النظام البيئي

تقديم

الايكولوجى هو علم دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية والوسط الذى تعيش فيه، أى مجموعة المواد (الماء – الغذاء – الخ) ومجموعة الظروف (درجة الحرارة – شدة الضوء– الخ) ومجموعة القوى (الريح– تيارات المياه– الجاذبية الارضية– الخ.) التى تعتمل فى الوسط أو الحيز المكانى.

قد تتناول الدراسة فردا واحدا، كنبات فى اصيص، وتستقصى علاقة هذا الفرد بما يحوطه ويؤثر فيه ويتأثر به من أحوال الوسط. وتشمل الدراسة نمو الاعضاء وأداء وظائفها من امتصاص الجذور للغذاء المذاب فى الماء من الارض، وصعوده الى سائر أعضاء الفرد، وقيام الاوراق الخضراء ببناء المواد العضوية فيما يعرف بالبناء الضوئى، الى غير ذلك. وتشمل الدراسة كذلك أثر هذا النبات على ما يتصل به من تربة الاصيص والهواء المحيط به. وهذه الدراسة أقرب الى علوم وظائف الاعضاء.

وقد تتناول الدراسة جماعة من أفراد النوع الواحد: بستان من أشجار البرتقال أو حقل قمح، أو خلية نحل أو سرب طير. هنا تشمل الدراسة علاقة الافراد بعضها ببعض، وعلاقتها بأحوال الوسط أى الحيز المكانى الذى يحوط بها. وقد تتناول الدراسة عشيرة من أفراد انواع متعددة: أرض مرعى طبيعى يشمل كساؤه النباتى أنواعا متعددة من الاعشاب، جزء من غابة طبيعية تنمو فى حيزها انواع مختلفة من الاشجار والشجيرات والمتسلقات والاعشاب. تكون الدراسة هنا اكثر تعقيدا لانها تشمل دراسة الاثار المتبادلة بين الانواع، والعلاقات فيما بينها وبين الوسط البيئى.

وقد تتقدم الدراسة خطوة أخرى لتتناول مجموعة الكائنات الحية من نبات وحيوان، وفى هذا اقتراب من الاحوال الفطرية والعلاقات الطبيعية. وتتوسع آفاق الدراسة هنا لتتقصى علاقات النبات بالنبات وعلاقات النبات بالحيوان، وتظهر هنا قضايا التنافس والتعاضد والافتراس، كذلك يظهر اعتماد النبات على الحيوان فى انتشار البذور ونقل حبوب اللقاح، واعتماد الحيوان على النبات كمصدر الغذاء وموقع بناء الاعشاش وغير ذلك.

وتكتمل خطى التقدم بأن تتناول الدراسة النظام البيئى الذى يجمع بين الكائنات الحية جميعا وبين المكونات غير الحية فى الحيز المكانى أى التربة والهواء وما تحويه من مواد وقوى. ودراسة النظام البيئى هى القمة التى تتدرج اليها دراسات الايكولوجى.

النظـــام البيئـــى

نقصد بالنظام system مجموعة من الكائنات والمكونات توجد فى حيز مكانى، ويكون لكل منها سماته المميزة لذاته، ويكون فيما بينها مجموعات من التفاعلات تنتظمها جميعا فى أداء متكامل.

مثـــال للتوضيـــح

مساحة من غابة: حيز من الارض فى منطقة يسمح فيها المناخ (المطر السنوى) بنمو الاشجار. فى هذا الحيز توجد عدة انواع من النباتات بعضها اشجار وبعضها شجيرات وأعشاب ومتسلقات وبعضها نباتات صغيرة من الحزازيات ونباتات دقيقة من الطحالب تغطى سطح الارض. كل نوع من هذه النباتات له صفات تميزه وتجعل له مكانا فى تصنيف المملكة النباتية. وتوجد فى ذات الحيز عدة أنواع من الحيوانات بعضها ضخم كالبقر والجاموس البرى، وبعضها صغير كالارانب والفيران واليرابيع، وبعضها دقيق كالحشرات والفراشات والديدان، وبعضها بالغ الدقة لا تراه العين المجردة مثل الحيوانات الاولية. بعض هذه الحيوانات يدب على أرض الغابة، وبعضها يتسلق الاشجار ويعيش بين الفروع، وبعضها متنقل كالطيور والفراشات، وبعضها ذو حلل ثابتة كخلايا النحل وتلال النمل الأبيض، وبعضها يعيش فى التربة كديدان الارض وغيرها.

وتوجد فى ذات الحيز مكونات غير حية، هى التربة التى تتكون من فتات الصخور وما يختلط بها من بقايا النبات والحيوان من المواد العضوية، وما يكون فيها من ماء ومركبات عضوية وغير عضوية، بعضها ذائب فى الماء وبعضها ملتصق بحبيبات التربة، وما يكون فى فرجها من هواء. والتربة مكان الحياة لأنواع من الكائنات الحية المختلفة كأنواع الفطريات والبكتيريا وأنواع الديدان والحيوانات الدقيقة. ويوجد كذلك ما فوق الأرض من هواء له مكوناته المعروفة (النيتروجين والاكسجين واكاسيد الكربون وبخار الماء وغيرها).

ويتلقى هذا الحيز المكانى ما يصل ما طاقة الشمس، وما يسقط من مطر، وما يعصف من رياح الى غير ذلك من الامور المتصلة بالهواء الجوى.

هذا التعدد البالغ من الكائنات والمكونات ليس فى فوضى كأنها عناصر غير ذات روابط، انما هو نظام محكم. أول ما نذكره فى هذا النظام هو تقسيم العمل فيما بين أنواع الكائنات الحية، التى تنتظم فى ثلاث مجموعات رئيسية نوضحها فيما يلى:

أ- مجموعة الانتاج الاولي:

هى النباتات الخضراء جميعا، الكبير منها والصغير فالنبات الاخضر قادر على تخليق المادة العضوية من مركبات كيميائية بسيطة، وهى عملية البناء الضوئى. الخلايا النباتية التى تحوى البلاستيدات الخضراء (وهى جسيمات تحمل مادة الكلوروفيل الخضراء) قادرة على أن تصوغ من الماء (الآتى من الارض عن طريق الجذور أو شعيرات الامتصاص) وثانى أكسيد الكربون (الآتى من الهواء عن طريق الثغور وهى فتحات دقيقة فى بشرة الأوراق) والطاقة (التى تستوعبها المادة الخضراء من ضوء الشمس) مواد عضوية من السكر وهى لبنات تنبنى منها مركبات أكثر تعقيداً كالنشا والسيليولوز، أو تتحول بإضافة النتروجين الى مركبات الأحماض الدهنية، ومنها تتكون المركبات الزيتية والدهنية. ولكن المرحلة الاولى والحاسمة فى هذا كله هى مرحلة تكوين جزئى السكر من ثانى أكسيد الكربون والماء فى وجود الطاقة الشمسية والمادة الخضراء، وجزىء السكر من مركب عضوى حامل للطاقة، ومنه تكون المركبات العضوية المتعددة، وهى مواد بناء الجبلة الحية، منها تتكون الخلايا والانسجة التى تنبنى منها الاوراق والفروع والجذور، وبها ينمو النبات ويربو، ويخرج الزهر والثمر والبذور، الكائنات الأخرى جميعا تعتمد على هذا الانتاج الاولى.

الشائع أن يقوم النبات الاخضر بعمليات الانتاج الاولى معتمدا على الطاقة الشمسية. ولكن بعض الكائنات التى تعيش بعيدا عن ضوء الشمس (أنواع خاصة من البكتيريا) يمكن أن تحصل على الطاقة من تفاعلات كيميائية مثل أكسدة الامونيا، وأكسدة مركبات الحديد أو الكبريت. كذلك وجد العلماء فى قيعان المحيطات كائنات تستخلص الطاقة من عيون ذات تدفقات ساخنة، أى تحصل على طاقة حرارية تستعين بها على بناء المركبات العضوية.

