حركة الهواء والدورة الهوائية
Air in Motion and Atmospheric circulations

إعداد

د. حيدر الحسن

14/5/2025

- إنَّ التوزيع غير المنتظم لنتائج التسخين عن اختلاف خطوط العرض في الإشعاع الشمسي (فترة التشميس)، وكذلك اختلاف امتصاصية سطح الكرة الأرضية للحرارة يؤدّي إلى **حركة الهواء** air motions.

- يتبع الغلاف الجوي جملة الكرة الأرضية في حركاتها عبر الفراغ الكوني، **وهو يدور أيضاً مع الكرة الأرضية من الغرب إلى الشرق.** إذاً **الرياح Winds هي حركات الهواء المتصلة بالأرض.**

- والخلاصة يمكن القول: **أنَّ الهواء المحيط بسطح الكرة الأرضية يمثّل الوسط الذي تحدث فيه جميع ظواهر الأرصاد الجوية.**
- **تعمل حركة الهواء على تقارب الاختلافات الكائنة على سطح الأرض من حرارة ورطوبة وضغط، ولذلك فإنَّها تعتبر كمنظم هام ورئيسي في الجو.**
- ويطلق اصطلاح **الرياح على الحركة الأفقية للهواء أو القريبة منها** تمييزاً عن **الحركة الرأسية التي يطلق عليها اسم تيارات هوائية والتي لها أهميتها الخاصة في تكوين بعض السحب**، وتعتبر الحركة الرأسية قليلة إذا ما قورنت بحركة الرياح.
- **إنَّ نظام الرياح الذي يحتوي أضخم كتلة هواء يسمى بالدورة الهوائية العامةGeneral circulation، والتي تتحرك بوساطة الطاقة الآتية من الشمس.**
- **وهذا النظام ينقل الهواء من المناطق الاستوائية باتجاه القطبين ويحتفظ بتدفق عودة الهواء البارد من القطب إلى خطوط العرض المدارية.** يعني ذلك أنَّها **مسؤولة عن الطقس.**

الدورة الهوائية العامة:

- تنتج الدورة العامة للهواء الجوي عن **اختلاف الضغط الجوي** السائد حول خطوط العرض المختلفة للكرة الأرضية.
- **والمحيطات لها دور أساسي** في نشوء هذه الدورة وخاصة **المحيطات المدارية**، وهناك عوامل عديدة تتحكَّم في دورة الغلاف الجوي العامة وتحدد مظاهرها وتضبط آليتها أهمها **طاقة الشمس الإشعاعية الحرارية ودورة الأرض حول محورها.**
- **إذاً فالدورة الهوائية في الغلاف الجوي هي جريان هوائي متوسط الزمن فوق كامل الكرة الأرضية.**
- **وتعزى الاختلافات الفصلية في الدورات الهوائية العامة إلى دوران الأرض حول الشمس.**

آلية دورة الغلاف الجوي العامة

- هناك عوامل عدة تتحكَّم في دورة الغلاف الجوي، وتحدّد مظاهرها من أهمها **طاقة الشمس الإشعاعية الحرارية، ودورة الأرض حول محورها** والذي ينجم **عنها قوّتان تؤثّر الأولى في اتجاه الرياح (قوة أو تسارع كوريوليس) بينما تؤثّر الثانية في سرعة جريانها (قوة الاحتكاك).**
- **يمكن تقسيم دورة الغلاف الجوي العامة إلى ثلاث خلايا (دورات) لكل منها آلية حركية مميزة وهي :**
- **خلية هادلي** : تقع بين درجتي عرض 30 شمالاً وجنوباً ووسطياً.
- **الخلية القطبية:** تقع في العروض العليا والقطبية بين درجتي العرض 60 و90 شمالاً وجنوباً.
- **خلية فيريل:** (خلية العروض الوسطى): تقع بين درجتي عرض 30 و60 شمالاً وجنوباً.

خلية هادلي

بسب سقوط أشعة الشمس عمودية على العروض الوسطى الاستوائية تكون زاوية ارتفاع الشمس فوقها كبيرة جداً وبالتالي تكتسب مقداراً عظيماً من الطاقة الشمسية الإشعاعية الحرارية (التشمس) .

يتحوَّل قسم منها إلى طاقة حرارية **محسوسة** تسخّن سطح الأرض والهواء، ويتحوَّل القسم الآخر إلى طاقة حرارية **كامنة** تستخدم في تبخير الماء .

يتمدَّد الهواء أثناء الارتفاع بسبب انخفاض الضغط وتتحول طاقته الحرارية المحسوسة إلى طاقة كامنة فيبرد كظمياً(ذاتياً).

- وعندما يصل إلى مستوى التكاثف الرفعي يشكّل **سحباً كثيفة عميقة ضخمة** من نوع كومولوس تؤدَّي إلى **هطول أمطار غزيرة مصحوبة بعواصف رعدية قوية** .
- وعندما يتكثَّف بخار الماء فإنَّ طاقته الحرارية الكامنة تتحرّر لتتحول إلى **طاقة حرارية محسوسة** تعمل على **تسخين الهواء** من جديد مما يؤدّي إلى ارتفاعه إلى مستوى أعلى **فتزداد طاقته الكامنة أكثر** .
- يستغرق الهواء حوالي **3 أسابيع** ليهبط من ارتفاع 12 كم إلى ارتفاع 3 كم

- فتتحول طاقته الكامنة تدريجياً إلى طاقة حرارية محسوسة تسخّن الهواء (ذاتياً) فيصبح جافاً ومُجفِّفاً- يمتص الرطوبة الجوية - فتنعدم الغيوم
- وتظل السماء صافية دائماً مما يساعد على ازدياد درجة الحرارة على سطح الأرض .
- تسود فوق سطح المحيطات شبه المدارية رياح هادئة بسبب ضعف تدرج الضغط في مساحات الضغوط المرتفعة .
- في الماضي كانت هذه المناطق من المحيطات سبباً في حبس السفن الشراعية عدة اسابيع فيها فتنفذ مؤنها مما يضطّر البحَّارة إلى إلقاء بعض حمولتهم وقتل أحصنتهم من أجل الطعام أو إلقائها في مياه المحيط لتخفيف حمولة السفن. لذلك عرفت هذه العروض شبه المدارية بعروض الخيل .

