

طبعة  
ملونة

# تلوث التربة

د. مجید عبد

الدكتور فاضل احمد شهاب



## المحتويات

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | توطئة   |     |
| 4  | الفصل الأول   |     |
| 4  | المقدمة   |     |
| 4  | 1-1- نظرة عامة  | .1  |
| 6  | 2- التلوث؛ حقائق، أسباب وظواهر                                | .2  |
| 8  | 3- استعراض منهج الكتاب  | .3  |
| 11 | الفصل الثاني  |     |
| 11 | مقومات الأنظمة البيئية للأرض                                  |     |
| 11 | 1-2- مقدمة  | .4  |
| 11 | 2- الأنظمة البيئية  | .5  |
| 13 | 3- المقومات البيئية للكوكب الأرض والتلوث                      | .2  |
| 14 | 4- القشرة الأرضية أو المحيط الصخري                            | .2  |
| 16 | 2-3-2- <b>المحيط المائي</b> :hydrosphere                      | .8  |
| 18 | 3-3-2- <b>المحيط الهوائي</b> The atmosphere                   | .9  |
| 19 | 4-2- الطاقة وتحولاتها   | .10 |
| 19 | 1-4-2- أشكال الطاقة على الأرض :                               | .11 |
| 20 | 2-4-2- الطاقة الشمسية   | .16 |
| 21 | 3-4-2- تحولات الطاقة :  | .17 |
| 23 | 5-18.2- التركيب الضوئي والتنفس واستخدام الطاقة                |     |
| 25 | الفصل الثالث  |     |
| 25 | الغلاف الحيوي وتكون التربة                                    |     |
| 25 | 1-3- 1- الغلاف الحيوي والغلاف المسامي                         | .9  |
| 26 | 2-20.3- الظواهر الطبيعية وانسياب الطاقة وتكون التربة:         |     |
| 29 | 3-3- عوامل تكوين وتطور التربة                                 | .21 |
| 30 | 1-3-3- <b>المواد الأم</b>                                     | .1  |
| 30 | 2-3-3- <b>المناخ</b>  | .2  |
| 31 | 3-3-3- الطبوغرافية  | .3  |
| 32 | 4-3-3- العوامل الحيوية  | .4  |
| 33 | 5-3-3- الزمن وتطور التربة                                     | .6  |
| 36 | 4-22.3- الإخلال في حالة اتزان التربة والأثار البيئية المترتبة |     |
| 41 | الفصل الرابع  |     |
| 41 | الأحياء وانسياب الطاقة في المحيط الحيوي                       |     |
| 41 | 1-4- الكائنات الحية وانسياب الطاقة                            | .23 |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 42  | <b>1-1-24.4</b>                               | المستويات الغذائية وانسياب الطاقة   |
| 45  | <b>2-4</b>                                    | .25 سلاسل وشبكات الغذاء   |
| 47  | <b>3-26.4</b>                                 | .26 مصدر الغذاء للسلال الغذائية وتقسيم الأحياء                                |
| 51  |   | الفصل الخامس  |
| 51  |   | أحياء التربة ودورها في النظام البيئي  |
| 51  | <b>1-5</b>                                    | .27 مقدمة   |
| 51  | <b>2-5</b>                                    | .28 النظام البيئي وأحياء التربة   |
| 52  | <b>3-5</b>                                    | .29 المنتجون الأساسيون والتربة  |
| 53  | <b>4-30.5</b>                                 | .30 المستهلكون والمحلون وأحياء التربة   |
| 57  | <b>5-5</b>                                    | .31 أحياء التربة الدقيقة ك محلات  |
| 57  | <b>1-5-5</b>                                  | .7 بعض مميزات الأحياء الدقيقة   |
| 58  | <b>2-5-5</b>                                  | .8 تقسيم الأحياء الدقيقة  |
| 58  |   | أ- البدائيات الدنيا .9  |
| 60  | <b>بـ-الطيريات- محلات الكائن الفعالة</b>      | .32   |
| 63  | <b>2-10.5</b>                                 | .33 التوزيع العمودي للأحياء الدقيقة في التربة                                 |
| 64  | <b>5-6</b>                                    | .34 حيوانات التربة  |
| 65  | <b>1-6-5</b>                                  | .11 النيماتودا - مستهلكات متطفلة  |
| 66  | <b>2-6-5</b>                                  | .12 ديدان الأرض   |
| 68  | <b>4-6-5</b>                                  | .13 المفصليات المستهلكة ولمحلاته  |
| 68  | <b>أ- الكوليليمبولا</b> (ذات القضيب الفرائي ) | .14   |
| 70  | <b>د- اليرقات البيضاء - مستهلكات الجذور</b>   | .33   |
| 72  | <b>7-34.5</b>                                 | .35 العلاقات القائمة بين الأحياء الدقيقة وحيوانات التربة وتحلل المادة العضوية |
| 73  | <b>5-8</b>                                    | .36 دور العناصر الغذائية  |
| 75  | <b>9-36.5</b>                                 | .37 ظروف التربة وحالات التدهور في دور العناصر                                 |
| 78  | <b>10-37.5</b>                                | .38 انتقال العناصر بين الأوساط والآثار البيئية                                |
| 80  |   | الفصل السادس  |
| 80  |   | مراحل تطور النشاط الإنساني ومظاهر تدهور البيئة والتربة                        |
| 80  | <b>1-6</b>                                    | .39 مقدمة   |
| 80  | <b>2-39.6</b>                                 | .40 مرحلة التطوير من الصيد وحتى الزراعة                                       |
| 81  | <b>3-40.6</b>                                 | .41 مرحلة الزراعة وتدهور النظام البيئي والتربة                                |
| 83  | <b>4-41.6</b>                                 | .42 مرحلة الصناعة   |
| 85  | <b>5-42.6</b>                                 | .43 الانفجار السكاني وتوسيع المدن وتأثيره على البيئة والتربة                  |
| 90  |   | الفصل السابع  |
| 90  |   | التلوث البيئي وتلوث التربة  |
| 90  | <b>1-7</b>                                    | .44 مقدمة   |
| 91  | <b>2-7</b>                                    | .45 التلوث ماهيته وتعريفه   |
| 95  | <b>3-7</b>                                    | .46 تصنيف الملوثات:   |
| 96  | <b>4-46.7</b>                                 | .47 الظواهر الطبيعية وعوامل انتقال الملوثات وانتشارها                         |
| 97  | <b>5-47.7</b>                                 | .48 أنواع النشاط الإنساني وتصنيف تلوث التربة                                  |
| 100 |   | الفصل الثامن  |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 100 | الغلاف الجوي وتلوث الهواء                               |     |
| 100 | <b>1-8</b> الغلاف الجوي                                 | .48 |
| 102 | <b>2-8</b> تركيب الهواء                                 | .49 |
| 103 | <b>3-8</b> ملوثات الهواء وتصنيفها                       | .50 |
| 103 | 1- ملوثات ذات المنشأ الطبيعي                            | .51 |
| 104 | 52.2- ملوثات الهواء ذات المنشأ الصناعي والمدنى          |     |
| 106 | <b>4-8</b> مصادر الانبعاث                               | .53 |
| 109 | <b>5-8</b> الضباب الأسود ( الكيموضوئي )                 | .54 |
| 111 | 6-8 أول اوكسيد الكربون                                  | .55 |
| 112 | 7-8 اكاسيد التتروجين                                    | .56 |
| 113 | 8-8 الهيدروكربيونات                                     | .57 |
| 114 | <b>9-8 اكاسيد الكبريت ( Sulfur Oxides )</b>             | .58 |
| 115 | 10-8 ملوثات هوائية خطيرة                                | .59 |
| 115 | <b>11-8 الدفائقيات</b>                                  | .60 |
| 116 | 1-11-61.8- تصنیف الدفائقیات على أساس الحجم:             |     |
| 117 | 2-11-8- تأثير الدفائقیات                                | .62 |
| 119 | <b>12-8 الرصاص</b>                                      | .63 |
| 121 | <b>13-8 الربيق</b>                                      | .64 |
| 121 | <b>14-8 الفلور</b>                                      | .65 |
| 123 | الفصل التاسع  |     |
| 123 | تلوث الهواء وأثاره على الطواهر المناخية للأرض والتربة   |     |
| 123 | مقدمة   | .66 |
| 123 | 1-67.9- الآثار الناجمة عن ظاهرة الانقلاب الحراري        |     |
| 124 | 2-68.9- الآثار الناجمة عن تراكم ثاني اوكسيد الكربون     |     |
| 126 | 3-69.9- الآثار الناجمة عن نقص الأوزون في الغلاف الجوي   |     |
| 130 | الفصل العاشر  |     |
| 130 | تقنيات السيطرة على ملوثات الهواء                        |     |
| 130 | <b>1-10 طرق فصل الملوثات</b>                            | .70 |
| 133 | 2-71.10- التحكم في اكاسيد الكبريت والتنروجين            |     |
| 134 | 3-72.10- تحويل الملوثات إلى مركيبات غير سامة            |     |
| 135 | 4-73.10- تغير أنواع الوقود بمصادر قليلة التلوث          |     |
| 135 | 5-74.10- الإجراءات الوقائية التي تحافظ على نظافة الهواء |     |
| 138 | الفصل الحادي عشر  |     |
| 138 | التلوث بالمواد المشعة                                   |     |
| 138 | <b>1-11 مقدمة</b>                                       | .75 |
| 139 | 2-11 المواد ذات النشاط الإشعاعي                         | .76 |
| 140 | 3-11 أنواع الإشعاعات الذرية                             | .77 |
| 140 | α- أشعة ألفا 1-3-11                                     | .15 |

|     |   |      |
|-----|---|------|
| 141 | <b>أشعة بيتا <math>\beta</math></b>                       | .16  |
| 141 | <b>أشعة كاما <math>\phi</math></b>                        | .17  |
| 141 | 4-3-11 النيوترونات  | .18  |
| 142 | 4-11 مصادر التلوث بالمواد المشعة                          | .78  |
| 142 | <b>1-4-11 المصادر الطبيعية</b>                            | .79  |
| 143 | <b>2-4-11 المصادر الصناعية</b>                            | .80  |
| 147 | 5-81.11 الآثار الحيوية الناجمة عن التلوث بالمواد المشعة   |      |
| 149 | 6-82.11 مراحل وطبيعة تأثير الإشعاعات على جسم الكائن الحي  |      |
| 152 | الفصل الثاني عشر  |      |
| 152 | تلوث الماء والتربة  |      |
| 152 | <b>1-12 مقدمة</b>   | .83  |
| 153 | 2-11 دورة الماء في الطبيعة                                | .84  |
| 153 | <b>3-12 أهمية الماء</b>                                   | .85  |
| 154 | <b>4-12 الموارد المائية في الوطن العربي</b>               | .86  |
| 155 | 5-12 استعمالات الماء وتلوثه                               | .87  |
| 156 | <b>6-12 تلوث الماء</b>                                    | .88  |
| 158 | 7-12 مصادر وملوثات المياه                                 | .89  |
| 158 | <b>1-7-12 مصادر طبيعية</b>                                | .19  |
| 159 | 2-7-20.12 مصادر النشاط الإنساني المختلفة                  |      |
| 162 | 2. مخلفات عضوية صناعية                                    | .90  |
| 165 | 8-91.12 مصادر التلوث الصناعي للمياه في العراق             |      |
| 169 | <b>9-12 المياه الجوفية وتلوثها</b>                        | .92  |
| 172 | 10-93.12 تأثير تلوث المياه على البيئة الزراعية            |      |
| 172 | <b>1-10-94.12 تأثير تلوث المياه بالملوحة على النباتات</b> |      |
| 173 | <b>2-10-12 التأثير الملحي على التربة</b>                  | .95  |
| 173 | 10-21.12 تأثير الملوثات الصناعية في تدهور التربة الزراعية |      |
| 175 | الفصل الثالث عشر  |      |
| 175 | حماية وتنقية المياه من الملوثات                           |      |
| 175 | <b>1-13 مقدمة</b>   | .96  |
| 176 | 2-97.13 تأمين الماء النقي الحالي من التلوث المصر          |      |
| 176 | <b>1-2-13 تصفية ومعالجة المياه</b>                        | .22  |
| 178 | <b>1-2-2 إزالة الملوحة</b>                                | .23  |
| 180 | 3-98.13 الإجراءات الوقائية لحماية المياه من التلوث        |      |
| 182 | 4-99.13 معالجة مياه المجاري او المياه الثقيلة             |      |
| 188 | الفصل الرابع عشر  |      |
| 188 | تلوث التربة بالمخلفات الصلبة                              |      |
| 188 | <b>1-14 مقدمة</b>   | .100 |

|     |  |
|-----|--|
| 191 | <b>2-101.14 مصادر وتأثيرات المخلفات الصلبة</b>           |
| 194 | <b>3-102.14 مكونات المخلفات البلدية الصلبة</b>           |
| 196 | <b>4-103.14 طرق تقدير الكميات المتولدة من المخلفات</b>   |
| 196 | <b>.104 4-1-4-14 الطريقة الوزنية</b>                     |
| 197 | <b>2-4-24.14 طريقة كمية المواد الداخلة والخارجية</b>     |
| 197 | <b>5-105.14 خواص النفايات او المخلفات الصلبة</b>         |
| 197 | <b>1-5-14 الكثافة .25</b>                                |
| 198 | <b>2-5-14 المحتوى الرطوبى .26</b>                        |
| 198 | <b>3-5-14 المكونات الفيزيائية .27</b>                    |
| 198 | <b>4-5-14 المكونات الكيميائية .106</b>                   |
| 199 | <b>6-107.14 معالجة وتحويل النفايات والمخلفات الصلبة</b>  |
| 199 | <b>1: تقليص الحجم .28</b>                                |
| 200 | <b>2-6-14 التحلل والتدبّل .29</b>                        |
| 200 | <b>3-6-14 الحرق الآلي .30</b>                            |
| 200 | <b>7-14 طرق صرف النفايات الصلبة .108</b>                 |
| 201 | <b>1-7-31.14 طريقة قذف الفضلات في الاراء</b>             |
| 201 | <b>2-7-14 طرق القذف في البحر .32</b>                     |
| 201 | <b>5-7-14 الرزم المضغوط .33</b>                          |
| 202 | <b>4-7-34.14 طريقة التقطيع والنشر في الاراء</b>          |
| 202 | <b>5-7-14 طريقة الدفن في حفر صحية .35</b>                |
| 208 | <b>الفصل الخامس عشر</b>                                  |
| 208 | <b>تلوث التربة بالمبيدات والمواد الكيميائية</b>          |
| 209 | <b>العمليات الفيزيائية 109.</b>                          |
| 210 | <b>2- التأثير على بعض الفعاليات الحيوية</b>              |
| 211 | <b>العلاقة التكافلية بين الرايزوبيا والمحصول البقولي</b> |
| 212 | <b>بقاء المبيدات في التربة وعلاقتها بتلوثها .112</b>     |
| 213 | <b>التحلل الحيوي للمبيدات في التربة .113</b>             |
| 228 | <b>المبيدات 114</b>                                      |
| 229 | <b>الفصل السادس عشر</b>                                  |
| 229 | <b>تلوث التربة بالأسمدة الكيميائية والعضوية</b>          |
| 229 | <b>أولاً: الأسمدة الكيميائية 115.</b>                    |
| 230 | <b>الأسمدة المختلطة والأسمدة المركبة:</b>                |
| 230 | <b>117. ثانياً: الأسمدة العضوية</b>                      |
| 231 | <b>118. تلوث التربة بالنترات</b>                         |
| 235 | <b>119. تلوث التربة بالأسمدة الأخرى</b>                  |
| 236 | <b>الفصل السابع عشر</b>                                  |
| 236 | <b>التصرّح والمحافظة على التربة من التصرّح</b>           |
| 236 | <b>120. مقدمة</b>  |
| 237 | <b>121. تصنیف التصرّح</b>                                |

