الفصل الرابع:
تدفق المادة والطاقة داخل الحميلة البيئية

تمهيد: لا تتأثر الكائنات الحية في وسط معين بالعوامل التربوية والمناخية فقط، ولكنها تتأثر أيضا فيما بينها، وتؤثر على بعضها البعض من خلال ربط علاقات فيما بينها.

- **فما هي أصناف هذه العلاقات؟**
- **كيف تنظم هذه العلاقات بين كائنات نفس الحميلة البيئية؟**

I – العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية.

نظرا لتعدد وتنوع الكائنات التي تعيش في نفس المحيا، يمكن تمييز علاقات غذائية متنوعة: الافتراس، التطفل، التعايش، التكافل والرمية.

① **الافتراس** La prédation: أنظر الوثيقة 1.

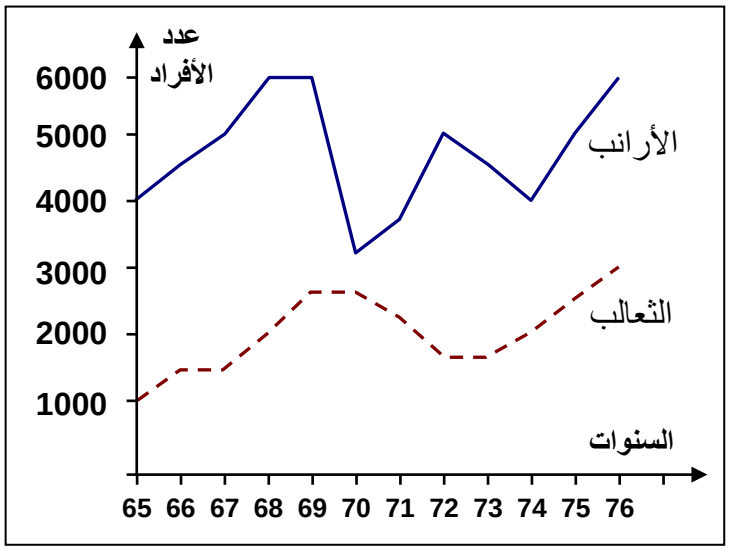
الوثيقة 1: العلاقات بين متعضيات وسط غابوي.

لتحديد العلاقة المتواجدة بين متعضيات وسط غابوي، أجريت دراسة إحصائية في غابة سيدي بنور حول عدد الأرانب خلال فترة زمنية ممتدة بين 1965 و1976. يعطي الجدول التالي نتيجة هذه الدراسة.

السنوات	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
عدد الأرانب	4000	4500	5000	6000	6000	3100	3700	5000	3500	4000	5000	6000
عدد الثعالب	1000	1500	1500	2000	2600	2600	2100	1700	1700	2100	2500	3000

1) أنجز على نفس المبيان منحنيات تبين تطور عدد الأرانب والثعالب ما بين 1965 و1976.
2) حلل المنحنيات المحصل عليها.
3) فسر التغيرات الملاحظة في عدد الأرانب؟ ماذا تستنتج؟
4) ما نوع العلاقة التي تربط بين الثعالب والأرانب؟
5) عرف هذه العلاقة.

1) منحنيات تطور عدد الأرانب والثعالب ما بين 1965 و1976.



2) نلاحظ أن عدد الأرانب يفوق عدد الثعالب. وكلما ازداد عدد الأرانب يتبعه تزايد في عدد الثعالب والعكس بالعكس.

3) تعتبر الأرانب حيوانات عاشبة، حيث يزداد عددها عندما تتوفر تغذيتها، ويقل عددها لأنها تستعمل كغذاء للثعالب.
نستنتج من هذا وجود علاقة غذائية بين الأرانب والعشب من جهة وبين الأرانب والثعالب من جهة أخرى.

4) العلاقة بين الأرانب والثعالب هي علاقة افتراس.

5) الافتراس هو علاقة اقتياتية بين نوعين أو عدة أنواع من الكائنات الحية، وهي تكون لصالح المفترس prédateur، وخسارة للفريسة La proie.

② **التطفل** Le parasitisme: أنظر الوثيقة 2.

