الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

ميدان: علوم طبيعة وحياة

الشعبة: العلوم البيئية

تخصص: بيئة ومحيط

# الفصل الرابع

# الحركة العامة للغلاف الجوي ونظام الرياح

محاضرات خاصة بطلبة السنة الثالثة ليسانس (ل.م.د)

من إعداد الدكتور: خزاني بشير

أستاذ محاضر قسم (أ)

الموسم الجامعي:2022-2023

# الفصل الرابع

## الحركة العامة للغلاف الجوي ونظام الرياح

## General Circulation of the Atmosphere and Winds Systems

### 1- مقدمة

يعتري الغلاف الجوي حركات هوائية شاقولية وطولية وعرضية، مكونة دورات من مختلف الأشكال والمقاييس. فبالمقابل إلى ما يتلقاه سطح الأرض من طاقة إشعاعية شمسية قصيرة، يشع بدورة طاقة حرارية إشعاعية أرضية ذات موجات طولية – أشعة تحت حمراء – تنطلق نحو الفضاء الخارجي. وقد بينت الدراسات أن ما تكتسبة العروض الدنيا المدارية والاستوائية من تشمس يزيد كثيرا عما تفقده من طاقة إشعاعية، بينما يكون الوضع معكوسا بالنسبة للعروض العليا والقطبية إذ تفقد من الطاقة أكثر مما تكتسبه من التشمس. حيث أنه فقط عند درجة العرض 37° وسطيا يتوازن مقدار التشمس مع ما يشعه سطح الأرض إلى الفضاء الخارجي.

بالرغم من هذا التباين في اكتساب الطاقة بين العروض الجغرافية لا تصبح العروض الاستوائية والمدارية أكثر حرارة مما هي علية، كما لا تزداد العروض العليا برودة أكثر أيضا. ويعود الفضل في ذلك إلى أن دورة الغلاف الجوي العامة تعمل على تبادل ونقل الطاقة وتوازنها بين هذه العروض، فعند العروض الاستوائية الحارة يرتفع الهواء الدافئ إلى طبقات الجو العليا ويتدفق باتجاه القطبين حاملا معه طاقة حرارية من العروض الدافئة ذات الطاقة الحرارية الكبيرة إلى العروض القطبية الباردة التي تعاني من عجز الطاقة الحرارية، ليتم تكدس وتدفق الهواء القطبي البارد باتجاه العروض الدنيا المدارية والاستوائية ، تماما كما يحدث في المحرك الحراري الذي يعمل باتجاه واحد بين أجزاء عالية الحرارة وأجزاء منخفضة الحرارة.

مما لا شك فيه أن عمليات نقل الطاقة الحرارية وتبادلها بين العروض المختلفة تجري وفق نظام محكم وثابت يضمن بقاء الأوضاع المناخية على سطح الأرض على حالتها. وللمحافظة على هذه الأوضاع فإن من الواجب نقل ما لا يقل عن $4 \times 10^{15}$ واط / ثانية (جول) من الطاقة يوميا من العروض الدنيا المدارية والاستوائية.

### 2- توزيع الضغط على سطح الأرض

نظرا لاختلاف حالة الضغط الجوي على سطح الكرة الأرضية بالنسبة للحرارة والرطوبة، فقد أمكن تقسيم سطح الأرض إلى مناطق ذات ضغط منخفض وأخرى ذات ضغط مرتفع كما يأتي:

**منطقة ضغط منخفض** على جانبي خط الاستواء لشدة الحرارة وكثرة الأبخرة وتصاعد الهواء إلى الطبقات العليا.

**منطقتا ضغط مرتفع** حول خطي عرض 30 شمالا وجنوبا لقلة بخار الماء بهما، ولأن الهواء ينزل من أعلى إلى أسفل، والهواء النازل يكون عادة أثقل من الهواء الصاعد.

**منطقتا ضغط منخفض** حول خطي عرض 60° شمالا وجنوبا لتصاعد الهواء وكثرة الأبخرة بهما.



Bioclimatology 2023

**منطقتا ضغط مرتفع** عند القطبين لشدة البرودة وقلة الأبخرة وهبوط الهواء بهما.

### 3- نشأة الرياح وخصائصها

المصدر الأول لطاقة الرياح هو الطاقة الشمسية ويقدر بأن 1% من قيمة الإشعاع الشمسي الإجمالي الساقط التي تصل سطح الأرض يتم تحويلها إلى طاقة الرياح. وذلك للأسباب التالية:

#### 3-1 تباين تسخين الأرض ما بين دائرة الاستواء والقطبين

حيث تكون المناطق القريبة من دائرة الاستواء أقرب للوضع العمودي على أشعة الشمس وبالتالي تتلقى كمية من الإشعاع الشمسي أكبر بكثير من تلك المناطق القريبة من القطبين. وبسبب سخونة سطح الأرض عن دائرة الاستواء فإن طبقة الهواء التي تعلوها تسخن بدورها، وتقل كثافتها ثم ترتفع لأعلى محدثة خلخلة في ضغط الهواء، بينما يحدث العكس في المناطق القطبية حيث يكون سطح الأرض باردا فتبرد طبقة الهواء التي تعلوه وترتفع كثافتها وتهبط لأسفل ويزيد ضغطها فتندفع إلى المناطق الساخنة المنخفضة الضغط القريبة من سطح الأرض بينما يحل محلها الهواء الساخن المرتفع القادم من المناطق الاستوائية الأكثر حرارة، وهذا التأثير يحدث على مستوى سطح الكرة الأرضية كلها.

