التي كان يصطلدها . فعلى الرغم من أن الحمار الوحشي كان يوجد في الأراضي السهلية الممتدة عند أقدم الأراضي التلالية ، وكان المعز يوجد في المناطق التلالية ، فإن العظام التي وجدت في المخلفات الأثرية لمطابخ تلك الفترة كانت للمعز وليست للحمار الوحشي . وتدل الاستكشافات الأثرية الحديثة في منطقة « على كوش Ali Koosh » في خوزستان العليا في جنوب غرب إيران ، ١٩٤٢ ، على سرعة تطور الزراعة في وادي Imperial-Coachella الذي تنصرف مياهه إلى بحر Salton Sea . وفي القسم الشمالي من وادي Coachella يزرع نحو ٢٤٢٩ هكتاراً (٦٠٠٠ فدان) ، بنخيل البلح ، وما يزيد عن ٢٨٣٤ هكتاراً (٧٠٠٠ فدان) بأنواع مختلفة من العنب الخالي من البذور ، بينما خصصت مساحة ١٠٠٠ هكتاراً (٢٥٠٠ فدان) لزراعة محاصيل العلف مثل البرسيم الحجازي وأعشاب الرعي حيث تسمن الحيوانات قبل نقلها لسوق لوس أنجلوس . وهناك في هذه المنطقة تركيز شديد على ميكنة كافة الأعمال الزراعية ، فحتى عملية الحصاد تتم فيها بواسطة الآلات . وإلى الجنوب في وادي Imperial حيث التربة الأثقل ، يكون التركيز بدرجة أكبر على زراعة المحاصيل الحقلية وخصوصاً الستوية منها كالخس والطماطم والبطيخ والبالاء والجزر ؛ تلك المحاصيل التي تنقل إلى الشرق في لوريات وعربات السكك الحديدية المخصصة لذلك . وبالإضافة لهذه الـ ٢٥٩٠٠ هكتاراً (٦٤ ألف فدان) من محاصيل الخضر التصديرية فهناك أيضاً ١١٣٣١ هكتاراً (٢٨ ألف فدان) من القطن ، ١٣٧٥٩ هكتاراً (٣٤ ألف فدان) من بنجر السكر الذي يكرر محلياً أو في المنطقة الساحلية .

ويستلزم الرى المستديم على هذا النطاق الكبير استخدام رؤوس الأموال الضخمة في

بناء الخزانات وشق الترع ، وهو ما يستحيل تنفيذه بغير مساعدة الحكومة . فبفضل هذه المساعدة أمكن إقامة نظام معقد من السدود على نهر الكلورادو وروافده ، وهي حصيلة فترة الاستصلاح التي بلغت أوجها في عام ١٩٣٠ ، رغم أن تنفيذها جاء متأخرا بعض الشيء عن توصية باول في أواخر القرن التاسع عشر وتلا إقامة السد الأول بالقرب من Yuma إقامة سدود أخرى مثل سد هوفر Hoover وسد باركر Parker وسد ديفر Davis على نهر الكلورادو في صحراء موهيف Mohave ، وإقامة سدى جلسبي Gillespie وكوليدج Coolidge على نهر جيلا Gila ، وإقامة سدى هورس شو Horseshoe وبارتلب Bartlett على نهر فرد Verde وسد روزفلت Roosevelt على نهر سولب Saltt ونستمد واحدة Phoenix بصحراء أريزونا مياهها من سد روزفلت الذى يبعد عنها مسافة ١٨٨ كيلو متر (١١٧ ميل) فيروى ما يزيد عن ٧٦٨٩ هكتار (١٩ ألف فدان) من محاصيل البلح والزيتون والبرتقال والعنب وكذلك القطر والبرسيم الحجازى وتبع تطور نظام الري في ستراليا قيام مشروعات مماثلة لتلك التي أقيمت في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية . فقد أدى تشكيل هيئة نهر مري River Murray Commission في عام ١٩١٥ على سبيل المثال إلى إقامة بته سدود تخزين رئيسية للتحكم في مياه الفيضان وعمليات الري وحديثا أدى المشروع المعروف بأسم Snowy River Scheme إلى تحويل المياه إلى نهر مري وإلى توليد الكهرباء . وفي الهند تبنى هيئة تطوير الثار Thar Development Authority والتي قامت في سنة ١٩٤٩ ، أن المشروعات الحكومية القومية ضرورية من أجل التطور الزراعى على نطاق واسع كما كان الحال في مصر ؛ غير أن المساعدات المالية العالمية تعتبر ماسة وضرورية بالنسبة للأقطار النامية .

وعلى الرغم مما كان الري المستديم من أثر مفيد وأكد على اقتصاد أقطار الأراضى الجافة ، إذ يسمح بزيادة السكان وبمستويات معيشة أعلى من تلك التي يمكن تحقيقها بواسطة الزراعة أو الري الفصلى ، غير أنه قد خلق مشكلات بيئية وأدى إلى إنكماش

رقعة الأرض الزراعية عما كانت عليه في بعض المناطق . فإذا كان بوسع الماء أن يجعل
 الصحراء مزدهرة فبأستطاعته أيضاً أن يجذب التربة فيكون أثره في ذلك كأثر تعرية
 الرياح لها في ظل أساليب الزراعة الجافة الفقيرة ، ويرتفع مستوى الماء الأرضي نتيجة
 الإسراف في تزويد التربة بالمياه عن الحد المطلوب في ظل ظروف الصرف الرديء فتتكون
 نتيجة لذلك البحيرات والمستنقعات محل الأراضي الزراعية كما هو الحال في أجزاء من
 دلتا النيل والسند . ويجب العناية بتزويد المنطقة بالمصارف ومحطات الصرف اللازمة
 للمحافظة على المستوى المناسب للماء الأرضي ، والضرورة للبقاء على المساحات
 المروية صالحة للأنتاج . وإذا كان للرى المستديم أن يستمر دون إضرار التربة بتشبعها
 بالمياه فيجب شق الترع والمصارف بحيث تتوافق جميعها مع مناسيب الأرض التي تجري
 عليها ، كما يجب التحكم بدقة في نظم الزراعة . ولقد شجع ذلك على العودة إلى
 استخدام الوسائل القديمة لرفع المياه بغية التقليل من كمية المياه المستخدمه في رى
 الحقول . وغالباً ما يؤدي تشبع التربة بالمياه إلى زيادة نسبة الأملاح بها بدرجة قد لا
 تتحملها حتى معظم المحاصيل المقاومة للملوحة . ويزيد ما تحتوية التربة من الأملاح
 عندما تنتشر المياه عليها بكثرة من المجرى المائية الدائمة ومن الماء الأرضي الذي يحتوى
 على مقادير كبيرة منها . وبعض تربات الأراضي الجافة مالحة كما هو الحال في التربة
 القلوية البيضاء Solouchaks والتربة القلوية السوداء Solonchaks (أنظر صفحتى ١٤٠ و
 ١٤٢) ، بينما يفسد ارتفاع مستوى الماء الأرضي المالح مساحات كبيرة منها . وقد ينتشر
 مسحوق الملح على سطح التربة ، كما قد تذروه الرياح إلى مناطق كان يمكن أن تخلو منه
 لو لم تتعرض لهبوب هذه الرياح . ويعتبر غسل التربة ثم صرف مياهها وسيلتان
 علاجيتان ناجحتان في أراضي زراعة المحاصيل بكل من السد والنيل ، ولقد استخدم
 في أراضي النيل نظام المناوبات في الترع والمصارف . ولتجنب تشبع التربة بالمياه وارتفاع
 نسبة الأملاح بها ، تصبح الاستفادة من التضرس الطفيف في سطح الأرض ماسة
 وضرورية .

ويصاحب بناء سدود التخزين نقص كمية الغرين الذى ينتشر على الأرض الزراعية ، بينما تترآكم الإرسابات فى الخزائن ذاتة . ومن شأن العامل الأول أن يؤدي إلى فقدان خصوبة التربة إذ لم يعد الغرين ينتشر على الحقول كما هو الحال فى الزراعة الفيضية — هذا وتزيد الزراعة الكثيفة الأمر سوءاً . ومن ثم تحتاج الأراضى الزراعية إلى المخصبات الصناعية التى تدفع تكاليف استيرادها من ثمن القطن المصدر أو أثمان المحاصيل المعيشية فتقلل بذلك من عائدها كما هو الحال فى مصر . ويتطلب الأمر ضرورة إجراء عمليات التعميق المكلفة أمام السدود العالية المستخدمة فى الري بغية المحافظة على حجم المياه المختزنة ، كما تتطلب الترع ذاتها إجراء عمليات التطهير .

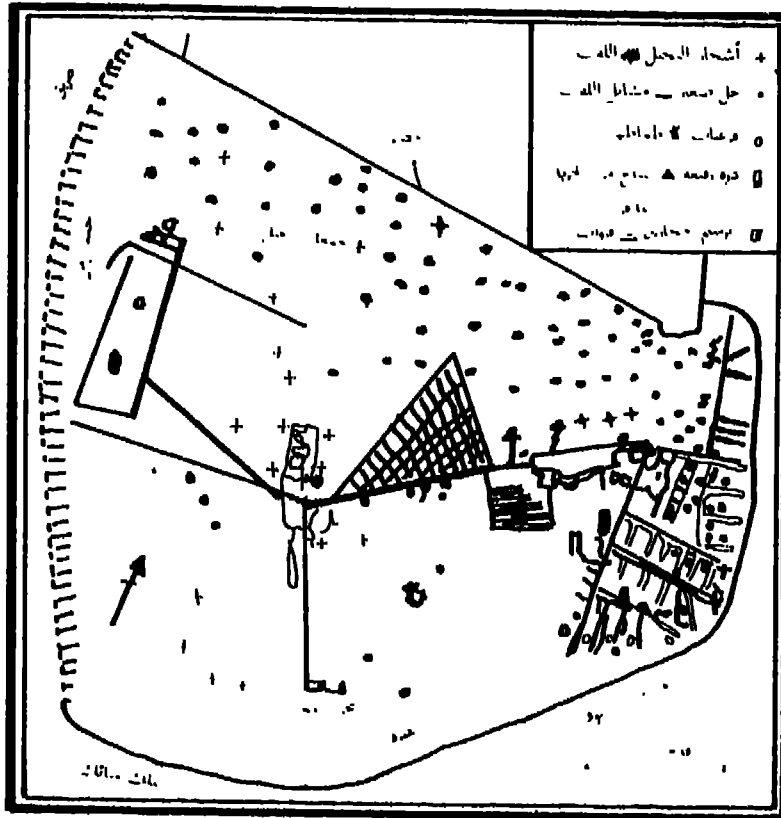
كما كان التغيرات الناتجة عن تحول المظهر الجغرافى الطبيعى فى الأراضى ذات الري المستديم آثار جانبية على درجة كبيرة من الأهمية تتعلق بعالم الحشرات والطفيليات التى تتكاثر خاصة فى ظل ظروف الرطوبة الملائمة لها الناتجة عن نظام الري المستديم ، ولهذا الحشرات والطفيليات آثار بالغة على صحة السكان وحياتهم الاقتصادية والاجتماعية . وتعتبر الأمراض المتولدة عن الحشرات والطفيليات فى مناطق الري المستديم بالعالم القديم غاية فى الوضوح ، ذلك لأن أحوال الصحة العامة أحسن بكثير فى صحارى استراليا وأمريكا حيث يسهل الحصول على العقاقير العلاجية والوقائية فى هذه المناطق . وحيث يتوافق ازدهام السكان الذين يعيشون فى مستوى الكفاف ومناطق الري المستديم ، يصعب هنا التحكم فى الأمراض المتوطنة التى ترتبط بالمياه الجارية والراكدة فى المناطق ذات المناخ الحار . وتعتبر الملاريا من الأمراض المتوطنة فى معظم واحات العالم القديم ، وهى مشكلة رئيسية منذ المحاولة الأولى للزراعة على الري فى أراضى ودلتاوات الأنهار . كما أن البلهارسيا التى تسبب الأمراض الكبدية والمعوية وتؤثر على الجهاز البولى ، قديمة هى الأخرى قدم التاريخ ، إذ اكتشفت بويضات متكلسة لأنواع من الديدان فى كليات الموميات المصرية القديمة . وتسبب بعوضة الأنوفيلوس *Anopheles* التى تنقل الملاريا إلى الإنسان ، وكذلك ديدان البلهارسيا المتطفلة أمراضاً مضعفة

أتضح أنها تدمر صحة سكان القطر وتؤدي إلى إخفاق مشروعات الري كلية كما حدث للمشروع الذى قام فى روديسيا الجنوبية بعد الحرب العالمية الثانية . ولهذا تير مشكلات الري المستديم والصحة العامة جنبا إلى جنب ، وقد يؤدي تطور أحدهما دون الآخر إلى حدوث كارثة إجتماعية .

وهناك بالتأكيد دروس عديدة مستفادة من مشكلات الري المستديم ، منها وربما أكثرها أهمية أنه مع تزايد مستويات التطبيق العلمى ، فهناك ميل لتجاهل المبادئ الأساسية للتوافق مع الظروف البيئية بدرجة تفوق استخدام أساليب التحكم فى المياه وتوزيعها وتطبيقها بدون تمييز ، فعندما ررعت المحاصيل على أساس فصلى وفق ما سمحت به حالة المناخ والماء ، وحينما أقيمت القرى على الحافات الهامشية لمصادر المياه ، كانت المشكلات المتعلقة بتشبع التربة بالمياه وارتفاع نسبة الأملاح بها والزراعة الكثيفة والصحة العامة أقل شيوعا كما أنها كانت تعالج ذاتها فى أغلب الأحيان . ولقد تحقق الآن خطأ النظم العالمية للري المستديم التى تتمثل فى إقامة السدود الضخمة وشق الترع الكبيرة لأنها تؤدي إلى الإطماء وزيادة معدلات البخر وفقدان المياه . وعندما يتبدد الماء بسبب مشكلات رئيسية تتعلق باستخدام الأرض ، ومن ثم يؤثر على الصحة العامة . وربما نستنتج أن نظام القنوات Qanats فى إيران هو أفضل النظم بالنسبة للعالمين القديم والجديد ، والذى يتم فيه تخزين المياه تحت الأرض مستفيدة من الأمطار الفصلية والدائمة . ويجب أن تخطط أساليب الري المستديم بدقة أكثر بحيث تلائم ظروف البيئة الطبيعية ولا تفرض عليها .

الباب السابع

الرعى : الحرفة الأساسية في الأراضي الجافة



سحل ١١ نموذج لحديقه في واحه حالب . رفة

الطماطم فتصدر إلى المدن الساحلية مثل مدينة بنغازي في شمال إقليم برقة ،
ويستخدم الرسيم الحجازي وبعض الشعير كعلف للحيوان . وعلى الرغم من الارتفاع
المستمر في درجات الحرارة ، فهناك نظام فصلي للنشاط الزراعي .

وتقع هذه الزراعة التي تستخدم فيها أساليب الاستفادة من المياه الجوفية
Hydroponics لرى المناطق الرملية التي تشبه رمال الصحراوات الحقيقية على طرفي
نقيض من تلك الأنواع من الزراعة التي تقوم على الرى المستديم للمحاصيل التجارية
على طول كل من كلورادو والنيل والسند . ويبين مشروع أعالي النيجر Upper Nigor
Project مدى هذا الاختلاف . فكانت الأجزاء العليا لنهر النيجر تنصرف من قبل في

بحر داخلي واسع ، فتكونت دلنا قديمة تمثل ٨٠٩٥٠٠ هكتار (١ مليون فدان) من الأرض الصالحة للزراعة لو توفرت المياه . وبدأ الفرنسيون دراسة لإدانة ذلك مع بداية عام ١٩٢٠ ، ولم يتم بناء قناطر سانانديج Sansanding وقنوات التحويل من نهر النيجر قبل عام ١٩٤٨ ، تلك التي بلغت تكاليفها أكثر من عشرة ملايين من الجنيهات . وبحلول عام ١٩٤٩ ، تم زراعة ما يزيد على ١٢١٤١ هكتارا (٣٠ ألف فدان) بالقطن الأمريكي متوسط الثيلة في الجنوب وبالقطن المصري في الشمال ، هذا بالإضافة إلى حوالي ١٤١٧٠ هكتارا (٣٥ ألف فدان) بالأرز ، ذلك المحصول الذي كان يرجى من راعته أن يحل محل الدخن الغذاء التقليدي الرئيسي للسكان في تلك المنطقة وفي مناطق أخرى بغرب إفريقيا ، كما كان يرجى أن يدخل الأرز على المنطقة أم لوب حياة بديل عن الرعي التقليدي لقطعان الماشية .