الدورة القطبية

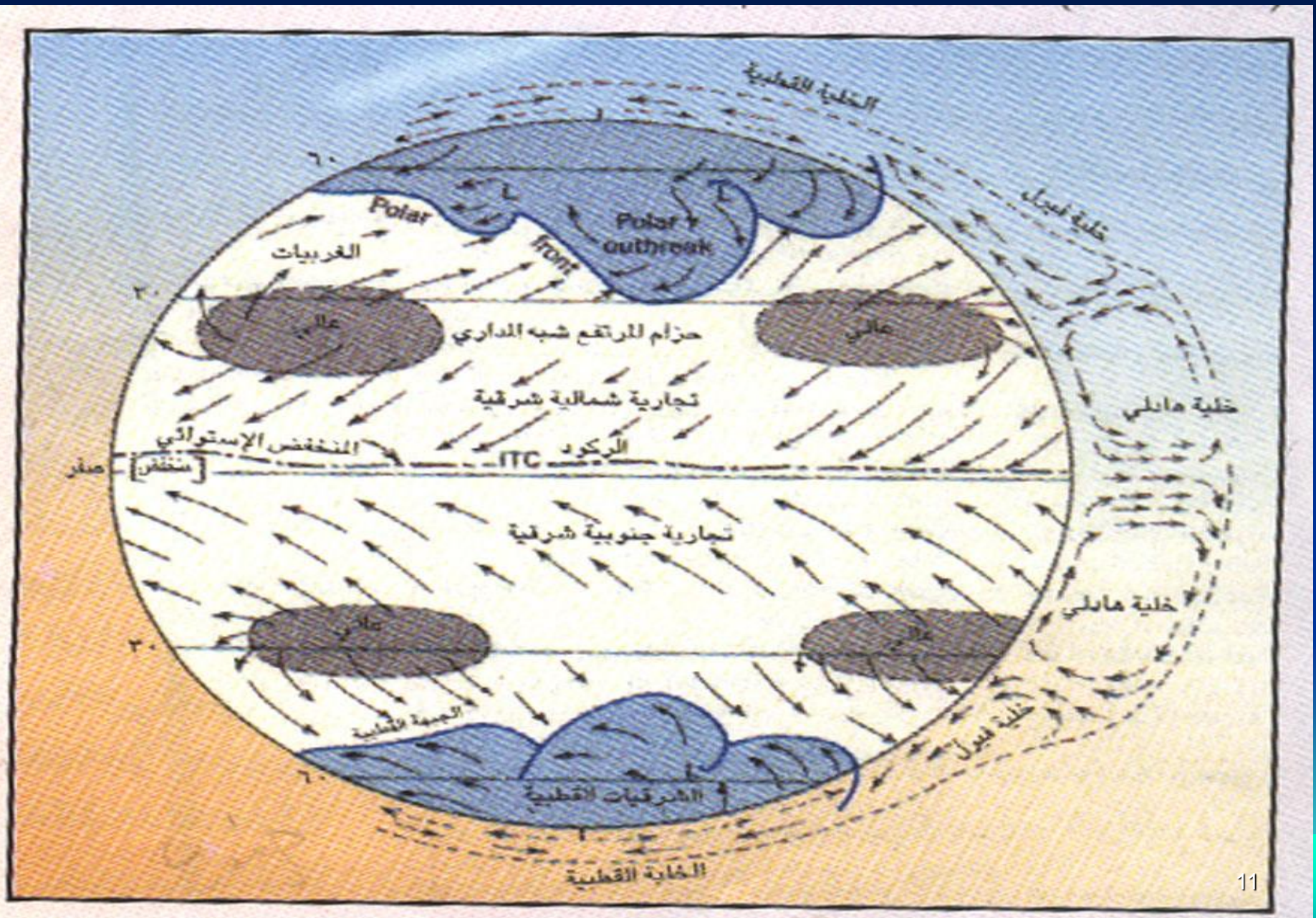
- تتضافر البرودة الشديدة مع الحركات الهوائية الهابطة في منطقة القطبين مشكّلة ضغطاً **مرتفعاً** على السطح تنطلق **منه رياح سطحية قطبية باردة نحو العروض الوسطى والدنيا** .
- تدفع هذه الرياح(الشرقية القطبية) في مقدمتها جبهة باردة تعرف بالجبهة **القطبية** تفصل بينها وبين الرياح المدارية الدافئة المتجهة عبر العروض الوسطى إلى العروض العليا والقطبية.

دورة فيريل

- تهب الرياح عبر **العروض الوسطى** من أطراف الضغوط المرتفعة شبه المدارية متجمعة إلى العروض العليا والقطبية على كافة المستويات السطحية والعالية متجهة بعزمها الزاوي، فتزداد سرعتها عندما تعبر دوائر العرض التي تصغر باتجاه القطبين.

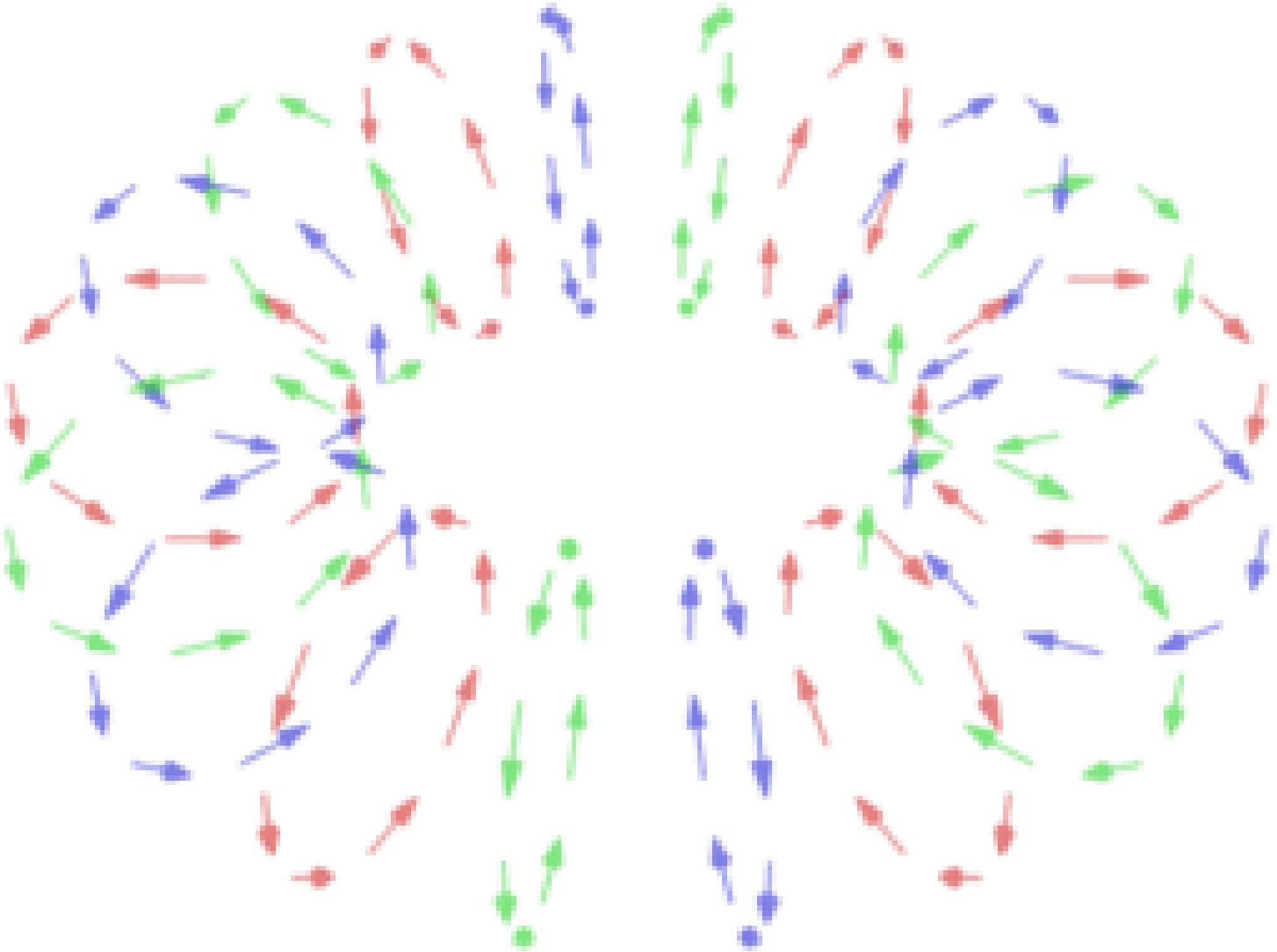
- **بسبب انعدام قوة الاحتكاك في طبقات الجو العليا، تهب الرياح العلويَّة مشكّلةً رياحاً نطاقية تتجه من الغرب إلى الشرق تعرف بالغربيات العلوية. أمَّا على سطح الأرض تعرف بالغربيات السائدة .**