#### 3-2 تباين تسخين الأرض والبحار والمحيطات

حيث تتميز المياه بسعتها الحرارية الكبيرة بالمقارنة باليابسة، لذا فإنه أثناء النهار تسخن الأرض بسرعة بتأثير الإشعاع الشمسي والمياه ببطيء مما يجعل طبقات الهواء التي تعلو الأرض أكثر سخونة وأقل كثافة وضغطا فترتفع لأعلى وتحل محلها طبقات الهواء الواقعة فوق سطح المياه الأقل سخونة والأكثر كثافة وضغطا، بينما يحدث العكس ليلا عندما تبرد الأرض بسرعة بينما تظل المياه أكثر سخونة.

#### 3-3 تباين تسخين الوديان والتلال والجبال

ويحدث بطريقة مشابهة للتأثير السابق من حيث الاختلاف في سخونة المناطق المرتفعة من تلال وجبال عن الوديان. ويعد هذا التأثير محليا يرتبط بطبوغرافية المواقع والأماكن.

#### 3-4 دوران الأرض حول محورها Rotation of the Earth

حيث تدور الأرض حول محورها الواصل بين القطبين الشمالي والجنوبي بسرعة زاوية ثابتة ولكن السرعة الخطية الفعلية تصل إلى أقصاها عند خط الاستواء وهي حوالي 1600 كم/ ساعة تنخفض إلى الصفر عند الخطبين مما يؤدي إلى حركة كتل الهواء فوق مناطق خطوط العرض المختلفة بسرعات مختلفة.

### 4- قوة كوريوليس Coriolis Force

قوة ناتجة عن دوران الأرض حول نفسها وهي سبب انحراف الرياح إلى يمينها في الشمال الهيموسفيري والعكس جنوبا.

### 5- الخلايا الجوية Atmospheric Cells

#### 5-1 خلية هادلي (خلية العروض الدنيا) Hadley Cell

Bioclimatology 22-23

هي عبارة عن حجيرة (خلية) جوية في العروض المنخفضة، تشتمل على صعود الهواء فوق الأخدود الاستوائي وهبوطه فوق حزام الضغط المرتفع شبه المداري مشكلة ما يعرف بالرياح التجارية.

في الأعلى كلما ابتعدت هذه التيارات الهوائية بعيدا عن الأجواء الاستوائية تزداد سرعتها. لأنها تنتقل من فوق دوائر عرض كبيرة إلى دوائر عرض صغيرة. وتأخذ في الانحراف – بسبب قوة كوريوليس – نحو يمينها في النصف الشمالي من الأرض وإلى يسارها في النصف الجنوبي مشكلة رياح غربية عالية سريعة (الغربيات) وما أن تصل إلى دائرة عرض 30ْ شمالا وجنوبا وسطيا (بين دائرتي العرض 28ْ و45ْ شمالا وجنوبا) حتى تصبح سرعتها وانحرافها على أشدها. حينها يأخذ الهواء بالهبوط إلى سطح الأرض.

ما أن تدخل الرياح التجارية الشمالية والجنوبية نطاق الضغط المنخفض الاستوائي حتى تبدأ بالارتفاع عند جبهة ما بين المداري مشكلة تيارات حمل تصاعدية قوية تضاف إلى حركات الهواء الاستوائي الحار التصاعدية وتقويها، وهكذا تكمل دورة الهواء في خلية هادلي الشمالية الجنوبية في العروض الدنيا.

### 2-5 الخلية القطبية Polar Cell

تقع هذه الخلية في كل من نصفي الكرة الأرضية في العروض العليا والقطبية بين درجتي فالعرض 60ْ و90ْ شمالا وجنوبا وتشبه دورة هادلي، لكنها تجري على مقياس أصغر.

نتيجة البرودة الشديدة يسود فوق كل من القطبين ضغط جوي مرتفع يعرف بالضغط المرتفع القطبي، تنطلق منه رياح قطبية باردة نحو العروض الوسطى والدنيا. وبسبب قوة كوريوليس تنحرف نحو يمينها في النصف الشمالي من الكرة الأرضية مشكلة رياحا شمالية شرقية، ونحو يسارها في النصف الجنوبي مشكلة رياحاً جنوبية شرقية تعرف عادة بالشرقيات القطبية، أين تلتقي بالرياح العكسية في منطقة الضغط المنخفض.

تتجلى هذه الدورة بوضوح أكثر في العروض القطبية الجنوبية – خاصة فيما يتعلق بالرياح الشرقية – ويعود ذلك لأن القارة القطبية عبارة عن قطعة من اليابسة يساعد غطاؤها الجليدي العظيم الدائم على تكوين الضغط المرتفع القطبي واستمراره، ويؤدي التباين الحراري الكبير بينها وبين البحار المحيطة بها من كل الجهات على ظهور نطاق الضغط المنخفض شبه القطبي.

### 3-5 خلية فيريل Ferrel Cell

يطلق على هذه الخلية كذلك خلية العروض الوسطى وتعود تسميتها عالم الأرصاد الجوي الأمريكي فيريل الذي اقترح وجودها بين خلية هادلي والخلية القطبية في كل من نصفي الكرة الأرضية. وفي هذه الخلية تهب الرياح عبر العروض الوسطى من أطراف حزامي الضغوط المرتفعة شبه المدارية متجهة إلى العروض العليا والقطبية فتزداد سرعتها عندما تعبر دوائر العرض التي تصغر باتجاه القطبين، وما أن تتحرك هذه الرياح مسافة قصيرة حتى تحرفها قوة كوريوليس نحو يمينها في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، ونحو يسارها في النصف الجنوبي مشكلة الرياح العكسية.