وعلى الرغم من إمكانية التوسع في زراعة القطن في دلنا النيل ، أو في السودان حيث مشروع الجزيرة الذي يعتمد على خزان سنار الذي يسمح برى ما يزيد عن مليون فدان ، أو في جمهوريات الاتحاد السوفيتي على خزاني Zeravahan و Kara Darya في إقليم Fergana ، فعلى المرء أن يتجه لجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ليجد التركيز العظيم للمحاصيل التجارية والصناعية . فمنذ بداية استقرار جماعة المورمانز Mormans في ولاية يوتا معتمدين على أساليب الري التي استخدمت في العالم القديم مثل استخدام الـ Noria (الساقية) ، فقد تطورت منطقة بحيرة جريت سولت إلى بستان عظيم يصبح بالفواكة كالتفاح والخوخ بفضل بناء ثرع الري الضخمة ، وأصبحت هذه المنطقة حقلا كبيرا للخضر تمد بها مدن الساحل الشرقي . وبحلول عام ١٨٧٢ ، استخدم الري على نطاق واسع في كاليفورنيا مبتدئا بإراعة البنجر ، ولكنه أصبح بعد ذلك أكثر تركيزا على زراعة الفواكة والخضر . ولقد ساعد شق القناة المعروفة باسم All-American Canal في عام على أنه في الفترة الأولى على استقرار الإنسان في تلك المنطقة كانت تصاد حيوانات متنوعة ، ولا يوجد هناك أي دليل على عملية

الاستثناس . غير أن المعز قد استؤنس فيما بعد وذلك كما يظهر في التغيرات التي طرأت على شكل القرون ، تلك التغيرات التي كانت متوافقة مع التغيرات الطبيعية الأخرى في عظام الحيوانات بعد استثناسها . ويبدو أنه كان هناك تخصصا محليا أو ربما إقليميا في استثناس الحيوانات ؛ ولقد أدى هذا التخصص ، عن طريق الاختلاط الحضارى والتجارى وتبادل الحيوانات ، إلى انتشار المهارات وإتقان عمليات الاستثناس في منطقة شاسعة من جنوب غرب آسيا وكان هذا التطور مصحوبا بإقامة محلات دائمة أو شبه دائمة في مناطق يكون فيها المرعى كافيا ومؤكدا إما بسبب الأمطار الفصلية الكافية أو بسبب الإرتفاع في منسوب الماء الأرضى ولقد نقب عن مثل هذه المحلات في جارمو Jarmo في الشمال شرق العراق ، وأظهرت هذه التنقيبات أنه حتى ٦٧٥٠ ق . م . قد تم استثناس المعز والخنزير والكلاب وربما الأغنام . وإلى الشمال من ذلك في شانيدار ، قد حددت طريقة كربون — ١٤ ، عام ٨٨٠٠٠ ق . م تاريخا لاستثناس الأغنام . وتعتبر هذه تواريخا متأخرة إذا ما قوربت بتلك التواريخ الخاصة ببعض أنواع الكلاب التي ارتبطت تعايشيا منذ فترات العصر الحجري القديم بمجموعات الصيادين المتنقلين .

ولقد واجه المستأنسون الأوائل للحيوان نفس المشاكل التي واجهها الزراع ، فكانت هناك ضرورة استخدام الموارد البيئية والاستفادة من النظام الفصلى الذى تحكمته فيه فترات سقوط المطر . وإنه ليبدو معقولا أن نفترض وجود توافق بين شكل الأرض وموارد المياه التى استخدمت في كل من أسلوبى الحياة الزراعية والرعية ، فأينما توجد مراعى غنية ، يحتمل أن تكون هناك فرصاً مواتية للزراعة ، وفي النطاق المناخى ذى المطر الفصلى ، أى المناخ شبه الجاف وليس المناخ الشديد الجفاف ، قد يتباين المرعى سنويا ، غير أنه يعتبر ذو دورة منتظمة حيث تكون عملية الرعى أكيدة في المنطقة الواحدة من سنة إلى أخرى . وقد توجد في المنطقة الواحدة ، على الرغم من تلك ، بعض التباينات الأرضية التى تختلف من السهول الفيضية إلى قنوات الأودية الصحراوية

والمراوح الإرسابية ، والتي لا يمكن استخدامها إلا بعد انحسار مياه الفيضانات عنها ، هذا بالإضافة إلى أراضي ما بين الأودية التي تعتمد فيها نوعية المرمى على كمية الأمطار التي تسقط عليها . وتكون مراعى أراضي ما بين الأودية مبكرة عن مراعى المجارى المائية ، غير أنها لا تستمر طويلاً إذ سريعاً ما تأتى الحشائش على ما فى التربة من رطوبة . ويضاف إلى هذه المشاكل الخاصة بالمراعى مشكلة الحاجة إلى تنظيم سقى القطعان ، الأمر الذى يحد من أرتحال الرعاة بأغنامهم وماشيتهن ومعزهم بعيداً عن مصادر المياه الأرضية ، وإن كان مجال أرتحال رعاة الإبل أكثر اتساعاً . كما ينبغى على الراعى أثناء دورته المكانية (أثناء تجواله بحيواناته) أن يؤمن لها فرصة الحصول على حاجتها من العناصر المعدنية فى غذائها ، إما عن طريق المراعى المختلفة التي تنمو فى أنواع من التربة متباينة من حيث تركيبها المعدنى ، وإما بإتاحة الفرصة أمام هذه الحيوانات للتردد من آن إلى آخر على الموارد الملحية بالمنطقة . وتعتبر هذه الدورة المحددة من الهجرة والترحال ماثلة إلى حد ما للحركة من مراعى الأراضي المنخفضة إلى مراعى المرتفعات فى منطقة جبال الألب ، وجبال الكرهات ، وجبال شبه جزيرة اسكنديناوه ، وعليه فيمكن تسميتها هى الآخر بالهجرة الفصلية Transhumance . وتعتبر هذه الهجرة تأقلاً تلقائياً مع الموارد البيئية ، وتتوافق هذه الهجرة مع زراعة بطون الأودية وزراعة الأحواض الصحراوية . وتؤدي هذه الحركة إلى تجنب أزدحام الإنسان والحيوان فى ظل ظروف ذات حرارة ورطوبة مرتفعة فى مكان واحد طول السنة ، وعليه فإنها تقلل من خطر الأمراض الحشرية والطفيلية على كل من الإنسان والحيوان . غير أن المشكلة الرئيسية هى فى أزدحام الحيوانات حول موارد المياه الجوفية التي وإن كانت كافية لسقى الأعداد الكبيرة من الحيوانات إلا أن المراعى المحيطة بها لا تفي بالحاجة الغذائية لتلك الأعداد . ويرتبط توزيع الرعى|الترحالى (الدورى) بنطاقات مناخية معينة ، كما هو الحال فى منطقة الساحل الصومالى والسودان إلى الجنوب من الصحراء الكبرى الأفريقية . غير أن هذا الارتباط لم يكن مباشراً وذلك لأن بعض القبائل يمكن أن توسع رقعة نشاطها لتطغى على نطاقات بيولوجية أخرى وذلك حينما يمكن أن تمدده

خبرتهم وروابطهم الحضارية . ولا يقتصر نظام الهجرة هذا على الرعى فى الأقطار النامية إذ أنه يستخدم فى صناعات الرعى الكبيرة فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية وإستراليا والتي ينبغى أن يكون فيها التحكم فى معدلات الرعى دقيقا على الرغم من وجود أحسن الظروف الإدارية لهذه المراعى .

وغالباً ما يرتبط الرعى المتنقل بمناطق زراعة الحبوب وأعشاب الرعى ، ويمكن أن يفسر على أنه استجابة تلقائية للبيئة على اختلاف مستوياتها الحضارية والتكنولوجية كما هو الحال فى إقليم التل فى شمال أفريقيا . وقد يصعب تفسير أسباب الرعى المتنقل ذلك الأسلوب المعيشى الذى غالباً ما يعتبر الخاصية المميزة للحياة فى الأراضى الصحراوية . فلماذا يضطر الرعاة إلى ترك وهجرة الأمان فى المناطق شبه الجافة ذات المطر الفصلى ويختارون لأنفسهم حياة غير مستقرة دائمة التنقل فى مناطق تتباين فيها الأمطار توزيعاً وكمية بصورة ملحوظة من سنة إلى أخرى . ولقد تبين على الصعيد العالمى أن الاحتياجات الشخصية للأنسان من مسكن ومأكل ووسائل دفاعية وكذلك من حيث تكاثره تلبى بأحسن صورة عن طريق العيش فى المناطق التى تسمح الموارد الطبيعية فيها بوجود أعداد بشرية كبيرة ، وعندما أظهرت مثل هذه الأعداد البشرية الكبيرة رغبتها عبر العصور التاريخية لجمع الممتلكات المادية رغبة فى زيادة راحتها أصبحت الخيمة المصنوعة من الجلد وقطع الأثاث البسيطة وأدوات المطبخ القليلة متضاربة (غير متمشية) مع الرغبات الأساسية لهذه التجمعات البشرية . وإذا كان الأمر كذلك — فلماذا كان لا بد للحياة الرعوية أن تستمر وتناضل هذه الفترة الزمنية الطويلة خاصة فى المناطق الجافة من العالم القديم ، وهى فى النهاية حرقه من أجل خدمة حيوانات لا تفى بحاجات كل الناس ؟ فالبدوى يحتاج إلى التمور والحبوب والسكر والشاى واللبن والأقمشة كأحتياجه للبن واللحم والجلد والوبر (الشعر) .

لقد كانت هناك عدة إجابات على هذه التساؤلات ، غير أنه لا يوجد جواب بعينه يمكن أن يكون شافيا . فلقد اعتقد توينبى Toynbee فى عام ١٩٧٥ أن التحدى المتزايد

للجفاف كان بمثابة العامل الرئيسى لزيادة النشاط الرعوى المتنقل سواء من قبل أناس كانوا أصلاً زراعاً أو رعاة دوريين (فصليين) Transhumants . كما ويعتقد أن بعض هؤلاء الناس قد أنتقل إلى أماكن أكثر رطوبة (الدليل على ذلك ليس دقيقاً) ، غير أنه يعتقد أن البعض الآخر قد قبل تحدى ظروف المطر غير المستقرة عن أن يستكين فى مناطق المطر الفصلى ، وأثر التحرك بقطعانه إلى مناطق كانت طرق الهجرة إليها محددة ينابيع أرتبطت بها مراعى لا يؤم العيش عليها لمدة طويلة . ولربما كان هذا النفر الأخير مقتنعا بالفكرة التى تقول أن أساليب الحياة المرتبطة باستئناس الحيوان أرفع وأرقى من حرفة الزراعة — هذا الاستئناس الذى يمكن أن يميز فيه بين استئناس يحتاج المرء فيه تدريب للحيوان كما هو الحال فى استئناس كل من الجمل والحصان والكلب واستئناس يتم بدون تدريب كما هو الحال بالنسبة للأغنام والمعز والماشية

وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن أن تكون هناك أسباب أخرى لشرح قبول الرعى المتنقل كأسلوب من أساليب العيش . فربما أدى تزايد السكان فوق طاقة المنطقة الرعوية إلى إكراه بعض المجموعات القبلية على الارتحال ، فى الوقت الذى يمكن للضغط السكانى فى المناطق الرعوية الصغيرة والتى تتصف بالحركة الفصلية إلى تغيرات بيئية نتيجة تأثير النشاط البشرى فى تغيير المظهر الجغرافى للمنطقة ، كما هو الحال فى زيادة أعداد القطعان وكثافة الرعى ، الأمر الذى يؤدى إلى استنزاف تلك المراعى وتعرية التربة وتعرية من شأنها أن تؤثر على صورة الغطاء النباتى فى تلك المناطق ، وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن فهم استمرار عملية الرعى عندما نعلم أن هذا الأسلوب المعيشى ليس منعزلاً تماماً عن أساليب الاستغلال الأرضى الأخرى ومجتمعاتها فى الأرضى الجافة ، إذ أنه فى الحقيقة مكمل لها بمعنى أن هناك تعاوناً بين الراعى المتنقل والزارع الذى يمارس الزراعة الجافة والزراعة على الرى فى الواحات .

ولقد نشأت هذه العلاقة إلى حد ما نتيجة الحاجة إلى تبادل المنتجات بين هذين التمثلين من الحياة الاقتصادية من ناحية ، أو نتيجة للمقدرة على الحركة والقتال التى

يتمتع بها الراعى من ناحية أخرى . فالزراع فى حاجة إلى الألبان واللحوم والجلود والصوف تماما كما يحتاجون إلى الحبوب . ففى المناطق ذات الأمطار الشتوية كما هو الحال فى شرق سوريا والأجزاء الشمالية من شبه الجزيرة العربية ، يبدأ الزراع فى الزراعة فى الخريف أى فى الوقت الذى تبدأ فيه الأعشاب فى الظهور على شكل مساحات غير متصلة من المناطق الصحراوية بين الأراضى الزراعية . فيبدأ البدوى فى الرحيل من مناطق استقراره ، ولا يبدأ الرعاة فى العودة إلى الأراضى الزراعية إلا بعد موسم الحصاد لرعى حيواناتهم على مخلفات المحاصيل الزراعية ، وعليه فإنه فى الفترة ما بين يوليو وأكتوبر يكون كل من الراعى المتنقل والزارع المستقر على اتصال وثيق . ويمكن لهذه العلاقات المنتظمة أن تؤدى إلى ارتباط اقتصادى أكثر وثوقا بين الصحراء والأرض الزراعية بحيث يمكن للجماعات الرعوية العودة تبعاً للنظام الفعلى لسقوط الأمطار إلى الأرض الزراعية أو إلى مناطق تجمعات التخيل . فجماعة Doui - Menia فى منطقة الساحل الصومالى تقوم بزراعة الحبوب كما تمتلك مزارع النخيل ، فى حين أن رعاة التيدا Teda والنجرو Negro فى هضبة تبستى يمتلكون مزارع نخيل فى الواحات ولكنهم لا يقومون بزراعتها شأنهم فى ذلك شأن الرعاة الرحل فى واحتى جالو وأوجلا فى الصحراء الليبية ، الذين يمكن رؤية خيامهم السوداء مرصوفة على هوامش الواحة أثناء فصل جمع البلح . ويستخدم رعاة التيدا وغيرهم من الرعاة العبيد فى زراعة أشجار البلح . غير أنه منذ إلغاء الرق مازالت جماعة الكامايا Kamayas (العبيد السابقون) مرتبطة اقتصاديا وإجتماعيا بأسيادها السابقين . ويساعد مثل هذا المزج والاندماج فى النشاط الإقتصادى على التمييز بين نمطين رئيسيين من الرعى ، ذلك النمط الموجود على هوامش الأراضى الصحراوية الشديدة الجفاف والتى تتميز بالأمطار الفصلية أو فى المناطق المرتفعة الممطرة ، وخير مثل على ذلك هو رعاة التيدا وبعض القبائل البدوية ورعاة الغرب Gharib فى تونس الذين يمكن اعتبارهم شبه رعاة ، ونمط الرعاة الحقيقيين الذين يكون أوتصالهم بالواحات ومناطق الاستبس الهامشية أوتصالا غير منتظم ، والذين يعتمدون فى عيشهم على المقايضة والتبادل التجارى . غير أنه لا يوجد فى الوقت

الحاضر حد واضح وفاصل بين هذين النمطين خاصة وأن أسلوب العيش الرعوى يعتبر في مرحلة انتقالية وحالة تغيير .