ب - مجموعات الاستهلاك:

هى الكائنات التى لا تحوى مادة الكلوروفيل الخضراء، وتضم سائر الحيوانات، وتضم كذلك انواعا من النبات لا تحوى خلاياها المادة الخضراء كالفطريات والبكتيريا وانواع من النباتات الزهرية المتطفلة كالهالوك والحامول وغيرها. هذه الكائنات جميعها ومنها الانسان تحتاج الى غذاء من المواد العضوية الحاملة للطاقة، أى نتاج ما بنته كائنات الإنتاج الأولى من الكتلة الحية.

هذه الكائنات طوائف تتباين فى نهج تغذيتها. الطائفة الاولى هى آكلات العشب، أى التى تتغذى على النبات الاخضر، ومنها البقر والجاموس والاغنام والماعز وسائر الدواجن، ومنها الجمال والخيل والحمير وكثير من الحيوانات البرية ذات الحوافر وكذلك انواع القوارض ويرقات الحشرات وأنواع كثيرة من الطيور، آكلات الثمار والحبوب، وهذه الطائفة تتغذى على اعضاء النبات الاخضر (الاوراق- الجذور- الثمار- الخ)، وتحصل منها على احتياجات حياتها من المركبات العضوية حاملة الطاقة. وتضاف اليها انواع من الحيوانات المائية (مثل الاسماك آكلة النبات) وهى تتغذى على الطحالب والنباتات المائية. هذه الحيوانات جميعا تحول مواد الانسجة النباتية الى مواد انسجة حيوانية ذات اهمية خاصة فى غذاء المجموعات التالية (ومنها الانسان). لذلك نشير الى مجموعة آكلات العشب على أنها مجموعة استهلاك وانتاج ثانوى.

الطائفة الثانية هى آكلات اللحم، أى التى تتغذى على حيوان من آكلات العشب ومنها سائر الحيوانات المفترسة كالسباع والضباع والنمور والذئاب، وكذلك الطيور الجوارح كالصقور والنسور وآكلات الاسماك وآكلات الحشرات والنمل وغيرها. هذه الحيوانات تتغذى على انسجة حيوان سبق وتغذى على نبات وهضم مادته وحولها الى مواد حيوانية (كما تتحول مادة نباتات المراعى الى مادة لحم الضأن). ولكن هذه المواد الحيوانية التى يمكن اعتبارها انتاجا ثانويا، ماتزال فى جوهرها مركبات عضوية حاملة للطاقة.

الطائفة الثالثة، ومنها الانسان، تطعم على النبات والحيوان وسائر ما تنتج، أى انها مجموعة تتغذى على تنوع متعدد من المواد العضوية حاملة للطاقة.

الطائفة الرابعة هى الكائنات الطفيلية التى تحصل على طعامها من جسد الكائن الحى (العائل). وهى قد تعيش داخل العائل كالديدان الطفيلية التى تعيش فى أمعاء الإنسان،

والفطريات التى تعيش فى أنسجة النبات الاخضر، أو قد تعايش العائل مثل البعوض فى البيت ويتغذى بما يمتصه من دم السكان، هذه الكائنات تحصل على غذائها من مواد عضوية حاملة للطاقة.

جـ- مجموعات الترمم:

هى الكائنات التى تتغذى على البقايا غير الحية للنباتات والحيوانات، أى ما يتساقط من أوراق النبات وأعضائه ويتراكم على سطح الارض، وما يتجمع من جذوع الاشجار وافرازات الحيوان وجثث الحيوان. والكثير من هذه الكائنات تسكن التربة، وهى تنتظم فى درجات متوالية من التفتيت والتكسير وتقوم به انواع من الحشرات والخنافس، ثم الهضم الجزئى على نحو ما يكون فى جوف ديدان الارض، ثم مراحل من التحلل تقوم به مجموعات من الفطريات والبكتيريا. اذا درسنا مقطعاً فى أرض الغابة نجد على السطح طبقات الركام النباتى من الاوراق النباتية، وفى طبقات الارض قرب السطح نجد المواد العضوية المهضومة اى لا يمكن تمييز اعضاء النبات، وفيما دون هذه الطبقة تتحول المادة العضوية الى دبال اسود. وتنتشر منتجات التحلل فى الطبقات السفلى، وهى منتجات تضيف الى خصوبة التربة أى تضيف الى المواد الغذائية المتاحة لجذور النباتات النامية.

ثانى ما نذكره فى هذا النظام هى **شبكة العلاقات الغذائية**. لاحظنا ان العلاقة بين مجموعات الكائنات الحية ان الكائنات الخضراء تنتج المواد العضوية حاملة الطاقة، وأن هذه المواد تستخدم فى بناء اعضاء النبات المنتج وزيادة حجمه، وأن بعض هذه المواد تختزن فى أعضاء النبات فى فصول النمو والبيئة المناسبة وقد تستخدم فى فصول الكمون والبيئة غير المناسبة. ولكن الكائنات التى تتغذى على الأعشاب (الرعى) تحصل على قدر من الإنتاج، أى تنتقل المواد العضوية حاملة الطاقة من المنتج الاول الى المستهلك الاول. ثم يأتى دور الكائنات التى تتغذى على اللحم (الافتراس) تحصل على قدر مما استوعبته الحيوانات الفريسة، اى تنتقل المواد العضوية حاملة الطاقة من المستهلك الاول (الغزال) الى المستهلك الثانى (السبع). ثم يأتى دور الكائنات الطفيلية التى تعيش فى جوف عائلها، أو على جلده وفى ثنايا ما يغطيه من شعر أو وبر، تمتص غذائها منه أى تنتقل المواد العضوية حاملة الطاقة الى المستهلك الثالث. وهكذا تتصل حلقات سلسلة الغذاء.

لا تكون سلسلة الغذاء فى النظام الطبيعى فى اتجاه الخط الواحد انما هى أقرب الى الشبكة المتشعبة. فمن النبات الاخضر الواحد تأخذ يرقة الحشرة حظها من الطعام، ويلتهم

طير الحقول اليرقات، ويفترس الصقر الطير. ومن ذات النبات يأخذ أرنب برى حظه من الطعام، ويفترس الذئب الأرنب. ومنه اذا أزهر يأخذ الفراش الرحيق وحبوب اللقاح، ثم تأكل الطيور الفراشات، وهكذا تتعدد مسالك سلسلة الغذاء، وتكون أقرب الى شبكة العلاقات الغذائية، على اننا نلاحظ أن التغذى هو انتقال مركبات عضوية حاملة للطاقة من كائن الى كائن آخر، أى انتقال مادة وطاقة.

وينتهى كل شيء طال به المدى أو قصر الى أن يصبح بقايا عضوية من الاعضاء التى انتهى بها الاجل أو المخرجات التى يفرزها الكائن الحى، وتتجمع هذه البقايا على سطح الارض أو تطمر قرب السطح وتبدأ مجموعات الكائنات الرمية فى التغذى عليها وتتولى فى ذلك عمليت التفتيت والتفكيك والتحلل، حتى ينتهى الامر بالمركبات العضوية المعقدة وما بها من طاقة الى أن تنحل الى مركبات غير عضوية (ثانى اكسيد الكربون- الماء- مركبات املاح العناصر- الخ.) تضاف الى مكونات التربة، وتنطلق الطاقة الكامنة سارية فى الارض.

تتضح لنا المسألة الثالثة وهى **دورة المواد وسريان الطاقة**. عمليات الانتاج الأولى التى يقوم بها النبات الاخضر فى وجود ضوء الشمس، هى عملية بناء يجمع بين عناصر المادة (الكربون- الاكسجين- الهيدروجين- النتروجين- الكالسيوم- البوتاسيوم- الفوسفور- الخ) والطاقة. والمواد العضوية الناتجة متعددة وأهمها مركبات السكريات والبروتينات والدهون. تنتج المركبات الاساسية فى النبات الاخضر، ثم تنتقل فى درجات الغذاء من كائن الى كائن ويحدث عليها تعديل يلائم بناء جسم الكائن الآخذ. ويرتد كل هذا أخر الأمر الى الارض حيث تجرى عليه عمليات التفكيك والتحلل ويرتد الى تلك المواد الأولى التى دخلت فى عمليات البناء الاولى. تصبح هذه المواد جاهزة لتدخل مرة اخرى فى عمليات البناء بأن تمتصها جذور النبات (الماء- مركبات املاح العناصر) أو تصعد الى الهواء (ثانى اكسيد الكربون) وتصبح متاحة للدخول فى ثغور الأوراق، وتصبح من عناصر البناء الاولى. بذلك تستكمل دورة المواد، وهى دورة يتصل تكرارها مادام النظام البيئى سليما وصحيحا.