|     |   |      |
|-----|---|------|
| 239 | ثانياً: تصنیف التصحر حسب درجاته                       | .122 |
| 241 | أسباب التصحر  | .123 |
| 241 | أولاً: العوامل الطبيعية                               | .36  |
| 246 | ثانياً: العوامل البشرية                               | .124 |
| 248 | 125. المناطق المتصرحة بسبب تملح التربة                |      |
| 249 | 126. المناطق المتصرحة بسبب الرعي الجائر               |      |
| 250 | 127. المناطق المتصرحة بسبب تعرية التربة               |      |
| 253 | 128. السيطرة على التصحر                               |      |
| 253 | أولاً: تثبيت الكثبان الرملية                          | .37  |
| 254 | 2- المواد النفطية والكيميائية                         | .129 |
| 254 | ثانياً: الزراعة والتشجير                              | .130 |
| 255 | Calligonum SPP  |      |
| 256 | ثالثاً: معالجة ملوحة التربة                           | .131 |
| 257 | رابعاً: تنظيم الرعي                                   | .132 |
| 257 | خامساً: استخدام مصدات الرياح                          | .133 |
| 260 | الفصل الثامن عشر                                      |      |
| 260 | التعرية الريحية وتدور النظم البيئي                    |      |
| 261 | دورة التعرية الريحية                                  | .134 |
| 263 | 135. العوامل البيئية المؤثرة على تعرية التربة بالريح  |      |
| 266 | 136. العوامل الأخرى المؤثرة على التعرية التربة بالريح |      |
| 267 | التلوث الناتج عن التعرية الريحية                      | .137 |
| 267 | حماية التربة من التلوث بالتعرية الريحية               | .138 |
| 271 | 139. مخلفات المحاصيل كغطاء عن سطح التربة              |      |
| 272 | الفصل التاسع عشر                                      |      |
| 272 | التعرية المائية وتدور النظم البيئي                    |      |
| 273 | مراحل التعرية المائية للترابة                         | .140 |
| 274 | المعادلة العامة لمقدرات التربة                        | .141 |
| 276 | أشكال تعرية التربة بواسطة الماء                       | .142 |
| 278 | عوامل النقل   | .143 |
| 279 | الترسيب:  | .144 |
| 279 | تأثيرات الترسيب                                       | .145 |
| 280 | 146. انطماع الخزانات والأنهار وتلؤتها بالترسبات       |      |
| 283 | التعرية المائية أثناء الري                            | .147 |
| 284 | المصادر العربية :                                     |      |
| 289 | المصادر الأجنبية                                      |      |

# **بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ**

## **وطئه**

التلوث ظاهرة عالمية شاملة بدأها الإنسان منذ تاريخ وجوده على الأرض. والبحث فيها معاصر، حيث بدأ العلماء والمعنيون الاهتمام بها بعد أن تفاقمت أسباب التلوث وعمت عواقبه الخطيرة، من كوارث وأفات مرضية أمست تهدد مقومات الحياة الاجتماعية والاقتصادية والحضارية على الأرض. وأدركوا إن ما حصل هو نتاج ما تفرزه الممارسات الإنسانية الخاطئة من آثار مميتة. اليوم كل فعل خطأ قولاً أو أداءً هو مسبب لنوع من التلوث النفسي أو المادي. والتلوث بمفهومه العام الشامل هو كل ما يجعل الحياة الإنسانية وبيتها عكرة غير متزنة من الناحية النفسية والمادية. وعليه فإن جميع فعالياتنا الحياتية لابد من أن يحكمها العقل الوعي المتنبئ بنتائج وأثار هذه الفعاليات. وعلى الإنسان أن يستقرئ النتيجة والأثر الصحيح لفعله بما يتحقق والموازنة الطبيعية التي أودعها الله (سبحانه وتعالى) في خلق هذا الكون العظيم. حيث إن كان الإنسان منفذًا لفعالياته بطريقة ملائمة تتماشى والقوانين التي تحكم الطبيعة، صح بذلك جسده وأدائيه وعمله وصحت البيئة من حوله، وسلمت مقومات الحياة من أذى فعله. ومن هذا المنطلق يجب أن ننظر إلى ظاهرة التلوث نظرة شاملة بالفعل والنتيجة. وكل فعل وراءه سبب ولأسباب دوافع نفسية كثيرة، منطقها الحاجة الذاتية. وتلبية حاجة النفس تتم بفعل مؤداه الأضرار أو النفع بها وبالغير من حولها. ونذكر هنا قول الله تعالى في محكم كتابه؛

(وَنَفْسٌ وَمَا سَوَّاها \* فَإِلَمْمَهَا فِي بُورٍ هَا وَتَقْوَاهَا) (صدق الله العظيم) سورة الشمس آية 7، 8.

ومن هاتين الآيتين الكريمتين، ندرك أن الله سبحانه وتعالى عند خلق النفس البشرية قد وهبها القدرة على التمييز ومنحها حق الاختيار مابين الخطأ و الصواب. وعند انتهاء أجل النفس، خاطب النفس المطمئنة بقوله تعالى (يَا أَيُّهَا النَّفْسُ الْمَطْمَئِنَةُ \* ارْجِعِيهِ إِلَيَّ رَبِّكَ

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

**[https://scholar.google.com/citations?  
user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)**

**[salamalhelali@yahoo.com](mailto:salamalhelali@yahoo.com)**

**<https://www.facebook.com/salam.alhelali>**

**[https://www.facebook.com/groups/  
Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)**

**[https://www.researchgate.net/profile/  
Salam\\_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)**

**07807137614**



راخية مرضية\* (صدق الله العظيم) سورة المعب آية 27، 28)، نفهم أن النفس المطمئنة هي الفائزة عند الله (سبحانه وتعالى) بعملها الإيجابي الذي يتفق مع السنن والقوانين التي تدبر استمرار الحياة على الأرض. وليس النفس الخاطئة الخائفة من آثار عملها السلبي. ومن هنا فإن التلوث حاصل فعل ممارسة خطأ أو عز به العقل الإنساني الذي يعي الفائدة الذاتية المباشرة لسد حاجة أو رغبة، ولكن تنقصه المعلومة عن عواقب و إفرازات هذه الممارسة من أذى عليه كفرد وعلى مكونات بيئته المحيطة. الممارسات الإنسانية عديدة و متنوعة، أغلبها أدائي حركي يلبي متطلبات فرد أو جماعة تجاه متطلبات روح النظام البيئي، إلا وهي استمرار انسياط الطاقة ودورة عناصره في سياق متزن يديم دورة الحياة في الأرض. وبقاء روح النظام البيئي مرهونة بالموازنة بين فعاليات النشاط البشري والفعاليات الطبيعية الجارية فيه. فهناك دوافع فردية وجماعية وراءها أفعال نتائجها مؤذية بالفرد والجماعة وبيئتهم. وإن مجموع هذه النتائج بأشكالها المؤذية نسميتها التلوث. حيث تتعدد أشكاله ومستوياته، فمنه ما له آثار اجتماعية نفسية وصحية واقتصادية ومادية على مستوى الفرد والجماعة، أو مجتمع حيوي في بيئه زراعية أو صناعية أو مدنية، وقد تتدنى آثاره البيئية عبر الماء والهواء والتربة و الغذاء إلى الأحياء وأجيالها المستقبلية بما فيها الإنسان نفسه.

ومن هنا فالالتلوث بمفهومه الشامل هو تعكير صفوـة الحياة وبيئتها. والالتلوث يبدأ بداعٍ نفسي مؤذـاه مادي لسد حاجة بشرية، يسري فعلـه في مكونات البيئة بأشكال ومسالك مختلفة وكثيرة، وينتهي في آثار نفسية و مادية ذات أوجه عديدة ومتعددة. وفي كتابنا هذا نركز على المفاهيم المادية للتلوث فيما يخص البيئة بشكل عام و التربة بشكل خاص. وتلوث التربة هو جزء من تعكـير صـفوـة النـظـامـ الـبيـئـيـ مـهـدـ الـحـيـاةـ عـلـىـ الـأـرـضـ. حيث التـرـبـةـ هـيـ قـاعـدـةـ النـظـامـ الـبيـئـيـ، وـ وـسـطـ نـمـوـ النـبـاتـ مـصـدـرـ غـذـائـنـاـ الـأسـاسـ وـ الـأـحـيـاءـ الـتيـ

تعيش معنا. وما يصيب التربة من تلوث جراء أفعالنا الخاطئة، ستنتقل آثاره السلبية منها وألينا عبر الغذاء والماء والهواء.

اليوم ما نشاهد في بيئتنا، في الريف والمدينة و في كل زاوية ومرافق، في الأرض والنهر، في الأزقة و الشوارع وفي الهواء والماء و التربة، من انتشار واسع لمظاهر التلوث وبأشكاله المختلفة. هذه المظاهر التي نشاهدتها كثيراً ما تشوّه منظر الحياة وتبعث في النفس الأسى، ولكن المخاطر التي تكمن وراءها لفتكـة. وليس لدينا إختيار إلا أن ننبه عن مخاطرها ونعمل على مواجهتها. والقياس الحضاري اليوم، للدول والشعوب يقوم على مدى اهتمامها ببيئتها وحرصها على مقومات الحياة فيها ومقاومة كل أسباب تلوثها، بدءاً بالتلوث النفسي للفرد الذي يشكل حجر الزاوية في بناء المجتمع الإنساني المتحضر والمسؤول الأول عن كل ما يحدث في البيئة، حيث أنه النافع المضر في بيئته، والمسبب المستلزم لنتائج فعله. فإذا صـحـ الفـردـ صـحـ مجـتمـعـهـ وـبيـئـتـهـ. ومن هـنـاـ فالـاهـتمـامـ بالـفردـ وـمنـهاـجـ تـرـبـيـتـهـ وـتـعـلـيمـهـ هوـ عـلـىـ رـأـسـ أـوـلـ الـأـوـلـيـاتـ فـيـ مـواـجـهـةـ جـمـيعـ أـسـبـابـ وـأـشـكـالـ التـلـوـثـ فـيـ الـمـجـتمـعـاتـ الـمـتـحـضـرـةـ. وماـ عـلـىـنـاـ نـحـنـ إـلاـ الـاهـتمـامـ بـالـفـردـ وـالـأـجيـالـ لـضـمـانـ حـاضـرـ وـمـسـتـقـبـلـ وـجـوـدـنـاـ كـمـجـتمـعـ مـتـحـضـرـ يـعـيـشـ سـعـيـداـ بـصـحـتـهـ وـبـنـيـتـهـ، وـيـتـمـتـعـ بـمـاـ وـهـبـهـ اللهـ (سبـانـهـ وـتـعـالـىـ)ـ مـنـ نـعـمـةـ خـيـرـ وـجـمـالـ وـتـكـامـلـ فـيـ الطـبـيـعـةـ مـنـ حـولـهـ.

## المؤلفان

## الفصل الأول

### المقدمة

#### ١-١- نظرة عامة

أضحت مألوفاً لنا، ومنذ منتصف القرن الماضي، وبعد أن سمحت لنا تكنولوجيا الأقمار الصناعية، أن نشاهد كوكب الأرض من الفضاء الخارجي. هذا المشهد لم يبين لنا معالم الحضارة الإنسانية و صروحها، بل يظهر لنا كرة صغيرة سابحة في هذا الكون غير منتهية أطراقه، مغطاة بتشكيلة رقيقة من الغيوم والمحيطات والخضرة والتربة. وقد تنبه العلماء من حينه إلى حقيقة؛ إن عدم مواعنة البشرية بين أفعالها و القوانين التي تحكم هذه المكونات الرقيقة، ستؤدي إلى تغيير أنظمة الكوكب بشكل جذري وإلى الأبد، وأن هذا التغيير سيرافقه كوارث تهدد الحياة على كوكب الأرض بالخطر، وهذا ما حدث وسيحدث. حيث إن الممارسات التي حدثت في النصف الثاني من القرن الماضي وال الحالي والتي هي نتاج الثورة التكنولوجية، قد أدت إلى الإخلال بالموازين الدقيقة للبنية الطبيعية للكرة الأرضية. كما رافق ذلك الخلل العديد من الكوارث التي قد يمتد أثارها إلى وقت بعيد يهدد بقائنا ذاته. وما كارثة "تسونامي" الأخيرة، التي طالت آثارها العديد من سواحل مدن دول جنوب آسيا و شرق أفريقيا إلا واحدة من نتائج رد فعل الأرض على الممارسات الخطأة والمميتة لتقنيات تجارب التفجيرات النووية (واحدة من تقنيات العصر) المجرأة تحت سطح الأرض وفي أعماق المحيطات.