ويعتبر الرعاة الحقيقيون قليلوا العدد ، فهم أقل من ٧٥٠٠٠٠ نسمة في الأراضي العربية من الشرق الأوسط ، بينما يصل عدد شبه الرعاة في نفس المنطقة إلى حوالى ٢ مليون نسمة . ويعتبر حجم تجمعاتهم ذاتى التنظيم إذ أنه كلما زاد الضغط على المرعى اضطرت الرعاة من أجل البقاء إلى الانقسام إلى جماعات صغيرة تميل الصراع الدائم فيما بينها طالما أنها تتطلب نفس الموارد الطبيعية الممثلة في الكلاً والماء . وتعتبر هجرات هذه الجماعات القبلية محكومة بإمكانية وجود تلك الموارد التي قد لا يتوافق وجودها مع بعضها ، إذا أنه يمكن للينابيع أن تجف مياهها وما يزال الرعى موجودا بكثرة في المناطق المحيطة بها . ومفهوم المنطقة الرعوية يتباين تبعاً لأنواع حيوانات الرعى فهى بالنسبة لحيوان كالجمال قد يصل مداها إلى ٤٨ كيلو مترا (٣٠ ميلا) . وعلى الرغم من أن الكلاً قد يظهر في مناطق مختلفة من سنة إلى أخرى ، فإن الرحلات الرعوية تتبع إلى حد كبير دورة سنوية محددة تتحكم فيها منابع المياه وعلامات أرضية داخل حدود استقرت بعد خلافات وضعت الحروب نهاية لها . غير أن هذه الحدود ليست بأى حال من الأحوال دائمة الاستقرار ، إذ أن أية بادرة للضعف تجعل الرعاة في المنطقة المتاخمة يستغلونها بالعنف من أجل المرعى والماء .

ولا يهتم الرعاة أثناء رحلاتهم الرعوية بالحدود الدولية ، مما أدى إلى الاحتكاك بين الدول ، وظل هذا حتى كانت هناك معاهدات بين الدول المتجاورة بشأنها . ويمكن أن نسوق هنا من هذه الانفاقات الدولية العديدة بعض الأمثلة من منطقة الشرق الأوسط ومن القارة الأفريقية . فقد سمح اتفاق أنقرة بين كل من فرنسا وتركيا في عام ١٩٢١ للرعاة بالحركة بين كل من تركيا وسوريا دون دفع أى ضرائب . كما كانت هناك شروط تحفظ العلاقات على الحدود إلى الشمال من الموصل بين المملكة المتحدة والعراق وتركيا بمقتضى معاهدة أنقرة في عام ١٩٢٦ . كما أن كلا من إيطاليا ومصر قد توصلنا إلى

اتفاقية في عام ١٩٢٥ لتنظيم شئون الرعاة بحيث تسمح باستخدام الآبار والعيون التي توجد على الحدود أو القرية منها بين كل من مصر وليبيا . في حين أنه في عام ١٩٢٤ قد أتفقت كل من إنجلترا وفرنسا على اعتبار وادي هوا Wadi Howa على الحدود بين السودان المصري الانجليزي وغرب أفريقيا الفرنسي منطقة مشاعا تستعملها القبائل التي تعيش على جانبيه وتبين مثل هذه الاتفاقيات الأساس الجغرافي وكذلك ديناميكية تلك المجتمعات التي تتحكم العوامل البيئية في اقتصادياتها والتي ناهلتها الحدود الدولية . ويمكن مقارنة مثل هذه الخلافات تلك التي قد شبت حول استغلال مياه الرى من الأنهار الدائمة التي تجري عبر وحدات سياسيه عديدة

وتفرض عادة الإرتحال على الرعاة قيوداً عديدة . كما أنها تصبح مستحيلة بدون استخدام قرب المياه المصنوعة من جلد المعز ، أو حديثا بدون استخدام المحرك Jerrican . كما تحكمت إمكانيات النقل في أحجام الخيام وقطع الأثاث التي يستخدمونها وعندما يكون رأس المال على هيئة قطيع وليس في صورة نقدية ، يصبح من العسير فرض النظام ، كما تبين T E Lawrence فإن إمدادهم بالمال لا يحل تلقائياً مشاكل التعاون القبلى كما أن القوانين عندهم نساير المبدأ الذى يقول « العير بالعين والسن بالسن » وذلك لانعدام السجون وعدم وجود سلطة الرأى العام كما يود البعض اعتبار تربية الحيوانات عملا يعطى أعظم الفرص للتأمل والتفكير الفلسفى تلك الصفة التي أكتسبت نتيجة أنهار البدوى بقبة السماء التي يسبح بفكرة في أرجائها وهو مضطجع على رمال الصحراء الباردة في الليل .

ولقد أعطى موقع صحارى العالم القديم بين الأراضي ذات الإمكانيات التجارية لكل من إقليم السفانا والغابات المدارية المطيرة في الجنوب ، ومناطق الغنى في الشرق الأقصى ، وحضارات حوض البحر المتوسط في الشمال ، نمطا للحياة بديلا لمهنة الرعى وإن كان مشتقا منها ومرتبطا بها ومعرضا لضوابط بيئية مماثلة ألا وهو تجارة القوافل . وليست هناك نظائر لتجارة القوافل في جنوب أفريقيا وأستراليا والأمريكتين ، إذ

أن التبادل التجارى فى تلك المناطق كان تبادلا داخليا وليس بينها وبين المناطق المحيطة . غير أن تجارة القوافل كانت معروفة منذ أمد بعيد فى صحارى العالم القديم كمهنة هامة ومربحة وإن كانت قد أرتبطت بها عمليات النهب والسلب . ومبتدئا بعملية نقل المياه والخيام ومنتجات الواحات من أجل الاستخدام الشخصى ، وسع البدوى دائرة نشاطه وبدأ ينقلها للغير . فأدى ذلك إلى نظام تجارى لا يعتمد فقط على الجمل الذى كان يستخدم أساساً فى المناطق الشديدة الجفاف بل اعتمد أيضا على الثور والحصان والحمار والبغل . فلقد كان مصروفا ، على سبيل المثال ، أن البضائع التى كانت تنقل عبر الصحراء الكبرى كانت تحول من الجمال إلى الثيران فى منطقة الهوامش شبه الحافة ، ولقد سار هذا التخصص فى أنواع الحيوانات المستخدمة فى النقل موازيا للأهتمام بأنواع معينة من البضائع فجماعة Kal - Oui إحدى مروع قبيلة الطوارق فى جنوب الصحراء الكبرى — كانت تنقل الدخن والملابس القطنية من السودان إلى بلما Bilma بالقرب من بحيرة تشاد وتعود ومعها الملح . كما تخصصت بعض القوافل الصحراوية فى نقل الرقيق الذين كانوا يجلبون بأعداد وفيرة إلى الموانئ الصحراوية مثل تمبكتو وجلو Gao ولولا البدوى التاجر وقوافله ، ما كانت هناك حلقة الوصل بين أرض التوابل والخير والشرق الأقصى وأوروبا القرون الوسطى . فالصحواى التى تفصل البحر المتوسط عن المحيط الهندى كان يمكن أن تظل لفترة طويلة الحاجر الواضح على خريطة الاستغلال الأقتصادى للعالم القديم . كما لا يجب أن نغفل الدور الذى كان يقوم به البدوى التاجر فى نقل الحجاج إلى الى مكة المكرمة — ألم يكن محمد صلوات الله عليه نفسه أحد تجار القوافل ؟ ؛ إلا أن تجارة القوافل قد أصبحت تدريجيا صورة من النشاط البدوى القديم . فأنحدرت نتيجة لذلك قيمة الجمل — ففى تاجانت Tagant (موريتانيا) كان الجمل فى عام ٩١٠ يساوى عشر بقرات حلوب ، إلا أنه اليوم لا يساوى إلا بقرة واحدة ، هذا ولم تعد الحاجة ضرورية إلى استخدام الـ ١٥٠٠٠ جمل التى كانت تتكون منها القافلة المتنقلة بين تمبكتو وتواديني Taoudeni . فلقد ساهمت وسائل النقل الحديثة واكتشاف البترول فى الصحراء وأفتتاح الطرق البحرية

وقمع تجارة الرقيق وإشاعة الشعور بالأمن في الحد من تجارة القوافل وما يتبعها من قرصنة صحراوية ، فأصبح الطوارق الآن رجل شرطة .

ولاضمحلال تجارة القوافل علاقة بأضمحلال الرعى المتنقل ، فهناك في معظم مناطق العالم ميل نحو توطين البنوى الذى ساءت حالته الإقتصادية نتيجة التوسع في زراعة المناطق التى كان يمارس فيها حرفة الرعى ، وكذلك نتيجة الحماية التى أعطتها السلطات المدنية هذين كانوا يقومون من قبل بحماية الواحات وحراسة القوافل الصحراوية . ولربما تولد الشعور بالتحول إلى حياة الاستقرار بين الرعاة أنفسهم ، ذلك لأن الزيادة في أعدادهم قد أدت إلى ضغوط أكرهت الجماعات الضعيفة على العيش في هوامش المناطق الرعوية . ولقد طرددت هذه الجماعات كما هو الحال في شبه الجزيرة العربية ، إلى مناطق أكثر أمنا حيث أرتبطت سلميا بالزراع في تلك المناطق وأصبح أفرادها رعاة رغم على اتصال بالمدن والقرى في كل من سوريا والعراق . كما أن الحياة بالقرب من المياه الدائمة ووجود الأسواق لبيع الأغنام والأصواف واللحوم والألبان في المدن كانت أكثر أجذابا لهؤلاء الرعاة الذين كانوا لا يعرفون من قبل سوى حياة العنف الضرورية لبقاء المجتمعات الرعوية . ومع هذا كله فإنهم يظلون يعيشون ويعملون مع الحيوانات التى يمكن لها كل راع في جميع أنحاء العالم في نفس كل الحب .

غير أنه في أماكن أخرى كان أسلوب المهادفة ، كما هو الحال بالنسبة للفرنسيين في الصحراء الأفريقية ، هو الوسيلة التى تمكنوا بها من تحويل البدو الحقيقيين إلى أشباه بدو ثم تحويل التمتطين إلى حياة مستقرة . حقيقة أنه كانت هناك محاولات لإيقاف هذه العملية بسبب ظروف إجتماعية وسياسية معينة ؛ بيد أن أقطار المناطق الجافة قد ووجهت بصورة متزايدة بمشكلة استيعابهم وتعليمهم والوسائل التى يمكن استخدامها لتشجيع القبائل البدوية وشبه البدوية على قبول حياة الاستقرار . كما أعطت التحسينات التى أدخلت على المناطق الجافة عن العالم القديم العديد من الفرص من أجل تشغيلهم كالعامل في بناء الطرق ومد السكك الحديدية وشق الترع ومشاريع

الرى . وفوق هذا وذاك كان لاكتشاف البترول في تلك المناطق القوة الفعالة في جذبهم ، لا لأنه قد أعطاهم فرص العمل المباشر فحسب ولكن لأنه أعطاهم فرص الاتصال بالعالم الخارجى . غير أن مثل هذه التطويرات الصحراوية كانت ذات تأثير غير مباشر وغير دائم . أما في كل من مصر وسوريا والعراق فقد أمكن التوصل إلى برامج من أجل توطين البدو ، وقد ساعد على تنفيذ هذه البرامج قوانين الإصلاح الزراعى الرئيسية التى قللت من الملكية الزراعية وكذلك التوسع في نظم الرى ساعدت على زيادة رقعة الأرض الزراعية ، تلك الرقعة التى أصبحت هى والأراضى المنزرعة الملكية من أصحاب الضيعات الزراعية من نصيب البدو والزراع المعدمين . ولما كان البدو يرفضون العيش مع الطبقات الدنيا من المجتمعات المستقرة فإن الحاجة إلى برامج تعليمهم فنيا تكون ماسة ، وإلا فإنهم سيزيدون من حجم القطاعات الفقيرة في تلك المجتمعات الموجودة في نطاق الأراضى الجافة . ولكل قطر مشاكله الاجتماعية والسياسية والبيئية الخاصة به ، وحل المشكلة لابد وأن يكون مختلفا في كل منها ، ولكن يكمن الخطأ في تجاهل مهاراتهم الرعوية المتوارثة في المناطق التى تسمح فيها البيئة بممارسة حرفة الرعى .

ولقد كان رعى الحيوانات في الماضى كما هو الحال في الوقت الحاضر ، قائما على الثروة الحيوانية وزيادتها دون ذبحها من أجل لحما ، إذ أن ذبحها يعتبر تبديدا لرأس المال المتوفر ، الأمر الذى يترتب عليه تدهور الثروة الفردية أو العائلية في مقابل إنتاج اللحوم قصير المدى . ولكن قد يتم ذبح بعض الحيوانات عند بعض الجماعات الرعوية عندما تصبح هذه الحيوانات هزيلة وضعيفة ، أو عندما تصاب بالخروج ، أو عندما تصبح طاعنة بحيث لا تقدر على الترحال مع بقية القطيع . وتعتمد جماعات الرعاة كما هو الحال بالنسبة لجماعات الهوسا Hauss والفولاني Fulani في غرب إفريقيا ، أو جماعة الصومالى Somalis والتركانا Turkane والماساى Masai في المناطق الجافة من شرق إفريقيا ، في غذائها باستمرار على دماء الحيوانات وألبانها وعليه يمكن أن تكون الحيوانات هنا بمثابة مقطرات للمياه ذات الملوحة العالية بدرجة يصعب على الإنسان

شربها ، أو تزداد فيها كميات الفلوريدات Fluorides بصورة ضارة بصحته . وأبعد من هذا ، فكما أشار Pearsall « أن استخدام اللبن والدم كغذاء يقلل بدرجة كبيرة من الفاقد بعمليات التحويل في تلك البيئات الجافة . فبينما يمثل لحم الحيوان في أحسن الأحوال $\frac{1}{10}$ كمية البروتين الموجودة أصلا في المواد التي يتغذى عليها الحيوان ، فإن البروتين الذى يوجد في اللبن يمثل $\frac{1}{4}$ كمية البروتين الأصلية وكذلك يكون الحال بالنسبة للدم ، (١) . وفى نفس الوقت فإن كثرة الفاقد من الحيوانات لذبوحه (وذلك على الرغم من أن الشعوب البدائية ، أى الشعوب التى اعتادت على النقص في الغذاء ، تستهلك من الحيوان المذبوح أكثر بكثير مما تستهلكه الشعوب المتحضرة) تعنى أنه لا يؤكل من الحيوان المذبوح سوى ما نسبته ٤٠ ٪ من وزنه . وكان اهتمام رعاة الأغنام في العالم القديم بالصفوف أكثر من إهتمامهم باللحم . ولأنه على الرغم من استبدال الأغنام والماعز والجمال والماشية بمنتجات الواحات ، غير أن عدد الحيوانات المستبدلة يعد ضئيلا جدا إذا ما قورن بالعدد الكلى للقطيع . وتتضح حقيقة استمرار تزايد عدد القطعان بدرجة قد لا يتحملها المرعى ، بما لحق بعض المناطق التى تزداد فيها عمليات الرعى من دمار وتخريب . وفى ظل الظروف الطبيعية ، تعنى سنوات الجفاف نقصانا في حجم الحيوانات بما يعادل $\frac{1}{10}$ وزن النباتات الجافة التى يتغذى عليها الحيوان .