## 6- أسس تصنيف الرياح Classification of the Winds



Bioclimatology 2023

هناك الكثير من الأسس المستخدمة في تصنيف الرياح. فبعضهم يصنفها حسب مستوى هبوبها والقوى المتحكمة فيها، وبعضهم الآخر يصنفها بحسب سرعاتها، وهذا ما يتضح في المقياس الذي وضعه بيفورت Beafort عام 1805 المؤلف من 12درجة لسرعة الرياح إضافة إلى السكون. غير أن التصنيف الأكثر شيوعا لأنواع الرياح، هو الذي يعتمد على ديمومة هبوبها وسعة انتشارها.، وتقسم بموجبه إلى أربعة أنواع هي:

## 7- أنواع الرياح:Types of Winds

### 7-1 أولا الرياح الدائمية Permanent Winds

وهي رياح وتنحصر في طبقات الجو السفلى وتهب باستمرار وانتظام طوال السنة نتيجة وجود مراكز دائمة من الضغط الجوي المرتفع والمنخفض، وتسمى عادة بأسماء الجهات الأصلية أو الفرعية التي تهب منها. وأهم هذه الرياح:

### 7-1-1 الرياح التجارية Trade Winds

وتهب هذه الرياح من منطقتي الضغط المرتفع المداريتين نحو منطقة الضغط المنخفض الاستوائي، وتكون شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي، وتمتاز الرياح التجارية بأنها جافة وغير ممطرة لأنها تأتي من جهاز دافئة إلى جهات حارة، كما أنها من أكثر الرياح ثباتا واستمرارية في هبوبها. وانحرافها ليس كبيرا لأنها تتحرك فوق عروض دنيا وتتصف بان معدل سرعتها يتراوح بين 10-15 عقدة " العقدة = 1850 مترا.

### 7-1-2 الرياح العكسية أو الغربية:Westerly Winds

تهب الرياح العكسية من منطقة الضغط المرتفع الموجود حول دائرتي 30° شمالا وجنوبا إلى الدائرين القطبيتين، وتهب عادة من الجنوب الغربي في نصف الكرة الشمالي، ومن الشمال الغربي في نصف الكرة الجنوبي، وهي ممطرة ودافئة، وسبب ذلك أنها تأتي من جهات دافئة إلى جهات باردة نوعا، وكثيرا ما تصحب الرياح العكسية معها الأعاصير وهي عواصف شديدة الهبوب كثيرة الرعد والبرق مع تقلبات سريعة يضطرب معها الجو كثيرا.

### 7-1-3 الرياح القطبية Polar winds

تهب الرياح القطبية من القطب الشمالي نحو الدائرة القطبية الشمالية، وتأتي من الشمال الشرقي كما تهب من القطب الجنوبي نحو الدائرة القطبية الجنوبية وتكون جنوبية شرقية وهي رياح باردة جافة. كما أنها تنحرف بشدة فيصبح اتجاها شماليا شرقيا إلى شرقيا في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وجنوبيا شرقيا إلى شرقيا في النصف الجنوبي.

### 7-2 الرياح الموسمية Periodic Winds

تهب الرياح الموسمية في فصول معينة من السنة، وسبب هبوبها هو أنه في فصل الصيف تكون الجهات الوسطى للقارات شديدة الحرارة لبعدها عن تأثير المحيطات فيسخن الهواء بها كثيرا ويخف وترتفع، ويحل محله رياح رطبة آتية من المناطق المرتفعة الضغط من البحار المجاورة فتسبب سقوط أمطار الغزيرة وفِي فصل الشتاء ينعكس الحال وتصبح الجهات الداخلية بالقارات أبرد من جو البحار المحيطة بها، ولذا تهب الرياح من وسط القارة إلى المحيطات المجاورة وتكون جافة باردة، وأكثر ما تهب هذه الرياح الموسمية بصورة منتظمة على جهات آسيا الجنوبية الشرقية وأواسط إفريقيا والحبشة وشمال أُستراليا وجنوب غرب الجزيرة العربية.

Bioclimatology 2023

### 7-3 الرياح المحلية Local Winds

تهب الرياح المحلية في مناطق معينة صغيرة المساحة لمدة قصيرة في فترات متقطعة وتنشأ عن عوامل خاصة بالتضاريس، وهي تختلف عن الرياح الموسمية في أنها لا تشمل فصلا بأجمعه ولا تهب بانتظام مثلها. الرياح المحلية توجد في أغلب جهات العالم ولكنها تختلف في شدتها وتأثيرها من جهة إلى أخرى ومن أمثلتها:

#### 7-3-1 الرياح الباردة Cold winds

**رياح البورا Bora wind**: وتهب على شمال ايطاليا والبحر الأدرياتيكي وهذه الرياح منخفضة الحرارة.

**رياح المسترال Mistral wind**: تخرج من المناطق المرتفعة المغطاة بالثلوج في جنوب أوربا وتهبط مرتفعة صوب الضغط المنخفض فوق البحر أثناء فصل الشتاء وهي شديدة العنف وتؤدي إلى انخفاض كبير في درجة الحرارة.

**رياح الفهن Fœhn wind**: رياح محلية تتعرض لها منطقة جبال الألب ثم تأخذ في الهبوط على السفوح الشمالية تبدأ باردة ثم تنخفض درجة حرارتها عندما تصل إلى الأودية.