مما لا شك فيه أن الثورة التكنولوجية أسهمت وبشكل جلي في أحداث نقلة نوعية بالمستوى المادي للمجتمع الإنساني، من خلال أغذاء حصيلته من المعرفة العلمية والتقنية التي مكنته من استثمار و استنزاف الموارد الطبيعية. إلى جانب ذلك مكتسبات التطور العلمي والتقني دعمت وسائل العناية بصحة الإنسان والمجتمع، والتي انعكست بشكل ايجابي في التزايد العددي لسكان الأرض. وأن هذا التزايد هو نتاج؛ انخفاض معدلات الوفيات وزيادة في طول أعمار الناس، وزيادة في الإنتاج العالمي من الغذاء، وتوفير

وسائل الترفيه والإعمار والنقل، ووسائل الحضارة المدنية الأخرى. ولكن العمليات التي أدت إلى هذه المكتسبات الحضارية هي نفسها قد أدت في الجانب الآخر، إلى الاتجاهات التي لا يمكن لهذا الكوكب تحملها فترة طويلة. كما أن الفجوة الكبيرة مابين ما قدمته التقنيات الحديثة من تنمية و الانفجار السكاني، أسفر عنها تزايد في عدد الناس الجائعين في العالم، و عدد الذين لا يقرؤون ويكتبون، وعدد المحروميين من الماء النقي والمسكن الصالح، وحتى الذين يفتقرن إلى وقود الطبخ والتدفئة هم في حالة من التزايد المضطرب. إضافة إلى أن المنكوبين بفعل الكوارث وما يتبع هذه الكوارث من آثار سيئة عديدة وبعيدة الأمد على النظام البيئي للأرض برمته. كما وهناك اتجاهات وممارسات بيئية تهدد بالخطر حياة العديد من أجناس الكائنات الحية التي تقطن كوكبنا ومنها الجنس البشري. فهناك سنوياً مساحات شاسعة من أراضي المناطق الجافة المنتجة زراعياً تتحول إلى صحراء لا قيمة لها ومصدراً للتلوث بالغبار. كما إن مقابل ذلك هناك مساحات كبيرة من الغابات تحول سنوياً إلى أراضي زراعية من الدرجة الدنيا عاجزة عن تأمين حتى قوت فلاديها. في أوروبا والعديد من بلدان المناطق المعتدلة، هناك الأمطار الحامضية تقتل الحياة في الغابات والبحيرات، وتحمض مساحات كبيرة من الترب وبشكل غير قابل للإصلاح، وتدمي التراث المعماري للحضارة الإنسانية. كما أن هناك ظاهرة تزايد نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي أثر استخدام الوقود الأحفوري، مما تسبب عنه ما يسمى بظاهرة "الاحتباس الحراري" أو "تأثير البيت الزجاجي". وكما هو معروف لدى العلماء، قد أدت هذه الظاهرة بدورها إلى تزايد معدل درجة حرارة الغلاف الجوي بصورة عامة في العالم. وهذا تبعه زيادة في فترة الجفاف وقلة الأمطار وتحول مساحات إضافية من الأراضي الزراعية إلى أراضي قاحلة. في الجانب الآخر من المشكلة ما يحدث في القطب الشمالي من ذوبان للثلوج، فقد أدت هذه الظاهرة إلى ارتفاع مستوى البحر وتعدق وتملح الأراضي الزراعية في كثير من البلدان وغرق المدن عند المناطق الساحلية. كل هذا أحدث وسيحدث المزيد من الاضطرابات في الاقتصاديات القومية

للعالم. إلى جانب هذا هناك ظاهرة استنزاف غاز الأوزون وما ينطوي عليه من مخاطر في زيادة معدل إصابة الإنسان و الحيوانات بالسرطان. إضافة إلى ما تطرحه الزراعة و الصناعة من مواد سامة في مكونات الدورة الغذائية للإنسان وفي طبقات المياه الجوفية إلى الحد الذي يتجاوز إمكانيات أنظمة التطهير الطبيعية. جميع هذه الظواهر وغيرها التي أفرزتها ظاهرة التلوث تقودنا إلى البحث من أجل الوقوف على بعض الحقائق التي تتعلق بهذه الظاهرة.

## 2. 1-2- التلوث؛ حقائق،أسباب وظواهر

يمكن القول أن حقيقة مشكلة التلوث تتعلق من الترابط الشمولي لمكونات النظام البيئي في كوكب الأرض. و"التلوث"، من خلال هذا الترابط، يعد تهديداً للنظام البيئي برمته. وهذا التهديد ينحدر من عمق الترابط الفيزيائي و الكيميائي والحيوي بين مكونات النظام البيئي من هواء وماء وتربة وما بها من أحياe. أي أنه لا يمكن عزل أي مكون من مكونات هذه الأوساط الثلاثة ومكونات ما فيها من أحياe عن مكونات الوسط الآخر." الكل مرتبط بدورة الحياة الطبيعية، فما يصيب مكونات الهواء من تدهور سيصيب مكونات الماء والتربة وما يعيش بها من أحياe سواء نباتية أو حيوانية أو أحياe دقيقة. وعليه فان خطة عرض موضوع التلوث يمكن أن تعتمد المنهجية التالية:

1- حقيقة التلوث؛ تتعلق من كونها عملية تعكير صفة أو أخلال في الاتزان القائم

بين مكونات النظام البيئي الذي به تكونت واستقامت مظاهر الحياة وبيئتها على سطح كوكب الأرض.

2- أهمية دراسته؛ قائمة على أهمية معرفة حقيقة أسباب هذا التعكير أو الخلل

للحماولة في وضع الحلول المناسبة للتقليل من تفاقم مسبباته التي تهدد بقاء الحياة ومظاهرها على الأرض.

- 3- منطق أسبابه المنظورة؛ عدم المواهمة بين الانفجار السكاني الناتج عن ما حققه الثورة العلمية والتكنولوجية من وفرة غذاء وعناية صحيحة ورفاه اجتماعي لنسبة عالية من سكان الأرض، مقابل التسارع في استنزاف موارد الطبيعة وعدم العناية بما أفرزته وتقرزه هذه الممارسات من آثار خطيرة في أحضان بيئتنا الأم، وخاصة خلال النصف الثاني من القرن الماضي.
- 4- مظاهره وأشكاله؛ متعددة، استنزاف للموارد الطبيعية من مياه وترابة ومعادن وأحياء وتدور في نوعيتها وتنقص في التنوع الإحيائي ، وضعف في قدرة الطبيعة على التجدد الذاتي.
- 5- نتائجه و إفرازا ته؛ انتشار آفات وأوبئة وأمراض، وكوارث وتفاقم الفقر والجوع وهجرة تلاها مشكلات اجتماعية و فوارق طبقية، زادت من تصاعد نزعة العنف والابتزاز ، والميل نحو الحروب لحل النزاعات الدولية.
- 6- علاجه؛ العمل على تحديد أسباب التلوث و التعرف على مظاهره وأشكاله، الظواهر الناتجة عنه، والوقوف على حقائق إفرازاته البيئية ومخاطرها الصحية، من أجل العمل على صيانة وإدامة مقومات الحياة وضمان استمرارها وبقائها على سطح كوكبنا الأرض.
- 7- مواجهته؛ حث وإعلام الأفراد و الجماعات والجهات والمنظمات الرسمية و غير الرسمية المعنية للقيام بدورها في الإسهام بشكل فعال من أجل نشر الوعي على مستوى الأفراد والجماعات و تعريفهم بمخاطر ممارساتنا الحالية لأدراك المشكلات المتعلقة بأسباب هذا التلوث على مستوى عائلة وهي و منطقة ومدينة بلد و كوكب.
- مجتمعنا و بلادنا جزء من هذه المنظومة الكونية المعنية بهذه الآفة المعاصرة التي تسمى التلوث البيئي. و يبرز من هذه الحقائق، أنه لدينا الكثير من مظاهر هذا التلوث في بلادنا، منها الظاهري الذي نشاهده بأم أعيننا في المدن والقرى والأرياف في الأزقة

والشوارع وعلى جوانب الطرق وفي الحقول، على شكل غبار في الهواء ومجاري مياه آسنة وأكdas أزبال مبعثرة وأراضي متملحة ومتصرحة وغيرها الكثير. وأخرى خفية عن الأنظار من مسببات مرضية حيوية وغير حيوية ومواد مشعة وكيميائية مدمرة وقاتلة. كل هذه ناشئة عن مصادر وممارسات مدنية و زراعية و صناعية أهملت الرقابة والعناية بها من قبل الفرد و المجتمع.

ولابد من العمل و في القريب العاجل من اجل إيجاد حلول و وضع برامج وطنية للقضاء على هذه المظاهر أو التقليل من أثارها المقذزة واللاحضارية والمدمرة للأرض والزرع والحيوان والإنسان.

وهنا لا يسعنا إلا أن نساهم في جهودنا البسيط المتواضع، لتوسيع جيلنا من الطلبة وفي مجال اختصاصهم ومن خلال موضوع "تلويث التربة"، بما لها من تلوث من مخاطر. وإعطاءهم مبادئ و منطلقات أساسية في الكشف عن طبيعة التلوث وتدخلاته، ومعرفة مصادره وماهية أسبابه ونتائج الصارمة على حياتنا حاضراً ومستقبلاً.

وهذا ما يلمسه الطالب و القارئ من خلال ما يشاهده كل يوم من واقع جاري من حوله على الأرض. وما يعيشه الفرد و المجتمع من مخاطر تهدد صحته و تقزز ذوقه و يجعل حياته أكثر ضجراً و صعوبة الحال أكثر تذمراً، وتقلل من سبل عيشه و تقصير في عمره وتكلفه المال و الجهد و الصحة.

3. 1-3-1- استعراض منهج الكتاب بدءاً، لابد من استعراض الحقيقة التكوينية لبيئة كوكب الأرض، وكما نعرفها و عرفناها عن من سبقونا من العلماء والمشتغلين في مجال علم البيئة.

و انطلاقاً من تمازج مكونات الأغلفة الثلاث (الغلاف الجوي و المائي و الصخري) بفعل الطاقة الواردة من الشمس وما أنتج عنها من ظواهر قد أستقر توازنها بدورات أنتجت بوادر نشأة الحياة ومن ثم تطورها وتنوع أشكالها النباتية والحيوانية. إلى جانب هذا التكوين، تطور قاعدة البيئة، ما نسميه بالترسبات في الأوساط المائية، وبالتربة على سطح اليابسة ومن ثم تتنوعها.

وما يهمنا في هذا الجانب و ما يلزمنا به منهاج هذا الكتاب هو التركيز على جانب التربة و ما أصابها أو يصيبها من تلوث. ولكن لا بد من التطرق إلى الجوانب المرتبطة بتلوث الأوساط الأخرى، كون بيئتنا كوكبنا، بما فيها من هواء و ماء و تربة وأحياء، هي وحدة واحدة لا تتجزأ، و انه ليس هناك من حواجز تمنع انتقال العناصر والمواد المكونة أو الملوثة بين هذه الأوساط البيئية المختلفة.

وعليه فقد تطرقنا في الجزء الأول من هذا الكتاب إلى مقومات النظام البيئي للأرض و مفاهيمه، بما يخص الأغلفة الثلاث (الهوائي، المائي و الصخري) و الطاقة و تحولاتها وأشكالها و انسيابها في الغلاف الحيوي ( Biosphere ) و تك \_\_\_\_\_ وين قاعدته التربة ( Soil )، من حيث موقعها و عوامل تكوينها و تطورها، و الآثار البيئية الناتجة عن الإخلال بتوارتها، كونها جزء لا يتجزأ من مكونات هذا النظام و قاعدة لنشاط أحيائه. أحياء التربة تصنيفها و دورها في دورة و انتقال العناصر و انسياب الطاقة كونها جزء من الشبكة الغذائية للوسط البيئي. و التعثير الفيزيائي أو الكيميائي أو الحيوي الذي يصيب نظام التربة، و الآثار السيئة على نشاط هذه الأحياء و دورها في استمرار دورة الحياة، كونها مكون أساس و جزء من النظام البيئي الذي تحكمه قوانين الاتزان المادي لدورات العناصر و المواد المكونة لأوساطه المختلفة. والتطرق إلى التلوث و آثاره الخطيرة على هذه الأحياء و أضعاف دورها في الوسط الذي تعيش فيه و منه يتعداه إلى الإخلال باتزان النظام البيئي برمته.

أما في الجزء الثاني فقد تطرقنا إلى مراحل تطور النشاط الإنساني ومظاهر الحياة المعاصرة والانفجار السكاني والممارسات التي أدت إلى مظاهر تدهور البيئة والتربة وبروز ظاهرة التلوث (Pollution). ثم تطرقنا إلى أسباب ومصادر وأنواع التلوث والملوثات وطرق انتقالها بين الأوساط المختلفة وتلوث التربة، وأشكال ومظاهر تأثيرها وتصنيفها.

أما في الجزء الثالث فقد تم التطرق إلى الملوثات على أساس تصنيفها وفق حالاتها الفيزيائية الثلاث (الغازية والسائلة والصلبة) أو وفق أوساط انتشارها، في ثلاثة فصول. بدءً بملوثات الهواء ومن ثم الماء، والتطرق إلى أنواعها وأسبابها ومصادرها وانتقالها عبر أو مباشرةً من هذه الأوساط أو رميها على التربة بشكل مواد صلبة، وأثارها المباشرة وغير المباشرة على الإنسان والحيوان والنبات وعلى الظواهر المناخية للأرض والتربة وجوانب من طرق معالجتها.

إما في الجزء الأخير من الكتاب فقد تطرقنا إلى المظاهر التي تصيب التربة جراء التلوث ومسبباته وافرازاً لها من إتلاف لخواص التربة الطبيعية وتلوثها فيزيائياً وكيمياياً وحيوياً، من حيث استخدام الأسمدة والمبادات والممارسات الزراعية الخاطئة في الري واستخدام الآلة وما ينتج عنها من تدهور في خواصها الخصوبية والصحية وقدرتها على إسناد النبات، وما يصيبها من تعرية وتملح وتصحر، جراء بعض الأنشطة المدنية والصناعية والممارسات الزراعية الخاطئة.

## **الفصل الثاني**

### **مقومات الأنظمة البيئية للأرض**

#### **4. 1-2- مقدمة**

يمكن تمثيل الأرض بمختبر كيمياء واسع تجري فيه العديد من التفاعلات دون توقف ومجهز بالطاقة الضرورية من الشمس. الكائنات الحية تشتراك بعدد غير محدود من هذه التفاعلات المتبادلة فيما بينها وبين الوسط الفيزيائي الذي يعيش فيه، والذي يدعى بالغلاف الحيوي Biosphere وهو ذلك الجزء من الكره الأرضية الذي تتواجد فيه الحياة، و الذي تعيش فيه النباتات والحيوانات ويشمل كل من الجزء الأسفل من الغلاف الجوي (Atmosphere) وحتى 15كم تقريباً، والغلاف الصخري (lithosphere) و التربة soil و حتى بضع عشرات من الأمتار عن سطح الأرض، وأخيراً الغلاف المائي hydrosphere و حتى أقصى عمق في الشقوق البحرية وحيثما توجد الكائنات الحية منها وحتى غير المعروفة لحد الآن. بشكل إجمالي الغلاف الحيوي Biosphere "غشاءاً" رقيقة سمكها لا يتجاوز الخمسة وعشرون كيلومتراً من سطح الكره الأرضية، مع إن الأرض بمجملها تشكل أضخم نظام بيئي على الإطلاق، إلا إن عدد النظم البيئية المكونة لها كبير جداً والعلاقات بين الكائنات الحية والأوساط التي تعيش فيها معقدة والكل يميل نحو الاتزان المستقر.