دورة الغلاف الجوي العامة على سطح الكرة الأرضية



المسارات المنحنية والدوَّامات

- يطبّق مفهوم تدرج الضغط على **مختلف الدوَّامات** في الغلاف الجوي. **فأضخم الدوَّامات هي الأعاصير والأعاصير المضادة ذات الحجم الكبير (السينوبية) حيث يكون معظم الطقس منتجاً في خطوط العرض الوسطى.**
- وبصورة نموذجية لا تتجاوز سرعة الرياح حول السيكلون والأنتيسيكلون **قرب سطح الأرض 70 كم/ساعة**. والأكثر تخريباً وإتلافاً هي السيكلون الاستوائي tropical cyclone أو الإعصار المصحوب بالأمطار والرعد والبرق **Hurricane**.
- ومن الدوامات ذات القوة الكبيرة والتخريب الكامل هو **الزوبعة tornado**، الدورة القوية لهذه الدوامة ضيقة بصورة طبيعية بقطر **1 كم أو أقل**، لكن سرعة الرياح فيها يمكن **أن تبلغ 300 كم/ساعة**



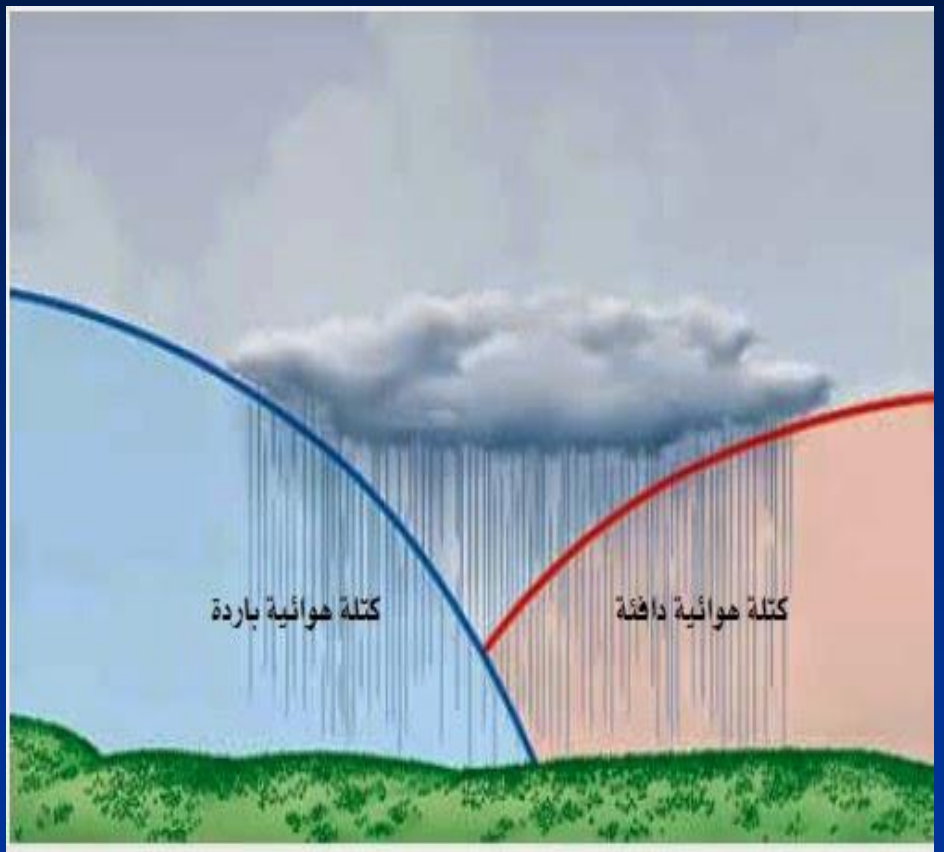
الكتل الهوائية Air masses:

- إنَّ **كتلة الهواء** هي كثافة ضخمة من الهواء تمتد فوق آلاف الكيلومترات والتي من خلالها تتغير درجة الحرارة والرطوبة بشكل تدريجي أفقياً.
- ويمكن **تعريف الكتل الهوائية** بأنَّها قسم ضخم من الهواء المتجانس –أفقياً- في صفاته الحرارية والرطوبية في كل مستوياته من سطح الأرض وحتى قمته.
- **وبتعريف آخر** هي عبارة عن حجم ضخم من الهواء استقل في منطقة ما لفترة طويلة واكتسب الخصائص المناخية لهذه المنطقة (منطقة المصدر).
- تتشكَّل الكتل الهوائية بشكل أساسي خلال **تدفق الإعصار المضاد لأحزمة الضغط المرتفع القطبية وشبه الاستوائية.**

الجبهات الهوائية

تتشكَّل **الجبهة الهوائية** عند التقاء كتلة هوائية باردة بكتلة هوائية دافئة

- وعندما تسيطر الكتلة الهوائية الباردة على الكتلة الهوائية الدافئة تتشكل عندها **جبهة هوائية بادرة**
- أمَّا اذا سيطرت الكلتة الهوائية الدافئة على الكتلة الهوائية الباردة فعندها تتشكل **جبهة هوائية دافئة**.



يمكن أن تسبب الجبهة الثابتة هطولًا مطريًّا مستمرًّا ثابت الشدة، يدوم عدة أيام فوق منطقة محددة.

حالة عدم الاستقرار

- **ترافقها تيارات صاعدة وهابطة واضطراب في الجو.**
- **أهم العوامل الجوية المساعدة على نشوء حالة عدم الاستقرار:**

1- زيادة التسخين الحراري لسطح الأرض في النهار بتأثير الإشعاع الشمسي وتشكُّل الرياح.

2- في حالة عبور هواء بارد فوق أرض دافئة.

3- في حال عبور كتلة هوائية باردة فوق كتلة هوائية ساخنة في طبقات الجو العليا.

4- في حال وجود الهواء الساخن ودفعه أمام مقدمة الجبهات الباردة.