#### 7-3-2 الرياح الحارة Hot winds

**رياح الخمسين Khamsin wind**: هي رياح جنوبية شرقية فصلية جافة وحارة تأتي من الصحراء الكبرى محملة بآلاف الاطنان من الرمال باتجاه مصر وبلاد الشام في فترات منقطعة ما بين مارس ويونيو. وسميت كذلك لأنها تدوم حوالي خمسين يوما في فصل الربيع. بمعدل يوم إلى يومين خلال الأسبوع. حيث تصل سرعتها إلى 140 كلم/ساعة.

**رياح السيروكو Sirocco wind**: ويتأثر بها شمال إفريقيا وهي محمله بالرمال والأتربة مثل رياح الخماسين و قد يصل أثرها إلى صقلية و جنوب ايطاليا.

**رياح السموم Simoon wind**: هي رياح محملة بالبخار وتتعرض لها بلاد شبة الجزيرة العربية وخاصة في فصل الصيف.

**رياح الشينوك *Chinook wind***: كلمة الشينوك كلمة هندية أمريكية تعنى مذيبة الثلج حيث تتسبب في إحداث دفئ ملحوظ و تهب من جبال الروكي بالولايات المتحدة إلى شرقها.

### 7-4 الرياح اليومية

#### 7-4-1 نسيم البر والبحر *Land and sea breezes*

نسيم البر ونسيم البحر من الظاهرات الجوية التي تحدث في الجهات الساحلية التي يعظم فيها الفرق اليومي بين درجات حرارة كل من اليابس والماء، وذلك لاختلاف طبيعة كل منهما في امتصاص الحرارة، وفقدانها، فاليابس يمتص الحرارة بسرعة ويفقدها بسرعة، أما الماء فإنه يمتصها ببطء ويفقدها



Bioclimatology 22-23

ببطء، ولذلك تختلف الحرارة على اليابس والماء المتجاورين وبالتالي يختلف الضغط عليها وينتقل الهواء من أحدهما إلى الآخر، ففي أثناء النهار عندما تسطع أشعة الشمس على اليابس والماء ترتفع درجة حرارة الهواء الملامس للأرض فيخف ويرتفع ويحل محله هواء بارد يهب من ناحية البحر، فيشعر الناس بنسيم بارد عليل نهارا يسمى نسيم البحر.

وفي أثناء الليل بعدما تغيب أشعة الشمس يكون الهواء فوق سطح البحر أدفأ من هواء اليابس حيث يكون الهواء فوق البحر ليلاً دافئًا فيخف ويرتفع، ويهب نحوه هواء بارد ثقيل من ناحية البر يسمى نسيم البر.

### 7-4-2 نسيم الجبل والوادي The mountain and valley breezes

وهو نوع من الرياح المحلية المتحركة بين قمم الجبال وبطون الأودية المجاورة لها وتشبه نسيم البر والبحر من حيث انه رياح يومية تحدث على نطاق ضيق.

نتيجة للاختلافات التضاريسية لبعض أجزاء من سطح الأرض، تختلف درجة حرارة الهواء الممثل فوق المناطق الجبلية المرتفعة عن حرارة الهواء فوق المناطق السهلية. ففي أثناء النهار، ترتفع درجة حرارة هواء السهول المنخفضة المنسوب عن درجة حرارة الهواء عند القمم الجبلية المجاورة، ومن ثم تقل كثافة هواء المناطق المنخفضة، ويصعد الهواء الساخن نهارا من السهول إلى أعالي قمم الجبال، ويطلق على الهواء الصاعد الدافئ اسم نسيم الوادي وهو يساعد على سرعة نمو الأشجار المثمرة والنباتات. أما أثناء الليل فيتحرّك الهواء البارد من سطوح الجبال نحو الأودية والمناطق المنخفضة المجاورة. ويعرف هذا الهواء الهابط باسم نسيم الجبل.

## 8- العوامل المؤثرة على سرعة الرياح:

### 8-1 منحدر الضغط الجوي:Pressure Gradient

تعتمد حركة الرياح وسرعتها على تباين قيم الضغط الجوي إذ تنتقل الرياح من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض وتكون الرياح قوية وشديدة إذ كان الاختلاف أو الانحدار شديد في الضغط الجوي.