#### **5. 2- الأنظمة البيئية**

الأنظمة البيئية هي تجمعات مختلفة من النباتات والحيوانات تشتراك بمتطلباتها تجاه عوامل الوسط وذات أبعاد متغيرة، جميع أفراد النظام البيئي الواحد يجب أن تحصل من الوسط الذي تعيش فيه على غذاء كافي لنموها والمحافظة على حياتها من جهة أخرى الطاقة وجميع المغذيات الضرورية لحياتها تأتي من الوسط الفيزيائي . ويمكن تمثيل النظام البيئي بطريقة مبسطة وفق الصيغة التالية:

**النظام البيئي (Ecosystem)** = **الوسط الفيزيائي (biotope)** + **الأحياء التي تعيش فيه (biosensor)**.

في الحقيقة الوسط الفيزيائي هو الإطار الطبيعي للوسط بجميع مكوناته المناخية والطوبوغرافية والهواء والماء والتربة... الخ. وأحياء الوسط (biosensor) هي مجموعة الكائنات الحية المتأقلمة مع الظروف الطبيعية لهذا الوسط في النظام البيئي.

جميع الكائنات الحية تستمد وتحول وتداول الطاقة ومختلف المواد التي تتجهز بها من الوسط وتعيدها إليه بشكل أو بأخر، والعودة الكاملة إليه حين تموت هذه الكائنات خلال العمليات الفسيولوجية كالتركيب الضوئي، التنفس، الامتصاص، الهضم، الإفراز، الخ. إن الطاقة والعناصر المختلفة المتداولة تكون إما مستهلكة أو مخزونة لبعض الوقت.

التفاعلات المتبادلة بشكل دائم بين النباتات والحيوانات هي جزء لا يتجزأ من النظام البيئي وهي الطرق التي من خلالها تتوزع الطاقة والعناصر المختلفة، وان السلسل الغذائية أو الشبكة الغذائية هي عبارة عن الممرات والمسالك لهذه الطاقة والعناصر المختلفة. الطاقة والمواد (أو العناصر) هي أيضاً تتجمع وتوزع في الجزء غير الحي (abiotic) من النظام البيئي.

الترسبات الجديدة ، التبخّر ، التعرية ، الانجراف والترسيب ومجموعة كبيرة من التفاعلات الكيمياوية تغير وباستمرار كمية الطاقة والمادة الميسرة في داخل النظام ، وهذا فالأنهار الساقطة على التربة الجافة ستغير حتى ولو بشكل مؤقت درجة رطوبتها ، فتيسّر الماء للنباتات وتزيد من قدرته على تثبيت الطاقة .

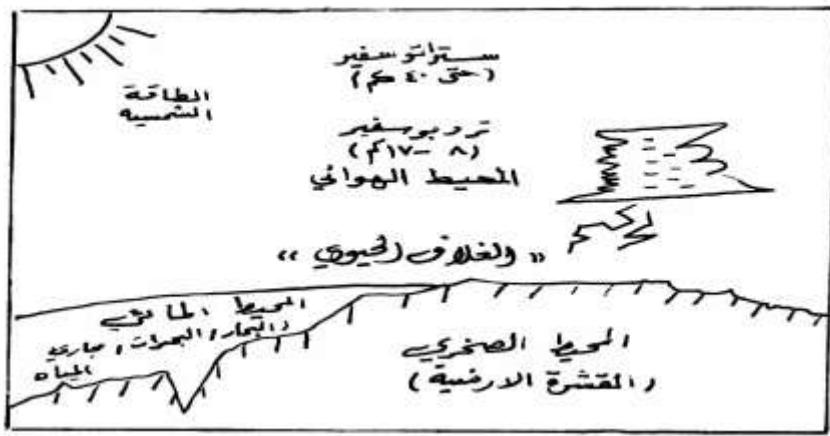
عدد وتنوع الكائنات الحية التي تدخل في تكوين نظام بيئي تؤثر على دورة الطاقة والعناصر فيه، ميكانيكيات التنظيم الواقعة إلى الداخل من هذه الكائنات الحية وإلى الخارج أي في الوسط الفيزيائي الذي تعيش فيه تؤثر بشكل أو بأخر على تبادلات الطاقة والمادة.

حيث إن النمو والإنتاج، الموت والتحلل، الاستيطان والهجرة، هي بعض الأمثلة على ذلك كذلك التأثير على كثافة ووظيفة وسلوكية الجماعات المعايشة في النظام البيئي.

الأنظمة البيئية عادة تكون مفتوحة ومكوناتها متصلة وهذا يعني إن الطاقة والمادة تستنفذ بشكل مستمر تبعا لاستهلاكها من قبل الكائنات الحية وإذا لم يتم تجدها فإن النظام البيئي يموت.

كما وان ترابط عدد كبير من الأنظمة البيئية الصغيرة بما يخص تبادل الطاقة والمادة هو واحد من الدوافع التي تؤدي إلى اعتبار الغلاف الجوي للكرة الأرضية كنظام بيئي واحد وان جميع التحولات التي من الممكن أن تحدث في نظام بيئي معين ممكן أن تتعكس آثارها على الغلاف الجوي بشكل عام، فمثلا إزالة وتحطيم الغابات في موقع من منطقة ما له انعكاسات سلبية على التربة وعلى انسيابية المياه في تلك المنطقة وبالتالي على أحياها، ويمكن أن تؤدي إلى تغيرات شديدة في مناخها وعلى التوازنات الطبيعية القائمة بين المقومات البيئية المختلفة.

6. 3- المقومات البيئية لكوكب الأرض والتلوث  
أن الأسس الدولية لمقومات الحياة على كرتنا الأرضية هي حلقات الاتصال بين مكوناتها الفيزيائية الثلاث والتمثلة بالقشرة الأرضية Lithosphere ، المحيط المائي hydrosphere والغلاف الجوي atmosphere وبتفاعل هذه المقومات الثلاث مع بعضها البعض ضمن توازنات دقيقة محسوبة تكتشف عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) من خلالها وتجدد معها ظاهرة الحياة بأشكالها المختلفة والتمثلة بالنبات والحيوان والأحياء الدقيقة المسماة بالغلاف الحيوي Biosphere (شكل 1-2).



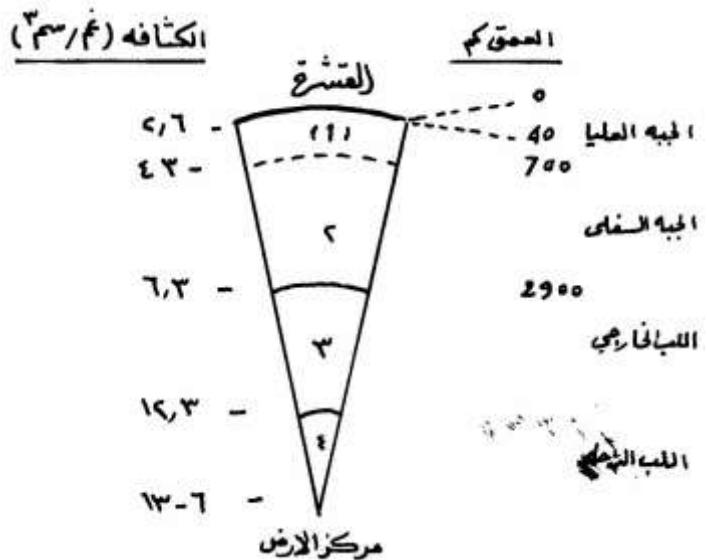
شكل (1-2) : المقومات الأساسية لكوكب الأرض

إن تغير طبيعة المواد الداخلية في تركيب القشرة الأرضية والمحيط المائي والغلاف الهوائي أو زيادة أو نقصان بعض مكوناتها أو التدخل في ظروف التفاعلات الحاصلة بفعل انسياب الطاقة فيما بين هذه المكونات، يطلق عليه مصطلح التلوث pollution والذي يؤدي بدوره إلى تغير التوازنات في المكونات الأولية للهواء والماء والتربة ومواصفاتها الندية (معدل انسيابية الطاقة فيها) بالمفهوم الذي على أساسه نشأت وتطورت أشكال الحياة على الأرض. لذا فإن التلوث بمفهومه الشمولي هو الإخلال بطبيعة وتكوينات هذه المكونات الثلاثة ومعدل انسيابية الطاقة خلالها. وسنبدأ باستعراض طبيعة واهم مكونات هذه المقومات وانسياب الطاقة خلال النظام البيئي ومكوناتها الحيوية.

### 7 . 3-2- القشرة الأرضية أو المحيط الصخري

المادة الصخرية هي أهم مكونات القشرة الأرضية ولا تمثل الرمال أو التربة الهشة إلا سعماً ضئيلاً منها. ولا يختلف تركيب المادة الصخرية السطحية (الجبال، الهضاب والتكوينات الصخرية الأخرى) عن المادة الصخرية والى عمق 40 كم تقريباً ولا تمثل هذه إلا واحد بالمليون من حجم الكلي للأرض، ولكن أهميتها تأتي من كونها منطقة ظهور الحياة على كوكب الأرض.

أما الطبيعة التي تلي القشرة الأرضية فتسمى الجبة العليا upper mantle والتي تمتد من 40 كم إلى عمق 700 كم ، ولتوسيع بقية الطبقات باتجاه مركز الأرض على عمق 6371 كم انظر الشكل (2-2).

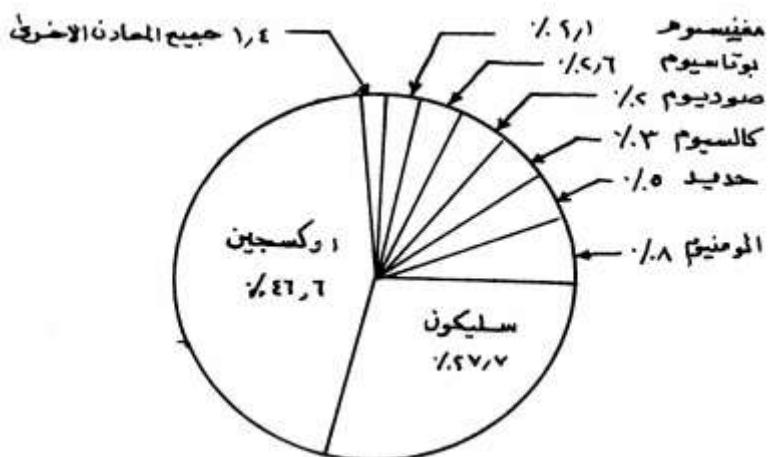


شكل (2-2) : مقطع طولي في جسم الأرض يوضح طبقات الأرض المختلفة من سطح القشرة إلى مركز الأرض

كما وان هناك فعاليات بركانية تؤدي إلى قذف مواد الجبة والتي تكون فيما بعد جزء من القشرة الأرضية ويبين الشكل (3-2) معدل تركيب القشرة الأرضية من العناصر المكونة لها، حيث يظهر منه إن الأوكسجين وحده يمثل حوالي نصف كتلة القشرة الأرضية، وان جزءا منه في الجو (21% من وزن الهواء) والأخر في المحيط المائي (98% من الماء) والجزء الأكبر متعدد بالسليكون وبنسب مختلفة مكونا خامات السيليكات المتعددة.

عنصر السليكون والحديد والألمانيوم تمثل بصورة مجتمعة 40% من كتلة القشرة الأرضية. أما ما يقرب 10% فتشمل عناصر القواعد الأرضية المتمثلة بالكالسيوم

والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم. أما العناصر ذات الاستعمالات الصناعية الشائعة كالنحاس والرصاص والزنك ف تكون نسبها ضئيلة في القشرة الأرضية ولا تمثل الاجزءاً من الـ 1.4% المتبقية مع بقية جميع العناصر الأخرى غير المذكورة أعلاه.

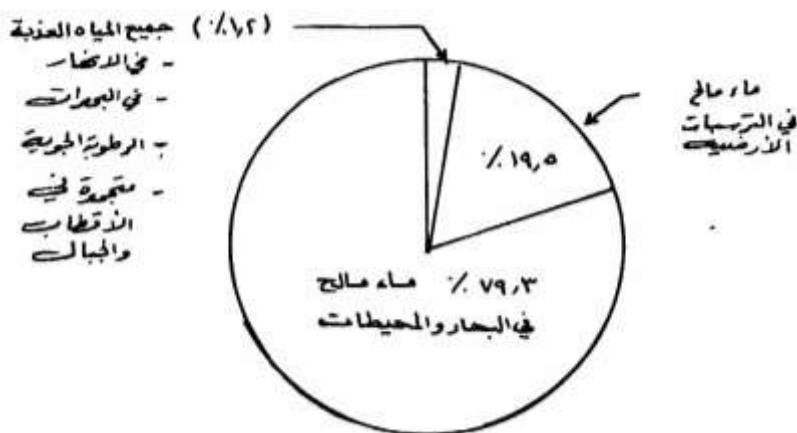


شكل (3-2) : تركيب القشرة الأرضية

### 8. 2-3-2- المحيط المائي : hydrosphere

يشمل المحيط المائي جميع أشكال الماء على سطح الأرض بما في ذلك المحيطات والبحار والأنهار وماء التربة والمياه الجوفية والمياه المتجمدة في المناطق المتجمدة وعلى قمم الجبال.

فقط 0.5% من مجموع المحيط المائي يوجد على اليابسة والجزء الأكبر (حوالي 80%) في المحيطات والبحار وما تبقى (حوالي 19.5%) مكتنف في التكوينات الجيولوجية المختلفة من القشرة الأرضية بشكل ماء مالح. ويبين الشكل (4-2) أشكال وتوزيع المياه في الطبيعة.