ولقد أدى توغل الأوربيين في الأراضي العشبية الجافة لكل من الأمريكتين وإفريقيا جنوب الدائرة الإستوائية وأستراليا ، إلى وجود نمط رعى يختلف عن ذلك الذى يوجد في الأجزاء الأخرى من العالم القديم . ففي كثير من المناطق الجديدة سبقت عملية الرعى حرفة الزراعة ، إذ أصطحب المهاجرون الجدد معهم حيواناتهم المستأنسة إلى تلك المناطق العشبية البكر نسبيا في غرب أمريكا الشمالية وجنوب إفريقيا وكذلك

استراليا . وهنا كانت عملية رعى الحيوانات فى مناطق ذات كثافة سكانية منخفضة كهذه ، عملية يسيرة إذ لا يحتاج الرعاة إلى التنافس على أرض سبقهم إليها الزراع . ولقد أدى إنعكاس هذا الوضع إلى صدام كبير بين الرعاة وزارعى الحبوب ، على استخدام الأرض فى تلك المناطق ، مثلما حدث فى أمريكا الشمالية . ويتمثل الاختلاف الرئيسى الثانى فى أن كثيرا من الحيوانات لم تكن ترى من أجل إنتاجها من الألبان والشعر والصوف ، لكن من أجل لحومها حيث كانت الحيوانات تصدر حية (على الحافر) أو مذبوحة إلى مراكز العمران المتطورة فى تلك الأراضى الجديدة ، ثم تلا ذلك تعليبها وتبريدها فى ثلاجات وتصديرها إلى الأقطار الكبرى المستوردة للحوم فى العالم القديم . ومن الاختلافات الرئيسة الأخرى هو أنه على الرغم من اعتبار عملية الرعى التى أدارها الأوربيون عملية ترحالية إلى حد ما حول مرعى رئيسى يوجد عند نقطة يمكن الحصول فيها على المياه ، إلا أن هذا النوع من الرعى ليس رعىا بدويا أو متجولا وإن كان يمكن تسميته برعى الحركة الفصلية Transhumant . ولم يكن هناك رعى بدوى متجول فى العالم الجديد قبل وصول الأسبان الذين أحضروا معهم الحصان الذى كان ضروريا فى رعى قطعان الأغنام والماشية فوق مثل هذه المساحات الشاسعة . وقد تتساوى مساحات قليلة من هذه المناطق الرعوية فى إنتاجيتها مع المناطق التى تسقط عليها الأمطار الشتوية فى الأراضى الصحراوية العشبية بجنوب شرق صحراء أريزونا ، غير أنها يمكن أن تتحمل فى المتوسط حوالى ١٥ رأسا من الماشية فى الميل المربع الواحد (قارن هذه الكثافة بكثافة الأغنام التى تصل إلى ٣٠٠ رأساً فى الميل المربع الواحد فى مرتفعات اسكتلند ويقوم برعيها راع واحد) .

وتعتبر هذه الكثافة المنخفضة فى رعى الماشية الحلقة الحقيقية بين الرعى المتنقل فى العالم القديم ومقابلة الأورنى فى المناطق العشبية الجافة . ولقد أتضح أن الهجرة والحركة الفصلتين هما استجابة أساسية للفصلية فى نمو النباتات التى تتحكم فيها الأمطار أكثر من درجة الحرارة فى الأراضى شبه الجافة الحارة ، وتكون الظروف أكثر تعقيدا فى المناطق

التي يكون فيها المطر فجائيا وليس فصليا . ومن ثم ترتبط مقدرة المرعى على تحمل حيوانات الرعى بأدى مستوى نمو النبات الذى يتفق وأجف أوقات السنة . ولقد قبل أن الرعى فى المناطق المدارية يتطلب مساحات كبيرة نظرا لوجود فصل جفاف فى مثل هذه المناطق ، غير أن هذا الافتراض قد بنى على أساس عدم وجود هجرات أو حركات فصلية أو إدارة علمية لعملية الرعى . وهنا يمكن العمل فى سبيل الحفاظ على الأعشاب والشجيرات وأختزان المياه ، غير أن هذه الوسائل تتطلب مستوى عاليا من فن إدارة المراعى ، ذلك الفن الذى استغرق الراعى الأوربى فى الولايات المتحدة وأفريقيا وكذا فى استراليا وقتا طويلا فى تعلمه . ولقد كان معروفا أن الهجرة هى السبب الوحيد فى أنهار المراعى ، وبخاصة قبل تصوير أراضي الرعى ، أما الآن فقد أصبح فى الإمكان تطبيق دورة عشبية للحفاظ على علف الحيوانات والإبقاء على الرطوبة فى الوقت الذى يمكن فيه زراعة نباتات العلف فى الأراضي الزراعية المتاخمة القطاعات الرعوية ، وغالبا ما تتم هذه المجاولات الأحدث فى ظل نظام الرى .

ولقد كانت الماشية والأغنام ، وفى فترة أسبق الخيول ، حيوانات الرعى الرئيسية التى كان يرعاها الأوربيون فى العالم الجديد وأفريقيا وكذا فى استراليا . وهناك جدل حول ما إذا كانت هذه الحيوانات هى أفضل الأنواع التى يتحول عن طريقها العشب إلى غذاء للإنسان . وإن كان أختيارها فى المناطق شبه الجافة له ما يبرره ، فهى الحيوانات التى يعرفها المستعمرون الأوربيون معرفة جيدة ، وإن كان المستعمرون غير أوربيين ، فلربما كانت هذه الحيوانات هى الباك أو اللاما . ويعتبر أختيار الحيوان الذى يمكن أن يتلائم تلاؤما حسنا مع المراعى الموجودة المشكلة الرئيسية فى جميع الأعمال الرعوية الناجحة . ولقد كان إدخال السلالات الأوربية غاية فى النجاح ، حيث تكون الظروف البيئية مشابهة لتلك الظروف التى تسود الأراضي المطيرة والتى جلبت منها هذه السلالات . وعلى الرغم من ذلك ، فلقد كانت هناك نتائج أفضل كثيرا فى عديد من الأراضي الجافة من حيث الإنتاجية المرتفعة من اللحم واللبن والصوف . ولقد أمكن التوصل إلى

ذلك ، إما بأختيار السلالات المنتقاة للحيوانات المحلية والتي غالبا ما تتميز بمقاومتها العالية للأمراض المتوطنة ، وإما عن طريق التهجين بين تلك السلالات الوطنية وتلك الأوربية والتي لها من المقدرات الفائقة في تحويل العشب إلى غذاء ، أى تلك التى تتمتع بمعدلات إنتاجية مرتفعة . وكانت أحسن الأمثلة على ذلك عملية تهجين الأبقار الأوربية مع الزيبو Zebu ذات السنام فى شرق أفريقيا ، أو تهجين الغنم الأوربى مثل المارينو Merino الأسباني مع الأغنام الوطنية ذات الذيل السميك فى جنوب أفريقيا . أما فى أمريكا الشمالية فكان البقر المعروف بأسم تكساس لونج هورن Texss Longhorn قادرا على العيش بأقل قدر من المياه والأعشاب ، إلا أن عطائه من اللحم كان قليلا وليس من النوع الجيد ، غير أنه كان قادرا على تحمل قسوة جر العربات على القضبان لمسافة قد تصل فى بعض الأحيان إلى أكثر من ١٦٠٠ كيلو مترا (١٠٠٠ ميل) ، وإن كان يصل فى نهاية تلك الرحلة إلى حالة سيئة . ولقد أدى تهجينه مع النوع المعروف بأسم هيرفورد Herefords إلى تحسين نوعه ، وما كان يقدر له النجاح من الناحية التجارية بغير أمتداد شبكة السكك الحديدية فى الولايات المتحدة الأمريكية ، ذلك الإمتداد الذى قلل من المسافات التى تحتاج إلى استخدام هذا الحيوان . ولقد كانت هناك أحدث من هذا عمليات تهجين بين الهيرفورد والنوع المعروف بأسم ثور الخلاء الأمريكى American Bison فى محاولة الحصول على حيوان يمكنه تحمل موجات البرد القارسة التى تحتاج المراعى المكشوفة فى المناطق الأكثر مطرا عند الهوامش الشرقية لجبال الروكى .

وغالبا ما كانت المشكلة الأساسية هى فى أختيار الحيوان أكثر من تربيته وكذلك الصرعات التى كانت تنشب بين رعاة الأغنام وأصحاب مراعى الماشية الواسعة ، تلك الصرعات التى كانت مماثلة للصراع بين رعاة الماشية والزراع فى الأراضى الجافة . ولربما كانت الأغنام أكثر تأقلا من الماشية للمناخات الجافة وذلك لأنها تحتاج إلى كميات أقل من الأعشاب ، ولأنها أقدر من الماشية على الاستفادة من بقايا النباتات المتناثرة .

غير أنه كانت هناك من ناحية أخرى شكاوى من قبل أصحاب مراعى الماشية في الولايات المتحدة الأمريكية من أن قطعان الأغنام تعتبر أكثر الحيوانات تخريباً للمراعى لانتزاعها النباتات من جذورها تاركة بذلك الأرض عارية ومعرضة لأضرار فعل التعرية الهوائية . وليس من شك في أن هناك كراهية وتعصبا ضد الأغنام ، وقد يكون هذا راجعا بعض الشيء إلى أن آكل اللحم الأمريكى يفضل لحم الماشية على لحم الأغنام ، كما قد تكون هذه الكراهية بسبب بطء حركة الأغنام أثناء فترة الزحف صوب الغرب . وقد أمتدت كراهية رعاة الماشية بطبيعة الحال لتشمل الزراع الذين تبعوا الرعاة في الأرض الجافة من غرب القارة الأمريكية الشمالية والذين بدأوا في تسوير الأرض لمنع القطعان المتقلة من الماشية من دهم حقوقهم واستخدام الينابيع التى اعتمد عليها نظام المتفعين الزراعيين . ونتيجة للنقص في نقط مصادر المياه ، أصبحت مساحات شاسعة من الأراضى الرعوية لا يستخدمها الرعاة الذين ليس لهم حق ملكية الأرض التى جالت بها قطعان ماشيتهم . ولقد كان هذا الصراع بين الراعى والزراع معروفا خلال فترة التطور التى سار فيها الغرب الأمريكى ، غير أن هذا النزاع يعتبر بطبيعة الحال متناقضا مع التعاون النسبى بين كل من البلوى وزارع الواحة في الأراضى الجافة من العالم القديم . أما الآن فقد أصبحت الزراعة على الرى من أجل محاصيل العلف مثل البرسيم الحجازى تعطى مجالا للتعاون الذى ينبغى أن تعتمد عليه كل الزراعات الناجحة في الأراضى الجافة .

ولقد كان راعى الماشية في أمريكا الشمالية هو الرائد الذى مهد السبيل أمام الرعاة ليتوغلوا في الجنوب الغربى الجاف ويملاؤا الأراضى الواسعة الخالية التى أخترقها المهاجرون الباحثون عن الثراء من وراء الذهب الذى كان أول اكتشاف له عند قلعة ساترز SUtters Fort في كاليفورنيا عام ١٨٤٨ . وكانت المسالك التى سلكها هؤلاء الباحثون عن الذهب تخترق أرض القبائل الهندية الذين كانوا يصطادون ثور الخلاء الأمريكى الذى كان يرتع في تلك الأراضى العشبية . وبحلول عام ١٨٦٠ بدأ الرعاة في التحرك إلى

تلك المناطق وزادوا من نشاطهم الرعوى ، وساعدهم على ذلك خطوط السكك الحديدية كانت تقفوا إثرهم صوب الغرب . أما في كل من أفريقيا وأستراليا فإن راعى الأغنام وليس راعى الماشية هو أول من أرتاد النشاط في المناطق الجافة .

ولقد دب النشاط في التطور الرعوى في الأراضي الأكثر جفافا من جنوب أفريقيا ، ميتدئا بإنشاء محطات عند Table Bay أقامها الهولنديون في عام ١٨٦٢ من أجل خدمة السفن التي كانت رأس الرجاء الصالح بالنسبة لها في منتصف الطريق من وإلى الشرق . فبعد زراعة الحبوب ومزارع العنب في فصل الشتاء ، بمناطق سقوط الأمطار والتي كان يمكن للعربات أن نتوغل إليها من الميناء ، التفت المستعمرون إلى تربية الماشية والأهتمام بالمرعى التي تقع إلى الشمال في مناطق قبائل الهوتنتوت التي لم تبدأ أية مقاومة أمام طلائع هؤلاء الرعاة . وبازدياد الحاجة إلى اللحوم لسفن نقل الجنود والسفن الحربية وبخاصة بعد عام ١٧٣٠ ، وسع المستعمرون نشاطهم الرعوى إلى هضبة الكارو حيث تجود تربية الأغنام التي يمكن نقلها من مناطق تربيتها لمسافات تصل إلى أكثر من ٢٤١ كيلو مترا (١٥٠ ميل) إلى مدينة الرأس ، وهي ما تزال في حالة جيدة من السمنة من أجل تصديرها إلى الأسواق الخارجية ، وذلك بمساعدة الهوتنتوت الذين — على عكس الهنود الحمر في أمريكا الشمالية — سريعا ما أندمجوا في النشاط الاقتصادي الذي قام به المستعمرون الأوروبيون في مناطقهم . وهنا في جنوب أفريقيا ، كان نظام الهجرة (الترحال) بالنسبة للراعى أوضح منه في أمريكا الشمالية ، كما كان الكثيرون من رعاة الأغنام يقضون حياتهم مع عائلتهم في عربات مغطاه ، ويعشون حياة تكاد تكون بدويه ترحالية متبعين مناطق الأعشاب كلما ظهرت مع سقوط الأمطار . وعلى النقيض من الراعى الأمريكية ، كان على الرعاة في مراعى جنوب أفريقيا أن يتصارعوا مع أخطار كبيرة — كهجرات الأعداد الضخمة من الحيوانات المفترسة (وتبين التقديرات أعداد الغزلان البرية في جنوب أفريقيا والمعروف باسم Springbok بمئات الآلاف) التي سيقث أمام قسوة الجفاف من مراعيها الطبيعية العادية مكتسحة منطقة الكارو الدنيا

ومحطمة أمامها كل ما كان موجودا ، مثلما في ذلك تماما مثل أسراب الجراد التي كان على الرعاة في جنوب أفريقيا أن يتصارعوا معها أيضاً .

ومنذ هذه البدايات المبكرة في بيئة صعبة جافة تغيرت حرفة الرعى مع بداية القرن الثامن عشر بإدخال الأغنام الأسبانية المعروفة بأسم « أسكوربال مارينو Escorial Merino » مع الاحتلال البريطاني في عام ١٧٩٥ . فلقد أضاف المارينو النقى وكذلك المهجن إلى إنتاج اللحوم والشحم إنتاج الصوف ، وذلك لأن أغنام المارينو تعتبر مزدوجة الفائدة . كما أن هذا النوع من الأغنام قد أرسى قاعدة تجارية تصديرية وذلك لتحمله الرحلة الطويلة إلى أوروبا . وهنا أيضاً أصبح المعز عنصراً أساسياً ورئيسياً في حرفة الرعى ، وذلك لأن لحمها كان غالباً ، وبخاصة في المناطق التي يزداد فيها فقر الرعى . وبالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام المعز في قيادة قطعان الأغنام أثناء عمليات الترحال ، كما أنه يعطى سلعة ثمينة للتصدير متمثلة في جلده (النوع المعروف بأسم Cape) ولقد زادت أهمية تربية المعز في جنوب أفريقيا وبخاصة ذلك النوع منه المعروف بأسم أنجورا Angora ، وذلك بعد صناعة الموهير في بريطانيا . أما النعام فقد قل الاهتمام بتربيته نتيجة تطور « الموضة » التي جعلت استخدام ريش النعام ضئيلاً . غير أن حاجة النعامة إلى أعشاب العلف (البرسيم الحجازي) قد أدت أثناء الاهتمام بتربيته إلى قيام بعض مشاريع الرى الصغيرة لرى أعشاب العلف والتي مازالت منذ ذلك الحين مفيدة كمراعى تتغذى عليها الماشية . ويعتبر سجل النشاط الرعوى في المناطق الجافة في جنوب إفريقيا ، من ثم مبهراً ، ليس من حيث حجمه ولكن من حيث اختلاف أو تعدد أنواع الحيوانات التي ترعى . فهناك الأغنام والمعز والماشية والثيران والخيول وكذلك النعام ، وهذه كلها توضح مجالات أوسع من الأقتصار على تربية الماشية والأغنام كما هو الحال في أمريكا الشمالية ، كما تشير إلى إمكانية ممارسة رعى مثل هذه الحيوانات في الأراضي الجافة بالقسم الشمالى من القارة الأفريقية والشرق الأوسط .