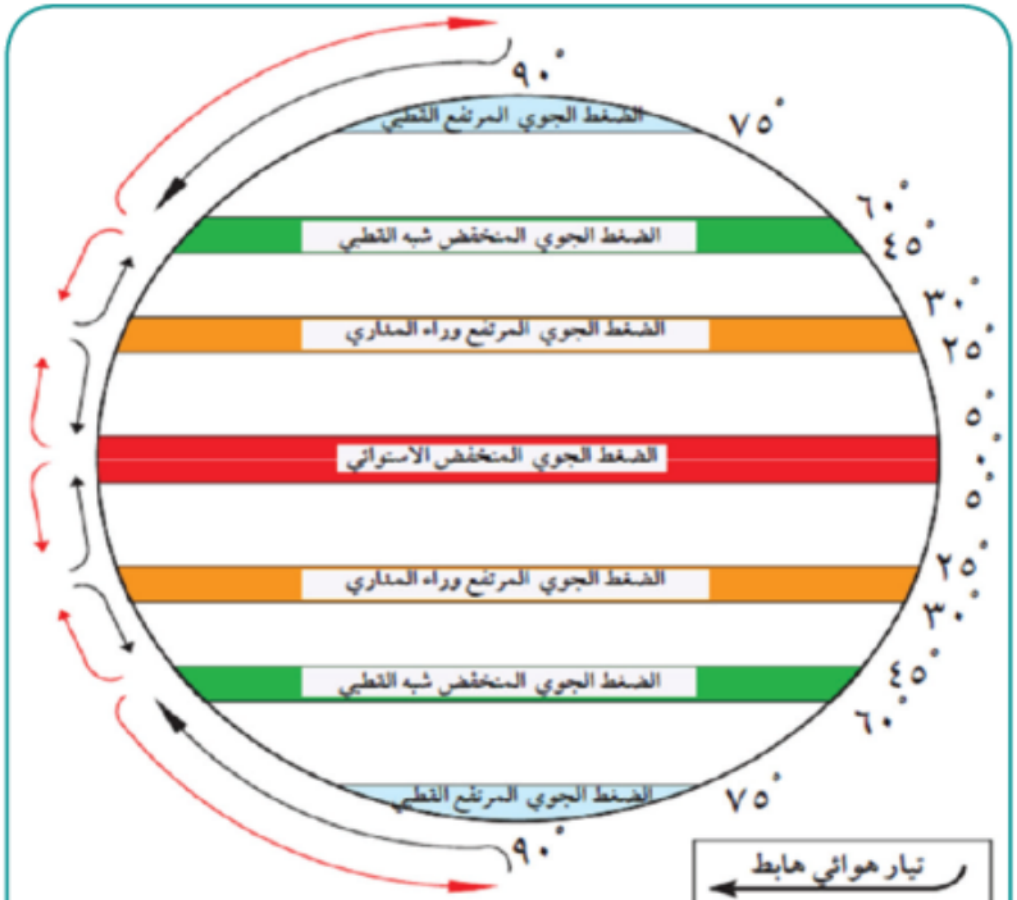
### 8-2 قوة كوريوليس:Coriolis Force

تتحرك الرياح حسب القاعدة العامة من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض في اتجاه عمودي على خطوط الضغط المتساوية ولكن هذا لا يحدث لان دوران الأرض حول نفسها يؤدي إلى انحراف الرياح إلى يمين اتجاهها في ننصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي ومن الملاحظ أن هذه القوة لا تظهر في الرياح الخفيفة أو الرياح المحلية التي تتحرك لمسافات محددة وأن الريح التي يشتد انحرافها هي الرياح التي تهب على المناطق القريبة من المنطقة القطبية أو التي تقطع مسافات طويلة مثل الرياح التجارية والعكسية .