أما الطاقة التى تدخل فى هذه العمليات جميعا فهى أشعة الشمس (بالاضافة الى القليل الذى أشرنا اليه من الطاقة الكيميائية او الطاقة الحرارية). تدخل الطاقة فى عمليات البناء الاولى (البناء الضوئى) وتصبح من مكونات المركبات العضوية التى تنتقل فى درجات

سلسلة الغذاء حتى تصل الى مكونات الركام العضوى الذى تتناوله الكائنات الرمية بالتفتيت والتفكيك والتحلل حتى يرتد الى مكوناته الاولى وتنطلق الطاقة (على شكل طاقة حرارية) فى الوسط الارضى. هذه الطاقة لا سبيل لعودة دخولها فى عمليات البناء الاولى كما يكون للمواد، انما ينتهى دورها باستكمال دورتها الاولى. من ذلك نتحدث عن دوران المادة دورانا متواصلا وعن سريان الطاقة لدورة واحدة.

هذا المثال الذى شرحناه، يبين ان النظام البيئى يجمع بين السمات العامة التالية:

١ – حيز مكانى.

٢ – فى الحيز مجموعة من المكونات الفاعلة (نباتات وحيوانات).

٣ – فى الحيز مجموعة من المكونات المتفاعلة (مكونات الارض والهواء).

٤ – لكل من هذه المكونات فى المجموعتين صفات تميزه.

٥ – يربط بين هذه المكونات عمليات مجملها دورة المواد وسريان الطاقة.

التوازن فى النظم البيئية الطبيعية الفطرية

تبدو بعض النظم البيئية الطبيعية بالغة التعقيد على نحو ما يكون فى واحدة من غابات المناطق الاستوائية المطيرة، ذلك لان مجموعة المكونات الحية تشمل اعدادا كبيرة من الانواع (التنوع البيولوجى الثرى)، ولكل واحد من هذه الانواع العديدة دور يؤديه فى شبكة علاقات الغذاء أو فى عمليات تحلل الركام العضوى. وتبدو بعض النظم بسيطة على نحو ما يكون فى الصحارى وتخومها الجافة، ذلك لان مجموعة المكونات الحية تشمل أعداداً محدودة من الانواع (التنوع البيولوجى المحدود). هنا قد تكون النباتات الخضراء (المنتجون الأول) جماعة من افراد نوع واحد او عدد قليل من الانواع، وكذلك يكون المستهلكون من عدد محدود من الانواع. ثم نلاحظ ان العوامل الفيزيقية اكثر كفاءة فى تناول الركام العضوى بالاكسدة خاصة فى ظروف الجفاف والحرارة ولا يبقى الا القليل من المادة العضوية التى تدخل الى بناء التربة.

والنظم البيئية الطبيعية فى المياه العذبة والملحة، فى البحيرات والبحار والمحيطات وما يتصل بها من البيئات الرطبة أنماط متعددة ومتنوعة. ولكنها جميعا تحفظ ذات الصفات الرئيسية الخمس التى أشرنا اليها.

نضيف الى هذه السمات الرئيسية الخمس، سمة سادسة للنظم الطبيعية جميعا تتصل بالتوازن بين المكونات والقدرة على استعادة هذا التوازن، اذا أصاب النظام الخلل. توازن المكونات تضبطه قدرة النباتات التى تنهض بعمليات البناء الاولى على انتاج الغذاء، وكذلك قدرة الكائنات الحيوانية التى تتغذى عليها المفترسات على العطاء. لو زادت اعداد الحيوانات آكلة العشب على قدرة النمو النباتى على الانتاج الفائض عن حاجة نموه السليم، اصبح الرعى جائرا وضعف نمو النبات وانتاجه وتعرضت الحيوانات للجوع الذى يفضى الى اختزال اعدادها بالموت جوعا، فيقل ما تأخذه من النمو النباتى بما يأذن له بالتعويض واستعادة العافية. كذلك لو زادت اعداد الحيوانات المفترسة بحيث تأكل من مصادر غذائها بأكثر من قدرة هذه المصادر على التوالد والنمو، لنتج عن ذلك نقص بالغ فى حيوانات الغذاء مما يعرض الحيوانات المفترسة الى الجوع والموت فتقل اعدادها ويكون فى ذلك خطوة نحو استعادة التوازن.

ولو زاد نمو النباتات على قدرة التربة على تهيئة حاجات هذا النمو من الماء والغذاء المعدنى، فإن موارد التربة تستنزف أى تقل خصوبتها، الامر الذى يؤثر على حياة النباتات فيضعفها ويقلل من أعدادها بما يكون بينها من تنافس على الموارد المحدودة، وما يزال هذا التفاعل حتى يصل النظام الى حالة التوازن بين النمو النباتى والموارد الارضية. مثل هذا يقال عن سائر العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية جميعا وبينها وبين الموارد التى تتيحها التربة والهواء.

قد يتعرض النظام البيئى الطبيعى لعامل طارىء يسبب اختلال التوازن، كأن يتعرض لنوبة جفاف، أو فيضان، أو ريح عاصفة تدمر بعضاً من مكوناته، أو حريق، أو غارة جراد، الى غير ذلك من الكوارث البيئية الطارئة. تحدث مثل هذه الكوارث تدمير بعض من مكونات النظام البيئى كأن تجتث العواصف بعض الأشجار، أو يغرق الفيضان حيزاً من الارض تتضرر به كائنات التربة، الى غير ذلك من أوجه الضرر. للنظام البيئى الطبيعى – فى أغلب الاحوال– القدرة على التعويض واستعادة الإطار الطبيعى والتوازن البيئى، وقد يتم ذلك فى مدى سنوات.

أنماط من النظم البيئية التي يستخدمها الانسان

يعيش الانسان فى اطار المحيط الحيوى، ويستثمر عدة انماط رئيسية من النظم البيئية ليحصل على موارد تقابل ما يحتاجه لغذائه أو كسائه أو خامات صناعاته.

اول هذه الانماط هى المصايد المائية. والاصل الفطرى لكل موقع من هذه المصايد انه نظام بيئى فى وسط مائى سواء كان فى المحيط أو البحر أو مناطق الشواطىء او البحيرات الداخلية أو الانهار أو غيرها من كتل الماء الملح أو العذب. فى كل نظام بيئى توجد عناصر للمجموعات الثلاث الرئيسية التى سبقت الاشارة اليها (مجموعة الانتاج الاولى - مجموعة الاستهلاك- مجموعة الترمم)، هنا تكون مجموعة الانتاج الاولى طحالب دقيقة تطفو على سطح الماء (الهائمات) وطحالب كبيرة ونباتات مائية خضراء، ومجموعة الاستهلاك (والانتاج الثانوى) تشمل الكثير من انواع الحيوانات (الاسماك- القشريات- القواقع- الثدييات البحرية- الاسفنج- الخ)، ثم مجموعة الترمم اى التفكيك والتحلل. فى الاصل الفطرى يكون التوازن البيئى فى كل نظام بما يحقق التناغم بين المكونات.. استغلال الانسان لهذا النظام استغلال تخيرى، أى أن الانسان يختار عناصر معينة من شبكة مكونات النظام يحصدها بالوسائل التكنولوجية التى تناسب ما يختار (القواقع- السمك- الاسفنج- الحوت- الخ).