وكانت الظروف في القارة الاسترالية بالنسبة للمهاجر الأول مختلفة تماماً عن تلك التي أدت إلى الانتشار الأمريكي الغرب أو أدت إلى حركة المستعمر من مدينة الرأس وانتشار نشاطة الرعى صوب الشمال في جنوب أفريقيا . كما كانت استراليا يبعث الأراضي الجافة تعديلاً بواسطة الانسان ، في الوقت الذي كانت الحيوانات الوطنية بها قليلة نوعاً وعداداً . وعندما أبحر الأسطول البحري الذي يحمل المجرمين البريطانيين إلى ميناء سيدنى في عام ١٧٨٨ بقيادة الحاكم فيليب Philip . كان الهدف الأول هو العيش في المناطق ذات المياه الوفيرة حول الخليج البحري مباشرة ولم يكن إلا في حوالى عام ١٨٢٠ عندما بدأت الحركات الرئيسية لكبرى إلى المناطق الجافة خلف الحاجز الجبلى العظيم في وقت أشد فيه الطلب على الصوف في بريطانيا ، وكان الاضمحلال الأقتصادي بعد الحروب النابوليونية ، الأمر الذي شجع كثيراً من العائلات الإنجليزية على اللحاق بالمستوطنين المجرمين السابقين . ونظراً لعدم وجود أسواق للحوم الأغنام التي كان المستعمرون في منطقة الكاب يربونها ، كان التركيز واضحاً على إنتاج الصوف ، أما الماشية فكانت أقل أهمية نظراً لأنها باستثناء استخدامها كحيوانات جر لم تكن هناك الأسواق الكبيرة التي تستوعب إنتاجها من لحوم فيما عدا الشحم والجلود أما أغنام المارينو التي كانت تشحن في عام ١٧٩٦ من منطقة الرأس كانت من أجل تدعيم خدمة الرعى في استراليا . وكانت هذه العملية محدودة في بادئ الأمر وذلك لاحتياجها إلى المرعى الذي كان في حدود أميال قليلة بالقرب من مصادر المياه التي كانت تتناقص تدريجياً ناحية الغرب وإن كانت أعشاب الرعى موجودة بحالة جيدة . ولم يصبح استغلال الأراضي الجافة ممكناً في تربية الأغنام إلا منذ أبتداء استثمار أحواض المياه الأرتوازية في حوالى عام ١٨٠٨ . ولقد جلبت الأغنام في هذه الأثناء أساساً لتوفير الغذاء ، إلا أنها خرجت عن الطوق ، وتكاثر عددها بصورة لم تمكن معها السيطرة عليها ، فأصبحت هي والجفاف عاملين متنافسين في تقليل المساحة التي يمكن الرعى فيها . وكان نظام الهجرة مستخدماً أيضاً في استراليا في حدود نطاق الموارد المائية ، وذلك بالنسبة لرعى الماشية أكثر منه بالنسبة لرعى الأغنام التي لم يكن انتقالها

سهلا وراء الكلاً ذى النباتات القصيرة العمر التى تنمو بعد رخات المطر ، وكذلك النباتات التى تتحمل الملوحة والأكثر استمرار .

ولقد بدأت حرفة رعى الماشية فى استراليا بالحيوانات التى جلبت من إقليم البنجال من أجل إطعام الجنود والمجرمين فى منطقة ميناء فيليب Port Philip ولكنها انتشرت بعد ذلك فى المناطق الداخلية الأكثر جفافا حيث حلود الاستقرار البشرى بعيدا عن المناطق الأكثر مطرا فى الشرق . ولقد قدمت ماشية اللحم ميزات معينة عندما زادت الحاجة إلى اللحوم فى استراليا ، بسبب أنتشار مخيمات مناجم الذهب ، فى الوقت الذى قضت الثلاثات فيه على مشكلة البعد عن الأسواق العالمية غير أن التقدم فى حرفة رعى الماشية قد عانى من منافسة اللحم الأرجنتينى بحيث أصبحت محطة تربية الأغنام التى شغلت رقعة من الأرض مساحتها ٢٠٢٣٥ هكتارا (١٥٠ ألف فدان) . وأهمية ما تعطيه من صوف هى التى تسود النشاط الرعوى فى الأراضى الجافة باستراليا

وفى كل مكان من الأراضى الجافة وشبه الجافة ، ووجه الراعى — سواء البدوى وشبه البدوى فى العالم القديم ، أو رعاة البقر فى أمريكا الشمالية ، أو راعى الغنم الاسترالى — بمشكلة التحكم فى الإمكانيات المتغيرة لأعداد الحيوانات التى يرعاها فى أرضه . وكان التباين الكبير فى كميات الأمطار كذلك فى مساحات مناطق الكلاً ، بمثابة المشكلة الأساسية والدائمة التى تعرقل عملية التحكم هذه . ويتم ذلك إما بتقليل أعداد القطيع أثناء السنوات الجاف ، أو عن طريق الهجرة إلى مناطق أغنى كلا . وقد أمكن استخدام كليهما ، حيث كانت الموارد الاقتصادية والتكنولوجية متوفرة ، وذلك بنقل الحيوانات بوسائل النقل الحديثة إلى مناطق العلف ، أو بإحضار العلف إلى الحيوانات . وتتطلب حلول كهذه استعمال الموارد العلمية لحل المشاكل فى المناطق الجافة ، كبناء الطرق الجيدة ومد خطوط السكك الحديدية ، وذلك لتطوير اقتصاديات هذه المناطق التى ترتبط عادة بالمناطق المطيرة . وهناك صور من الاستغلال الاقتصادى للأراضى الجافة غير الزراعة والرعى آخذة فى التطور باستمرار ، وستكون الآفاق التى توضحها أهم من تلك التى تناولناها حتى الآن .

الفصل الثامن

مستقبل الأراضي الجافة

مستقبل الأراضي الجافة

لقد استخدمت الوسائل العلمية للتكنولوجية منذ بداية ما قبل التاريخ في حل مشاكل البيئة في المناطق الجافة ، وليس هناك ما يدعو إلى الشك في أن هذه العملية سيزداد التركيز عليها كلما ضاقت المنطقة الرطبة بسكانها . فلقد أمتدت بالفعل عملية الري إلى مناطق شاسعة لم يمسه من قبل محراث الزراع ، كما أدخلت عملية الري الجديد إلى بعض المناطق الجافة فأعادت إليها أزدهارها بعد ما أصابها من دمار بسبب ما تعرضت له من غزوات أو إغرات أو ما حل بها من انهيار اجتماعي خلال الفترات التاريخية . ولقد أدى تطوير استغلال الموارد الرعوية في المناطق شبه الجافة إلى زيادة أعداد الحيوانات التي تعتمد في الشرب على مياه الآبار العميقة والحفر الضحلة . كما ساعدت السكك الحديدية واللوريات على سرعة نقل البضائع والإنسان ، على الدروب الصحراوية التي كانت تسلكها من قبل القوافل البطيئة وقطارات نقل البضائع . فلقد اخترقت الليخوت الصحراوية الصحراء الأفريقية كما زاد الطريق رقم ٦٦ من حركة النقل عبر جنوب الولايات المتحدة إلى كاليفورنيا . ولقد رفع إدخال التكنولوجيا على الوسائل التقليدية في استغلال الأرض ، والنقل ، وبناء المساكن والمدد ، من القيمة الاقتصادية للثلث الجاف Dry Third . وهنا لا يبدو وجود صعوبات مستعصية أمام جعل الصحراء مزدهرة وبخاصة حيثما توجد التربة القديمة مغطاة بغلافة رقيقة من الرمل أو الحصى . وإذا كانت المياه سهلة المنال من الأنهار الدائمة الجريان ، أو كانت متوفرة في خزانات أرضية ، أو محتجزة أمام السدود العالية ، أو إذا قلت تكاليف تقطير المياه الملحة عما هي عليه ، عندئذ يبدو الإنتاج الزراعي أو حتى الغابي مؤكداً الحدوث . ويبدو أن الزراعة التجارية والري على نطاق كبير ممكنين على الأقل في الأراضي شبه الجافة التي كثيراً ما اقترح استغلالها على هذا النحو كحل ممكن لمشاكل الغذاء في العالم .

وعلاوة على ذلك فلا يزال في الإمكان التوصل إلى طرق أخرى في استغلال الأرض والموارد المائية ، يمكن أن تكون بديلا عن الوسائل التقليدية وإن كانت متطورة . ولقد حول استخراج الزيت والغاز الطبيعي من صحراء إفريقيا والشرق الأوسط دول هذه المناطق إلى دول محفوفة من الناحية الاقتصادية بامتلاكها لهذه الموارد إذ يسهل حصول مجتمعات هذه الأقطار حتى الفقيرة منها على رأس المال الأجنبي ، كما تقدم لها المساعدات الفنية دون قيد أو شرط . وتعيد عملية التغير هذه التي تعيشها تلك الأقطار إلى أذهاننا مراحل التطور التكنولوجي التي عاشتها المناطق الجافة في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، وغرب أمريكا الجنوبية وأستراليا . وينقل الزيت والغاز الطبيعي بواسطة الأنابيب عبر صحراء شمال إفريقيا والصحراء الليبية ، ومن كل من العراق وإيران إلى موانئ الشحن على السواحل المتربة المقفرة التي تنتشر بها ناطحات السحاب . وتتم متطلبات التكنولوجيا العسكرية تفضيل اختيار المناطق الجافة القليلة السكان والسهلية ذات السماء الصافية أو ذات الغيوم القليلة على مناطق الغابات الرطبة ذات السماء الملبدة بالسحب عند إجراء التجارب على الطيران وإطلاق الصواريخ والقذائف الصاروخية الموجهة . ويتخذ السياح الذين يرغبون في أشعة الشمس الصحراء كمكان للترفيه والاستجمام الذي يتحقق لهم بتوفر الفنادق الصغيرة والمنازل المكيفة الهواء بالإضافة إلى المدن ومحطات التزوين والطرق المرصوفة الجيدة المؤدية إلى المطارات رابطة بذلك المناطق الرطبة المعمورة بالأقاليم الجافة قليلة السكان من القارات . غير أن تطوير هذا المراكز العمرانية المنعزلة وتحويلها إلى عمران مداني هو استمرار في استيطان هذه المناطق الجافة ، كما أنه يعتبر وسيلة الربط بين العالمين القديم والجديد . فباستثناء أستراليا ، كانت حضارات المدن هي السمة المميزة العامة في العالم القديم حيث بلغ استخدام البيئة مرحلة سمحت فيها وفرة الغذاء وتنوع العمل بمعيشة تجمعات كبيرة من السكان حول موارد المياه الجيدة . ويستدل على تلك الصلة بين العالمين القديم والجديد بالمقارنة بين كل من « بابل » و « لاس فيجاس » وبين كل من نينوى Nineveh ومونتري Monterrey : وقد يكون تحضر النطاق الجاف وتطوره

الصناعى مفتاحاً لمستقبل هذا النطاق ، كما كان دعامة له فى الماضى .

وتعتمد التجمعات السكانية فى الأراضى الجافة ، مهما كانت أحجامها ، على طرق المواصلات ، فكلما كانت التجمعات كبيرة وجب زيادة كفاءة هذه الطرق . ولقد كانت وسائل النقل الحديثة عبر الصحراء مطلباً قديماً منذ سار « سير دافد بيرد Sir David Baird » فى عام ١٨٠١ على الطريق ما بين القصير على البحر الأحمر وقفت (قرص) على النيل ، وقد فقد ثلاثة من رجاله البالغ عددهم خمسة آلاف رجل ، بينما أشرف كثيرون آخرون منهم على الموت بسبب تلف قرب المياه التى كانوا يحملونها . ومع ذلك فقد استخدمت شركة شبه الجزيرة وخط الشرق Peninsular and Orient Line نفس هذا الطريق ما بين القصير وقنا فى مطلع عام ١٨٣٩ لنقل المسافرين والبريد من البواخر إلى السفن النيلية لتجنب الإبحار فى خليج السويس . ولقد بدأت أولى محاولات استخدام السيارات فى النقل الصحراوى فى صحراء مصر الغربية ، وتلى ذلك الرحلة الاستكشافية التى قامت بها شركة ستروين الفرنسية فى عام ١٩٢٢ والتى استغرقت عشرين يوماً فى عبور الصحراء ما بين مدينتى الجزائر وتبكتو مستخدمه فى تلك سيارة نصف مجنزرة ، غير أنه فى عام ١٩٤٢ — ١٩٤٣ استطاع الجنرال Leciorc أن يسير قوة عسكرية كبيرة من جنوب الصحراء الكبرى إلى شمالها مستخدماً الديناميت فى توسيع ممر كوريزو Kourizo مدخل هضبة تبستى . وفى ١٢ فبراير عام ١٩٦٧ قامت أثنتا عشر سفينة صحراء (جمل) من كولومب بيشار Colomb Bechar متبعة سيارة لاندروفر إلى نواكشوط Nouakchott فى موريتانيا عن طريق تندوف Tindouf ، زويرات Zouerat ، وكاب تمريس Cap Timiris . وقد استغرقت هذه الرحلة التى يبلغ طولها ٢٢١٨ كيلو مترا (٢٠٠٠ ميل) واحداً وثلاثين يوماً ، وهو مجهود يدل على أن إطلاق سفينة الصحراء على الجمل ليس مجازاً ولكنه حقيقة .

غير أن الصناعة واستغلال المعادن لهما الأثر الكبير فى ازدياد استخدام المواصلات فى المناطق الجافة . فلقد أنشأت شركات التعدين فى صحراء شيلي خطين من الطرق

للسيارات لتساعد على مواجهة زيادة حركة النقل ، بينما أنشئ في شمال إفريقيا في عام ١٩٦٢ طريقان يلتقيان في حاسي مسعود أحدهما من مدينة الجزائر عن طريق حاسي رمل Hassi R'Mel والآخر من مدينة الجزائر أيضاً عن طريق بسكرا Biskra وتوجورت Touggourt وترتبط مناطق استخراج البترول التي يجري استغلالها في الصحراء الكبرى بطرق جوية وأخرى للوريات الثقيلة ، ولقد أصبح من المناظر المألوفة أن ترى طواير اللوريات الثقيلة ذات حمولة عشرة أطنان وهي تقف في نفس المناخات التي تقف عندها قوافل الجمال قرب بعض العيون الصحراوية التي تنتشر على طول دروب الصحراء الكبرى وبالإضافة إلى خدمة حقول البترول تقوم هذه اللوريات برحلة دائرية تستمر ستة أسابيع ما بين مدينة الجزائر وتمانراسيت Tamanrasset ، مع قليل من الاحتياطات التي لا تتعدى السير في مجموعات عبر المناطق عبر المستقرة سياسيا ، والتي تقع إلى الشمال مباشرة من الأراضي الصحراوية الحقة ، على أن تتبع هذه اللوريات دروباً محددة وأن تحتفظ بأحتياطي من الطعام والماء والوقود . ولقد قدر ما ينقل سنوياً باللوريات على الدروب الأربعة الرئيسية عبر الصحراء الكبرى بحوالى ألف مسافر ومايزيد على ألفى طن من البضائع ، معظمها من القوارىء السودانية والجنسية والزبد والجلود إلى الشمال ثم من الآلات والسلع الاستهلاكية والنييد الجزائرى إلى الجنوب . وفي الوقت الحاضر ، تستغرق الرحلة ما بين تاودنى Taoudeni وتمبكتو أربعة أيام بواسطة اللوريات ، تلك المسافة التي كانت تقطعها قوافل الجاغل الجمال الناقلة للملح في ثلاثين يوماً . وعلى الرغم مما هو معروف من زيادة تكلفة نقل الطن / ميل عن ضعفى أو ثلاثة أضعاف تكلفة نقله بالطريقة التقليدية . ورغم ذلك ، فلن تستطيع قوافل الجمال التجارية أن تعيش طويلا .