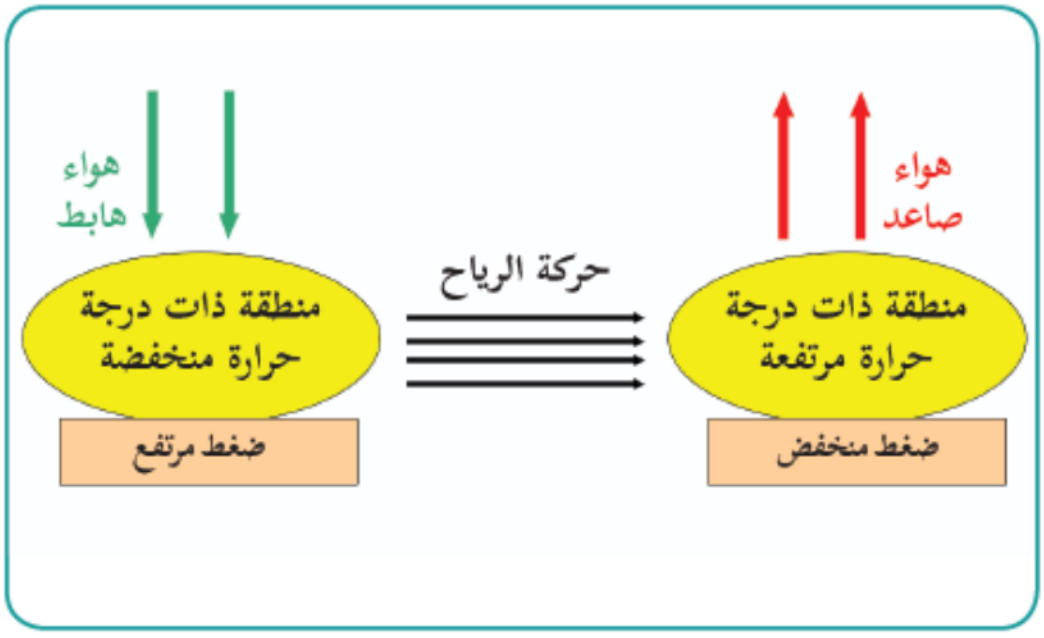
### 8-3 قوة الاحتكاك:Friction Force

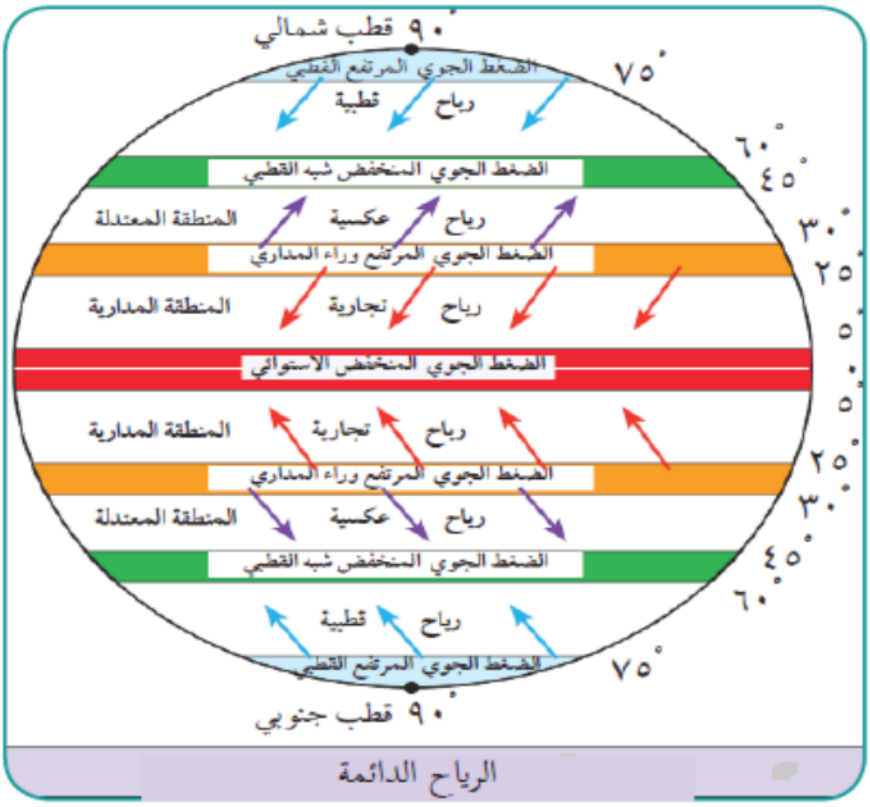
يؤثر سطح الأرض وخشونته في حركة الرياح بصورة مباشرة إذ أن احتكاك الهواء بسطح يقلل من سرعته ولذلك فإن الطبقة السفلى من الغلاف الجوي الملامسة لسطح الأرض بصورة مباشرة تكون راكدة تماما أما فوق هذه الطبقة فان سرعة الرياح تزداد بارتفاع حيث يقل تأثير عامل الاحتكاك.