الوثيقة 2: معطيات عن مرض البلهارسيا Bilharziose

داء البلهارسيا البولي = schistosomiase مرض جد منتشر بالمغرب (حوالي 200000 حالة). ينتشر بكثرة في مناطق الواحات، الأطلس الكبير، مراكش والغرب. يظهر هذا المرض على اثر الاستحمام في بحيرة أو وادي. يبدأ بحمى خفيفة، سعال وأوجاع بولية (يكون البول مختلطا بالدم). وقد اتضح أن هذا المرض تسببه دودة خيطية تسمى البلهارسيا، تعيش في أوردة المثانة، حيث تلتصق على جدار هذه الأوردة وتمتص الكريات الدموية الحمراء. تعطي الأنثى عددا كبيرا من البيض، يخترق الشعيرات الدموية بعد تمزيق جدارها، ثم تطرح مع البول. يفقس البيض اذا طرح في وسط مائي فيعطي يرقات تسبح في الماء، ثم تنتقل إلى جسم حيوان رخو. تمضي فترة من دورة حياتها في هذا الحيوان، ثم تطرح مرة أخرى في الماء. يصاب الإنسان بالبلهارسيا على اثر ملامسة ماء ملوث باليرقات، حيث تدخل عبر جلده لتصل إلى الجهاز البولي، وهكذا تبدأ دورة جديدة.

1) ما هي نوعية العلاقة التي تربط بين الإنسان ودودة البلهارسيا، وبين الحيوان الرخو ودودة البلهارسيا؟
2) إلى ماذا تؤدي هذه العلاقة؟
3) أعط تعريفا لهذه العلاقة.

حلزون Biomphalaria glabrata

دودة خيطية = البلهارسيا
Schistosoma intercalatum

1) نوعية العلاقة التي تربط بين دودة البلهارسيا، وبين الإنسان والحيوان الرخو هي علاقة تطفل، حيث تعتبر الدودة متطفلة ويعتبر الحلزون العائل الأول والإنسان العائل الثاني.

2) تؤدي هذه العلاقة إلى إلحاق الضرر بالعائل، وهي في صالح المتطفل.

3) التطفل هي علاقة غذائية مبنية على استغلال كائن حي يدعى العائل من طرف كائن آخر يسمى المتطفل. بحيث يكون المستفيد واحد. ويكون التطفل إما دائم، مؤقت، اختياري، إجباري، خارجي أو داخلي.
مثال1: القمل الذي يتغذى على دم الإنسان.
مثال2: حشرة القرمزية La cochenille تمتص النسغ من النباتات اليخضورية.

③ **التكافل** Le Symbiose: أنظر الوثيقة 3.

الوثيقة 3: معطيات عن الأرضة Termite.

تعتبر الأرضات حشرات من أكبر مستهلكي السيليلوز (سكر الخشب). تحتوي أمعاؤها على حيوانات أولية مجهرية. يبين الجدول أسفله نسبة السيليلوز في معي الأرضة بوجود هذه الحيوانات الأولية وبغيابها.

نسبة السيليلوز في معي الأرضة	في بداية المعي	في نهاية المعي
بوجود حيوانات أولية	55 %	18 %
بدون حيوانات أولية	55 %	55 %

1) حلل هذه النتائج واستخرج دور الحيوانات الأولية في معي الأرضة.
إذا حرمت الأرضات من الحيوانات الأولية، فإنها تموت جوعا بعد 10 أيام. وإذا أخرجت الحيوانات الأولية من معي الأرضة، فإنها تموت في الحال.
2) ماذا تستنتج فيما يخص علاقة الأرضة بالحيوانات الأولية؟
3) سم وعرف هذا النوع من العلاقات.

1) بوجود الحيوانات الأولية تقل نسبة السيليلوز في معي الأرضات. نفسر هذه النتيجة بكون الحيوانات الأولية تقوم بتبسيط هذا السكر المعقد وتحويله إلى سكريات بسيطة (سكروز) قابلة للاستعمال من طرف الأرضة.

2) يبدو من خلال هذه المعطيات أن هذه العلاقة هي إجبارية بالنسبة للطرفين، بحيث لا يستطيع أحدهما العيش بدون الطرف الأخر.

3) هذه العلاقة هي علاقة تكافل، وهي علاقة بينوعية، إجبارية ودائمة، تعود بالاستفادة على الكائنين المتكافلين.
مثال1: الأشنات Les lichens هو تكافل بين فطر (لايخضوري) وطحلب أخضر وحيد الخلية.
مثال2: تكافل بين شجر التين وحشرة البلاستوفاج وهي ذبابة تساهم في تلقيح زهور شجرة التين.