وفيما عدا الملح ، فإن الاستغلال المعدنى في المناطق الجافة كان قاصرا على محاولة البحث والكشف عن بعض المعادن الثمينة مثل الذهب والفضة التي يمكن ، رغم صعوبة المواصلات وقلة موارد الطاقة المحلية أن تغرى المنقبين والمغامرين إلى الانطلاق إلى

البيداء . ومع ذلك فهناك العديد من المعادن في كافة المناطق الجافة يجري استغلال بعضها حالياً ، وبعضها الآخر لم يستغل بعد فقد أمكن تعدين الفضة والرصاص والفحم في منغوليا ، كذلك الحديد في صحراء جوى ، هذا بينما يأتي ١٠ ٪ من إنتاج العالم من النحاس من تشوكيماتا Chuquimata في المنطقة الجافة في شيلي التي تنتج أيضاً حوالى ثلاثة ملايين طن من النترات سنوياً من إقليمها الصحراوي . وتضم مدينة ماريا إلينا Maria Elena التي يرجع تاريخها لعام ١٩٢٦ شركتين من شركات استخراج المعادن ، بينما تقع شركته ثالثة على بعد عشرين ميلا من المدينة السابقة في بلدة أخرى هي بلرو دى فالديفيا Pedro de Valdivia التي بنيت من أجل هذا الغرض . وإلى هاتين المدينتين تأتي المؤمن غير المتوافرة محلياً من الطعام والماء . ولقد وصل استكشاف الذهب قمته في غرب استراليا في أغسطس عام ١٨٩٣ حينما استخرج من كولجارى Coolgardie ما مقداره ٥٠٠ أوقية منه في ساعات قليلة . وهنا كان الماء مشكلة كبرى أستطاعت الحكومة حلها في البداية بإنشاء بدض نقط التكوين على طول الدليق ، ثم تمكنت ، بعد ذلك من ضخ الماء في خط أنابيب من خزان أرضي يقع إلى الشرق من منطقة التعدين بمسافة ٥٣١ كيلو مترا (٣٢٠ ميل) عند موندانغ Mundarig قرب الساحل . كما أستطاع الذهب والفضة والبيزراكس ، أجتذاب الرجال ، وتخلق المدن في الصحراى الأمريكية ، إلا أن معظمها قد أنخفض عدده الآن ولم تعد أكثر من مراكز جذب سياحية أو مواقع لتصوير الأفلام التلفزيونية .

ولقد كانت مشكلة المياه بالنسبة لاستخراج تلك المعادن الثمينة قائمة كما كانت بالنسبة لكل من الزراعة والرعى . وأستطاع كل مجتمع في المناطق الجافة حل مشكلة حققة في المياه وفق العرف والممارسة التقليدية . ففي الجزائر على سبيل المثال يوجد نظامان أساسيان لاستغلال المياه . ففي ظل أحدهما تعتبر الأرض والماء مما ملكية خاصة ، وتعاملان كوحدة في السائل القانون مع قليل من الاستثناءات ، بينما يعتبر الماء الملكية الوحيدة ذات القيمة ولا يرتبط بالأرض التي يوجد بها فقد يباع أو يستخدم

وفق ما تقرره المجموعة أو الفرد ، فى ظل النظام الآجر الذى يوجد بصورة أوضح فى المناطق الجنوبية الأكثر جفافا . وحينما بدأ المورمون Mormons فى رى الأراضى المحيطة حول مدينة سولت ليك ، لم تكن هناك مشاكل خاصة بملكية المياه حيث كان ينظر الملكية والمجتمع ككل لا يتجزأ الأمر الذى جعل حقوق استخدام المياه المشاعة سهلة نسبياً . وبالإضافة إلى ذلك فقد أدخلت مفاهيم حقوق المياه إلى منطقة البحر المتوسط بالعالم القديم عن طريق الاحتكاك بالمواطنين الأسبان فى نيومكسيكو . ويعتمد هذا النظام على إمكانية أستفادة الشخص من مياه النهر بقدر حاجته دون الالتزام بإعادة أى قدر من هذه المياه للمستفيدين بعده على طول مجرى النهر . غير أن هذه النظام يتعارض بصورة مباشرة مع النظام المشتق من القانون الإنجليزى العام الذى يعطى المالك على النهر حق الاستفادة من المياه المارة بأرضه بكميات غير محددة كما أو كيفاً — طالما أنه سيعيد إلى القناة أو الترعة التى تقع فى الطرف الأدنى من أرضه قدر نفس الكمية التى أستفاد بها من النهر . ولقد أثبتت أسس حقوق الملاك الواقعين على ضفاف المجرى النهري ، شأنها فى ذلك شأن العديد من الأسس الاقتصادية والاجتماعية الأخرى ، التى نقل أستخدامها من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة ، علم فاعليتها فى أستغلال الإرسابات المعدنية فى هذه المناطق . أما معدنو النهر من الإرسابات الفيضية فى المناطق الجافة بالولايات المتحدة الأمريكية فقد تبناوا أساساً لحقوق المياه وفق ما كان قد تعرف عليه بينهم ، وهذا النظام يطابق النظام المكسيكى الأسبانى الخاص بحقوق استخدام المياه ، بمعنى أن يكون الحق أساساً لواضع اليد ، ومن هنا كان لا يمكن تجنب النزاع بين كل من الزارع والراعى وكذلك المعدن . بل وزاد من حدة هذا النزاع أختلاف نظم الاستغلال الأقتصادى خاصة من حيث العائد المالى لكل منها . وحتى يومنا هذا لم يكتمل بعد تقنين شريعة لأسس حقوق المياه ، فلا زالت نظم تلك الحقوق مختلفة من ولاية إلى أخرى .

وإذا كان الماء مطلوباً من حيث كميته لاستخراج المعادن الثمينة في كل من كلورادو وكاليفورنيا ، فهو أيضاً عامل متحكم في أستغلال المعادن الحديدية وغير الحديدية في الصحراء الكبرى ، هذا بالإضافة إلى أهميته في ضخ احتياطي البترول الذى يقع على عمق كبير من سطح الأرض . وقد كان من حسن حظ الفرنسيين أن وجدوا كميات ضخمة من المياه على عمق ٢١٣٣ متراً (٧٠٠٠ قدماً) من سطح الأرض ، عندما كانوا ينقبون على البترول في حاسى مسعود على طريق القوافل ما بين توجورت وفورت لاليمانند Fort Lallemand . وعلى المدى الطويل تسببت هذه المياه في بعض المشاكل بالنسبة لحفارى البترول إلا أن هذه المشاكل كانت أقل أهمية إذا ما قورنت بما أضافته هذه المياه من مساحة ٢٣٢٠ كيلو متراً مربعاً (٩٠٠ ميلاً مربعاً) حفرت بها أكثر من ٤٨ بئراً منتجة للبترول منذ أول نجاح للعثور عليه في ١٥ يونيو ١٩٥٦ . (أكتشفت قبل ذلك بعض آثار الغاز على هوامش جبل برجه Djebel Berge على بعد ١٠٠ كيلو متراً (٦٠ ميلاً) جنوب عين صالح) . ويوجد الآن في هذا الجزء من شمال إفريقيا الصحراوية ، أربعة مناطق رئيسية لانتاج البترول تربطها بالساحل شبكة من خطوط الأنابيب والطرق ، تنتج البترول ثلاثة مناطق منها هي : إدجيلا — زارزيتن Edjeleh - Zarzaitine وحاسى مسعود وزلطن Zelten (في ليبيا) ، أما المنطقة الرابعة وهي منطقة حاسى رمل Hassi RMel فتنتج البترول والغاز . ولقد حولت هذه الحقول ، بالإضافة إلى حقول الشرق الأوسط ، إمكانات الصحراء الأفروآسيوية ، فأعطتها منافساً مباشراً للزراعة والرعى مع ازدياد في الأهمية العالمية أكثر منها بالنسبة للأسواق المحلية أو مجرد الاقتصاد المعيشى الذى تعيشه هذه المنطقة .

وأثناء ثورة البحث عن البترول في صحراوات العالم القديم حدث تحول كبير في النظرة إلى المناطق الجافة ، كما كان الحال في صحارى أمريكا الشمالية منذ أكثر من مائة عام . ولقد أغرت دلائل وجود ثروات معدنية أخرى فرق المسح والتنقيب لتحديد مدى أمتداد وحجم خامات الحديد والرصاص والقصدير والنحاس التى تم الكشف

عنهما وكذلك التأكد مما كتب من تقارير عن وجود خامات الاسبستوس والنيكل والبلاطين واليورانيوم ، ففي موريتانيا وعلى بعد يزيد عن ألف ميل إلى الجنوب الغربى من حقول البترول في الصحراء الكبرى توجد بلدة زويرات Zouerat الحديد التى أنشئت لاستغلال الاحتياطى الكبير من خام الحديد على الحدود ما بين موريتانيا وريو أورو . وقد تطلب مشروع بهذه الضخامة ميكنة شاملة لكافة مراحل الاستغلال ، بالإضافة إلى مد خط حديدى بطول ٤٠٠ ميلا عبر منطقة شديدة التضرس تضم حافة عالية يبلغ ارتفاعها ٣٠٤ مترا (١٠٠٠ قدم) ، إلى جانب الكثبان والغطاءات الرملية . وتبلغ طاقة هذا الخط ٢٠ ألف طن يوميا ، وينتهى فى منطقة ثم توسعها وتطويرها عند بورت إتين Port Etienne وغير ذلك ، فهناك بعض الواحات الصناعية مثل كولب يشار Colomb Bechar ، والتى تم عن التناقص التام للصورة التقليدية لصحارى شمال إفريقيا . وهناك حاسى مسعود التى تقع وسط حقول البترول ، والتى خططت كى تتسع لما يزيد عن ٢٠ ألف نسمة ، وذات الشوارع المشجرة بالنخيل والمزودة بأحواض المباحة التى تستفيد من كميات المياه الوفيرة الموجودة على عمق تسعة أمتار (٣٠ قدم) من سطح الأرض . وكان من نتيجة الخبرة بالمناطق الجافة بشمال أفريقيا أن يتوقع المرء ميل المخططين لمراعاة ظروف البيئة المحلية الجافة ، والتوافق معها ، بدلا من تقليد الأسلوب المعمارى للمناطق الرطبة كما حدث فى المحلات الصحراوية فى كل من « رينو Reno » و « لاس فيجاس Las Vegas » بالولايات المتحدة الأمريكية .

ولقد قيل إن مستقبل الأراضى الجافة يتمثل فى النمو العمرانى الصناعى الذى يعتمد على السلع الغذائية المستوردة . (١) فقد يكون من الأجدى أستغلال الأراضى فى بناء المدن الصناعية عندما يكون الماء شحيحا حيث لا يتعدى أستهلاك الفرد الواحد منه

٢٤١

(١) Su L. Dudley Stamp, 'Urbanisation in Arid Lands' (in) Land Use in Semi Arid Mediterranean Climates (1964). UNESCO, Arid Zone Research XXVI, pp. 167 - 8,

٤٥٤ لترا (١٠٠ جالون) فى المتوسط حتى مع ما يستخدمه فى رى الحدائق ، وهو قدر أقل مما تتطلبه احتياجات رعى الماشية أو الزراعة على وجه الخصوص . ويمكن أن تكون ظروف المعيشة فى المناخات الحارة الجافة مثالية أيضا إذا ما توافرت الكميات المناسبة من المياه ، هذا ويمكن ممارسة أوجه النشاط الأقتصادى بصورة أفضل فى ظل استخدام مبردات الهواء عن إستخدام وسائل التدفئة الشتوية . ورغم ذلك فهناك بعض المشاكل القائمة كالتخلص من فضلات الإنسان والمخلفات الصناعية التى تتطلب كميات كبيرة من المياه مالم تنشأ المعامل الباهظة التكاليف بهدف تحويل هذه الفضلات والمخلفات كيميائيا للاستفادة بها . كذلك قد يكون هناك نوع من التنافس على استخدام المياه بين الأغراض المنزلية والأغراض الصناعية ، أو قد تكون المنافسة بين المدن المتجاورة على كميات المياه الموجودة كما هو الحال فى جنوب كاليفورنيا . فهناك مدينة لوس أنجلوس التى أستطاعت إبعاد المجمعات السكنية الأصغر ، عن مصادر المياه التى كانت تعتمد فى الحصول على احتياجاتها منها على جبال سير أنيفادا وفى وادى أوينز Ouens Valley ؛ ونتيجة لهذا فقد أصبحت تلك المجمعات الحضرية الصغيرة جزءا من مركب مدينة لوس أنجلوس التى زاد من سيطرتها على تلك المجمعات الأصغر مقدرتها على مدها بالمياه اللازمة فى الأغراض الصناعية ، ورغم ذلك فهناك حد لا مكانية مثل هذا التجميع العمرانى مادامت الموارد المائية محددة .

وقد أتضح مثل هذه المشكلات فى ثالث مدن المكسيك الكبرى التى تبعد عن المراكز السكانية الرئيسية الأخرى التى تقع فى المنطقة الشمالية شبه الجافة فى. اتجاه الحدود مع تكساس . وقد أتخذت مدينة مونتري « Monterrey » التى بدأت بأستيطان أثنتا عشرة أسرة أسانية عام ١٥٩٦ أسلوبا مغايرا ، متأثرة بالكوارث الطبيعية كالفيضانات والأمراض وبغارات الهنود المكسيكيين ؛ حتى تم ربطها فى عام ١٨٩٠ بالخطوط الحديدية بكل من الولايات المتحدة الأمريكية ، ومدينة مكسيكو العاصمة ، وبميناء تامبيكو Tampico على خليج المكسيك ، فأصبحت مدينة مونتري بفصل خطوط المواصلات هذه ، ورغم

قسوة البيئة الطبيعية والأجتماعية المحيطة بهذا المركز الصناعى الرئيسى فى المكسيك . مستخدمة فى ذلك المياه التى تنقل إليها بواسطة الأنابيب عبر الصحراء ، وذلك بإقامة المولدات الكهربائية العديدة . بل وأصبحت مدينة مونترى مركز إنتاج الحديد والصلب فى المكسيك ، وذلك بفضل رخص الغاز الطبيعى الذى ينقل إليها من تكساس ، وتقدم عمليات هذه الصناعة الجديدة . وهناك العديد من الصناعات الحديثة التى لا تستهلك كميات كبيرة من المياه حيث وقفت مشكلة توفيرها عقبة فى سبيل استمرار التوسع الصناعى بنفس المستوى السابق . وقد أربط بهذه المشكلة البيئية لمدينة مونترى مشكلات إجتماعية نتجت عن زيادة العمران ، فى مناطق فقيرة تعتمد على نوع من الاقتصاد المعيشى .