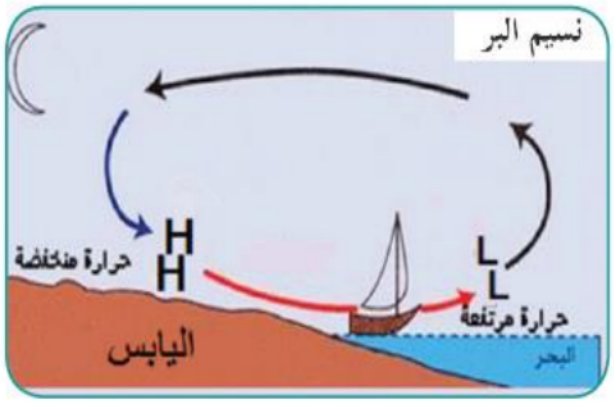
Bioclimatology 22-23

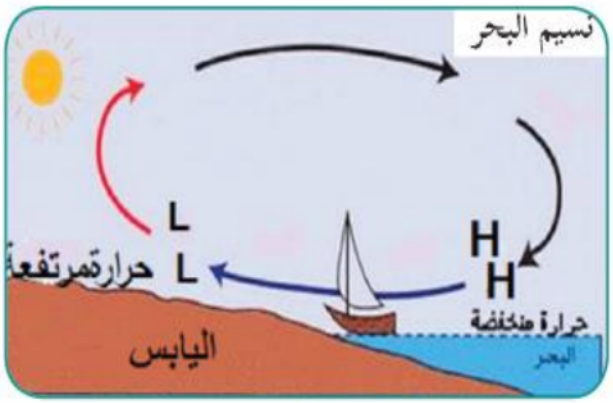


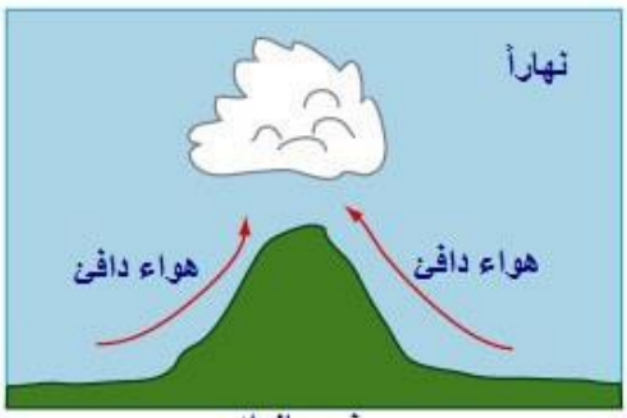

نطاقات الضغط الجوي



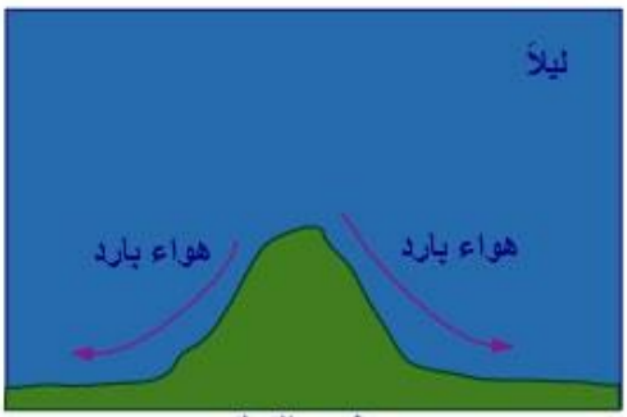


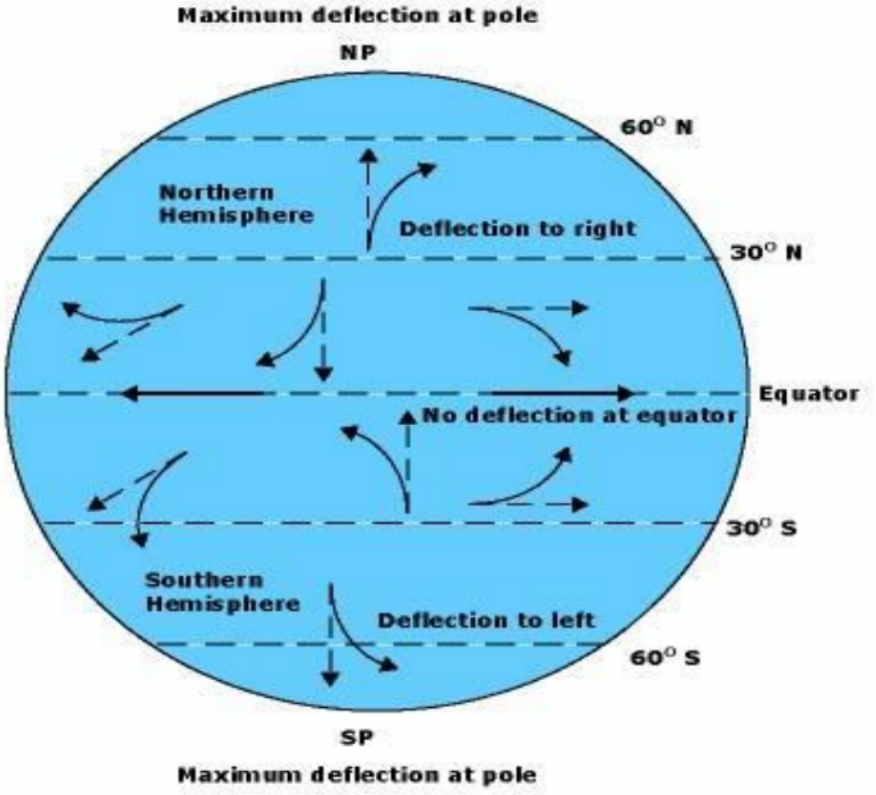



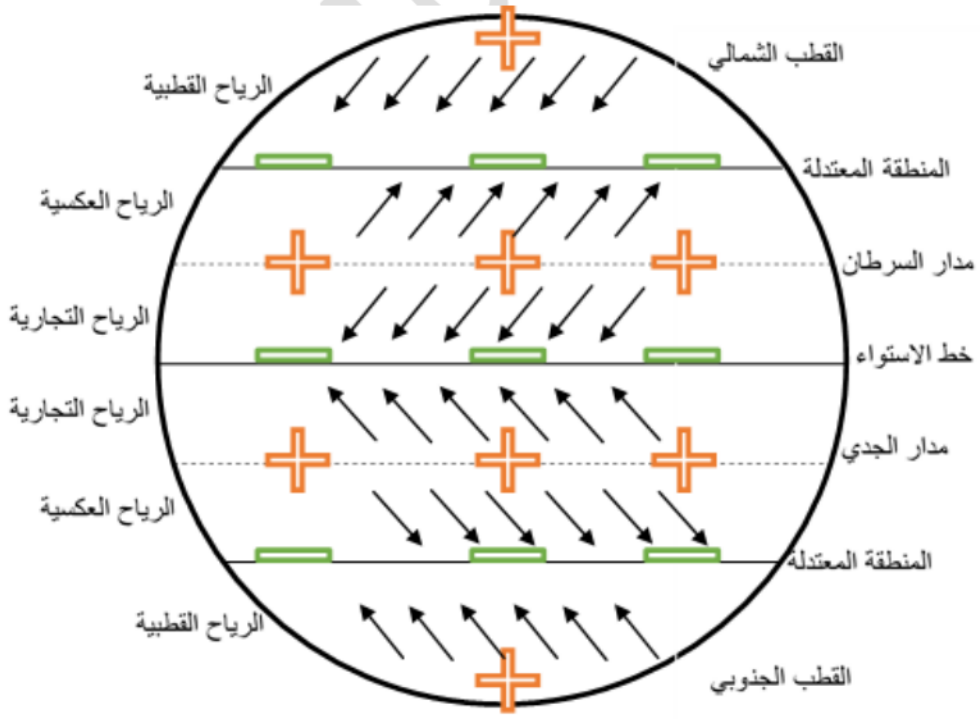




نسيم الوادي