④ التنافس La Compétition: أنظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4: تطور الزراعات حسب ظروف الزراعة

في ثلاثة أحواض A، B، وC، تحتوي على نفس نوع التربة، وعلى كمية كافية من الماء والأملاح المعدنية، نزرع:

- في الحوض A: بذور الفجل.
- في الحوض B: بذور القمح.
- في الحوض C: بذور القمح + بذور الفجل.

الحوض	معدل الوزن لكل نبتة ب mg	
	الفجل	القمح
A	120	00
B	00	460
C	80	290

بعد 15 يوما نزن مختلف أنواع النباتات فحصلنا على النتائج المدونة في الجدول أعلاه.

1) قارن بين النتائج المحصل عليها في الحالات الثلاث.
2) ما هي نوعية العلاقة الموجودة بين القمح والفجل في هذه التجربة. وكيف تفسر هذه العلاقة.
3) أعط تعريفا لهذه العلاقة.

1) ينخفض وزن نبات القمح والفجل بنسبة ملحوظة، إذا غرست في نفس الحوض عن معدل وزنها إذا غرست مستقلة.

2) إن العلاقة بين القمح والفجل هي عبارة عن علاقة تنافس. وبما أن كمية الماء والأملاح المعدنية متوفرة، فهذا التنافس هو من أجل الضوء الضروري للتركيب الضوئي. وبما أن سرعة نمو القمح أكبر من سرعة نمو الفجل، فان هذا الأخير يصبح مضللا مما يؤدي إلى ضعف نموه.

3) علاقة التنافس هي علاقة صراع بين الكائنات حول مصدر معين (ضوء، أكسجين، غذاء، مسكن ...)، حيث يتضرر كل من الطرفين إذا وجدا معا. ويحدث التنافس لما تفوق المتطلبات إمكانيات الوسط.

⑤ التعايش Commensalisme: أنظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5: تعيش دودة حلقية في القناة القنابية لنجمة البحر، عندما تحصل هذه الأخيرة على غذائها الذي يكون في الغالب حيوانا رخوا يحتوي على قوقعة، فإنها تخرج معدتها فتضعها على فريستها، وتؤدي الإفرازات الحمضية إلى إذابة القوقعة وبذلك تبدأ في هضمها. في هذه الأثناء تخرج الدودة الحلقية لمشاركة نجمة البحر غذاءها دون أن تحدث بهذه الأخيرة أضرارا.

1) استخرج خاصيات العلاقة بين نجمة البحر والدودة الحلقية.
2) حدد نوعية هذه العلاقة وأعط تعريفا لها.

1) تستفيد الدودة الحلقية من هذه العلاقة دون أن تحدث ضررا لنجمة البحر.

2) نسمي هذا النوع من العلاقة بالتعايش، وهي علاقة بينوعية، غير إجبارية وغير دائمة، يستفيد من خلالها أحد الطرفين دون أن يضر بالطرف الآخر.

⑥ التعاون Coopération: أنظر الوثيقة 6.

الوثيقة 6: يبحث النمل عن الأرقات Les pucerons، قصد الحصول على مادة معسلة تفرزها هذه الأخيرة، وبالمقابل يحمي النمل الأرقات من أعدائها المفترسين خاصة بنات العيد. ويمكن للنمل أن يستغني عن الأرقات كما يمكن لهذه الأخيرة أن تستغني عن النمل.

1) كيف يمكن تسمية هذا النوع من العلاقات؟
2) أعط تعريفا لهذه العلاقة.

1) نسمي هذه العلاقة بعلاقة تعاون.

2) التعاون علاقة بينوعية، غير إجبارية وغير دائمة، يستفيد من خلالها الطرفان المتعاونان، دون أن يحدث ضرر بأحدهما.

ملحوظة: الرمية Saprophytisme هو نوع من العلاقات بين كائنات محللة (فطريات، بكتيريات) والمادة العضوية، حيث تقوم بتحلل المواد العضوية وتحولها إلى عناصر معدنية تستعمل من طرف النباتات اليخضورية.

II – الشبكات الغذائية وتدفق الطاقة.

① مفهوم السلسلة الغذائية. La chaîne alimentaire أنظر الوثيقة 7.