هذا التدخل الانسانى يمثل عاملاً طارئا يحدث الاضطراب. فاذا كان هذا الاضطراب محدودا، أى فى حدود قدرة النظام البيئى على استعادة التوازن، يبقى النظام البيئى محافظا على اطاره العام. وتعريف قدرة النظام البيئى على احتمال الاضطراب وعلى استعادة التوازن يوجز بأنه «**طاقة الحمل**». وفى مثال «**المصايد**» تعتمد هذه الطاقة على قدرة جماعة النوع الذى يحصده الصيد على التكاثر والنمو وتعويض ما حصده الصيد، أى قدرة الجماعة على العطاء دون ان تفقد قدرها على التعويض. فاذا زاد ما يحصد على ذلك تدهورت قدرة الجماعة على التكاثر والتعويض وهذا هو «**الصيد الجائر**». نذكر أن مصايد الحيتان فى المحيطات قد افضت الى تناقص اعدادها فى بعض الأنواع والى انقراض بعض الانواع، وهو امر حفز المجتمع العالمى الى اعلان حظر صيد الحيتان لحين استعادة جماعاتها قدرتها على التكاثر الذى يحقق البقاء. ونذكر أن مصايد الاسماك فى شمالى المحيط الاطلسى وفى جنوب

شرق المحيط الهادى تتناقص غلتها على نحو ملحوظ مما يدل على أن الصيد يتجاوز طاقة حمل النظام البيئى. والاعتبارات البيئية التى تستهدف «التنمية المتواصلة» للموارد الطبيعية تطالب بأن يكون الصيد فى حدود طاقة الحمل. وقد لاحظنا تناقص المحصول من مصايد بحيرة ناصر بسبب الصيد الجائر. وفى مصايد الاسماك يكون الصيد جائراً إذا زادت كمية الصيد على قدرة الجماعة على التكاثر والنمو (التعويض) أو اذا كان الصيد فى موسم التكاثر فيدمر قدرة الجماعة على التكاثر والتعويض. نلاحظ أن ادارة مصايد الاسماك فى بحيرة البردويل (شمال سيناء) تمنع الصيد فى موسم التكاثر (ديسمبر- ابريل) وذلك لحماية جماعة السمك (الرصيد السمكى) فى فترة التكاثر ونمو الزريعة.

ثانى هذه الانماط هى الغابات. والاصل الفطرى لكل غابة أنها نظام بيئى متكامل العناصر. استغلال الانسان لهذا النظام استغلال تخيرى، أى أن الانسان يختار نوعا (أو انواعا) من الشجر يقطعه ليفيد من خشبه فى الاغراض المختلفة (الوقود- الفحم- اخشاب البناء والاثاث- خام الورق وغيره من الصناعات- الخ). نلاحظ هنا أن الانسان يأخذ عناصر من مكونات الانتاج الاولى (وليست عناصر من مكونات الاستهلاك والانتاج الثانوى كما يكون فى مصايد الاسماك). هذا التقطيع تدخل انسانى طارىء على النظام الطبيعى الفطرى أى عامل اضطراب. فاذا كان هذا الاضطراب محدودا، أى فى حدود قدرة جماعات انواع الاشجار على التكاثر والنمو والتعويض (**طاقة الحمل**)، لا يظهر على الغابة فى شكلها العام والسلوك البيئى لعناصرها تبدل ملحوظ. أما اذا زاد ما يقطعه الانسان من الاشجار على حدود **طاقة الحمل**، أى عندما يصبح **التقطيع جائرا**، يحدث التدهور فى النظام البيئى. فاذا بلغ التدهور مداه تعرضت **التربة للانجراف** وتحولت الغابة الى كساء نباتى متدهور لا يحمى التربة ولا يفى بالحاجات البيئية لعناصر النظام التى تعتمد على جماعة الانتاج الاولى.

فى استغلال موارد النظم البيئية فى المصايد (صيد الاسماك والحيوانات البحرية- قنص الحيوانات البرية- الخ) أو فى الغابات والاحراش (قطع الاخشاب - جمع النباتات البرية لاغراض الطب والصناعة - جمع المنتجات مثل الصموغ والقلف وغيرها) لا يغير الانسان الكثير من عناصر النظام البيئى، انما هو يحصد بعض عناصر هذا النظام.

ثالث هذه الانماط هى المراعى. هنا نلاحظ أن الانسان يدخل تعديلات جوهرية على مكونات النظام البيئى. أولها أنه يبدل من مكونات مجموعات المستهلكين، فيعمل على

إبعاد حيوانات الرعى البرية من الغزلان والتياتل لتحل محلها قطعان حيوانات من اختياره وتربيته (الماشية- الاغنام- الخ) . ويعمل على إبعاد الحيوانات المفترسة من آكلات اللحم حماية لقطعانه وليكون له وحده ناتج الانتاج الثانوى (لحوم الماشية) .ثانيها، انه قد يبدل من مكونات مجموعات الانتاج الاولى (الكساء النباتى) بأن يزيل تلك الانواع السامة أو الضارة، أو يستبدل بأنواع متدنية القيمة الغذائية نباتات ذات قيمة غذائية عالية، الى غير ذلك مما يدخل تحت باب تحسين المرعى. كل هذا يعنى تغييرا فى عناصر النظام البيئى، ولكن الاطار العام للعمليات البيئية ما يزال يتضمن تقسيم العمل بين المنتجين الاول (الكساء النباتى) والمستهلكين (بما فيهم حيوانات الانتاج الثانوى)، ويحل الانسان محل الجزء الغالب من مجموعة الحيوانات المفترسة، ثم جماعة الترمم والتحلل. فى ادارة الانسان للمراعى الطبيعية تراعى الضوابط المتصلة بطاقة الحمل، ذلك لان للمرعى طاقة حمل، أى قدرة على إنتاج أولى تكفى لعدد معين من الحيوانات فى وحدة المساحة، فإذا زاد عدد الحيوانات على طاقة الحمل تدهور المرعى، أى عجزت مجموعات النباتات عن تعويض ما أخذه الحيوان، ومن ثم يقل الانتاج الاولى وتتعرض القطعان للجوع ويتدهور الانتاج الثانوى (الحيوانى) بدوره.

قضية تدهور المراعى، نتيجة الرعى الجائر، من قضايا البيئة والانتاج فى العالم ذات الخطر خاصة فى المناطق الجافة وشبه الجافة. وتقدر أراضى المراعى المتدهورة فى هذه المناطق من العالم بأكثر من ٣٠٠٠ مليون هكتار (٧٠٪ من جملة مساحة أراضى المراعى فى المناطق الجافة وشبه الجافة وتخومها) والسبب فى هذا التدهور (التصحر) هو الرعى الجائر، بالإضافة الى نوبات الجفاف (نقص المطر السنوى). وفى مصر توجد نطاقات المراعى الطبيعية على امتداد السواحل الشمالية. وتقدر الدراسات ان طاقة الحمل لنطاق المراعى فى المنطقة الممتدة من الاسكندرية غربا حتى الحدود الليبية حوالى ٣٠٠٠٠٠ رأس من الاغنام والماعز، وتقدر الاحصاءات العدد الفعلى لقطعان الحيوان فى هذه المنطقة بأكثر من مليون رأس، ينتج عن مثل هذا الوضع الرعى الجائر الذى تتدهور به المراعى والحيوان، ولولا ما يصل الى المنطقة من معونات حكومية ودولية (أعلاف) لهلكت هذه القطعان جوعاً.

رابع هذه الانماط هى حقول الزراعة: وحقل الزراعة نظام بيئى مايزال يبرز السمات الاساسية للانتاج والاستهلاك والتحلل ودورة المواد وسريان الطاقة. ولكنه نظام حوره الانسان وغير عناصره. الانسان اجتث الغابة أو الاحراش والحشائش فى مناطق الساڤانا لينشىء فى مواقعها حقول الزراعة؛ أى إن الانسان يزيل الكساء النباتى الطبيعى (مجموعات الانتاج الاولى) ويستبدل به نموا نباتيا من اختياره وتربيته (نبات المحصول). عملية فلاحة الارض (ادارة النظام البيئى) تتضمن - بالاضافة الى تمهيد الارض وحرث التربة وبذر المحصول- رعاية النبات المختار بازالة ما قد ينمو من نباتات أخرى تنافسه وتزاحمه، ومكافحة حيوانات الاستهلاك من آكلات العشب بما فى ذلك الحشرات.