(4-2) : توزيع المياه على سطح الكرة الأرضية

تغطي المحيطات حوالي 70% من سطح الأرض و بسبب حجمها و مساحتها الواسعة تلعب دوراً في تحديد المناطق المناخية على اليابسة من خلال امتصاص الجزء الأكبر من الطاقة الشمسية القادمة إلى الأرض، وتوزيع الحرارة بفعل الرياح و دورة المياه في الطبيعة التي تبدأ بالتبخر عند منطقة التلامس بين المحيط المائي والمحيط الهوائي ثم التكاثف والترسيب على أشكال أمطار أو ثلوج على اليابسة، متخللة التربة أو جارية على سطحها، جارفة معها الطمي والمادة العضوية محمولة بالأملالح و مواد التجوية والتعرية الأخرى، عائدة مرة أخرى عبر مجاري المياه والأنهار إلى البحار والمحيطات.

كما وان المحيطات تلعب دوراً أساسياً في توفير الأوكسجين بفعل عملية التركيب الضوئي و خاصة الهايمات النباتية ( phytoplanktons ) أو إزالة ثاني أوكسيد الكربون المتولد بفعل الأنشطة الطبيعية المختلفة و النشاط الإنساني المتزايد.

### 9. 3-3-2- المحيط الهوائي The atmosphere

يتكون المحيط الهوائي للأرض من 78.7% نتروجين، 21% أوكسجين، 0.09% أركون و 0.03% ثاني أوكسيد الكاربون وأقل من 0.04% من جميع المكونات الغازية الأخرى وكثيارات مختلفة من بخار الماء (شكل 5-2).



(5-2) : مكونات الهواء الجاف عند مستوى سطح البحر

ويمكن اعتبار هذه التكوينات الغازية للهواء والى ارتفاع 100 كم، وبعد ذلك فان الإشعاعات الشمسية عالية الطاقة تحل جزيئات الغازات إلى ايونات وجذور حرة عالية الطاقة.

وكما هو معروف فان ثاني أوكسيد الكربون يستعمل من قبل النبات أثناء عملية التركيب الضوئي بوجود ضوء الشمس والكلوروفيل (عامل مساعد) لتوليد المادة العضوية الجديدة وينتج الأوكسجين الذي بدوره يستهلك من قبل الكائنات الحية وخاصة المستهلكة (من الحيوانات والمحللات) لأكسدة الغذاء وتحرير الطاقة لأداء فعالياتها المختلفة.

النتروجين ضروري للحياة وهو غير فعال كيميائيا في حالته الغازية ولا يمكن للكائنات استخدامه إلا بعد تحويله بفعل العوامل الطبيعية (الصواعق وعدد من الأحياء المجهرية) إلى أملاح يمكن للنبات امتصاصها لتكوين الأحماض الأمينية التي هي أساس تكوين البروتينات اللازمة لنمو وتكون كتلة الأجسام الحية.

#### 4-2.10. الطاقة وتحولاتها

بعد أن استعرضنا العوامل الرئيسية الثلاث المكونة لكوكب الأرض سنحاول ربطها مع بعضها لمحاولة تصور ما يجري في الطبيعة بصورة ديناميكية متكاملة والوقوف على ما يمكن أن تحدثه تدخلات الإنسان في ميكانيكية التوازنات الطبيعية.

#### 4-2.11- أشكال الطاقة على الأرض :

لكي تحدث التغيرات والعمليات الكيماوية والبيولوجية المختلفة في الطبيعة، فإنها تحتاج إلى مصدر للطاقة، وفي الحقيقة هناك أشكال متعددة لمصادر الطاقة المستغلة في الطبيعة ولكن يمكن إجمالها بالأشكال التالية:

الإشعاع الشمسي.

12. طاقة ميكانيكية (حركية ووضعية) مثل حركة الرياح وجريان المياه وسقوطها .. الخ).

13. طاقة كيميائية (حرق الوقود كالخشب، النفط.. الخ.)

14. الحرارة الأرضية الجوفية.

15. الطاقة النووية.

ومع إن الطاقة الميكانيكية والكيميائية قد ذكرت كمصادر مستقلة إلا إنها شكل من أشكال الطاقة الشمسية غير المباشرة حيث إن رفع المياه من المسطحات المائية (كالبحار والمحيطات) والتربة الرطبة.

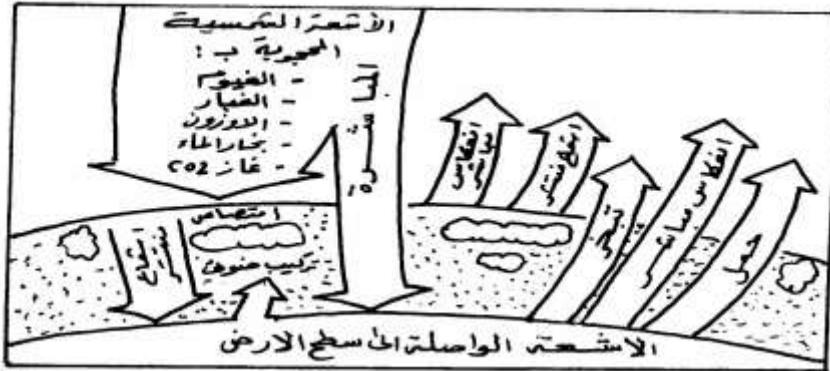
بفعل التبخر الحاصل من امتصاص الأشعة الشمسية إلى أعلى الجبال كأمطار وثلوج وانحدار مياهها ثانية إلى المحيط فإنها تنتج طاقة ميكانيكية يمكن استغلالها لتوليد الطاقة الكهربائية . كما وان الطاقة الكيمياوية التي نحصل عليها من حرق الوقود العضوي (الخشب ، النفط ، الغاز... الخ) تعود في الأصل إلى امتصاص الإشعاع الشمسي في عملية التركيب الضوئي وإنتاج المادة العضوية، وهكذا فإن الشمس تعتبر المصدر الأساس لمجمل أنواع الطاقة على الأرض.

#### 2-4-2. الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية هي المحرك الرئيس للتغيرات الميكانيكية والعمليات الكيمياوية والبيولوجية الحاصلة في المكونات الأساسية لبيئة كوكب الأرض.

تستمد الشمس طاقتها خلال عملية الاندماج النووي الحراري Thermonuclear ( مصدر الطاقة في الفيزياء الهيدروجينية) حيث تتحول الكتلة إلى طاقة حسب معادلة اينشتاين ( $E=mc^2$ ) وذلك باتحاد ذرات الهيدروجين في تفاعلات متتابعة لتكون ذره الهليوم He والطاقة المتحررة تنتقل خلال الفضاء على صورة موجات كهرومغناطيسية.

تقدر كمية الطاقة الشمسية الواردة إلى الغلاف الجوي الخارجي للأرض لكل وحدة مساحة (عمودية على الأشعة) ولكل وحدة زمن والتي تسمى بالتدفق الشمسي solar flux بحوالي 2 سارة لكل سنتيمتر مربع لكل دقيقة، ونظراً للتفاعل مع جو الأرض فلا تصل جميع الطاقة إلى سطح الأرض. ففي الحقيقة يصل أقل من نصفها فقط (Gort, 1970) . وكما هو مبين في الشكل (6-2).



الشكل (2-6) : الطاقة الشمسية وتحولاتها في الغلاف الجوي وعند سطح الأرض وإعادتها إلى الفضاء الخارجي

عند وصول الإشعاع من الشمس إلى جو الأرض تتعكس نسبة منه ثانية إلى الفضاء الخارجي تقدر بحوالي 34% بفعل الغيوم و دقائق الغبار و تمتص نسبة منه تقدر بحوالي 19% بواسطة الأوزون وبخار الماء و غاز ثاني أوكسيد الكاربون و نتيجة لذلك فان النسبة التي تصل إلى سطح الأرض تقدر بحوالي 47% من الإشعاع الأصلي في الفضاء الخارجي و ان هذه النسبة تستغل لت bxr المياه من المحيطات و جزء قليل منها يقدر بحوالي 7% يتمتص من قبل القشرة الأرضية.

#### 3-4-2.17- تحولات الطاقة :

كما ذكرنا آنفا فإن الطاقة المعرفة على تbxr مياه المحيط تظهر ثانية كطاقة حرارية وطاقة وضعية عند انحدار مياه الأمطار والثلوج المنصهرة بشكل انهار إلى البحر. الجزء الصغير من الإشعاع الشمسي الذي يتم امتصاصه من قبل القشرة الأرضية (7%) يتوزع بصورة متساوية على سطح الأرض، بحيث تستلم المنطقة الاستوائية طاقة أعلى من تلك المستلمة عند الأقطاب (القطب الشمالي والجنوبي) بسبب سقوط الأشعة عموديا على المنطقة الاستوائية في حين تسقط بصورة مائلة مغطية مساحة أكبر بكثير في منطقة الأقطاب (شكل 2-7).



الشكل (7-2) : مخطط يوضح سبب الاختلاف الكبير في درجات الحرارة الناتج عن توزيع نفس المقدار من الإشعاع الشمسي على مساحة أكبر بكثير في المنطقة القطبية (1) مقارنة بالمنطقة الاستوائية (2)

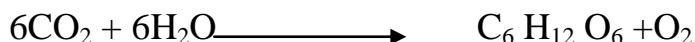
وبما إن معدل درجة حرارة الأرض ثابت تقريبا يعني إن كمية الحرارة المستلمة من الشمس يجب أن تساوي كمية الحرارة المتسربة من الأرض ويلاحظ إن كمية الحرارة المستلمة في المناطق الاستوائية أكثر من كمية الحرارة المفقودة من هذه المنطقة. في حين إن العكس صحيح في المنطقة القطبية أي إن كمية الحرارة المتسربة أكثر من تلك المستلمة ويتم بذلك انتقال الحرارة من المنطقة الاستوائية باتجاه الأقطاب بفعل حركة الرياح وحركة التيارات البحرية والمد والجزر وبذلك يتم التوازن الحراري بين الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة على سطح الأرض. هذه الديناميكيات مسؤولة عن جميع الظواهر المناخية في كوكب الأرض، ولابد هنا من ذكر بعض الظواهر المتعلقة بالموازنة بين الطاقة المكتسبة والطاقة المفقودة ومعدل ثبوت درجة حرارة الأرض، ونحن عندما نستعرض تأثير ظاهرة البيت الزجاجي green house effect كيف إن التراكيز المتزايدة من ثاني أوكسيد الكربون في الجو ستؤدي إلى الإخلال بهذا التوازن.

وذلك من خلال امتصاص الأشعة تحت الحمراء المعاد إشعاعها إلى الفضاء الخارجي والذي قد ينتج عنه زيادة كلية في درجة الحرارة . كما وان إتلاف طبقة الأوزون ( $O_3$ ) بفعل تزايد ملوثات الهواء (كالـ  $NO$  ومركبات الميثان المهلجة  $CF_2, Cl_2, CfCl_3$  ) سيؤدي إلى نفاذ الأشعة فوق البنفسجية U.V وهو طيف إشعاعي به من الطاقة ما يكفي لكسر الأواصر الكيميائية وتحطيم مكونات المادة الحية ، فجزئيات أوكسجين الغلاف

الجوي العلوي تتحلل بواسطة الإشعاع فوق البنفسجي إلى ذرات الأوكسجين O<sub>2</sub> والتي بدورها تتحد مع الأوكسجين الجزيئي O<sub>2</sub> مكونة الأوزون O<sub>3</sub> الذي يمتص بقوة الإشعاع فوق البنفسجي وبهذا يعمل كمرشح واق لأشكال الحياة على الأرض.

كما وان احد النتائج العظمى للطاقة الشمسية هو الأواصر الكيميائية للنباتات الخضراء من خلال عملية التركيب الضوئي.

**18-5- التركيب الضوئي والتنفس واستخدام الطاقة**  
 إثناء عملية البناء الضوئي تقوم خلايا النبات الأخضر المحتوى على الكلورو菲يل باستعمال الطاقة المستمدة من الإشعاع الشمسي لتحويل ثاني أوكسيد الكربون والماء إلى مادة عضوية وإثناء العملية ينطلق الأوكسجين الجزيئي إلى الجو الخارجي ، أما المادة العضوية الناتجة ف تكون على هيئة مادة هيدراتية مثل الكلوكوز (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) يمكن أن تحول بعد ذلك إلى جزيئات عضوية ومواد الخلية الحية الأخرى كالسليلوز والبروتينات . وتلخص المعادلة التالية التفاعلات المعقدة المتتابعة بالشكل المبسط التالي:



لابد من التذكير هنا إلى إن الأوكسجين المنطلق لا يأتي عن طريق ثاني أوكسيد الكربونات وإنما عن طريق الماء.

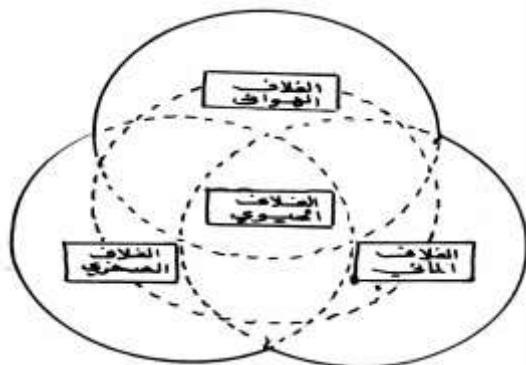
وتقوم النباتات أثناء عملية البناء الضوئي بعدها وظائف حيوية في العالم البيئي فهي توفر المصدر الأساسي للطاقة (الكريبوهيدرات ) لنفسها وللأكائن المستهلكة كما توفر الأوكسجين اللازم للتنفس وتعتبر الكريبوهيدرات حجر الأساس لبناء المواد المعقدة الأخرى.

يعتبر التنفس بصورة تقريبية عكس عملية البناء الضوئي إذ انه يمثل العملية التي من خلالها يستمد الكائن الحي طاقته عن طريق احتراق المواد العضوية. إلا انه بينما يحدث البناء الضوئي في وجود الضوء فقط، فإن التنفس من جهة أخرى عملية مستمرة. وبالإضافة إلى استخدام الطاقة من قبل الأحياء وحيدة أو متعددة الخلايا، في النشاط الحركي، فإن الطاقة المنطلقة تستخدم أيضا في الفعاليات الأخرى مثل توليد الموجات العصبية وبناء البروتينات والجزيئات الأخرى اللازمة لبناء خلايا جديدة. والفضلات الناتجة من عملية التنفس هي غاز ثاني أوكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) وبخار الماء ( $\text{H}_2\text{O}$ )، بمعنى آخر . إن المعادلة في أعلى تسير باتجاه معاكس تماما من قبل الكائنات المستهلكة . وبذلك يتم التوازن وتستمر الحياة.