5- استقطاب الرياح وتجمُّعها إذ ينشأ عن ذلك تيارات هوائية صاعدة.

الاستقرار والغيوم Stability and clouds:

- تساهم الغيوم الركامية **بعدم الاستقرار** وبالحركة العمودية القوية للهواء.
- تسمى أعمدة الهواء الصاعد أحياناً **مطبات جوية** Thermals
- يساعد الجو **المستقر** في **الهواء الرطب** على نشوء **الضباب والغيوم الطبقية** والهطول المطري بصورة رذاذ أو **مطر مستمر** أو ثلج.
- أما في **حالة الهواء الجاف** فإنَّه يقلّل من وضوح الرؤية بجوار سطح الأرض بسبب **تركيز الغبار والأتربة والدخان** والرمال المعلقة في هذه الطبقة.

تتأثر سورية بنوعين من الكتل الهوائية:
1-**كتل هوائية شمالية قادمة من شمال البحر المتوسط**.
2-**كتل هوائية جنوبية قادمة من جنوب البحر المتوسط**.
وكلتيهما تكون **قاريّة أو محيطية**.

تؤثّر هذه الكتل في مناخ سورية كثيراً فعندما تسيطر **كتل باردة** تسود **البرودة** وعندما تسيطر كتل دافئة تسيطر الحرارة.

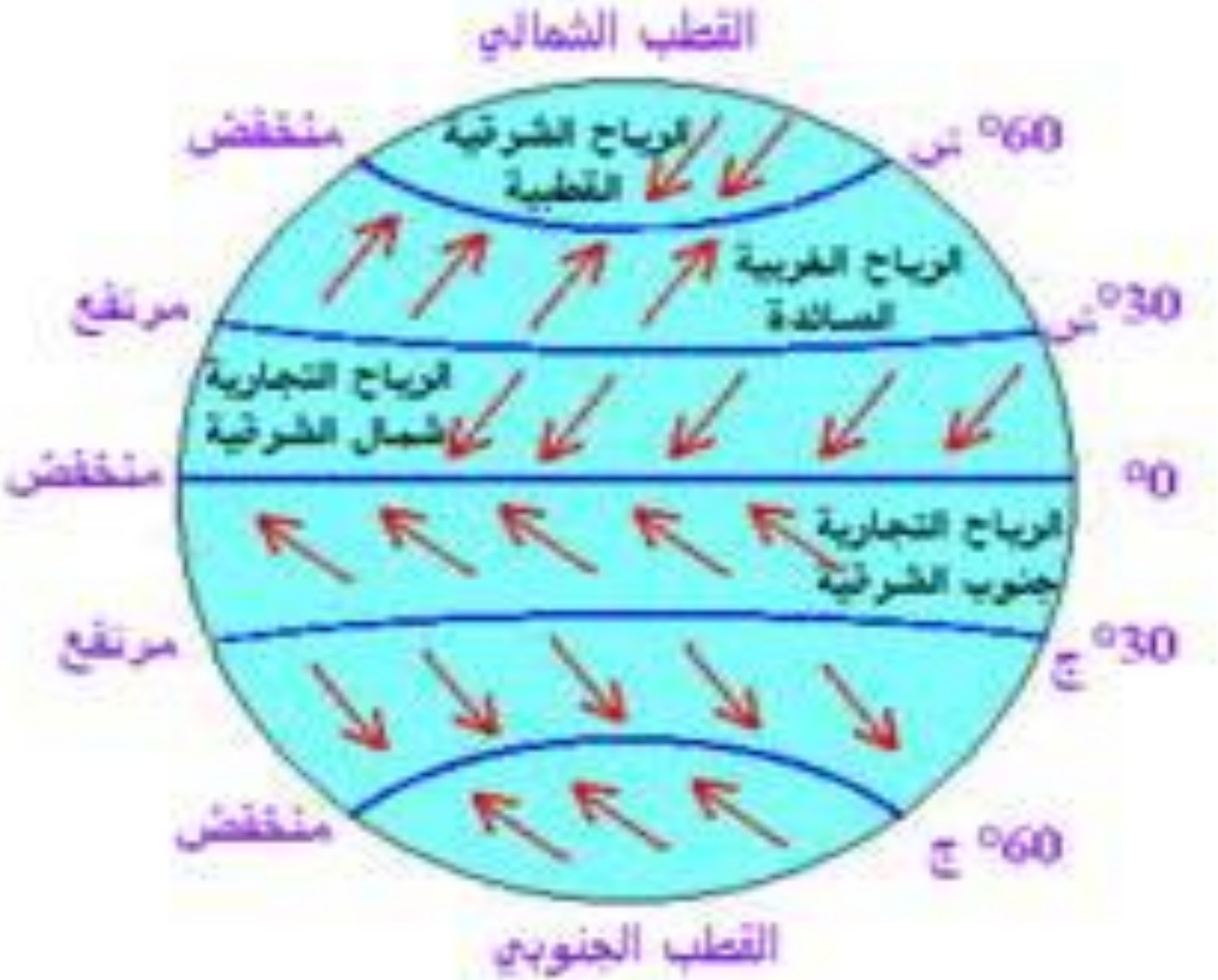
وقد تأتينا كتل هوائية قطبية المنشأ إذا كانت رطبة تجلب معها موجات الثلوج
وإنَّ هذه الكتل إذا عبرت البحر المتوسط فإنَّها تكتسب صفات البحر المتوسط وتشكّل (كتلة هوائية متوسطية).

يمكن تصنيف الرياح حسب فترة هبوبها، ومدى انتشارها إلى:

- رياح دائمة
- رياح موسمية
- رياح محلية
- رياح يومية

الرياح الدائمة

- هي الرياح التي تهب من أحزمة الضغط المرتفع الرئيسة وتتميَّز باستمرار هبوبها على مدار السنة ومنها :
- الرياح التجارية
- الغربيات الاستوائية
- غربيات العروض الوسطى
- الشرقيات القطبية


القطب الشمالي
منخفض
الرياح الشرقية القطبية
60° ش
مرتفع
الرياح الغربية السائدة
30° ش
الرياح التجارية شمال الشرقية
منخفض
0°
الرياح التجارية جنوب الشرقية
مرتفع
30° ج
منخفض
60° ج
القطب الجنوبي

الرياح التجارية (رياح الأليزة)

- هي رياح دائمة تهم بالأخص الطبقات السفلى من الغلاف الجوي فوق مناطق بالغة الاتّساع وتهب من المرتفعات الجوية دون المدارية باتجاه المناطق الاستوائية.

- يلتقي نوعي الرياح بالقرب من خط الاستواء في نطاق تقارب ذو رياح ساكنة أو خفيفة وشريط من سحب الحمل. ويسمى هذا النطاق بنطاق التقارب بين المدارين.

- تعدّ الرياح التجارية أهم العناصر المتدخّلة في الدورة الجوية، حيث تقوم بتجميع الطاقة من سطح البحار ونقلها باتجاه خط الاستواء و تتحكّم في مناخ قرابة نصف سطح الكرة الأرضية.