التبديل الذى احدثه الانسان تضمن التحول من نظام بيئى فطرى تقوم بعملية الانتاج الاولى فيه عشرت من الانواع النباتية (التنوع البيولوجى) الى نظام يقوم بعملية الانتاج الاولى فيه نوع واحد من النبات بل سلالة واحدة أو صنف واحد من هذا النبات. هذا التحول فيه تبسيط لمجموعة الانتاج الاولى واختزال لتنوعها البيولوجى. وهذا أمر يعرض النظام البيئى لمخاطر بالغة لان التنوع البيولوجى من عوامل القدرة على الاتزان واحتمال قدر من الاضطراب، والتبسيط البيولوجى عكس ذلك. فلو ان النظام (الحقل المتخصص) تعرض لطارىء مرضى فسرعان ما يستشرى على هيئة الوباء الكاسح.

كذلك يحدث هذا التبديل أن اصبح الانسان هو المستهلك الاوحد التى يحصد الانتاج الاولى جميعا، ويحمله الى خارج الحقل الى مواقع الخزن أو الى السوق. أى أن لا يبقى فى النظام البيئى من بقايا الانتاج الاولى ومخلفاته الا القليل الذى يتجمع على سطح الارض ويتاح لعمليات الترمم التى يتم بها التفكيك والتحلل والتى يعوض التربة عما امتصه النمو النباتى. هذا الوضع يستنزف الموارد الطبيعية للتربة، ويلزم الفلاح ان يصحح هذا الخلل بأن يضيف الى التربة الاسمدة والمخصبات.

ويحتاج الفلاح - خاصة فى المناطق الجافة - الى أن يضيف الى النظام البيئى مياه الرى يعوض بها الجفاف الطبيعى (نقص موارد المياه من الامطار) بذلك يتجاوز الإطار المناخى للنظام البيئى الفطرى ويجعل للحقل المروى طاقة على الانتاج الاولى أضعاف الطاقة التى تعتمد على المطر القليل وحده. كذلك يحتاج الفلاح الى أن يستخدم الكيمياويات الزراعية فى مكافحة الاعشاب الحقلية والافات الحشرية والامراض التى تتهدد حياة نبات

المحصول، وبذلك يدخل الى النظام البيئى موارد كيميائية غريبة على النظام، أى قد لا توجد ضمن كائنات التربة ما يقدر على استيعاب هذه الكيمياويات أو يكسرها ويحللها ويردها الى مكونات بسيطة تدخل فى العمليات البيئية الاساسية. لذلك قد تبقى هذه المواد الغريبة فى الوسط البيئى وتصبح عناصر للتلوث. والفلاح فى عمله هذا فى خدمة الحقل (الحرث- الرى- مكافحة الافات- التسميد- الخ) يضيف الى مجموعة المدخلات من المادة والطاقة. ولكن الذى يبقى من سمات النظام البيئى هو:

١ - مدخلات الطاقة من المصدر الطبيعى وهو الشمس، والمصدر الصناعى وهو الطاقة المستخدمة فى الالات والداخلة فى بناء الكيمياويات الزراعية.

٢ - مدخلات المواد من المصادر الطبيعية أى من الهواء والتربة، والمصادر الصناعية وهى الاسمدة وغيرها من الكيمياويات الزراعية.

٣ - قد يجلب الفلاح حيوانات المزرعة لتطعم بقايا نباتات المحاصيل فى الحقل، وتتاح فرصة تجمع الروث وغيره من البقايا العضوية الى أرض الحقل، وتعمل كائنات التربة على هذه البقايا تفتيتا وتفكيكا وتحليلا حتى تردها الى مكوناتها البسيطة التى تتاح لجذور النبات، أى تضاف الى عناصر خصب التربة.

٤ - مايزال الحقل الزراعى، الذى يعتمد على المطر او الذى يعتمد على الرى، يبرز الملامح الرئيسية للنظام البيئى: حيز مكانى - كائنات فاعلة- مكونات متفاعلة- يربط بين المكونات عمليات بيئية مجملها **دورة المواد وسريان الطاقة**. ولكن الانسان هنا هو المستهلك الرئيسى.

فكرة المزرعة السمكية (بركة ماء طبيعية أو حوض ماء يحفره الانسان) قريبة الشبه بالحقل الزراعى. ولكن ما يزرع فيها هو السمك اى كائنات الاستهلاك او الانتاج الثانوى. الانتاج الاولى تقوم به كائنات نباتية خضراء (الطحالب واعشاب الماء وغيرها)، يتغذى السمك الذى زرعه الانسان (وضع زريعته فى الماء) على كائنات الانتاج الاولى حتى اذا نما وبلغ الحجم المناسب حصد الانسان الانتاج السمكى.

تطبيق فكرة النظام البيئي

أنشأ الانسان فى حيز المحيط الحيوى الحلل التى يعيش فيها، حلل السكن الصغيرة هى القرى، والحلل الكبيرة هى المدن، كذلك انشأ مراكز الصناعة ومحطات القوى. هل يمكن تطبيق فكرة النظام البيئى على هذه الوحدات؟ نذكر أمثلة للتوضيح.

المثال الأول : القريـــة

القرية جزء من نظام بيئى يضم القرية والاراضى الزراعية المتصلة بها (زمام القرية). يتضمن هذا النظام عناصر يمثل كل منها نظاما فرعيا (sub-system):

أ) جماعة الناس ومؤسساتهم الاجتماعية.

ب) الأرض والمياه (الموارد الطبيعية).

جـ) قنوات الاتصال بما هو خارج القرية.

العامل الرئيسى الذى يحرك عجلة العلاقات بين مكونات النظام البيئى هو الانسان، وتنظم عمل الانسان وجهده المؤسسات التى تضبط العلاقات الداخلية فى جماعة الناس. والزراعة (بمفهومها الواسع) هى الوظيفة الانتاجية الرئيسية لهذا النظام. وقنوات الاتصال بما هو خارج القرية تجلب الاحتياجات وتحمل الى التسويق المنتجات.

عملية الانتاج الزراعى قريبة الشبه بعملية الانتاج الاولى فى النظام البيئى الفطرى وتحمل الملامح المتصلة بالبناء الضوئى الذى تنهض به نباتات المحاصيل الخضراء. ولكن مصادر الطاقة الداخلة الى حقل الانتاج تتضمن ضوء الشمس، والجهد العضلى للانسان فيما يقوم به من عمليات الفلاحة، والطاقة المحركة لما يستخدمه الفلاح من مضخات الرى وآلات الحرث والحصاد وغيرها من عمليات الفلاحة، والطاقة الكيميائية الداخلة فى صناعة الكيمياويات الزراعية (الاسمدة- المبيدات- الخ) .وقد يزيد الامر فى انماط من الفلاحة الحديثة (الصوب- الزراعة المحمية) بمدخلات الطاقة اللازمة للتدفئة او التبريد. ولكن الامر فى نهايته ان الحقل بما فيه من نمو نباتى تلقى مدخلات من المادة ومن الطاقة، وأخذ النبات قدرا من ماء الارض بما يحمله من مواد معدنية وتبادل مع الهواء الجوى غازات ثانى اكسيد الكربون والاكسجين وحصيلة هذا أن نما النبات (انتج قدرا من الكتلة الحية). هذه الكتلة الحية

هى جماع المادة والطاقة. نتبين ان عملية الانتاج تجمع بين العمليات الطبيعية والمدخلات الاضافية التى تتصل بإدارة الانسان لعملية الإنتاج.