الوثيقة 7: يتغذى الجراد على نباتات خضراء، إلا أنه يؤكل من طرف الضفادع، وهذه بدورها قد تؤكل من طرف الثعابين، كما أن الثعابين قد تصطادها بعض الكواسر.

1) ماذا تشكل هذه الحيوانات فيما بينها؟
2) لخص هذه العلاقة على شكل خطاطة مستعملا الرمز ← (يؤكل من طرف).
3) أعط تعريفا لهذه العلاقة.

1) تتغذى هذه الكائنات بشكل متسلسل فيما بينها، إذن تشكل هذه الكائنات سلسلة غذائية.

2) نباتات خضراء ← جراد ← ضفادع ← ثعابين ← كواسر
منتج — مستهلك I — مستهلك II — مستهلك III — مستهلك III

3) السلسلة الغذائية هي علاقات غذائية متسلسلة بين مجموعة من الكائنات الحية داخل حميلة بيئية معينة. وتتكون السلسلة الغذائية من حلقات، حيث يحتل كل كائن حي موقع معين داخل المجموعة فنجد:

- كائنات منتجة Les producteurs: هي النباتات اليخضورية، وهي التي تنتج المادة العضوية انطلاقا من المادة المعدنية بفضل عملية التركيب الضوئي.
- كائنات مستهلكة Les consommateurs: هي الكائنات التي تستعمل المواد العضوية الجاهزة ونميز داخل هذه المجموعة:
  - ✓ مستهلكون من الدرجة الأولى: الحيوانات ذات النظام الغذائي العاشب.
  - ✓ مستهلكون من الدرجة الثانية: حيوانات لاحمة تتغذى على حيوانات عاشبة.
  - ✓ مستهلكون من الدرجة الثالثة: حيوانات لاحمة تتغذى على حيوانات لاحمة أخرى.

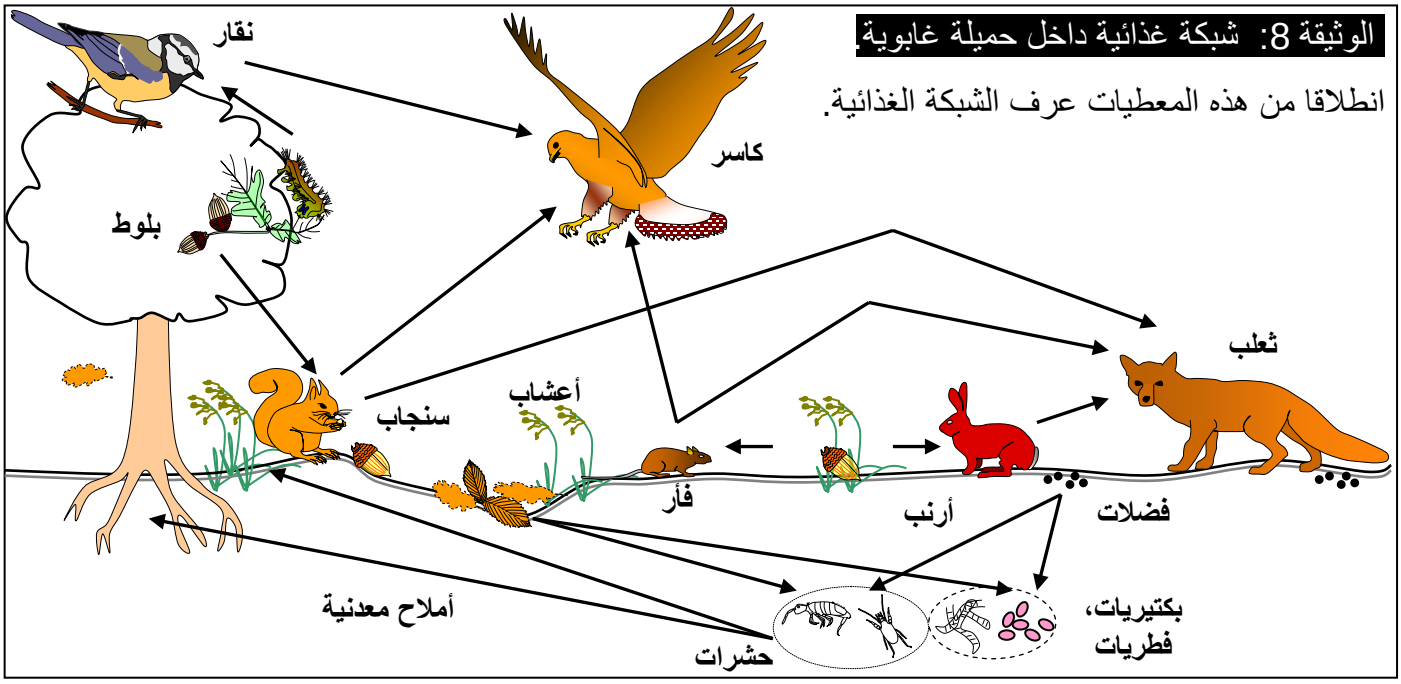
ملاحظات:

- ❖ يمكن تمييز فئة أخرى من الكائنات الحية تقوم على تحويل المادة العضوية إلى مادة معدنية، تسمى فئة المحللين Les décomposeurs (بكتيريات، فطريات، ديدان، حشرات ...).
- ❖ يمكن تمييز فئة من الكائنات المستهلكة تتغذى على النباتات والحيوانات تسمى فئة القوارت Les omnivores (الإنسان، الخنزير).
- ❖ بعض الكائنات تغير من نظامها الغذائي حسب فصول السنة.

② مفهوم الشبكة الغذائية. La chaîne alimentaire أنظر الوثيقة 8.

الوثيقة 8: شبكة غذائية داخل حميلة غابوية.

انطلاقا من هذه المعطيات عرف الشبكة الغذائية.



إن العلاقة الغذائية بين مختلف الكائنات الحية داخل الحميلة البيئية تكتسي أحيانا طابعا معقدا حسب النظام الغذائي (عاشب - لاحم – قارت) للعناصر المكونة للحلقات إذ أن الفرائس لا تستهلك دائما من طرف نوع واحد من الحيوانات، وهكذا فنفس الكائن الحي يمكن أن يساهم في عدة سلاسل غذائية متداخلة، فتشكل بذلك شبكة غذائية.

③ الدراسة الكمية للشبكات الغذائية.

إن تدخل الكائنات الحية في سلسلة غذائية لا يختلف من حيث الكيف فحسب لكن من حيث الكم أيضا. ويمكن قياس هذه الكمية بطرق مختلفة:

- بعدد الأفراد داخل كل حلقة من حلقات الحميلة البيئية.
- بقيمة الكتلة الحية (Biomasse)، وهي كتلة المادة الحية للكائن الحي في مكان وزمان محددين. (t/ha , g/m^2)
- بكمية الطاقة التي توفرها كل كتلة حية (ب Kj مثلا).

أ – أهرام الكتلة الحية وأهرام الطاقة: أنظر الوثيقة 9.

الوثيقة 9: تمرين. يمثل الجدول 1 والجدول 2 بعض حلقات سلسلتين غذائيتين.

الجدول 1		
الحلقات	الكتلة الحية (g)	الطاقة (Kj)
البومة الصمعاء	9.6	58.18
النباتات	5400	9480
القوارض	120	727

الجدول 2		
الحلقات	الكتلة الحية (g)	الطاقة (Kj)
البومة الصمعاء	1.6	9.69
النباتات	10800	18960
الحشرات	240	1429
آكلات الحشرات	20	121

1) أعط السلسلة الغذائية المناسبة لكل جدول.
2) كيف يمكن تمثيل هذه الكتلة الحية والطاقة في سلسلة غذائية بيانيا؟ أعط هذا التمثيل.
3) من أين تستمد النباتات الخضراء طاقتها؟ وماذا يحصل للمادة والطاقة عبر حلقات السلسلة؟
4) أعط صيغة مردودية الإنتاج للكتلة الحية. ثم أحسب مردودية الإنتاج للكتلة الحية في السلسلة 1:
   - R1 : بين المنتج والمستهلك I.
   - R2 : بين المنتج والمستهلك II.

   ماذا تستنتج من خلال هذه القيم المحصل عليها؟
5) كيف تتغير كل من الكتلة الحية، الطاقة، ومردودية الإنتاج عبر حلقات السلسلة؟ كيف تفسر ذلك؟
6) أحسب المردودية الإجمالية لإنتاج الكتلة الحية في كل سلسلة.