الغربيات الاستوائية

- هي عبارة عن رياح غربية خفيفة السرعة، ينحصر مجال هبوبها بين خط الاستواء الفلكي ومركز الضغط المنخفض الاستوائي الذي يكون إلى الشمال من خط الاستواء في فصل الصيف الشمالي، وإلى الجنوب منه في فصل الصيف الجنوبي.
- في فصل الصيف تأخذ الرياح التجارية العابرة لخط الاستواء من الجنوب وجهة جنوبية غربية بعد عبورها خط الاستواء متوجهة نحو مركز أخدود الضغط المنخفض الاستوائي،
- أمَّا في فصل الشتاء فينعكس الأمر، إذ تأخذ الرياح الشمالية الشرقية بعد عبورها خط الاستواء اتجاهاً شمالياً غربياً، وهكذا نجد هناك رياحاً غربية في جزء كبير من الحزام الاستوائي.

غربيات العروض الوسطى

- هي تلك الرياح التي تهب بوجه عام من الاتجاه الجنوبي الغربي في العروض الوسطى من نصف الكرة الشمالي،
- وتهب من الاتجاه الشمالي الغربي في العروض الوسطى من نصف الكرة الجنوبي، ومصدر تلك الرياح حجيرات الضغط المرتفع شبه المداري،
- وتتصف تلك الرياح بتغيرات كبيرة في اتجاهها وسرعتها، وغالباً ما يصاحبها ضغط مضطرب.

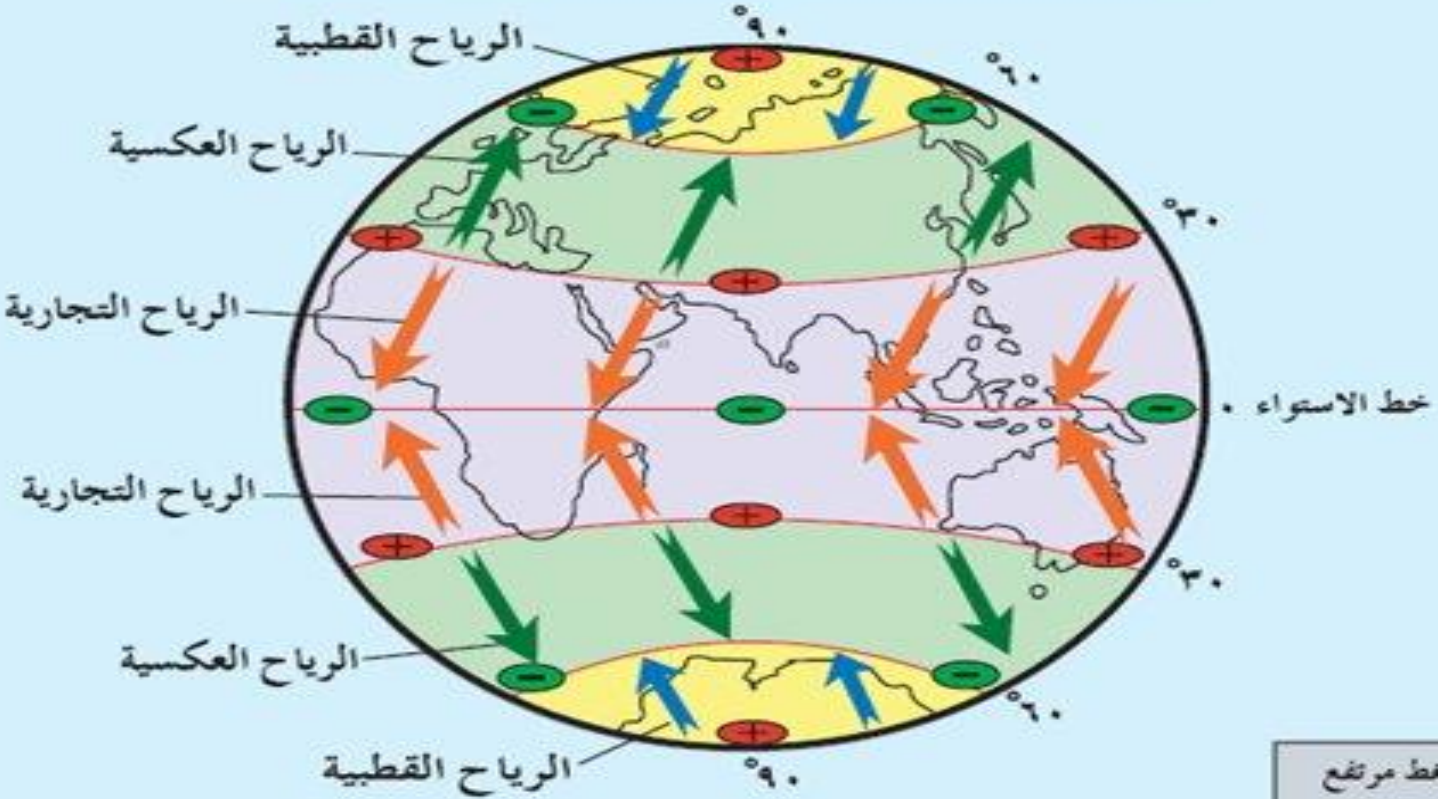
الشرقيات القطبية

- إنَّ الرياح المتّجهة نحو القطب في الجبهة القطبية هي الرياح **الشرقية القطبية (الشرقيات القطبية)** polar easterlies .
- وهذه الرياح تحمل هواء القطب الشمالي والقطب الجنوبي البارد من المناطق القطبية إلى الجبهة القطبية.
- حيث تكون دافئة بوساطة التسخين الحراري من السطح الأدفأ من الأسفل (وأيضاً في العواصف الرعدية بوساطة المزج مع الهواء الأدفأ على الجانب الآخر من الجبهة).
- ويرتفع الهواء ويعود إلى القطبين كتدفق غربي عالياً.

الرياح الموسمية Monsoons

- هي رياح فصلية تهب في مواسم محددة من السنة وبشكل دوري .
- وخلال الخريف والشتاء تبرد اليابسة عند خطوط العرض الوسطى أسرع من المحيطات المحيطة بها.
- فيهبط الهواء البارد فوق اليابسة وينتشر مندفعاً من الضغط المرتفع فوق اليابسة إلى الضغط المنخفض فوق المحيطات.
- وبسبب قوة كوريوليس تتدفق الرياح خارجاً بشكل أعاصير مضادة.
- وفي الربيع والصيف تسخن اليابسة أسرع من المحيطات ويصبح الهواء فوق اليابسة أسخن من الهواء فوق المحيطات
- وبالتالي يرتفع الهواء الأسخن ويندفع الهواء البارد الرطب فوق المحيطات إلى الداخل باتجاه اليابسة مكتسباً تدفقاً إعصارياً بسبب قوة كوريوليس.

مناطق الضغط العامة والرياح السائدة



لاحظ أن الرياح تتحرك من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض ، ولاحظ أيضاً أن الرياح لا تهب في خط مستقيم بل تنحرف إلى يمين إتجاهها في النصف الشمالي وإلى يسار إتجاهها في النصف الجنوبي ؛ وذلك بسبب دوران الأرض حول نفسها .