عملية الاستهلاك تحمل بعضا من ملامح الاستهلاك فى النظام البيئى الفطرى. ولكنها هنا تدار فى اطار المؤسسات الاجتماعية التى تنظم العلاقات فى داخل المجتمع وجماعة الناس هى المستهلك سواء على نحو مباشر (استهلاك محاصيل الغذاء كالحبوب والبقول والخضر والفواكه)، أو على نحو غير مباشر (استهلاك محاصيل العلف التى تأكلها الحيوانات والدواجن، ويدخل لحمها أو منتجاتها من اللبن والبيض وغيره فى طعام الانسان). وقد يكون الاستهلاك بغير صلة مباشرة كأن يكون الانتاج من خامات الصناعة (القطن- محاصيل الزيت- نباتات العقاقير- الخ)، ولكن عملية الاستهلاك تكون فى اطار تنظيم أبرز عناصره التسويق.

لكل واحد من النظم الفرعية الثلاثة بناء يتميز إلى أنماط متعددة تتغير مع التغير الاجتماعى. **النظام الفرعى الاول «جماعة الناس»** يتألف من أفراد السكان، وهنا تبرز قضايا تعداد السكان وكثافتهم بالنسبة لوحدة المساحة، ونوعية السكان من نواحى درجة التعليم والتدريب، والقواعد الاجتماعية التى تضبط علاقاتهم (ملكية الأرض - الإقطاع - الجمعية التعاونية- الإيجار- المزارعة- الخ)، وتتغير نظم الانتاج والاستهلاك فى النظام الكلى حسب عناصر النظام الفرعى المتصل بجماعة الناس. وكذلك يتغير نهج الفلاحة وما تستخدمه من ادوات ووسائل التى تتاح فى ظل هذا النظام الفرعى ودرجة تقدمه التكنولوجى. والقواعد الاجتماعية التى تحكم هذا النظام تتألف من التشريعات الملزمة والأعراف الاجتماعية المرعية، ودرجة التقدم والترقى الاقتصادى والتكنولوجى الذى يسود المجتمع المحدود والذى يسود المجتمع الاوسع (القطر). بهذه الامور تتميز «جماعة الناس» فى الريف الامريكى والكندى والاوربى والاسترالى عنها فى الريف الأفريقى والآسيوى.

أما النظام الفرعى الثانى «الارض والمياه» وهو حيز الانتاج الأولى فهو نظام بيئى طرأ عليه تغيير جوهرى فى عناصره. ولكنا نلاحظ أن عمليات الانتاج الاساسية المتصلة بنمو النبات وازهاره واثماره تتأثر بعوامل من فعل الانسان المباشر أو الاثر غير المباشر لفعله. **فالكيمياويات الزراعية** (الاسمدة والمبيدات) ذات اثر مباشر على نمو

النبات (التغذية- مكافحة الآفات)، ولبعضها اثار غير مباشرة، فقد تقتل المبيدات كائنات لم تكن تستهدفها، وبذلك يحرم النظام البيئى من الدور الذى كانت تقوم به هذه الكائنات ومنها أعداء طبيعية للافات المستهدفة ومنها حشرات وفراشات لها دور نافع فى نقل حبوب اللقاح من الذكر الى الانثى من الازهار، وبذلك تتعطل عملية مهمة، يعتمد عليها انتاج الثمار او الحبوب. وقد تؤثر بقايا هذه الكيمياويات الطارئة التى تترسب على سطح الارض على كائنات التربة الحيوانية والنباتية فتعطل دورها فى المحافظة على خصوبة التربة. وتنادى بعض جماعات الزراعة فى الدول الصناعية المتقدمة بالعودة الى الزراعة التى تستغنى عن هذه الكيمياويات «**الزراعة العضوية**». نلاحظ كذلك ان النظام البيئى الذى يمثله الحقل يختلف عن النظام البيئى الفطرى فى امور تتصل باكتمال دورات المواد وسريان الطاقة. جماعة الاستهلاك فى النظام الفطرى تتعايش على نحو متصل مع جماعة الانتاج الاولى بحيث تتجمع مخلفاتها جميعا (قش النبات المنتج- روث الحيوان المستهلك- جثث الحيوانات- إلخ) فى حيز واحد وتتم بذلك عمليات التدوير. أما فى الحقل فالاستهلاك فى أغلبه يتم خارج الحقل، وحتى اذا كان المحصول نبات علف كالبرسيم فإن الحيوانات تقضى فى الحقل جزءا من الوقت وتمضى اغلب الوقت فى مواقع العمل أو الحظيرة، ولا يتخلف على أرض الحقل الا جزء من روثها. من ذلك تستنزف الزراعة ما فى تربة الحقل من مواد غذائية، ويكون على الفلاح ان يعوض ذلك بأن يعيد الى ارض الحقل بعضا من مخلفات الزراعة التى تتجمع خارج الحقل (السماء البلدى) ويجلب الى ارض الحقل مواد اضافية (السماد الكيمياوى). ويعتمد الفلاح على الرى، وخاصة فى المناطق الجافة. والرى اضافة للمياه الى النظام البيئى لحفز المزيد من الانتاج الاولى، فاذا زادت كمية المياه المضافة على قدرة النظام البيئى على الاستيعاب (الاستهلاك النباتى وتسريب المياه الزائدة الى باطن الارض) تجمع الماء قرب جذور النبات فأضرها. ومن هنا تكون الحاجة الى شق قنوات الصرف المكشوف او وضع شبكات الصرف المغطى، أى اضافة عناصر جديدة فى بناء النظام البيئى لتؤدى وظيفة اضافية.

النظام الفرعى الثالث «**قنوات الاتصال بما هو خارج القرية**» يجمع مؤسسات التمويل والتسويق والتخزين وغير ذلك من الادوات التى تمر من خلالها صادرات القرية الى السوق الاوسع، وتمر من خلالها واردات القرية. وما تنتجه القرية من منتجات المحاصيل

والبساتين والحيوان الزراعى والصناعات الريفية وغيرها يذهب منه لإشباع حاجات «جماعة الناس»، ويذهب الجزء الاخر الى قنوات التسويق مباشرة (نقل الخضروات والفواكه الى السوق)، أو بعد فترة من التخزين (تخزين الحبوب فى شون تلك القرية)، أو بعد عمليات الاعداد (حلج القطن)، الى غير ذلك. ولواردات القرية سواء كانت مستلزمات الانتاج من الحبوب والكيمياويات والوقود والالات او مستلزمات إشباع الحاجات الاساسية للجماعة (الملابس- الطعام- الادوية- الخ) قنوات هى آليات التسويق سواء الفردى او التعاونى. ولمؤسسات التمويل دور فى تيسير حركة الصادرات والواردات.

هذه النظم الفرعية الثلاثة عناصر النظام البيئى الذى يضم القرية وما حولها. وقد يجمع الامر الواقع عدة قرى وما حولها من ارض فى نظام واحد. ولكن الامر الذى نود توضيحه هو أن هذا النظام البيئى يحفظ الملامح الرئيسية للنظام البيئى الفطرى من ناحية دورة المواد وسريان الطاقة وان ضوابطه تجعل له التوازن الداخلى الدقيق، وان الخلل البيئى هو خلل فى هذا التوازن. وهذه امور ينبغى ان تراعى فى ادارة مثل هذا النظام حفاظا على طاقته الانتاجية اى صحته البيئية وقدرته على الانتاج المتواصل. وتبرز هنا اهمية الاحاطة بالبناء البيئى كأساس للادارة السليمة التى تصون عناصر النظام وتفاعلاته وتحفظ صحته.

المثال الثاني: المدينـــة

المدينة حلة سكن كبيرة. وقد اصبحت المدن احدى علامات هذا الزمان، وتضخمت المدن حتى زادت اعداد سكان عديد منها على عشرة ملايين نسمة كما هو الحال فى مدينة القاهرة. وقد نشأت المدن على مدى التاريخ البشرى عواصم للأقطار، بل كانت المدينة فى بعض الاحوال تمثل القطر (الوحدة السياسية او الدولة). نشأت المدن فيما قبل عصر الصناعة، فلما كان ذلك العصر، أحدث الترابط بين المدن ومراكز الصناعة، وأغلب المدن الحديثة تجمع بين وظائف حلة السكن الكبيرة والمركز الصناعى والتجارى بالاضافة الى انها فى الغالب مركز ادارى ايضا (عاصمة).