### **الفصل الثالث**

## **الغلاف الحيوي وتكوين التربة**

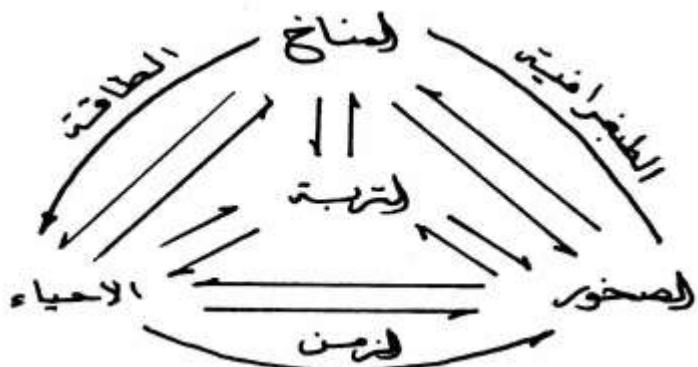
**3.19- الغلاف الحيوي والغلاف المسامي**  
مظاهر الحياة أو الكائنات الحية المختلفة التي تكونت وتطورت بإرادة الخالق ( سبحانه وتعالى ) عبر الزمن يتركز وجودها في طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى بالمحيط الحيوي Biosphere ( شكل 1-3 ) وقد عرفه Vernadsky عام 1926 بأنه الغلاف الذي توجد فيه الحياة . فهو متكون من تداخل وتفاعل مكونات الأغلفة الثلاث السابقة الذكر والمتمثلة بالغلاف الهوائي atmosphere والمائي hydrosphere والصخري Lithosphere مكونه بفعل انسياب الطاقة الغلاف المسامي Porosphere الذي يسمى في البيئات اليابسة بالترابة Pedosphere وفي البيئات المائية التربسات Sediments . ويحيل العلماء حاليا إلى تحديد الغلاف الحيوي بالمجال الذي يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية وتمتد حدوده إلى 50-30 كم فوق سطح التربة وإلى 10-12 م تحت سطح التربة ويشمل كامل عمق المسطحات المائية من أنهار وبحيرات وبحار ومحيطات 40-30 م .



**الشكل (1-3) : تداخل مكونات الأغلفة الثلاث وتكوين الغلاف الحيوي (Biosphere)**  
والمحيط الحيوي Biosphere يتتألف من مجموع النظم البيئية Ecosystems الموجود في العالم وهو ليس فقط الوسط الذي تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية وإنما أيضا المكان الذي تجري فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التي تطرأ على المواد

غير الحياة من الكرة الأرضية. والمحيط الحيوي بأوساطه الهوائية والمائية والتربة هو الذي يعاني من خطر التلوث بفعل تأثيرات النشاط الإنساني وما ينتج عنه من مواد ملوثة في الوقت الحالي.

**2-3.20- الظواهر الطبيعية وانسياب الطاقة وتكون التربة:**  
 التربة Soil هي قاعدة الأنظمة البيئية على اليابسة والوسط الطبيعي لنمو جذور النباتات العليا المسؤولة عن ثبيت الطاقة وإنتاج الغذاء في عملية التركيب الضوئي. كما وان التربة إلى جانب انها مصدر الماء والعناصر الغذائية للنبات وسند الميكانيكي ( شكل 2-3) فهي ملجاً لعدد هائل من الكائنات الحية لأنظمة البيئة على اليابسة.



الشكل (3-2) : التأثير المتبادل بين مكونات النظام البيئي على اليابسة وتكوين قاعدته التربة

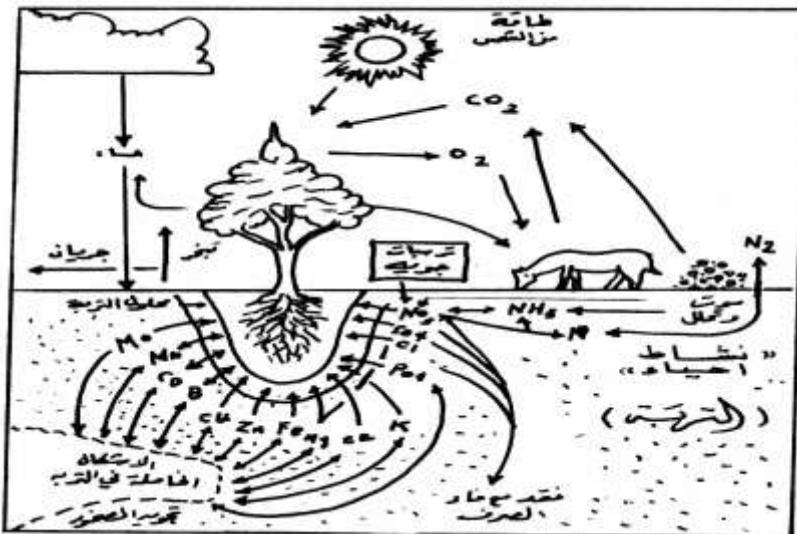
إن عملية تكوين التربة هي عملية تشتراك فيها جميع الظواهر الطبيعية وان الأساس المحرك لجميع هذه الظواهر الطبيعية هو الطاقة وبشكل خاص الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض وما تحدثه من تغيرات في درجات الحرارة في البقع المختلفة من سطح الأرض بفعل اختلاف في زاوية سقوط الأشعة خلال الأيام والفصل واختلاف التركيب المعدني لصخور القشرة الأرضية، فالأشعة الساقطة تسخن السطوح فتبخر الماء وتحرك الهواء وتتشكل الرياح فت تكون الغيوم وتنساق الأمطار فتجوى المعادن وتتفتت الصخور وتتعرى القشرة الأرضية وتبرز الطبوغرافية عندما تنهاي الكتل بفعل الجاذبية الأرضية،

وتحمل الدقائق المعدنية مع تيارات المجرى المائي أو التيارات الهوائية مكونه مواد التربة. فتنمو الطحالب والنباتات وتنشط الحيوانات والأحياء الدقيقة، وتتراكم المادة العضوية فتتميز الآفاق وتتنوع الترب مكونة السلسل والرتب ، وفق اختلاف عوامل التكوين في البيئات الطبيعية ( Duchanfour 1978, foth 1984 ).

وبهذا فإن التربة جسم ديناميكي ناتج عن حاصل تأثير الظواهر الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية والأنشطة البيولوجية من مكونات القشرة الأرضية الصلبة والسائلة والغازية المتمثلة بالصخور والمعادن والماء والهواء والعناصر المكونة لها من الأوكسجين و السليكون والألمانيوم والحديد والكالسيوم والمنغنيز .. الخ.

إن الظواهر الفيزيائية تتمثل بالتسخين ، الحمل ، التصعيد ، التبخر ، التكافُف ، التجمد ، الانصهار ... الخ وينتج عنها التيارات الهوائية وحركة الرياح، تكوين الغيوم وتساقط الثلوج والأمطار وجريان المياه .. الخ.

أما التفاعلات الكيميائية فمثلها التميؤ، الذوبان ، التحلل والإحلال والتبدل الأيوني ، والأكسدة والاختزال .. الخ ، أما النشاط البيولوجي فهو ما تؤديه الأحياء من تأثيرات بالفعل الميكانيكي والحركة ، التغذية ، النمو ، الإفراز وطرح الفضلات .. الخ جميعها تشترك في عملية تكوين التربة وتدرج تأثيراتها ضمن عوامل التكوين المتمثلة: بالمناخ ، مواد ألام ، الطوبغرافية ، الأحياء والزمن وبفعل انسيابات الطاقة ( شكل 3 ) .



شكل (3-3) : التربة حاصل تأثير جميع الظواهر الطبيعية وهي مصدر الماء والعناصر الغذائية للنبات وسند الميكانيكي

وكمية المادة العضوية ، وتجوية المعادن ، تكونت معادن الطين أو انتقال الغرويات خلال التربة وإزالة المواد الذائبة من التربة . بشكل عام زيادة التربات الجوية يصاحبها زياد التجوية وتكون معادن الطين والمادة العضوية وان الزيادة بهذه المواد سيزيد من السعة المتبادلة للتربة وعندما يكون هناك نشاط حيوي كفوء فأن ذلك سيؤدي إلى زيادة قدرة التربة الإنتاجية في حين الزيادة في كمية التربات الجوية وقلة النشاط الحيوي للتربة ولاسيما الحيوي منها ولأي سبب كان يكون بسبب التلوث بالمبادات أو الأمطار الحامضية، سيؤدي إلى غسل وانتقال غرويات التربة من الطين والمادة العضوية إلى أسفل القطاع بعيدا عن منطقة الجذور ، إضافة إلى فقدان العناصر الغذائية مع مياه البزل ، وهذا يسبب تدهور خصوبة التربة وانخفاض إنتاجيتها .

إن عناصر المناخ تؤثر على كمية المادة العضوية المنجرفة في التربة حيث أنها ممكن أن تزيد أو تقل تبعا لاختلاف درجات الحرارة والرطوبة .

عندما يزداد المعدل السنوي لدرجات الحرارة وتكون الرطوبة ملائمة فإن التفاعلات الكيميائية ستزداد وكمية المادة العضوية. تبعاً لذلك يزداد نشاط الأحياء وتدور العناصر الغذائية بشكل أسرع مما تؤدي هذه الظروف إلى زيادة كفاءة الوسط في إنتاج الكتلة الحية وهذا ما يحصل في مناطق الغابات الاستوائية.

أما إذا ما إن انحرف أحد العاملين الماء أو الحرارة نحو الزيادة أو النقصان عن المعدلات الملائمة فإن التفاعلات الكيميائية الجارية في التربة ستختفي وتختفي معها عمليات التجوية وإنتاج المادة العضوية ونشاط الأحياء ودورة العناصر الغذائية وبالتالي انخفاض إنتاجية الوسط البيئي.

وعلى ضوء ذلك فإن شحة الماء وقلة الترسبات الجوية وارتفاع درجات الحرارة هي العوامل المحددة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وبالعكس من ذلك في المناطق الرطبة وشبه الرطبة فإن عامل انخفاض درجة الحرارة وكثرة الأمطار هما العامل المحدد ويشتغل تأثير هذين العاملين إذا ما صاحبهما تأثير الأمطار الحامضية غالباً ما يتاثران هذين العاملين الماء والرطوبة بالمكونات الهوائية. كما سنتطرق له في الفصول اللاحقة.

**3.3.21 عوامل تكوين وتطور التربة**  
كما ذكرنا إن التربة هي ناتج تفاعل عوامل التكوين البيئية الخمسة المتمثلة بمواد الأم ، المناخ ، الجغرافية ، الأحياء والزمن . ووفق درجات اختلافية لشدة تأثير هذه العوامل من موقع إلى آخر ، فإن الإمكانيات الكامنة في خلق وإيجاز أنواع مختلفة من التربة في الطبيعة هائلة جداً. ويمكن إيجاد دور هذه العوامل وتأثيرها بظواهر التلوث وكما يلي :

### **1. 3-3-1. المواد الأم**

الصخور الصلبة مصدر مواد الأم. وان طبيعة مواد الأم لها تأثير عميق جدا على خواص التربة وسرعة وطبيعة تطورها. وربما اغلب ترب العالم قد تطورت على مواد أم فقاطية بفعل مطروحة الجاذبية الأرضية أو الانجرافات الجليدية أو الترسبات المائية أو الهوائية وغيرها من المواد الأخرى. المنقوله بفعل الجاذبية الأرضية أو بواسطة الثلوجات أو المياه أو الهواء جميعها قد انحدر أصلا من تفتت وتحطم الصخور النارية والرسوبية والمتحولة بفعل عوامل الطبيعة الفيزيائية ، الكيميائية والاحيائية.

وان عملية تطور هذه المواد الأولية إلى تربة ناضجة تحتاج إلى زمن طويل نسبيا. وان عملية الإزالة والإضافة بسبب التعريمة الريحية أو المائية ستؤخر من سرعة تطورها لتصبح التربة ناضجة. كما وان تركيب الصخور وإزالة المواد الناعمة يؤثر على طبيعة وخواص مواد الأم وسرعة استجابتها لتأثير العوامل البيئية الأخرى الداخلة في تطورها.

وعلى صفات التربة المنحدرة عنها من حيث التركيب المعدني ، خشونة ونعومة دقائقها ، كمية الحجارة الأملأح ، الرقم المرضي ، اللون ، نوع وطبيعة الأطيف ، وغيرها من الصفات الطبيعية الأخرى التي يمكن أن تتأثر جميعها بظواهر التلوث .

### **2. 3-3-2. المناخ**

أهم عناصر المناخ الداخلة في عملية تكوين وتطوير التربة والتي من الممكن أن تتأثر بظواهر التلوث هي الترسبات الجوية ودرجات الحرارة. كما وان المناخ يؤثر على تطور التربة من خلال تحديد طبيعة الغطاء النباتي، وليس من الغريب بان هناك روابط بين توزيع المناخ والغطاء النباتي وتوزيع التربة على سطح الأرض. حيث إن كمية الماء في التربة يؤثر على إنتاجية الكتلة الحية.

### 3-3-3. الطبوغرافية

تؤثر الطبوغرافية على تطوير التربة بثلاث طرق هي:

1. من خلال التأثير على كمية المياه الممتصة والممسوكة والمؤثرة على درجة رطوبة التربة.
2. التأثير على معدل إزالة التربة بالتلعيرية.
3. التأثير على حركة المواد بشكل معلقات ومحاليل من موقع معين إلى آخر..
4. التأثير على درجة حرارة التربة من خلال التوافق بين زاوية ميل واتجاه انحدار سطح الأرض وأشعة الشمس الساقطة عليها.
5. التأثير على سرعة واتجاه الرياح بالنسبة إلى سطح انحدار التربة.

وبما أن الرطوبة هي أساس تأثير العمليات الكيميائية والحياتية من عملية التجوية وتصاحبها مع بعض القوى الفيزيائية فإن التغيرات التي تحصل في العلاقات بين محتوى التربة من الرطوبة والطبوغرافية سيؤثر على تطور قطاعها. في المنطقة المناخية الواحدة، ليس من المستغرب أن تتطور تربة مختلفة على نفس مواد الأم باختلاف الطبوغرافية.