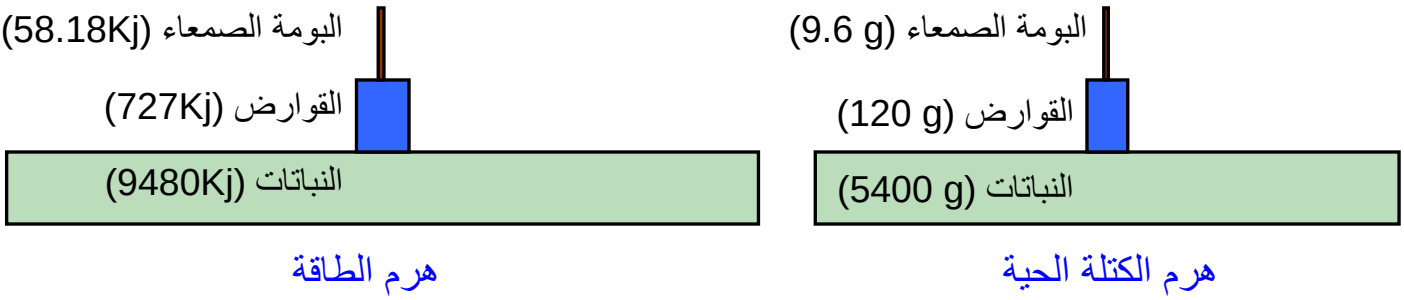
(تابع) الوثيقة 9: تمرين.

7) كيف تفسر الاختلاف من حيث المردودية الإجمالية بالنسبة للسلسلتين؟
8) ماذا تستنتج فيما يخص العلاقة الموجودة بين المردودية الإجمالية لإنتاج الكتلة الحية وعدد الحلقات الموجودة في السلسلة؟

1) السلسلة الغذائية 1: النباتات ← القوارض ← البومة الصمعاء.
السلسلة الغذائية 2: النباتات ← الحشرات ← آكلات الحشرات ← البومة الصمعاء.

2) يمكن تمثيل هذه النتائج بواسطة هرم Pyramide: وهو تمثيل بياني ينكون من مستطيلات، يتناسب طولها مع قيمة الكتلة الحية مثلا، فنتكلم عن هرم الكتلة الحية. أو مع كمية الطاقة فنتكلم عن هرم الطاقة.

هرم الكتلة الحية وهرم الطاقة بالنسبة للسلسلة 1:



هرم الكتلة الحية　　هرم الطاقة

3) تستمد النباتات الخضراء طاقتها من الشمس، حيث تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (المادة العضوية)، تدخرها في أنسجتها.

خلال العلاقات الغذائية تنتقل المادة من حلقة إلى الحلقة الموالية، وبانتقال المادة تنتقل الطاقة. هذا ما نسمي بتدفق الطاقة Le flux d'énergie.

4) صيغة مردودية الإنتاج للكتلة الحية:

$$\text{مردودية الإنتاج للكتلة الحية (\%)} = \frac{\text{الكتلة الحية للحلقة العليا}}{\text{الكتلة الحية للحلقة السفلى}} \times 100$$

⇦ مردودية الإنتاج للكتلة الحية في السلسلة 1:

- R_1 بين المنتج والمستهلك I: $R_1 = (120 / 5400) \times 100 = 2.2\ \%$

ويعني هذا العدد أن القوارض لم تتمكن من تحويل إلا 2.2 % من الكتلة النباتية إلى كتلة حية حيوانية.

- R_2 بين المنتج والمستهلك II: $R_1 = (9.6 / 5400) \times 100 = 0.17\ \%$

كلما كان المستهلك بعيدا عن المنتج كلما قلت مردودية الإنتاج.

5) يتبين من خلال المثالين أنه كلما انتقلنا عبر حلقات السلسلة الغذائية، كلما قلت الكتلة الحية، الطاقة ومردودية الإنتاج.
نفسر هذا الضياع ب:

- فقدان الطاقة على شكل مادة مطروحة في الوسط الخارجي (فضلات، عظام، ريش ...) حيث أن الحيوان لا يستفيد من فريسته كاملة.
- فقدان الطاقة بواسطة الوظائف الفيزيولوجية (تنفس، هضم، تنقل ...).

6) المردودية الإجمالية:

$$\text{المردودية لإنتاج الكتلة الحية (\%)} = \frac{\text{الكتلة الحية لآخر حلقة}}{\text{الكتلة الحية للمنتج}} \times 100$$

- السلسلة 1: R = (9.6 / 5400) x 100 = 0.17 %
- السلسلة 2: R' = (1.6 / 10800) x 100 = 0.01 %

7) يرجع الاختلاف المسجل في المردودية الإجمالية لإنتاج الكتلة الحية إلى كون السلسلة 1 مكونة من ثلاث حلقات فقط، بينما السلسلة 2 مكونة من أربع حلقات.