المدينة كتلة من المبانى والشوارع والورش والمصانع ومحطات القوى، أنشئت فى حيز من الارض ماتزال تحوطه فى اغلب الاحيان مناطق ريفية. وتمثل هذه الكتلة بما ينضح منها من الطاقة الحرارية وما ينفث من مخرجات الوقود المحترق من غازات وغبار، جزيرة

وسط حيز من الحقول. وقد اظهرت الدراسات والارصاد ان المدينة اشبه ما تكون بالبركان (البركان البشرى)، لان اعمدة من الحرارة والدخان والملوثات تتصاعد الى اعلا من قلب المدينة كأنها تخرج من فوهة بركان. وأن المدينة تتبادل الحرارة مع الريف المحيط بها على نحو اشبه بظاهرة تبادل الحرارة بين اليابسة والبحر فى المناطق الساحلية. تشير هذه الدراسات الى أن المدينة كتلة تنبض بتفاعلات بيئية فى داخلها وفيما بينها وبين الاقليم المحيط بها.

والمدينة المعاصرة نظام معقد أى يتضمن عدة نظم فرعية لكل منها نهج خاص بتفاعلاته، ولكنها جميعا تنتظم فى كيان بيئى أكبر هو المدينة. وللمدن المعاصرة مشاكلها الكثيرة خاصة فيما يتصل بجذب السكان من الريف وما يتبع ذلك من بناء نطاقات السكن العشوائية واكتظاظ المدن بفيض السكان وغير ذلك من مظاهر تدنى حالة البيئة. ولكن المدينة ككل تحمل سمات النظام البيئى الذى يتلقى مدخلات المواد والطاقة ويخرج انواعا من الانتاج ومن المخلفات، وفى تلك التفاعلات تدور المواد وتسرى الطاقة. ولعلنا نذكر ان النظام البيئى فى المدينة يتألف من نظم فرعية منها:

أ) جماعة الناس (السكان) ومؤسساتهم الاجتماعية.
ب) مجموعة المنشآت والمبانى.
جـ) شبكة المواصلات والنقل
د) شبكة القوى
د) شبكة تناول المخلفات.
و) شبكة التوزيع والتجارة
ز) شبكة الانتاج الصناعى

وقد ننظر الى المدينة على انها مجموعة من الوحدات الادارية البيئية، اى ان نعتبر اجزاء المدينة (الاحياء) نظما بيئية فرعية يتألف من مجموعها نظام البيئة الموحد. ويمكن ان نتقصى فى كل جزء (حى) عمليات تدوير المواد وسريان الطاقة فيما بين المدخلات والمخرجات. ولو نظرنا الى المدينة كنظام يتضمن النظم الفرعية المتخصصة التى ذكرناها، فإننا نلحظ فى كل منها عمليات حركة المواد والطاقة، ونلحظ كذلك ان لكل منها طاقة حمل اذا زاد الضغط فوقها نتجت التضررات البيئية.

مشاكل الإسكان هى زيادة الطلب عن طاقة حمل الحلل السكنية فى الاحياء والمجاورات، وهو امر له توابعه الاجتماعية وله نواتجه من السكن العشوائى كالاقامة فى المقابر والمبانى غير المخططة او المصرح بها، وهى جميعا مساكن لا تصلها خدمات المياه والصرف الصحى وغير ذلك. مشاكل المواصلات واكتظاظ وسائل النقل العام تعنى ان الطلب يزيد على طاقة الحمل لشبكة المواصلات، وطفح المجارى وتراكم القمامة فى الشوارع يعنى ان المخرجات اكبر من طاقة شبكة تناول المخلفات.

كذلك نلاحظ ان عمليات تطوير هذه الشبكات (النظم الفرعية) هى عمليات تستهدف توسيع طاقة الحمل. فاذا كان تطوير كل شبكة كأنها نظام مستقل قائم بذاته تدنى أثر التطوير، لأن النظم الفرعية غير مستقلة بل هى عناصر للنظام الكلى. نلاحظ ان مدينة القاهرة أنفقت الكثير فى تطوير شبكة المواصلات (الكبارى العلوية- الانفاق- المترو- المزيد من وحدات النقل- رصف الشوارع- تنظيم المرور- انشاء الجراجات متعددة الطبقات- الخ) ومايزال الاكتظاظ ظاهراً..ذلك لان توسيع طاقة حمل النظام البيئى يجذب اليه المزيد من الطلب. انظر الى حركة المرور على كوبرى ٦ اكتوبر العلوى وزحام المرور فى شوارع القاهرة عموما. انما كان ينبغى ان يواكب تطوير شبكة المواصلات ضبط جماعة الناس (السكان)، اى ان يكون التطوير فى اطار سقف سكانى يتفق عليه.

انفقت القاهرة الكثير لتطوير شبكة القوى، وشبكة التليفونات وغيرها من النظم الفرعية. فهل توقفت الشكوى؟ ان زيادة قدرات شبكة القوى حفزت المستهلكين الى زيادة الاستخدام حتى يبلغ درجة الاسراف. انظر الى مهرجانات الاضواء فى شوارع القاهرة ليلا وخاصة فى مناطق التسويق وفى بعض المواسم الخاصة. ومثل هذا يقال عن شبكة جمع القمامة وشبكات الصرف الصحى. وما نود ان نخلص اليه هو ان تطوير الجزء مستقلا عن الكل، وفى غير اطار معالجة الكل (المدينة) كنظام موحد متكامل، لا يؤدى الى الاصلاح المطلوب وقد يذهب بجدوى التطوير. ينبغى أن تدار امور المدينة بسائر نظمها الفرعية ككل واحد فى اطار مخطط واضح الاهداف والمعالم.

يتلقى النظام البيئى الكلى (المدينة) احمالا من المواد الغذائية ومواد البناء وخامات الصناعات تحملها اليه وسائل النقل، وتوزعها الى مواقع طلبها شبكة التوزيع والتجارة وتتلقى

المدينة احمالا من الطاقة ومواد الوقود تحملها شبكات القوى وناقلات الفحم والبترول وانابيب البترول وناقلات خشب الوقود، وتوزعها الى مواقع طلبها شبكة التوزيع والتجارة فيحصل كل فرد على ما يطلبه من طاقة الكهرباء والغاز فى مسكنه، والبترول الى سيارته، وكذلك تحصل الورش والمصانع ومحطات القوى على ما تحتاجه.

تتلقى الوحدات الصناعية احمال المواد والوقود حسب احتياجها، تدخل الى المصنع فتجرى عليها عمليات البناء الصناعى حتى تخرج منتجات (مواد تحمل الطاقة) ومخلفات غازية وسائلة وصلبة. أى أن الوحدة الصناعية تمثل كيانا محدودا تجرى فيه عمليات تدوير المواد وتحميلها بالطاقة وتخرج منه منتجات معدة للتسويق.

مجمل هذا أن بيت السكن ومحطة القوى والمصنع تدخل الى كل منها مواد وطاقة، والمواد تدور والطاقة يذهب جزء منها فى بناء المنتج، وجزء منها يتشرب فى حيز البناء، وجزء منها يخرج مع مخلفات المواد كالدخان المتصاعد والقمامة الصلبة والمخلفات السائلة. والجزء المتسرب الى البناء يجعل منه كتلة دافئة تنضح بالحرارة الى الخارج وكذلك يخرج جزء من الطاقة منطلقا الى الخارج مع قنوات الصرف والمداخن. لذلك نقول إن «مجموعة المنشئات والمبانى» تضخ كميات من الطاقة الى الحيز الخارجى.