وتبعاً لزيادة الانحدار فإن الجريان السطحي والتعرية وانجراف التربة ، وانخفاض نفاذيتها ، وقلة تيسير الماء للنشاط الكيميائي والحيوي ، جميعها يؤخر من تطور التربة ، وبشكل عام كلما زادت النسبة المئوية للانحدار كلما انخفضت شدة العمليات التالية :

- الغسل.
1. محتوى التربة من المادة العضوية.
2. انتقال المواد العضوية.
3. تجوية المعادن.
4. تميز الآفاق.
5. سمك الآفاق.

#### 4-3-3. العوامل الحيوية

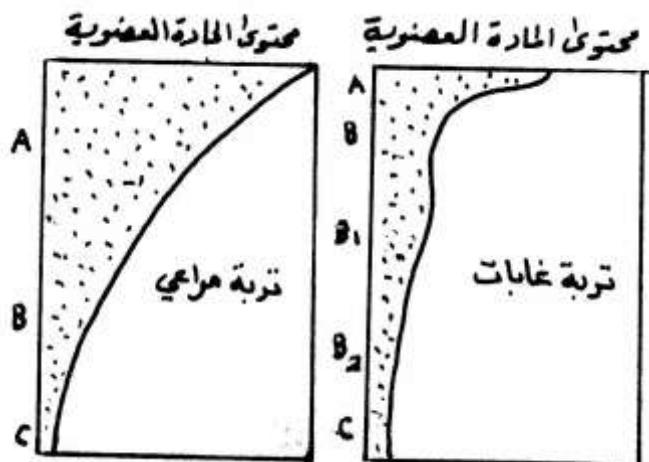
النباتات تؤثر على تطور التربة من خلال إضافة المادة العضوية ودورة الأيونات أو العناصر الغذائية وحركة الماء خلال الدورة الهيدرولوجية. حيوانات التربة تؤثر على تطور التربة كمستهلكات ومحلات للمادة العضوية والأكثر أهمية هو نشاطها الميكانيكي في تفتيت و إثارة مواد التربة وخلط و عمل الوحدات البنائية وحفر الأنفاق في جسم التربة وغيرها من الأنشطة الأخرى التي تزيد من سرعة تطور التربة. وان جميع هذه الأنشطة للعوامل الحيوية يمكن أن تتوقف عن حصولها.

الغطاء النباتي الطبيعي يمكن تقسيمه بشكل عام إلى نوعين إلى مجموعتين كبيرتين هما: الأشجار والحسائش وعلى هذا الأساس فقد قسمت التربة إلى :

تراب أراضي الغابات.  
5. ترب أراضي الحسائش.

الاختلافات في توزيع المادة العضوية على قطاع تربة متطرفة تحت غطاء نباتي من الغابات وآخر من الحسائش موضح في الشكل (4-3)، ومن الواضح انه تحت نفس الظروف البيئية، قطاعات التربة المتطرفة تحت بيئة الحسائش يكون محتواها من المادة العضوية اكبر وتوزيعها أكثر تجانسا منه في قطاعات التربة المتطرفة، تحت بيئة الغابات. كذلك ترب الغابات أكثر عرضه للغسل وإزالة القواعد الأرضية والتحمض منه في أراضي الحسائش كما وان الآفاق تكون أكثر تميزا والمادة العضوية أقل تجانسا في توزيعها على قطاع التربة، منه في ترب الحسائش. وهذه اختلافات تعود إلى طبيعة النشاط الحيوي السائد في كلا البيوتين. حيث إن الكائنات الحية (النباتية والحيوانية) في الغابة أكثر تنوعا وأقل عددا على مستوى النوع الواحد مقارنة بمثيلاتها في أراضي الحسائش. حيث تكون أقل تنوعا وأكثر عددا على مستوى النوع الواحد مما ينتج عنه

نشاط بيو ميكانيكي مكثف يؤدي إلى قطاع تربة أكثر تجانساً من حيث الفعل الميكانيكي.  
وتوزيع المادة العضوية.



الشكل (4-3): قطاعات تربة المراعي تتضمن مادة عضوية أكبر وأكثر تجانساً في توزيعها منه في قطاعات ترب الغابات

على ضوء درجة تأثير مواد التربة بعمليات التكوين يمكن أن تقسم عملية تطور التربة إلى مرحلتين، الأولى يتم خلالها تفتت الصخور الصلبة (نارية ، متحولة ، ورسوبية) تحت تأثير عوامل الطبيعية الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وتحولها إلى مواد أم مسامية هشة ، والمرحلة الثانية هي تطور آفاق التربة بفعل عوامل التكوين وحيث خواص آفاق بعض الترب تتطور بسرعة أكثر من غيرها ، وبعض الآخر من الترب يبلغ مرحلة النضج والمحتوى المتزن من المادة العضوية خلال حوالي 100 سنة وأخرى قد تصل إلى عدة آلاف من السنين وقد يصل عمر بعض الترب إلى أربعة ملايين سنة .

إن الجفاف وسرعة إزالة التربة يسبب عوامل التعرية وخاصة على المنحدرات ممكّن أن تؤخر أو تمنع تطور التربة أو وصولها إلى مرحلة النضج والذي تصل عنده التربة إلى حالة الاتزان الأعظم مع عوامل الوسط البيئي.

ويمكن إيجاز العمليات المرحلية لتطور مواد الأم وتحولها إلى تربة ناصحة بما يلي :

1. إزالة المواد المثبطة للنشاط الحيوي وخاصة كاربونات الكالسيوم والأملاح الذائبة.
2. نمو الطحالب والنباتات وإضافة المادة العضوية ودخول حيوانات التربة وتنامي أحياها الدقيقة.
3. تجوية المعادن الأولية وتكون معادن الطين.
4. تنامي معقد التبادل وتزايد سرعة دورة العناصر الغذائية.
5. توازن كمية المنتج من الكتلة الحية مع المستهلك من المادة العضوية وبلغ الطاقة معدل انسابها الأعظم.

التربة المتزنة مع ظروف وسطها تكون فيها كمية الكتلة الحية المنتجة تساوي ما تستهلك من مادة عضوية، وأما التربة المتأثرة بأحد العوامل الهدامة ومنها التلوث فإن محتواها من المادة العضوية سيتناقص مع شدة ذلك العامل المؤثر وتباطؤ تطور التربة.  
أما الظروف التي تزيد من معدل تطور التربة فهي:

1. المناخ الرطب الدافيء.
2. غطاء نباتي كثيف وإنتاج ماده عضوية عالي.
3. مواد أم عالية المسامية هشة ومحتوها من الكلس قليل.
4. طبوغرافية منبسطة أو منخفضة مع ظروف صرف جيدة.

أما الظروف التي تؤخر من تطور التربة فهي :

المناخ الجاف البارد

1. الغطاء النباتي الضعيف.

2. مواد أم صلدة غير مسامية وعالة المحتوى بالكلس والأملاح الذائبة.

3. الطبوغرافية شديدة الانحدار مما تساعد على عملية التعرية وانجراف المواد

الناعمة.

وان التربة الناضجة المتزنة مع ظروف وسطها البيئية تمتاز بالخواص التالية:

1. سعة تبادلية عالية لدعم نمو غطاء نباتي كثيف وإدامة محتوى عالي من المادة العضوية.

2. عملية تجوية وغسل معتدلة.

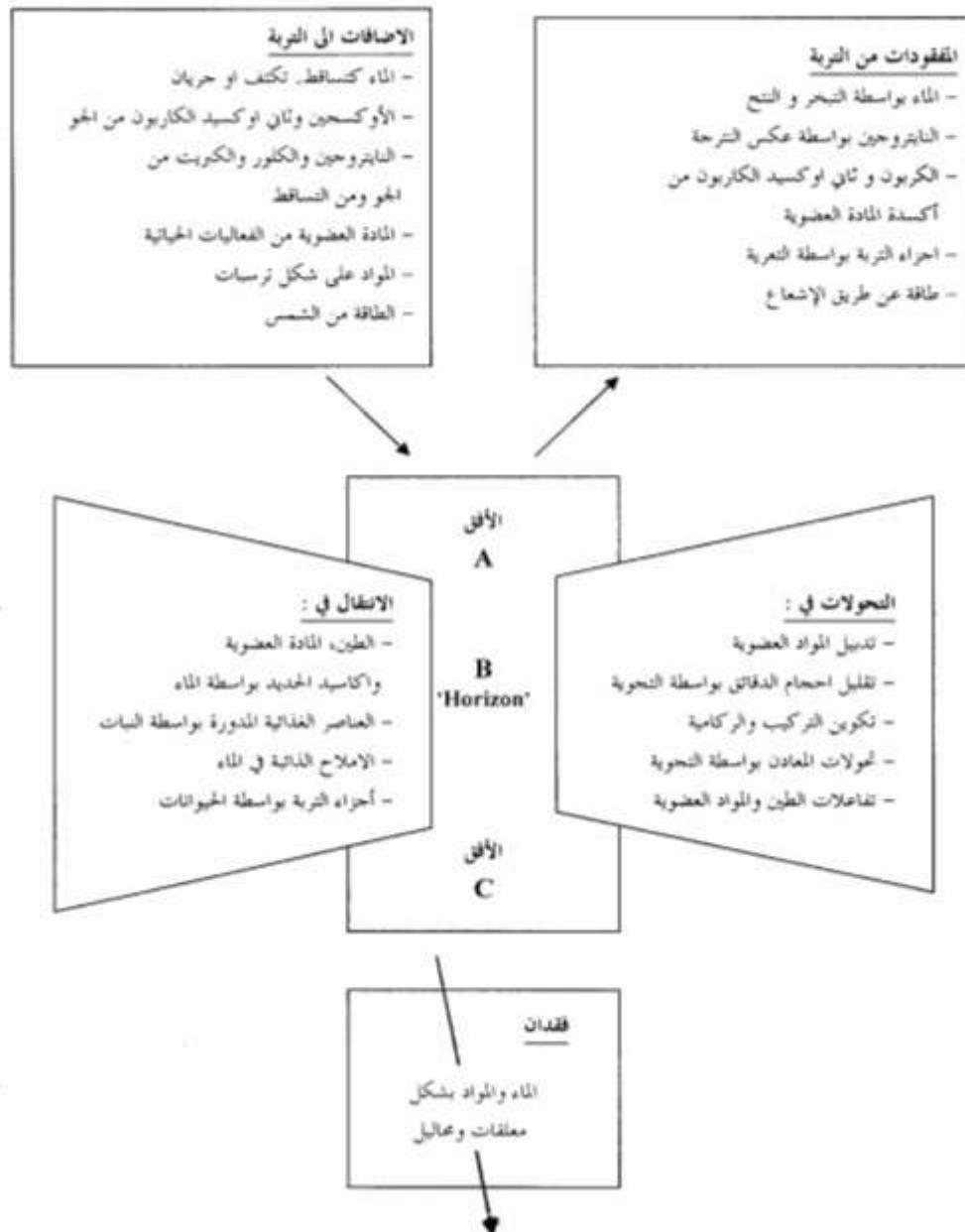
3. ذات حموضية معتدلة وعناصر غذائية ميسرة يدام تجديد المفقود منها بعملية تجوية مواد الأم.

وهذه الصفات تمثل الظروف التربة الزراعية ذات الخصوبة المتمثلة عند مرحلة إنتاجها الأقصى والتي يسعى إليها المزارع والمهتمين برفع إنتاجية الأرض من الكتلة الحيوية وان هذه الصفات لا يمكن بلوغها في تربة ما إلا إذا كان هناك نشاط حيوي مزدهر بتشكيله متزنة من حيوانات التربة تدعم نشاط الأحياء الدقيقة في التربة.

عادتاً الازدهار الحيوي المتزن هو من صفات النظم البيئية الطبيعية الأكثر إنتاجاً، ومن المعروف عن الغابات الاستوائية هي أكثر البيئات الطبيعية ازدهاراً بكائناتها الحيوية وأكثر إنتاجاً، حيث تصل إنتاجيتها من الكتلة الحية إلى أكثر من 90 وقد تصل إلى 180 طن / هكتار / سنة بينما تصل في ترب المناطق المعتدلة إلى ما بين 6-2 طن / هكتار / سنة واقل من 2 طن / هكتار / سنة في المناطق الشبه جافة والجافة.

4-3.22- الإخلال في حالة اتزان التربة والآثار البيئية المترتبة في التربة المتزنة مع ظروف وسطها البيئة، أي تغير مفاجيء من الممكن أن يحدث بفعل أي مؤثر خارجي غير متزن مع عوامل تكوين التربة قد ينسحب تأثيره على حالة الاتزان القائمة في تركيب مكوناتها الفيزيائية والكيميائية والحياتية وذلك بسبب الإخلال في عمليات تطورها. عمليات تطور التربة وتمايز آفاقها (شكل 3-5) ممكن أن ينظر لها على إنها عمليات إضافة Addition فقدان، Losses ، تحولات Transformations ، أو تنقلات Translocations جميع هذه العمليات تجري بشكل متزن في التربة المتزنة مع عوامل تكوينها ولكن إذا ما اختلف اتزان واحد من هذه العمليات نتيجة لاختلاف واحد أو أكثر من عوامل التكوين المذكورة فإن ذلك سيؤدي إلى إحداث انحراف في تطوير التربة وينسحب ذلك على النظام البيئي ككل .

فالإخلال بأحد العمليات المذكورة هو التأثير في معدل سرعة حدوثها، فإذا كان مثلاً عمليات فقد بالكتلة الحية أكبر من عملية الإضافة عن طريق عملية التركيب الضوئي نتيجة إزالة الغطاء النباتي بالرعي أو القطع أو إعاقة نموه بأحد المؤثرات الغير طبيعية سيؤدي إلى انخفاض كثافته وقدرته على التجدد، وهذا الانخفاض يتبع الكثير من التغيرات المؤدية إلى الإخلال في تركيبة الوسط البيئي، حيث تبدأ بالتربة وتنتهي بالنظام البيئي بأكمله. فالرعي الجائر مثلاً سيؤدي إلى القضاء على الغطاء النباتي الذي يحمي التربة من عملية التعرية ووحداتها النباتية من الهدم والتقويم، ودفانقها الضرورية الغنية بالعناصر الغذائية من الانحراف والفقدان.