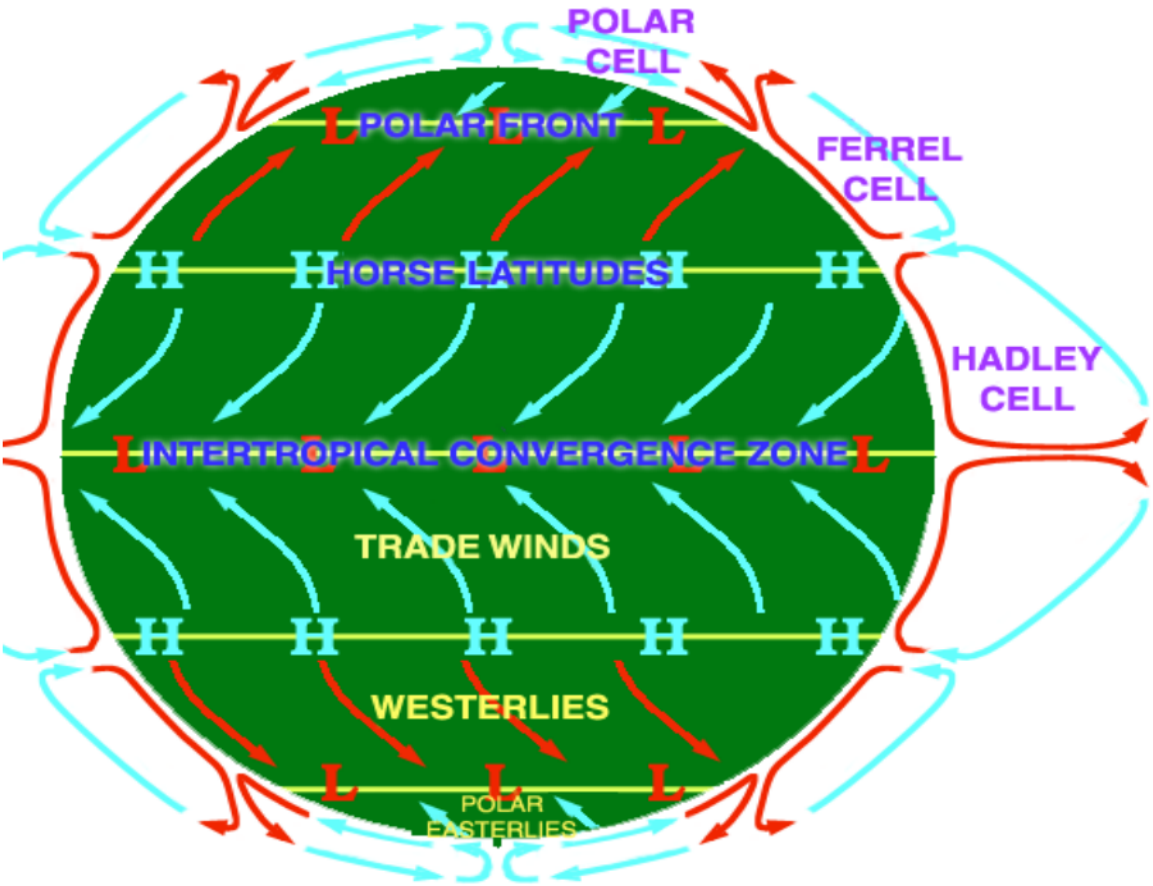


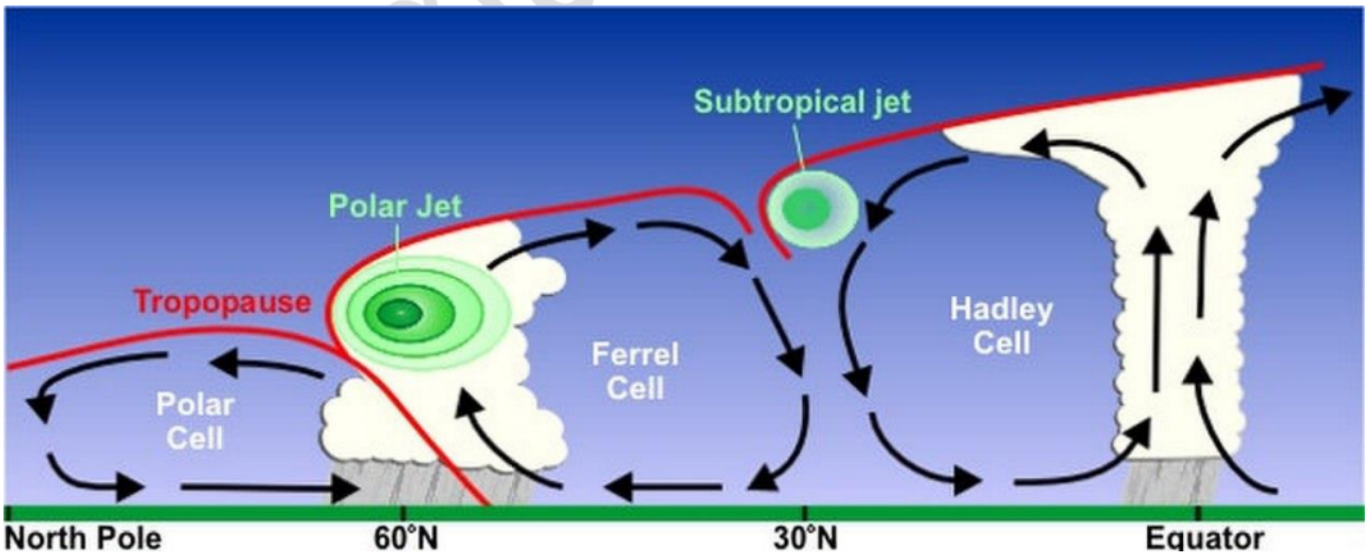

نسيم الجبل




1 مناطق الضغط الجوي


POLAR CELL
POLAR FRONT
FERREL CELL
HORSE LATITUDES
HADLEY CELL
INTERTROPICAL CONVERGENCE ZONE
TRADE WINDS
WESTERLIES
POLAR EASTERLIES


Subtropical jet
Polar Jet
Tropopause
Ferrel Cell
Hadley Cell
Polar Cell
North Pole
60°N
30°N
Equator