وبمقارنة مدينة مونترى بظهيرها شبه الجاف ، فقد كانت الرغبة فى الحصول على أجر أعلى دافعا لجذب عدد كبير من السكان الريفيين فى صورة هجرات ريفية كبيرة من ولايتى « نوفاليون Nueva Leon » و « كويلا Coahuila » إلى مدينة مونترى . فلم تبلغ نسبة العاملين فى قطاع الزراعة بولاية نوفاليون أكثر من ٢٢ ٪ من جملة سكانها ، وهى أقل نسبة فى الولايات المكسيكية ، وسوف تستمر هذه النسبة فى الانخفاض نتيجة هجرة خمسة آلاف نسمة سنويا من المراكز الريفية إلى مدينة مونترى وغيرها . وهنا يواجه المهاجرون المشكلات الاجتماعية التى يمكن ملاحظتها فى المدن الأخرى بالمناطق الجافة ، خاصة فى تلك المدن التى لم تتطور بها الصناعة بالقدر الذى بلغته فى مدينة مونترى . وبالنسبة لكثير من الدول النامية التى وجدت حظها فى الكشف عن البترول الذى لا تتطلب |صناعته عمالة كبيرة مع وجود معامل التكرير المحلية ، كان هناك تطور واسع فى صناعات الخدمات (التى تعرف أحيانا بأنشطة الدرجة الثالثة) بالنسبة لاستخراج البترول وهو النشاط الأول من حيث الدرجة ، دون إدخال القطاع الثانى من العمل الصناعى فى الاعتبار ، أو تحسين الزراعة بأستخدام الرى أو بإدخال المحاصيل والوسائل الزراعية البديلة .

ويبدو نفس هذا الاتجاه في كثير من مدن شمال إفريقيا والشرق الأوسط كالجزائر ووهران وتونس ، غير أن أحدث هذه النماذج هو ما يوجد في ليبيا حيث أصبح كل فرد يسعى إلى الحياة في المدينة ، وترك الريف بثرواته شبه المؤكدة دون ما أستغلال ، تلك الثروات التي أستغلت قبل ذلك على نطاق واسع أيام الرومان واليونان ، وكما أستغلت حديثا بواسطة مشروعات الاستيطان الإيطالي . ويمكن بطوير تربية الأغنام وزراعة القمح والخضر وأشجار الخشب والفاكهة والكروم الذى تقوم عليه صناعة الخمور المحرمة في الديانة الاسلامية التى يدين بها الليبيون) ، حيث توجد الينابيع الدائمة يمكن ضخ كميات كافية من مياهها بواسطة الأنابيب أو الحصول على هذه المياه الأرضية بحفر الآبار . وكما هو الحال في المناطق الريفية حول نوفاليون بالمكسيك ، فإن هناك تياراً دائماً من الهجرة نحو المدن الساحلية مثل بنغازى وطرابلس وإلى البيضاء العاصمة الجديدة في إقليم طرابلس (١) . وهنا تظهر أحياء الأكواخ والعشش على حواف وهوامش الأحياء الإدارية والتجارية والعمارات الضخمة حيث يبلغ من شدة التكالب على الأرض أن يرتفع ثمن المتر المربع الواحد إلى سبعين جنيتها استرلنيا في مناطق الجذب السكانى . ويعيش في هذه الأكواخ والعشش أعداد متزايدة من العمال الزراعيين المعدمين المهاجرين ، وتعاضم أعداد هؤلاء في سنوات القحط والجفاف ولقد أصيب كثير من الواحات الصغرى وخاصة في إقليم فزان بنوع من عدم التوازن في التركيب الجنسى والعمرى لسكانها حيث يهاجر الشباب منهم إلى المدن الساحلية تاركين النساء والمسنين لممارسة الأعمال الزراعية التقليدية . وتزايد المشكلة في ليبيا كما هو الحال في العالم القديم كله نتيجة التحول من الحياة البدوية القبلية إلى الأعمال المستقرة . ورغم ذلك فقد ثبت على ما يبدو أن البدوى أقل قابلية للتكيف من الزارع المستقر في مواجهة مشكلات أكتساب الخبرات الفنية واليدوية . وكما يتضح فإنه على

(١) تقع مدينة « المصا » في إقليم رققة بلسر في إقليم طرابلس كما ذكر المؤلف ، كما أنها لم تعد عاصمة ليبيا منذ قيام ثورة الفاتح من ستمبر عام ١٩٦٩ التى أخذت من طرابلس عاصمة للجمهورية العربية الليبية . المترجم .

الرغم من الثروة الكبيرة المتاحة لليبيا من مواردها الطبيعية ، فإن خطة التطوير بها وقد خصص لها ٧٠ ٪ من عائدات البترول نتجه نحو إنشاء المدن دون الاهتمام بالأنشطة الصناعية والرفيعة التي يجب الاعتماد عليها قبل غيرها في التنمية الاقتصادية والاجتماعية .

ولقد ساعد الحصول على المياه في أو ارجلا Onargla بالصحراء الجزائرية من بعض المصادر الارتوازية التي تقع على عمق ٢١٩ مترا (٤٠٠٠ قدم) من سطح الأرض ، على بحث واحة قديمة كان نخيلها في طريقه إلى الاندثار والموت ، وكانت أراضيها مرتعا للقطعان التي يمتلكها الرعاة من البدو ، فقد زرع النخيل بها من جديد كما خصص جزء أكبر من أراضيها لزراعة الخضر والحبوب . ولقد أتضحت هذه المشكلة بصورة قوية في الكويت أغنى مشيخات العالم ، التي كانت تعتمد في دخلها الضئيل على العوائد والمكوس التي كانت تجبي من شواطئها على الخليج العربي . وكان شعب الكويت يعيش في مستوى شبيه ببدو الصحراء الذين أنحلروا منهم أصلا ، وذلك منذ بداية الاستقرار الأول في مطلع القرن الثامن عشر وحتى بداية الخمسينات من القرن العشرين . إلا أنه بين عشية وضحاها أرتفع دخل الكويت السنوي إلى ٥٠ — ٦٠ مليون جنيا استرلينا من البترول . وقد أنعكست هذه الثروة الكبيرة على تكوين إجتماعي إقطاعي يتكون أساساً من الأسرة الحاكمة والتجار ثم أفراد الشعب ؛ وقوة الحاكم مطلقة في هذا النظام ، كما جمع التجار الثروات الكبيرة التي أمدتهم بقوة متوازنة في هذا التنظيم الاجتماعي معتمدين في ذلك على قلرة الشعب الملاحية ، وقد تغيرت القوة الاقتصادية في المجتمع الكويتي حيث أعتبرت عائدات البترول من مخصصات الحاكم ، ولقد كان من حسن الحظ أنه قرر استخدام هذه الثروة في سد الشوريات وإلى حد كبير في التغيير الاجتماعي لوطنه . فحلت العمارات والمنازل محل بيوت الطين ، كما حلت الشوارع الدائرية والشوارع ذات الاتجاه الواحد ، محل الأزقة والشوارع الضيقة . وإلى جانب ذلك فهناك التعليم الشامل وخاصة الفني منه ، ومع تطور الصناعة جاء تشغيل شعب المشيخة الذي يحصل على حاجته من المياه بواسطة

مشروع تقطير مياه البحر ذى الأربعة مراحل الذى يعتمد فى طاقته على الغاز الطبيعى . وهناك فى الكويت إدراك للمشكلات التى يمكن أن تنجم عن هذه الثروة الاقتصادية ، مالم تتغير أحوال المجتمع بنفس السرعة . وحتى فى الكويت وعلى الرغم من ذلك ، فقد توجد بعض المشاكل التى قد تتعاظم بظهور فئات إجتماعية جديدة يعارض بعضها صورة المجتمع القديم ، ويعارض بعضها الآخر غيره من الفئات الأجتماعية . ويمكن لبعض هذه المشاكل أن تتضخم فى كافة البلاد المنتجة للبتروى فى الأراضى الجافة من العالم القديم بأنخفاض كميات البترول (ماذا يمكن أن يحدث لموارد المياه فى الكويت) أو إذا توفر البترول فى القريب العاجل من مصادر أقل بعدا عن أوربا كمنطقة بحر الشمال . ويمكن أن يؤدى استخدام مصادر أخرى لطاقة مثل الطاقة الذرية إلى عواقب وخيمة على الأقطار المنتجة للبتروى بالصحراء الكبرى والشرق الأوسط . وقد يكون الضمان الوحيد لمواجهة الكوارث الاقتصادية والاجتماعية الناجمة عن ذلك هو فى استثمار عائدات البترول فى صور أستغلال الأراضى التقليدية ، مثل توفير المعدات الحديثة للزراعة فى أراضى الأنهار أو الواحات ، أو توجيهها لتحسين ظروف الرعى وتطوير الصناعات الغذائية .

ويتنوع النشاط الاقتصادى فى بعض مناطق الأراضى الجافة فى الوقت الحاضر ويتضح ذلك جيداً فى صحراوات أمريكا الشمالية . فقد تطورت الزراعة ، والرعى والصناعة ، وال عمران ، كما نشطت السياحة ومرافق الاستجمام . كل ذلك جنبا إلى جنب ، وبصورة متضافرة مستخدمة فى تحقيق هذه الأهداف أفضل الفرص المتاحة لاستغلال ما يمكن أن تقدمه الأراضى الجافة من إمكانيات . وتمثل مفاتيح التقدم فى مستقبل الأراضى الجافة فى البحث المتواصل فى مصادر الطاقة الحديثة ، ووسائل الرى ، وأساليب التخلص من ملوحة المياه . وينبغى أن يتم ذلك فى إطار إجتماعى صحيح تحل فيه مشاكل أسس التملك التى عاقت التطور الاقتصادى فى الأراضى الجافة من العالم القديم لفترة طويلة . كما ينبغى أن يكون لدى كل عناصر المجتمع إحساس

بالمهدف المنشود سواء أكان ذلك بإعطاء الفرصة لكل فرد بتنمية ثرواته وفق ما تسمح به إمكانياته كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية (النظام الرأسمالى) أو كان ذلك في ظل الاقتصاد الموجه من قبل السلطة كما هو الحال في جمهوريات الاتحاد السوفيتى .

ومن ثم يتضح أن استخدام العلم والتكنولوجيا في استغلال الأراضى الجافة ليس إلا عنصرا واحدا في نجاح معيشة الإنسان في هذا النطاق الجاف . كما أن استخدام الطاقة الشمسية ، وإعداد مياه البحار والمياه الجوفية ، والتوصل إلى أسلوب معمارى جديد ، وظروف سكنى تلائم البيئات الحارة والجافة ، وإدخال محاصيل جديدة ، وتوفير سلالات حيوانية أجود ، وتطوير أساليب الزراعة والرعى ، وتقليل الأمراض والحشرات الضارة ، والقيام بمسح التربة ودراسة المناخ والنبات الطبيعى والمعادن وموارد المياه ، كل ذلك لا يعد ضمنا أكيدا لنجاح الاستغلال الاقتصادى واستمراره في الأراضى الجافة من العالم مالم يدعم بأسلوب مناسب لمواجهة الحياة في مثل هذا النطاق الجاف ، وذلك عن طريق التعليم والإصلاح الاجتماعى ، وأتباع نظام سياسى قويم . عندئذ ، وبمقتضى المنجزات العلمية فلربما تصل كل أجزاء العالم الجاف إلى المستوى المعيشى الذى وصلت إليه منطقة كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية .

المصادر وبعض المراجع المختارة

- Addison H., 1969 Sun and Shadow at Aswan, London
 — 1961 Land, Water Food, London
- Ahmad, S., 1951, "Climatic Regions of West Pakistan"
 Pakistan Geogr. Rev., 6, 1 — 35
- Al-Khashab, W H., 1958. "The water budget of the Tigris
 and Euphrates basin", Dept. of Geography, Univ. of Chicago.
 Research paper No. 54
- Amiran, D. H K. 1954, "The geography of the Negev and
 the southern limit of settlement in Israel, Israel Expl,
 Journ, 4
- Antevs, E., 1954, "Climaie of New Mexico during the last glacio
 pluvial", J. Geol.. 62 182 — 91
- Arbos, P., 1923. 'The geography of pastoral life', Geogr
 Rev., 13 559 — 75
- Awad, M., 1954. "The assimilation of Nomads in Egypt",
 Geogr Rev., 44, 240 — 52
- Bagnold, R. A, 1941, The physics of Blown Sand and Desert
 Dunes London
- Bagnols, F., 1957, "Le climats biologiques et leur classification",
 Annls. Geogr., 66, 193 — 220
- Bagot-Glubb, Sir, J., 1960, War in the Desert, London
- Barbour, K.M. 1959, "Lrrigation in the Sudan" Trans. Inst.
 Br. Geogr., 26, 243 — 63
- Barth, F., 1960, "The land use pattern of migratory tribes of
 southern Persia", Norsk. G. Tids., 17, I — II
- Beaujeu-Garnier. J., 1955, "Les oasis sahariennes" Geographia,
 44, 8 — 15

- Billington, R. A., 1960, *Westward Expansion*, London
- Biro, P. and Drssch, J., 1953. *La Mediterranee et le moyen Orient*, 2 vols., Paris
- Bjerre, J., 1960, *Kalahari*, London
- Blache, J., 1921, *Modes of life in the Moroccan countryside*
Geogr. Rev., 11. 477 — 502
- Blackwelder, E., 1931, 'Rock cut surfaces in desert ranges
J. Geol., 20 442 — 50
- Blum, H. F., 1945, "The physiological effects of sublight on man", *physiol. Rev.*, 25, 483 — 530
- Bosazza, V. L., 1954, "Problems of water supply in the ark areas" *Geogr. J.*, 120. 119 — 22
- Bovill, E. W., 1933, *Caravans of the Old Sahara*, London
 1958 *The Golden Trade of the Moors*, London
- Bowman, I., 1924, *Desert Trails of Atacama*, *Am Geogr. Soc*
 New York
 1935, "Our expanding and contracting desert",
Geogr Rev., 25 43 — 61
- Brice, W C., "Caravan ltraffic across Asia", *Antiquity*, 28,
 78 — 84
- Brown, R. M., 1927, "The utilisation of the Colorado river",
Geogr Rev., 17, 452 — 66
- Bryan, K., 1927, "Persistence of features in arid landscape",
Geogr. Rev, 17, 251 — 57
 1935, "The Formation of Pediments", *Rept. 10th Int :*
Geol, Cong., Pt. 2, 765 — 75
 1940, 'The retreat of slopes, *Ann. Ass. Am Geog.*,
 30, 254 — 68
- Butzer, K. W., 1964, *Enviroument and Archaeology*, London

- Calder, R., 1951, *Men Against the Desert*, London
- Oapot-Rey, R., 1953, *Le Sahara Francais*, Paris
- Carey, P.C. and A.G., 1960, "Oil and economic development in Iran, *Pol. Sci Quart*, 75, 66 — 86
- Chapelle, J., 1958, *Nomades noirs du Sahara*, Paris
- Chapman, V. J., 1969, *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*, London
- Church, R. J. H., 1901 "Problems and development of the dry zone of West Africa", *Geogr J.*, 127, 187 — 204
- Clark, J. I., 1959, "Studies of semi-nomadism in north Africa", *Econ. Geogr.*, 35, 05 — 108
- 1963, "Oil in Libya : some implications", *Econ. Geogr.* 39, 40 — 59
- Cloudsley-Thomson, J. L. (Ed.), 1954, *Biology of Deserts*. Institute of Biology, London
- Cloudsley-Thomson, J. L. and Chadwick, M. J.), 1964, *Life in Deserts*. London
- Cloudsley-Thomson, J. L., 1965, *Desert Life*, London
- 1960, *The Australian Environment*. 3rd ed. Revised. C.S.I.R.O. London and Melbourne
- Cotton. C.A. 1942. *Climatic Accidents in Landscape Making*. Christchurch
- Crary, D. D., 1951, "Recent agricultural developments in Saudi Arabia", *Geogr. Rev.*, 41, 366 — 83
- Cressey G. B., 195/, "Water in the Desert", *Ann. Ass. Am. Geog.* 47, 105 — 24
- 1959, 'Deserts in Asia., *Prcc. I.G.U. Reg. Cong. in Japan*, 1957, 109 — 12