الرياح المحلية

- تهب على مناطق معينة من العالم حسب نظام ثابت وخلال فترة زمنية قصيرة ومنها :

- رياح مرافقة للمنخفضات الجوية .
- رياح الخماسين (مصر)
- السيركو (الجزائر)
- السموم (سورية)
- المسترال (فرنسا)
- رياح الفوهن

رياح الخماسين

- هي **رياح صحراوية حارَّة محمَّلة بالغبار المعلَّق والأتربة من الصحراء** وتكون أمام المنخفضات الجويَّة التي تمر على الساحل المصري في الربيع.

- يتغير اتجاهها تبعاً **للانخفاضات** ويرافق **الطقس الخماسيني تقلبات سريعة في الحرارة والرطوبة** حيث ترتفع درجة الحرارة وقد تصل إلى 58 درجة مئوية وتهبط الرطوبة النسبية في الهواء.

- **وتؤثّر رياح الخماسين على صحة المواطنين وتنقل الأمراض والحشرات والآفات التي تصيب المزروعات أيضاً.**

رياح السموم

- **السموم** أو **رياح السموم** هي رياح **عنيفة حارّة** إذ قد تتجاوز حرارتها 54°، وهي كذلك جافَّة حيث أنَّ رطوبة الهواء تقلّ عن **10 بالمائة**
- تتحرّك هذه الرياح في **قالب دوائر رملية حاملة معها حبات الرمل.**
- تهب رياح السموم على فلسطين والأردن وسوريا وصحاري الجزيرة العربية.
- كما أنَّ مصر تتعرّض لريح السموم خاصة خلال فصلي الربيع والصيف، وهي أقوى من **رياح الخماسين** غير أنَّها لا تدوم طويلا

رياح الفوهن Fohn winds:

- وهي **رياح منحدرات سفلية تحدث في مناطق جبلية عديدة**.
- وهي **ريح دافئة وجافة جداً وشاذَّة تظهر** أحياناً على طول المنحدرات المحجوبة عن الريح في السلاسل الجبلية.
- وتنشأ رياح الفوهن عندما تتوجّه الرياح السائدة عكس الجبل **في الهواء الرطب**.
- وإنَّ صعود الهواء مجبراً إلى الأعلى على السفح الجنوبي للجبال يؤدّي إلى **تشكيل غيوم كثيفة وهطول جبلي غزير أحياناً**،
- وقد تسبّب رياح الفوهن زيادة في رفع درجة الحرارة حتى 12 درجة مئوية فتذوب الثلوج وتحدث الحرائق والفيضانات، **وتساعد على نضج الفاكهة والمحاصيل والخضار في الوديان ومدة هذه الرياح تتراوح 30-40 يوماً**.

رياح الكاتاباتيك Katabatic Winds:

- يطلق على الرياح المنحدرة من الأسفل ذات طابع التفريغ اسم رياح الكاتاباتيك أو الرياح الهابطة.
- معظم هذه الرياح ضعيفة ولا تتجاوز سرعتها عادة 10 كم/ساعة،
- وهي خطرة فعلياً بسبب تفريغ الهواء البارد في الوادي الذي يؤدي إلى خفض درجات الحرارة الليلية في الوادي أكثر من على سفوح الجبال.

رياح يومية

- أ- **نسيم البحر**: هو نسمات من الرياح الرطبة المنعشة تهب من البحر الى اليابسة نهاراً. يبدأ **بعد شروق الشمس** لأنَّ الهواء فوق اليابسة يسخن بسرعة أكثر من الهواء فوق الماء.
- ب- **نسيم البر**: هو نسمات من الرياح **الجافة** تهبّ من اليابسة الى البحر ليلاً. ويبدأ نسيم البر بصورة طبيعية أضعف بكثير من نظيره النهاري ويصل ذروته **عند الساعة 10 أو 11 مساءً**
- ج. **نسيم الجبل**: هو نسمات من الهواء تهب من قمم الجبال وسفوحها باتجاه المناطق المنخفضة والأودية **ليلاً، بعد منتصف الليل.**

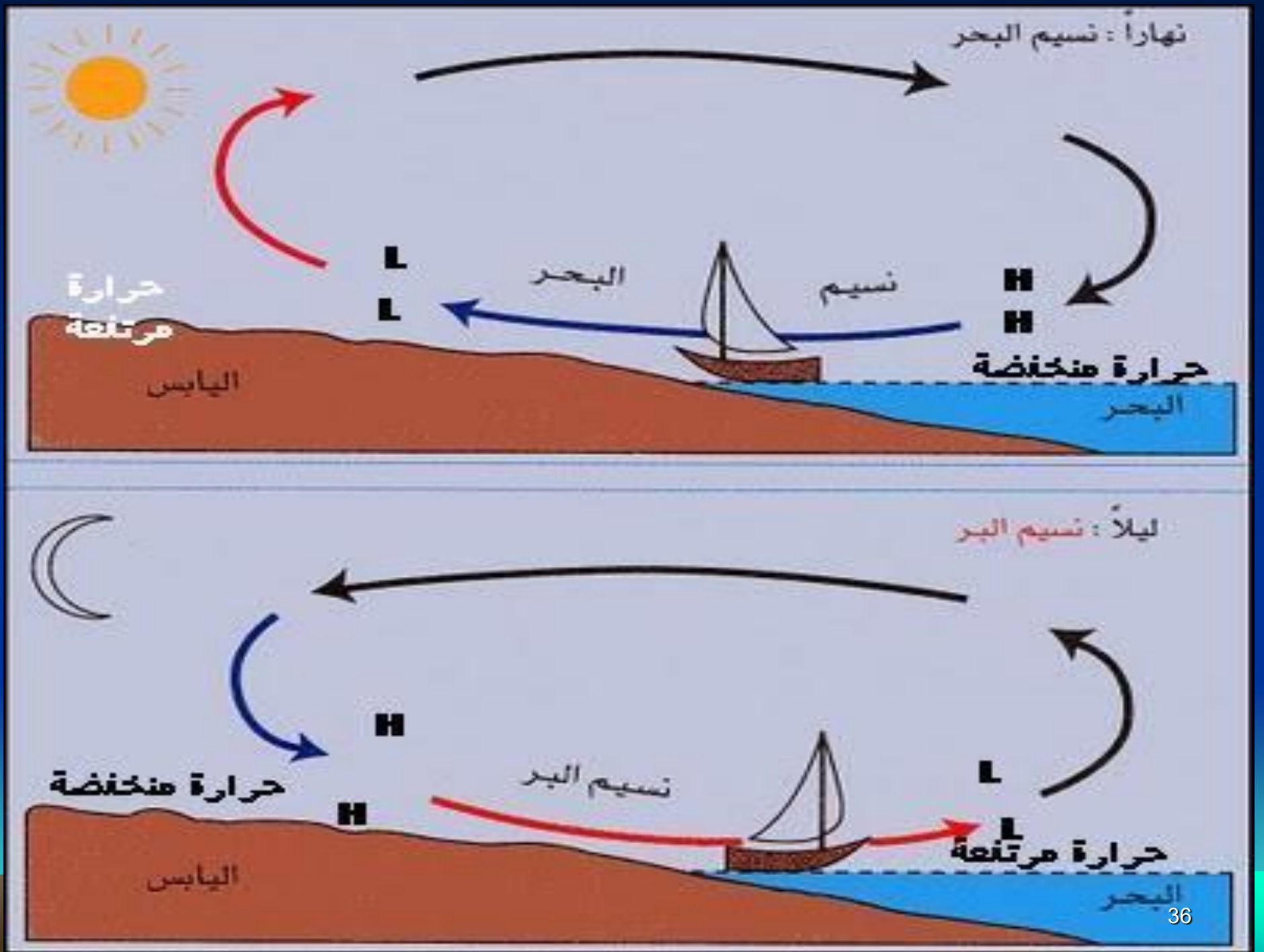
د. **نسيم الوادي**: هو عبارة عن نسمات من الهواء تهب من المناطق المنخفضة والأودية **نهاراً** نحو السفوح والقمم الجبلية، **بعد شروق الشمس بعدة ساعات.**