النظام البيئي الكلى

تحدثنا عن نظم بيئية فطرية على الارض وفى الماء (غابة- ارض صحراوية- بركة ماء- مصب نهر)، ونظم بيئية يديرها الانسان أو يستغل مواردها (مصايد الاسماك- المراعى- الحقول والبساتين)، ونظم بيئية صنعها الانسان (القرية- المدينة). فى هذه النظم جميعا يكون لوحدة النظام البيئى حيز ذو أبعاد محددة تيسر على الباحث تقصى عملياته وقياس ما يدور فى اطاره من مواد وتقدير مدى تطوره. وهذه النظم جميعا تقع فى حيز المحيط الحيوى، أى الحيز من الكرة الارضية التى توجد فيه الحياة بصورها المتعددة. والسؤال الذى طرح نفسه فى خلال القرن العشرين عامه وفى خلال النصف الثانى منه خاصة هل تمكن الإحاطة بكوكب الارض فى جملته والنظر اليه كنظام بيئى كلى؟

مهدت للإجابة عن هذا السؤال دراسات متعددة تبلورت على يد العالم الروسى فرنادسكى الذى وضع فى عام ١٩٢٦ (ترجم الى الفرنسية عام ١٩٢٩) كتابا عن «**المحيط الحيوى**» ، **وهو الحيز الذى يجمع اليابسة وطبقات المياه السطحية وطبقات الهواء السفلية وما فى هذا الحيز من كائنات حية.**

ثم جاء البرنامج الدولى الذى أشرفت عليه منظمة اليونسكو «**العقد الدولى لدراسات الهيدرولوجى- ١٩٧٠- ١٩٨٠**»، استمر فيما بعد اسم «**البرنامج الدولى لدراسات الهيدرولوجى**» وهو برنامج يعنى بدراسة دورة الماء فى اطار كوكب الارض. وتوصلت هذه الدراسات الى تقديرات كمية لموازنة الماء ودورته من البخر من المحيطات والبحار والتصاعد الى طبقات الهواء وتكوين السحب التى تعيد نظم الرياح توزيعها، ثم سقوط الامطار وتجمع مياهها فى شبكات الصرف السطحى (أحواض الانهار) وتسرب بعضها الى الارض وتبخر بعضها واستهلاك بعضها بواسطة الكائنات الحية ومنها الانسان. ونجاح هذه الدراسات يرجع الى التعاون الدولى فى مجال الدراسات العلمية.

واكب هذا البرنامج الدولى برنامج لدراسات مستفيضة، أشرفت عليها اللجنة العلمية الدولية لشئون البيئة التابعة للمجلس الدولى للاتحادات العلمية، قصدت الى تتبع دورات العناصر فى اطار التفاعلات الجيوكيميائية والبيوكيميائية، أى دورة العناصر فى اطار التبادلات الحيوية بين التربة والكائنات الحية. وقد فصلت هذه الدراسات دورات الكربون والنتروجين والفوسفور والكبريت، ثم عادت وتناولت دورات العناصر فى جملتها بحيث اقتربت من فكرة «**علم البيئة الكلية**» ، **أى العلم الذى يدرس المحيط الحيوى كوحدة متفاعلة المكونات أو كنظام بيئى كلى.**

ثم جاء العالم البريطانى لفلوك وخرج على العالم بفكرة مستحدثة هى «**نظرية الجاية**». والجاية فى الاصل اسم «الهة الأرض» عند الإغريق، وتقول النظرية بأن كوكب الارض نظام حى، وأن لهذا النظام قدرة على التحكم والتغيير فى احوال البيئة. وتستطرد النظرية لتقول بأن التغيرات البيئية التى حدثت على مدى تاريخ الحياة على سطح الكرة الارضية (منذ اكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة) كانت من اثر الحياة ذاتها، والنشاط الحيوى للكائنات الحية، ومثال ذلك التغيرات التى حدثت فى البناء الكيميائى للهواء الجوى مثل تقليل نسبة ثانى اكسيد الكربون وبناء مكون الاكسجين فى الهواء الجوى.

ونشر لفلوك ومؤيدوه مجلدات عدة فى الشرح التفصيلى للنظرية، ولكن علماء آخرين تحفظوا على بعض آرائه التى قد يفهم منها ان التغيرات التى طرأت على البيئة تتسم بالقصد والغاية، وهى أمور تتصل بتعليل المشاهدات. ولكن تبقى للنظرية فكرة النظرة الكلية للمحيط الحيوى (الجزء من الكرة الارضية الذى يحتضن الحياة) وأن سلوكه البيئى يجعل منه نظام كلى موحد.

الخلاصـــة

١ – يعيش الانسان فى اطار نظم بيئية قد تتباين فى مظهرها وفى مكوناتها، بعضها فطرى يستروح الانسان بزيارته (المناطق الطبيعية المحمية– مناطق البيئة الفطرية فى السواحل ومناطق الجبال)، وبعضها يستغل الانسان نواتجه المباشرة دون الكثير من التدخل، وبعضها يستغل الانسان طاقته الانتاجية بعد تطويره وتغيير بعض عناصره، وبعضها من بناء الانسان وصنعه. وادارة العلاقة بين الانسان (الجماعة البشرية) وهذه النظم تستلزم مراعاة التفاعلات البيئية فى اطار النظام البيئى والاستجابات البيئية لعناصره ومكوناته.

٢ – تعيش الكائنات الحية– بما فيها الانسان – فى الحيز البيئى الذى يحيط بها. هذا الحيز يمثل خزانة الموارد ومستلق النفايات. النبات يمتص من الارض موارد الغذاء من الماء والمواد الذائبة فيه ويلقى الى الارض نفايات حياته من الاوراق الساقطة والجذور الميتة، ويأخذ من الهواء مواد غذائه من ثانى اكسيد الكربون ويخرج الى الهواء مخلفات عمليات البناء الضوئى والتنفس والنتح. وكذلك يفعل الحيوان والانسان. وعلاقة الحياة الفطرية بالبيئة فى توازن طبيعى، ولو حدث خلل فللنظام الفطرى طاقة العودة الى حالة التوازن. أما تدخلات الانسان فتحتاج الى ترشيد وتصويب يحفظ على النظام البيئى توازنه وصحته.

٣ – على الانسان مسئولية اخلاقية تلزمه بأن يراعى التنمية المتواصلة لموارد النظم البيئية، أى أن يلتزم بأن يحصل على حاجاته الاساسية دون أن يخل بقدرة النظم البيئية على

مواصلة العطاء لمقابلة الحاجات الاساسية للاجيال التالية. إن الصيد والقنص الجائر والرعى الجائر والفلاحة التى لا تحفظ على الارض خصوبتها لا توافق مع قواعد التنمية المتواصلة ومصالح الاولاد والاحفاد.

٤ – النظام البيئى اطار متكامل تتوافق فى اطاره تفاعلات متعددة، والحفاظ على صحة النظام يقتضى ادارته ككل، وأن لا تقتصر عمليات الإصحاح والتطوير على عناصر من النظام دون العناصر جميعا.

٥ – تستهدف حسن ادارة النظم البيئية صون قدرتها على العطاء (التنمية المتواصلة) والمحافظة على صحة النظام البيئى (مكافحة التلوث). ويكون ذلك بالتكامل بين ثلاثة أمور:

أ) الوسائل التكنولوجية، أى اختيار التكنولوجيات التى تزيد من كفاءة استخدام المواد والطاقة، والتى يقل ما تفرزه من ملوثات تتضرر منها البيئة، والتى تتيح المجال لإعادة تدوير المخلفات.

ب) الوسائل التشريعية والادارية التى تمنع استخدامات معينة او مواد معينة فيها إضرار بالبيئة، أو التى تفرض ضرائب بقصد تقليل الاستهلاك الى ما لا يضر بالبيئة.

جـ) المساهمة الجماهيرية الايجابية فى تنفيذ برامج صون البيئة وترشيد استخدامات الموارد والالتزام بمتطلبات التشريعات البيئية والشعور بالمسئوليات الاخلاقية المتصلة بالمحافظة على البيئة وصحتها، وهنا يبرز دور الإعلام والثقافة الجماهيرية ودور المنظمات الاهلية والتنظيمات الشعبية فى برامج التدريب والتأهيل (المعرفة والمهارة) وبرامج التثقيف والتوعية (الادراك والاستجابة).