- 1960, *Crossroads Land and Life in South-west Asia*, Philadelphia
- Crowley F. K., 1950, *Australia's Western Third*, London
- Davis, W. M., 1905, 'The geographical cycle in an arid climate', *J. Geol.*, 13, 381 — 407
- 1931, 'Rock floors in arid and in humid climates', *Jl. Geol.*, 38, 1-27, 136 — 57
- Debenham, F., 1953, *Kalahari Sand*, London
- Dickson, H.R.P., 1956 *Kuwait and Her Neighbours*, London
- Doughty, C. M., 1926 *Wanderings in Arabia*, London
- Dresch, J., 1966 'Utilisation and human geography of the deserts', *Trans. Inst. Br. Geogr.*, 40, 1 — 10
- Farmer, B. H., 1954, 'Problems of land use in the dry zone of Ceylon', *Geogr. J.*, 120 21 — 33
- Field, N. C., 1954, 'The Amu Darya : a study in resource geography', *Geogr. Rev.* 44, 528 — 42
- Fisher, W. B., 1953. *The Middle East*, London
- Fuller, M. C., 1924, 'Loess and rock dwellings of Shensi China', *Geogr. Rev.*, 14, 215 — 26
- Gaitskell, A., 1959, *Gezira*, London
- Gautier, G. F. 1923, *Le Sahara*, Paris
- 1926, 'The Ahaggar : heart of the Sahara', *Geogr. Rev.*, 16, 378 — 94
- Glueck, N., 1959, *Rivers in the Desert*, New York
- Gretzmann, W. H., 1959, *Army Exploration in the American West 1803 - 1863*, Yale and London
- Gottmann, J., 1938, *L'homme, la route et leau en Asie sud-occidentale*, *Annls. Geogr.*, 47, 575 — 601

- Grove, A. T. 1960, 'The geomorphology of the Tibesti region',
Geogr. J., 126. 18 — 31
- Hamming, E., 1958, 'Water legislation', Econ. Geogr., 34.
42 — 46
- Harris, W. B., 1897, 'The nomadic Berbers of Central Morocco',
Geogr. J., 633 — 45
- Hellstrom, B., 1953, 'The ground-water supply of north-eastern
Sinai', Geografiska Annaler 35, 61 — 74
- Hills, E. S. (Ed.), 1966, Arid Lands, UNESCO, London
- Holm, D. A., 1960, 'Desert morphology in the Arabian peninsula',
Science 132, 1369 — 79
- Holmes, C. D., 1955, 'Geomorphic development in humid and
arid regions', Am J. Sci., 253, 337 — 90
- Hoover, J. W., 1931, 'Navajo nomadism', Geogr. Rev., 23,
427 — 45
- Hostie, J. F., 1955, 'Problems of international law concerning
irrigation of arid lands', International Affairs, 31, No. 1
- Houston, J.M., 1954, 'The significance of irrigation in Morocco's
economic development', Geogr. J. 120, 314 — 28
- Huntington, E., 1907, The Pulse of Asia, New York
1914, The Climatic Factor as Illustrated in Arid America,
New York
- Ives R. L., 1949, 'Climate of the Sonora desert region, Ann.
Ass. Am. Geog., 39, 143 — 87
- Jaeger, E. C., 1957, The North American Deserts, Stanford and
Landon
- Jarvis, C. S., 1938, Desert and Delta, London
- Johnson, D. W., 1931, 'Plains of lateral corrasion', Science,
73, 174 — 77

- 1932, "Rock planes in arid regions", *Geogr. Rev.*,
22, 656 — 65
- Kanitkar, N. V., 1960, *Dry Farming in India*, New Delhi
- Keast A. (Ed., 1950, *Biogeography and ecology in Australia*",
Monographia Biologicae VIII, The I ague
- King. L. C., 1953, "Canons of landscape evolution' *Bull Geol.*
Soc Am., 64. 721 — 52
- Lawrence T. E., 1935, *The Seven Pillars of Wisdom*, London
- Lawson, A. C., 1915. "The epigene profiles of the desert
Univ. Calif. Bull., No. 9, 25 — 48
- Lebon, J.H.G., 1955, "The new irrigation era in Iraq", *Econ.*
Geogr., 31, 47 — 59
- Leopold, L. B., 1951, "Pleistocene climate in New Mexico",
Am. J. Sci., 249, 152 — 67
- Logan R.F. 1960, *The Central Namib Desert South-west Africa*,
Notional Research Council (Publication 758), Washington, D.C
- Longrigg, S. H., 1951, *Oil in the Middle East* London.
- Lowdermilk, W.C., 1960, "The reclamation of a man-made
desert., *Soientific American*, 202, 55 — 63
- Lydolph, P. E., 1951, "A comparative analysis of the dry
western littorals", *Ann. Ass Am. Geog.*, 47, 213 — 30
- Maitland, L, 1960 *Forest Venture; Conquering the Deserts of
the Middle East*, London
- Marmer, H. A. 1951, "The Peru and Nino Currents" *Geogr.*
Rev, 41, 331 — 8
- Martin, H., 1957, *The Thellering Desert*, London

- Martonne, E. de 1926 Wreisme et indice d'aridite, C.R. Acad. Sci (de Paris), 182. 1395 — 98
19 7, "Regions of intrerior basin drainage" Geogr. Rev., 17, 397 — 414
- Mc Gee, W. J. 1897, 'Sheetflood erosion' Bull Geol. Soc. Am 8, 87 — 112
- Meigs P., 1952 Water ptoblems in the USA. Geogr. Rev., 42, 346 — 66
1953 'Design and use of homoclimatic maps, Proc Int Symp. Desert Research, Jerusalem
1966, A Geography of Coastal Deserts; Arid Zone Rsearch, No, XXVIII, UNESCO, Paris
- Meinzer, O.E, 1927, The occurrence of ground-woter in the United States', Water Supply Paper 489, U.S. Geol Surv., Washington, D.C.
- Merrylee, J. K., 1959, 'Water problems in the Middle East, J Cent Asian Soc., 46, 39 — 45
- Miller A.A. 1931, Climatology, London
- Mmod. T., 1958, 'Majatat al-Koutra, Memoire de FIEAN 25 141 — 50
- Morris J., 1961, Masters of the Desert, 6,000 Years in the Negev, New York
- Murdock, G P, 1960, Staple Subsistence crops in Africa, Geogr. Rev., 50, 523 — 40
- Murray, G.W, 1955, 'Water from the desert : some aucieut Egyptian achieveuents, Geogr. 121, 171 — 81

Nicolaisen, J., 1954. Some aspects of the problem of nomadic cattle breeding among the Tuareg of the central Sahara". G. Tids. Copenhagen, 53, 62 — 105

Nixon R. W. 1952 "Ecological study of the date varieties in French North Africa" Ecology, 33, 215 — 25

Osborn, F., 1954, The Limits of the Earth, London

Paver G. L., 1947, "Water supply in the Middle East Campaign", Water and Water Engineering 94, 653 — 62

Peel, R. F., 1960, "Some aspects of desert geomorphology", Geogr., 45, 241 — 62

1966, "The landscape in aridity", Trans Inst. Geogr., 38, 1 — 23

Petrov, M. P. 1962 "Types de deserts de l'Asie Centrale" Annls Geogr. 384, 131 — 55

Philby, H. St. J. B., 1962, Arabian Highlands, London

Poquet J., 1963, Les Deserts, "Que Sais-Je ?", No 500, Paris

Powell J.W. 1878. "Report of the lands of the Arid Regions of the US with a More Detailed Account of the Lands of Utah" 45th Cong. 2nd Session. House Ex. Doc. 73, Washington, D.C.

Powers, W.C., 1954, "Soil and land-use capabilities in Iraq", Geogr. Rev., 44, 373 — 80

Prenant, A, 1953, "Facteurs du peuplement d'une ville d'Algerie interieure", Annls. Geogr., 62. 434 — 51

Rainey, R. C. 1951, "Weather and the movement of locust swarms, a new hypothesis", Nature, 168, 1057 — 60

Reifenberg, A., 1955, The Struggle Between the Desert and the Sown, Jerusalem

Rich. J. L., 1935, 'Origin and evolution of rock fans and Pediments' Bull. Geol. Soc. Am 46., 999 - 1024

- Ross, C. G., 1960 'Reducing water loss in South Australia',
Geogr., 45, 297 — 99
- Roy, J. M., 1954, 'La Grande Vallée de Californie, Canadian
Geogr., 4, 63 — 76
- Rudolph, W. E., 1927, 'The Rio Loa of Northern Chile, Geogr.
Rev, 17, 553 — 85
1951, 'Chuquicamat, twenty years later', Geogr. Rev.,
41, 88 — 113
- Russell R. J., 1945, 'Climates of Texas', Ann. Ass. Am. Geog.,
35. 37 — 52
- Sanger R. H., 1954 The Arabian Peninsula, Ithaca
Sauer C. O., 1952, Agricultural Origins and Dispersals Am.
Geog. Soc., New York
- Schulze B. R., 1947, 'The climates of South Africa according
to the classifications of Köppen and Thornthwaite, S. Afr.
geogr. J., 29, 32 - 102
- Semple E. C. 1931, Domestic and municipal waterworks in
Ancient Mediterranean lands, Geogr. Rev, 21, 466 — 74
- Shapley, H. 1953 Climatic Change Evidence Cause and
Effects, Cambridge, USA
- Smith T.C., 1960, Aspects of agriculture and settlement in Peru,
Geogr. J., 126, 397 — 412
- Sykes, G., 1927, The Camino del Diablo, Geogr. Rev., 17, 62-74
- Subrah Manyam U P; 1956 'The water balance of India Ann.
Ass. Am. Geog., 46. 300 — II
- Suslov, S. P., 1961, physical Geography of Asiatic Russia,
London
- Taylor, G., 1918 The Australian Environment Melbourne

- 1939 "Sea to Sahara - settlement zones in eastern Algeria", *Geogr. Rcv.*, 29, 177 — 95
- 1940, Australia, 1st ed, London
- Thesiger, W., 1959, *Arabian Sands*, London
- Thomas. RE., 1957. 'Trade routes of Algeria and the Sobra Univ of California publications in Geography, 8, 165 — 288
- Thomas, W.L., 1959, 'Man, and space in southern California, *Ann. Ass Am. Geog.*, 49, 1 — 120
- 1960, Competition for a desert lake : the Salton sea, California, *Abst Papers XIX I.G.C. Nordeu*
- Thornthwaite, C. W., 1948, 'An approach towards a rational Classification of climate, *Geogr. Rev.*, 38 55 — 94
- Tothill, J. D., 1948, *Agriculture in the Sudan*, London
- Tricart J. and Cailleux, A., *Le modele des regions seches*, paris UNESCO, *Arid Zone Research*, Paris, 1953 :
- Vol I : *Arid Zone Hydrology - Reviews of Research*
 - II : *Arid Zone Hydrology - proceedings of the Ankara Symposium*
 - III : *Directory of Institution Engaged in Arid Zone Research*
 - IV : *Utilisation of Saline Water - Reviews of Research*
 - V : *Plant Ecology - Proceedings of the Montpellier Symposium*
 - VI : *plant Ecology - Reviews of Research*
 - VII : *Wind and Solar Energy - Proceeding of the new Delhi Symposium*
 - VIII : *Human and Animal Ecology- Reviews of Research*
 - IX : *Guide Book to Research Data for Arid Zone Development*

- X : Climatology - Reviews of Research
- XI : Climatology and Microclimatology - Proceedings of the Canberra Symposium
- XII : Arid Zone Research - Recent Developments
- XIII : Medicinal Plants of the Arid Zones
- XIV : Salinity Problems in the Arid Zones
- XV : Plant - Water Relationships in Arid and Semi - Arid Conditions
- XVI : Plant - Water Relationships - Reviews of Research
- XVII : (Ed. Stamp, I. D.), A History of Land Use in Arid Regions
- XVIII : Problems of the Arid Zone — Proceedings of the Paris Symposium
- XLX : Nomades et Nomadisme au Sahara
- XX : Changes of Climate. Proceedings of the Rome Symposium
- XXI : Bioclimate Map of the Mediterranean Zone and Explanatory Note
- XXII : Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions - Reviews of Research
- XXXIII : Agricultural Planning and Village Community in Lsraef
- XXIV : Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions
- XXV : Methodology of Plant Eco-Physiology - Proceedings of Montpellier Symposium
- XXVI : Land Use in Semi - Arid Mediterranean Climates
- XXVII : Evaporation Reduction

- XXVIII : Meigs, P., A Geography of Coastal Deserts
- Verlet, B., 1962 Le Sabars 'Que Sais - Je ?', No. 766, Paris
- Wadham, S., 1957, Land Utilisation in Australia, Melbourne
- Walther, J., 1924. Das Gesetz der Wustenbildung. Leipzig
- Walton, K., 1952, 'The oasis of Jalo', Scot. Geogr. Mag., 68,
110 — 19
- Walton, K., (with Gimingham, C. H.), 1954, Environment and
the Structure of Scrub Communities on the Limestone plateaux of
Northern Cyrenaica, Ecology, 42, 505 - 20
- Wayland, E. J., 1953, 'More about the Kalahari, Geogr. J.,
119, 49 - 56
- Weuleksse, J., 1946, Paysans de Syrie et du proche - Orient
(Les Paysans de la terre) Paris
- White, G. F. (Ed.) 1956, The Future of Arid Lands, Pubn. No.
43, Am. Ass Adv. Sci., Washington
- Whyte R. O., 1960, Crop Production and Environment, London
- ohary, M., 1962, Plant Life of Palestine, New York

فهرس الأشكال

الرقم	الصفحة
١	توزيع درجات الجفاف ، وأحواض التصريف الداخلى
٢٧	ومناطق الجريان السطحي المنتظم :
٢	خزان روماني في منطقة الصفصاف بالقرب من شحات (قروين)
٧٩	الحبل الأخضر ، شمال إفريقيا :
٢	حام وادي عراك Wadi Arak على هوامش كتلة الحجر في صحراء
٩٤	شمال أفريقيا
١١٤	سيه وصاريس القسم العربي من صحراء شمال إفريقيا
٥	قطاعات لتربة على طور حط تمتد من الشمال الشرقى إلى الجنوب
١٢٣	العربي في لولاياب المتحدة الأمريكية
-	أثر التصاريس على أعمار التربة في منطقة بيج هورن Big Horn في
١٢٦	ويومنج Wyoming بالولايات المتحدة الأمريكية
١٢٩	توزيع التربة الملحية
٨	مناطق نوالد وهجرة الحراد الصحراوى في فصل الشتاء والصيف ،
١٤٨	١٩٦٨
٩	أ — مشروعات الري المقترحة في حوض السد الأعلى بالإضافة إلى
	شبكة قنوات الري القديمة في أرض الأنهار الخمسة :
١٨٥	ب — المناطق المروية والمزراع ربتها في حوض السند :
٢٠٣	١٠ - وسائل الري في إيران :
٢١٦	١١ - نموذج لحديقة في واحة جالو ، برقة :

محتويات الكتاب

الصفحة

	تقديم .	
١٥	١ طبيعة وأسباب الجفاف :	
٤٣	٢ أنواع المناخ في المناطق الجافة :	
٨٣	٣ مورفولوجية الأراضي الصحراوية :	
١٣٣	٤ الجغرافيا الحيوية للأراضي الجافة :	
١٦٣	٥ مصادر المياه في المناطق الجافة :	
١٨٩	٦ الزراعة في الأراضي الجافة :	
٢١٤	٧ . الرعى — الحرفة الأساسية في المناطق الجافة :	
٢٣٨	٨ - مستقبل الأراضي الجافة :	
٢٥٤	٩ - المصادر ومراجع مختارة :	

رقم الايداع ٢٣٩٦ / ١٠

الترقيم الدولي ٠ - ٥٤٦ - ١٠٣ - ٩٧٧

دار النشر   للطباعة

دار النشر - دار النشر - دار النشر - دار النشر



708/35