8) تكون المردودية الإجمالية مرتفعة كلما كانت السلسلة قصيرة والعكس بالعكس.

ب – خلاصة:

تتدفق المادة والطاقة عبر حلقات الشبكة الغذائية، من المنتج إلى الكائنات المستهلكة فالكائنات المحللة، مع ضياع كمية من هذه الطاقة في أشكال مختلفة منها الحرارة. يتعلق الأمر إذن بتدفق للطاقة.

III – الحميلة البيئية وجوانبها الديناميكية. أنظر الوثيقة 10

الوثيقة 10: نشأة وتطور حميلة بيئية.

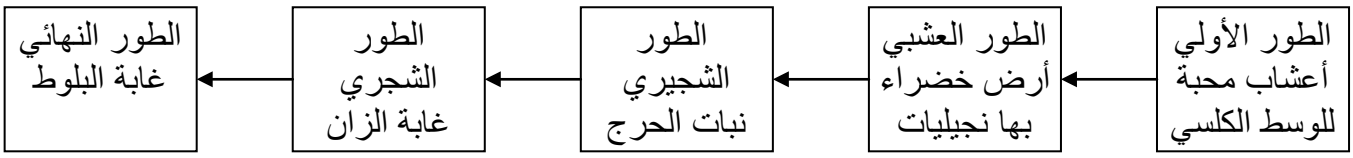
مكنت بعض الدراسات البيئية من إعادة تشكل مراحل نشأة وتطور حميلة بيئية على جزيرة Krakatoa الواقعة شرق الهند

المدة الزمنية	1883	بعد مرور 9 أشهر	بعد مرور 3 سنوات	بعد مرور 10 سنوات	بعد مرور 25 سنة	بعد مرور 50 سنة
الأحداث والظواهر الطبيعية	▪ انفجار بركاني ودمار شامل للجزيرة ▪ بقاء قمة من الجزيرة مغطاة بحوالي 30m إلى 60m من الرماد البركاني. ▪ نجاة بعض الكائنات الحية مثل الفطريات، البكتيريات، حبوب اللقاح، وجذور النباتات.	وجود عنكبوت واحد	وجود: ▪ 11 نوعا نبات السرخس. ▪ 15 نوعا من النباتات الزهرية.	▪ ظهور طبقة عشبية على سطح الجزيرة ▪ نمو أشجار الموز وقصب السكر وبعض أنواع السحلبيات.	وجود 263 نوعا من الحيوانات منها: ▪ 200 نوع من الحشرات ▪ 16 نوع من الطيور ▪ نوعان من الزواحف ▪ 4 أنواع من الحلزونيات.	تكون غابة كثيفة بها: ▪ 47 نوعا من الحيوانات الفقرية ▪ 1100 نوعا من الكائنات الحية.

تعرف مراحل نشأة وتطور وتحول حميلة بيئية.

الحميلة البيئية هي عبارة عن وسط حي يتميز بتنوع بيو – فيزيائي هائل، تخضع مكوناته إلى تأثيرات تفاعلية مستمرة تجعله ينشأ، ينمو، ويتطور عبر الزمان، وفق مراحل محددة.
يتميز المحيا بنشاطات تؤثر في الكائنات الحية، ويتأثر بوجودها. لهذا يصعب حصر معالم الحميلة البيئية بصورة دائمة لأن عناصرها في حركة وديناميكية مستمرة. فكيف إذن تنشأ الحميلة البيئية وكيف تتطور؟

مثال لتطور حميلة بيئية قارية، تحت مناخ معتدل على تربة كلسية:



تنشأ حميلة بيئية خلال مدة زمنية طويلة، تحت تأثير العلاقات الضمنوعية والبينوعية التي تحدث بين مختلف الكائنات المكونة للعشيرة الإحيائية، وبفعل العوامل الإحيائية واللااحيائية المتنوعة.
تمثل الغابة الطور النهائي الذي يسمى الذروة (الأوج) Climax، أي مرحلة توازن بين مختلف الأنواع الحيوانية والنباتية التي توجد في نفس المحيا، وذلك في ظروف مناخية وتربوية محددة.