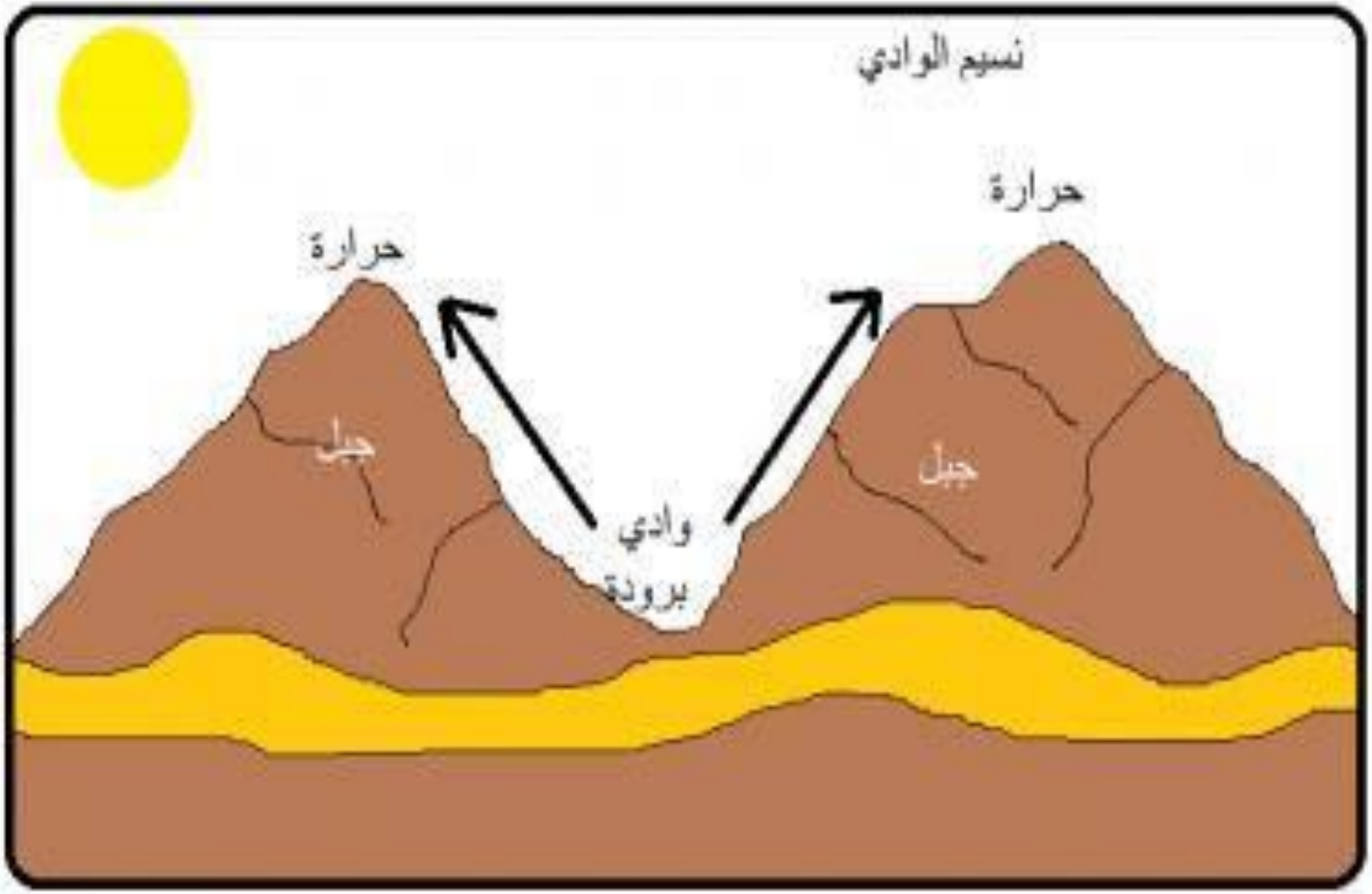
الرياح السائدة في سوريا

- الرياح السائدة هي **رياح غربية** وهذا يساعد على تلطيف مناخ المناطق **الغربية** من سوريا.

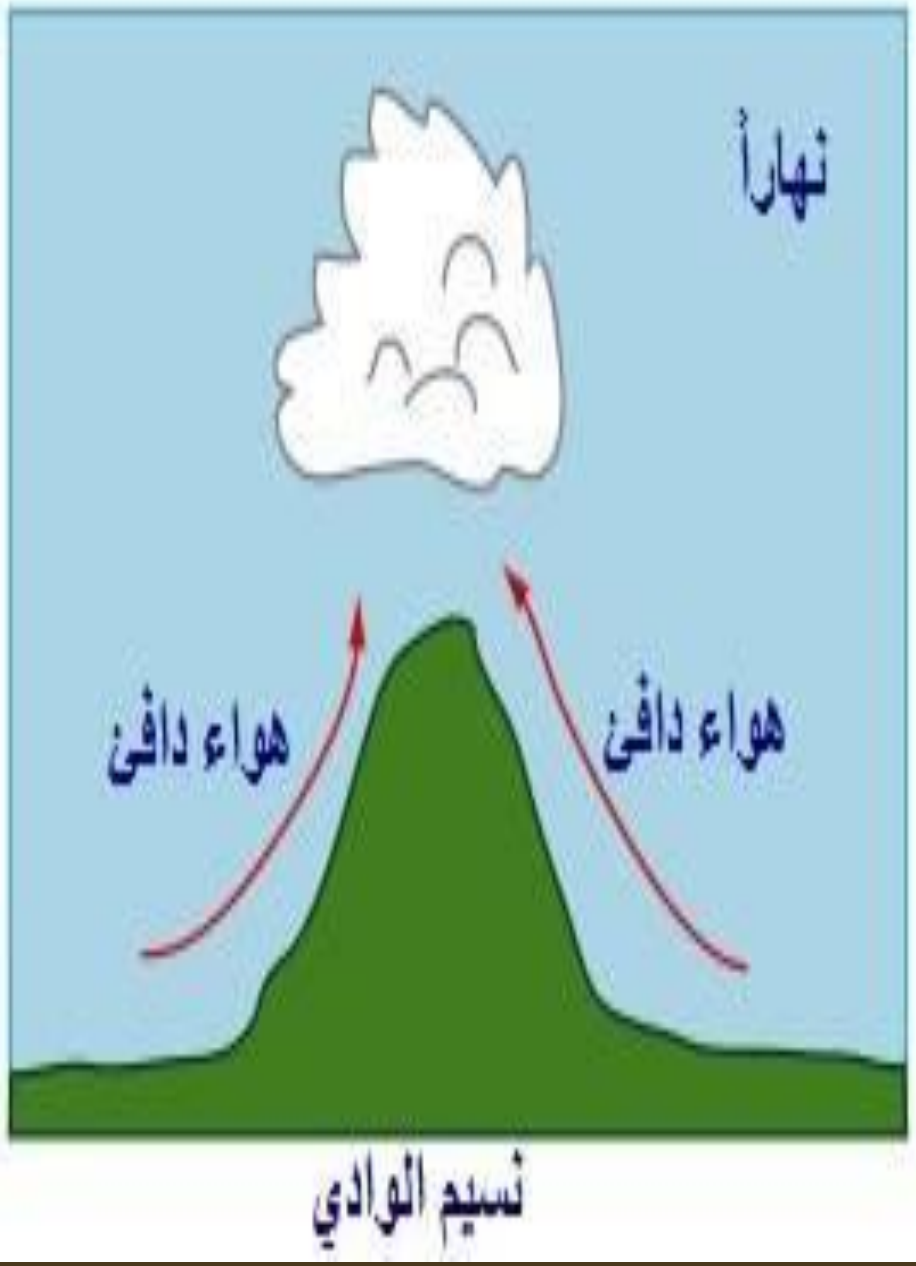
- التي تتأثّر بالبحر الأسود فالمناطق الغربية **أقل تباين حراري** (أي المدى الحراري بين الليل والنهار) يكون أقل من المناطق المجاورة وهذا الأثر يظهر **أمام الفتحات التضاريسية** أيضاً.

- تؤثّر **الرياح الشرقية** على المناخ **وتعدّ من الكوارث الطبيعية** التي تصيب المنطقة لأنها تؤثّر **سلباً** على الزراعة.

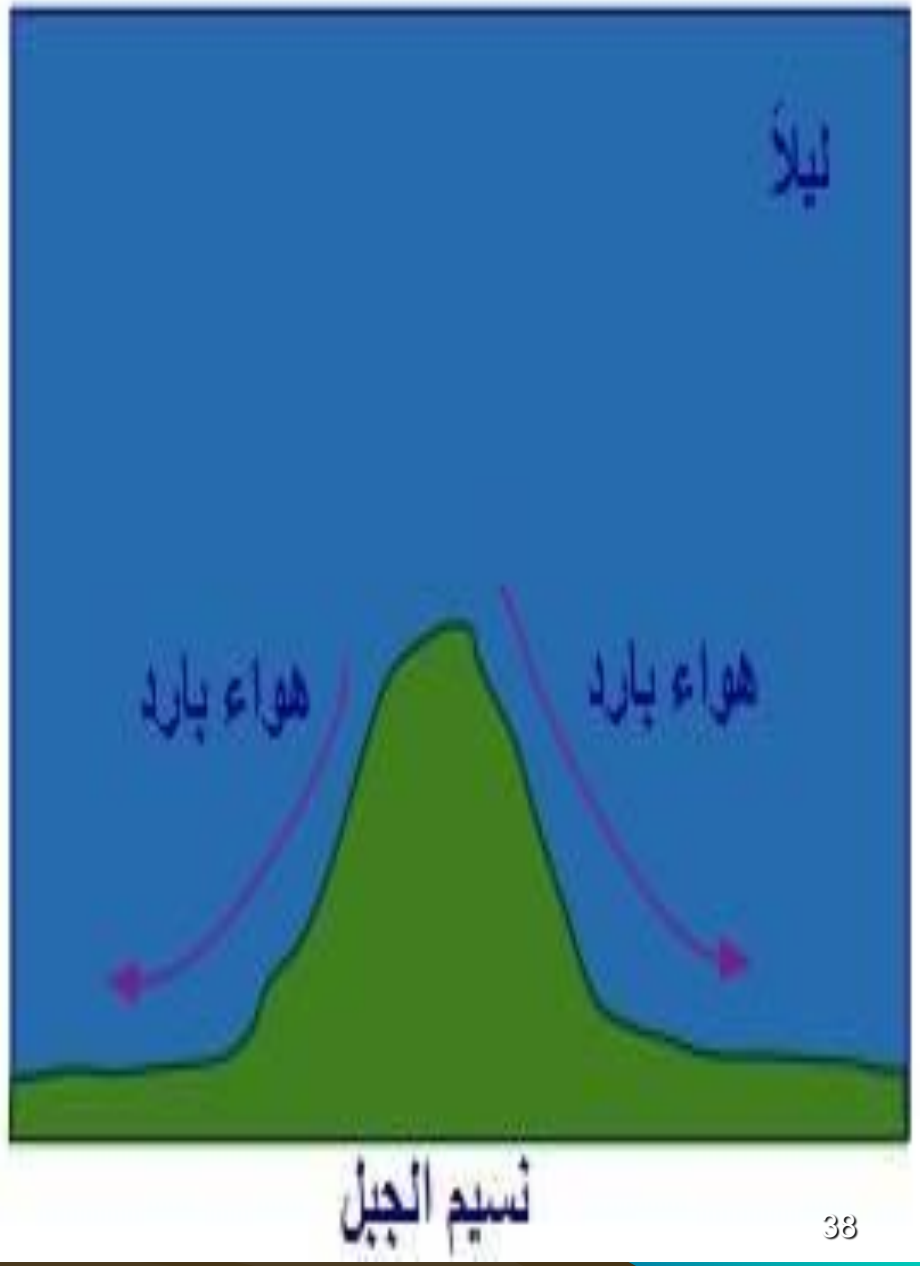

نهاراً : نسيم البحر
L
L
البحر
نسيم
H
H
حرارة مرتفعة
اليابس
حرارة منخفضة
البحر
ليلاً : نسيم البر
H
H
حرارة منخفضة
اليابس
نسيم البر
L
L
حرارة مرتفعة
البحر



يحدث نسيم الوادي أثناء النهار حيث تعمل الشمس على تسخين قمم الجبال قبل قاع الوادي، وبالتالي يتركز ضغط منخفض في قمم الجبال بينما يكون قاع الوادي بارد ولذلك يتركز عليه ضغط مرتفع، عندها تنتقل الرياح من قاع الوادي إلى قمم الجبال.



نسيم الوادي



نسيم الجبل

النهاية
وأطيب التمنيات بالنجاح
والتوفيق