شكل (5-3) : تمثيل تخطيطي للإضافات ، المفقودات ، الانتقالات والتحولات العاملة على تكوين التربة وتمايز الأفاق

إضافة إلى إن الغطاء النباتي هو المصدر الأساس للمادة العضوية التي تستمد أحياe التربة وفي مقدمتها حيواناتها (Soil fauna) مادتها الغذائية للنمو والتكاثر، وطاقتها في ممارسة نشاطها لتحسين خواص التربة الطبيعية، وذلك من خلال إثارة التربة ، خلط المادة العضوية ، عمل الوحدات البنائية ، حفر الأنفاق التي تسهل حركة الماء والهواء داخل جسم التربة وانتشار الجذور وتوفير الظروف الملائمة لنشاط الأحياء الدقيقة المسؤولة عن تجوية الصخور وتحرير العناصر الغذائية عند مستوى الآفاق المختلفة من قطاع التربة (شكل 3-6) والتي من الممكن أن تضاعف من دورة العناصر الغذائية التي تزيد من كثافة الغطاء النباتي في النظام البيئي وترفع من كفاءته في إنتاج الكتلة الحية .



**شكل (6-3) :** قطاع تربة افتراضي يجمع الأفق الرئيسية وبعض الأفقي الانتقالية .

**سمك الآفاف، يختلف كما هو مبين**

ويلاحظ من هذا المثل إن مؤثر خارجي واحد وهو الرعي الجائر ومثله رش المبيدات والحراثة العميقية ، الأمطار الحامضية وغيرها ، ممكن أن تؤدي إلى سلسلة تأثيرات متتابعة تؤدي إلى الإخلال في سير عمليات تطور التربة ( انظر الشكل ص 3 ) القائمة بشكل متزن وفي النهاية من هدم النظام البيئي القائم بأكمله . وقد يتعدى تأثير فعل الرعي الجائر ، الحراثة العميقية ، رش المبيدات وغيرها الكثير إلى التأثير على نظام بيئية أخرى ، وذلك فالرعي، الحراثة ، المبيدات هي عوامل تضعف أو تقتل حيوانات التربة المسؤولة كما ذكر عن أوجه تكوينات التربة ( ثباتية ومسامية الوحدات النباتية ، الفراغات البيئية ، أنفاق جريان الماء في جسم التربة ، الخ ) جميع هذه التكوينات بدورها مسؤولة عن نفاذ وخزن مياه التربسات الجوية الساقطة على التربة وتنظيم انسياها وبذلك فانعدام هذه التكوين بسبب قتل حيوانات التربة سيؤدي بالتأكيد إلى مجموعة من التأثيرات أولها انخفاض نفاذية التربة للماء Water infiltration مما يؤدي إلى قلة مخزونها منه للنبات النامي ، وأضعاف المخزون الجوفي ، يقابل ذلك زيادة في الجريان السطحي للماء Water runoff الذي يؤدي إلى انجراف مواد التربة الناعمة وتعكير المسطحات المائية وإتلاف الثروة السمكية ، وفيضان الأراضي الزراعية وغرق المدن وانطماراتها بالأوحال وانهيارات التربة ، مليء الفنوات والمجاري المائية ومصبات الأنهار بالأوحال والترسبات الطينية والى ما لذلك من تأثيرات بيئية مدمرة .

كما وان هناك العديد من التأثيرات المدمرة الممكن أن يسببها الإنسان من خلال نشاطه المدني والصناعي كتلوث الهواء بالغازات والمركبات السامة التي تسقط على التربة مع التربسات الجوية والمسببة للأمطار الحامضية. وكذلك الممارسات الزراعية كاستخدام المبيدات والحراثة العميقية وغيرها الكثير قد يؤثر بشكل مباشر وسريع على مكونات التربة الحياتية وخاصة حيواناتها التي تمثل الحلقة الأخيرة في سلم تطور ونضج التربة. كما وان حيوانات التربة هي أول من يتتأثر الا انها أكثر مكونات التربة حساسية لعوامل التأثير الخارجي سواء الحاصلة بشكل مباشر على التربة كرش المبيدات ، الحراثة ،

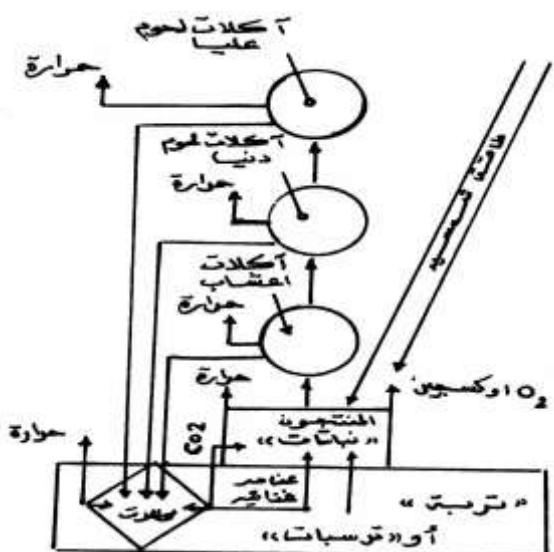
التسميد ، الممارسات الزراعية الأخرى أو الغير مباشرة المنقوله تأثيراتها عبر الهواء والماء والتي سنأتي على دراستها في الفصول القادمة وحيث إن جميع ظواهر التلوث البيئي المباشرة وغير المباشرة تؤدي إلى انخفاض الحالة الخصوبية للترابة عبر التأثير على أحياها وإضعاف إنتاجيتها . وبالنتيجة فإن ضعف إنتاجية التربة ينعكس آثاره على القدرة التحملية للوسط البيئي وعلى مجمل النشاط الحيوي للكائنات الحية التي تعيش فيه، حيث يقل تنوعها وإعدادها أو كثافتها في وحدة المساحة، وينخفض بذلك معدلات انساب الطاقة في النظام البيئي ويصبح عالمه الحيوي عرضة للانهيار والانقراض أمام أقل المؤثرات البيئية قسوة وغير مستجيب لحالة التطور المتزن. وما التصحر وانقراض الأنواع الحياتية إلا صورة من صور هذا التدهور.

## الفصل الرابع

### الأحياء وانسياب الطاقة في المحيط الحيوي

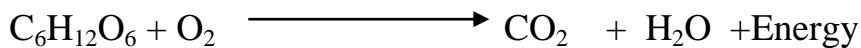
4.23- الكائنات الحية وانسياب الطاقة

في الحقيقة هنالك ثلاث مجتمعات أساسية من الكائنات الحية التي تقوم بتبادلات الطاقة إلى الداخل من أي نظام بيئي. وهي كما ذكرنا المنتجون Productors المتمثلة أساساً بالنباتات الخضراء (الوحيدة القادرة على صنع المواد الغذائية ل نفسها وللآخرين من الكائنات الحية، والمستهلكون consumers والمتمثلة بأكلات الأعشاب Herbivores وأكلات اللحوم Carnivores والمجموعة التالية والمحللون Decomposers والتي تجمع بنفس الوقت نباتات وحيوانات من مجتمعات مختلفة وهي مسؤولة عن تحلل ومعدن المادة العضوية وعودتها إلى سابق أصلها اللاعضوية أو المعدني (شكل 4-1).



شكل (4-1) : انسياب الطاقة بصورة مستمرة من الشمس وانتقال العناصر الغذائية بصورة دورية خلال المكونات المختلفة للنظام البيئي  
الطاقة المثبتة بعملية التركيب الضوء وصنع المادة العضوية تستمد من خلال أكسدة المادة العضوية بعملية التنفس ووقت المعادلة التالية :





(طاقة) (ماء) (ثاني اوكسيد الكربون) (أوكسجين) (كلوكوز)

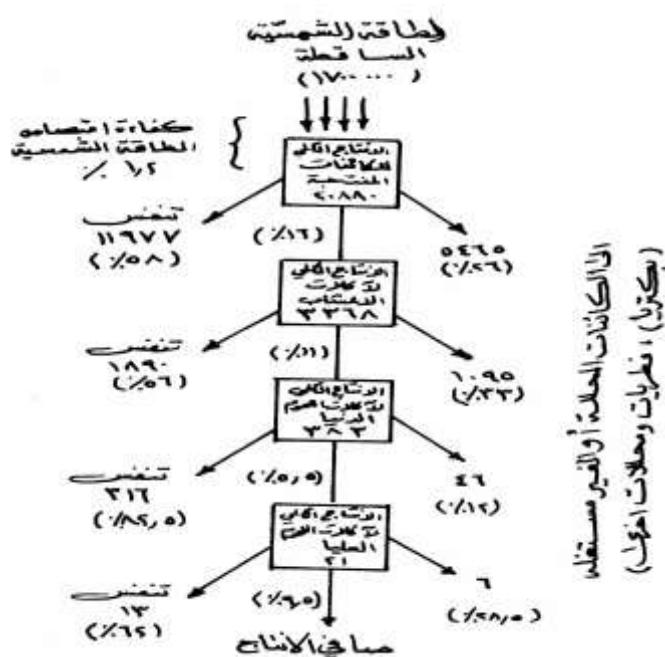
وفقدان الطاقة بشكل حرارة بابتعاثها من أجسام الكائنات الحية بعد إنجاز وظائفها الفسيولوجية الممثلة بعمليات الإفراز ، النمو ، التكاثر ، وأداء الأنشطة المركبة . والى جانب هذا فأن أكسدة المادة العضوية ينتج عنها تحرر ثاني اوكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) وماء وأملاح تطرح إلى الوسط الخارجي.

**٤-١-٤-١. المستويات الغذائية وانسياب الطاقة**  
 تقوم الكائنات المنتجة (النباتات) ببناء كمية معينة من المادة العضوية لكل وحدة زمن يقال لها الإنتاج الكلي Gross Production (GP) وعادتاً يعبر عنها بالطاقة بدلاً من الكتلة الحية Biomass وقد ظن من خلال الدراسات الموسعة ، انه من النادر أن تزيد كفاءة أو اقتناص الطاقة من الطاقة الشمسية الساطعة الكلي إلى الإنتاج الكلي عن 3% تحت الظروف النموذجية وتحت الظروف العادية تكون حوالي 1% .

ويطبق نسبة الكفاءة 1% على النظم النسبية تحت الظروف الملائمة. وقد قدر العالم (Kormondy Odum, 1971) الكفاءة الابتدائية الكلية للعالم الحيوي وعلى مدار السنة بحوالي 0.2% فقط. وبذلك قدر الإنتاج الكلي للعام الحيوي وعلى مدار السنة بحوالي 10<sup>18</sup> كيلو كالوري منها 57.4% في البيئات البرية 42.6% في البيئات المائية . الكائنات المنتجة (النباتات) لا تثبت الطاقة فقط وإنما تستهلك جزء منها في عملية تنفسها. ويسمى ما تبقى بعد ذلك بالإنتاج الصافي Net reduction (NP) ، والذي يعبر عن كمية الطاقة المتوفرة بصورة كامنة للكائنات من آكلات الأعشاب والكائنات المحللة وهكذا تصبح العلاقة بشكل مبسط كما يلي :

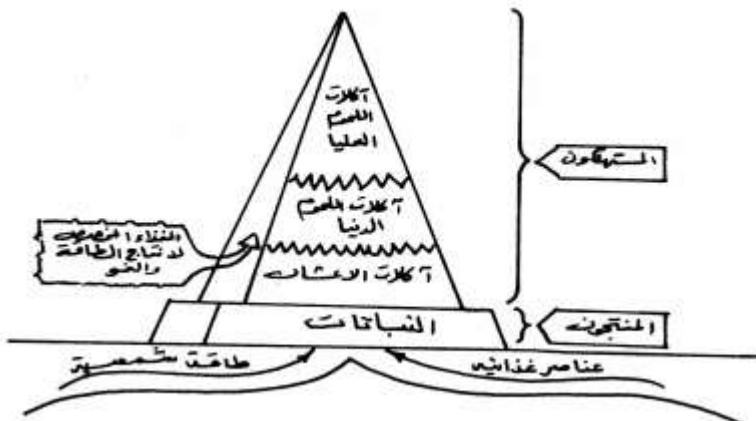
الإنتاج الكلي (G.P) يساوي الإنتاج الصافي (N.P) زائد التنفس (R)، ويستهلك بعض الإنتاج الصافي بواسطة أكلات الأعشاب وبعضها الآخر يجهز الطاقة للكائنات المحللة وما يزيد بذلك يعرف بالممحض المتبقي Standing Crop.

ويعطي الشكل (2-4) مخطط مبسط لمثال كامل من انسياب الطاقة عبر سلسلة غذائية من أربعة مستويات من الكائنات وهي (الم المنتجة ، أكلة الأعشاب ، أكلة اللحوم الدنيا ، وأكلة اللحوم العليا) لمنطقة سبرنر - بفلوريدا معبر عنها بالكيلو سعرة لكل متر مربع لكل سنة . الدراسة قام بها العالم اودم (Odum, 1957).



شكل (2-4) : مخطط انسياب الطاقة لمنطقة سبرنر - بفلوريدا معبر عنه بالكيلو سعرة لكل متر مربع لكل سنة (H.T.Odum, 1957)

كما وان هناك شكل تخطيطي آخر يسمى هرم الطاقة energy pyramid (شكل 3-4) يمثل كل مستوى منه الإنتاج الكلي لجميع الكائنات الحية في ذلك المستوى الغذائي وهو مجزأ إلى قسمين : - التنفس والإنتاج الصافي .



شكل(4-3) : هرم الطاقة والغذاء يوضح التناوب الكمي والجمي بين الأحياء المختلفة المكونة للنظام البيئي وتناقص الغذاء والطاقة من القاعدة اتجاه قمة الهرم

إن ما تبنيه هذه الأشكال هو إن الطاقة المتوفرة لآكلات اللحوم تكون أقل من تلك المتوفرة لآكلات الأعشاب. وكل خطوة إلى الأعلى في السلسلة الغذائية تؤدي إلى نقصان شديد في الطاقة المتوفرة للكائنات المستهلكة والمحللة التي تتغذى على ذلك المستوى. وبالنسبة لمثالنا فإن نسبة الإنتاج الصافي لأكلة الأعشاب من الإنتاج الصافي للكائنات المنتجة هو حوالي 17% وتصبح أقل من ذلك حوالي 4.5% لآكلات اللحوم الدنيا نسبتاً إلى آكلة أعشاب، ومن آكلات اللحوم الدنيا إلى آكلات اللحوم العليا حوالي فقط 9%. وبصورة تقريبية تكون كفاءة الإنتاج الصافي عند جميع المستويات حوالي 10% فقط. بمعنى آخر إذا كان هناك ألف سعرة من إنتاج نباتي صافي فتنوغرد حوالي مئة سعره منها فقط لإنتاج صافي آكلات الأعشاب وحوالي عشرة سعره منها لإنتاج آكلات اللحوم الدنيا وسعره واحدة فقط لإنتاج صافي أكلًا للحوم العليا.

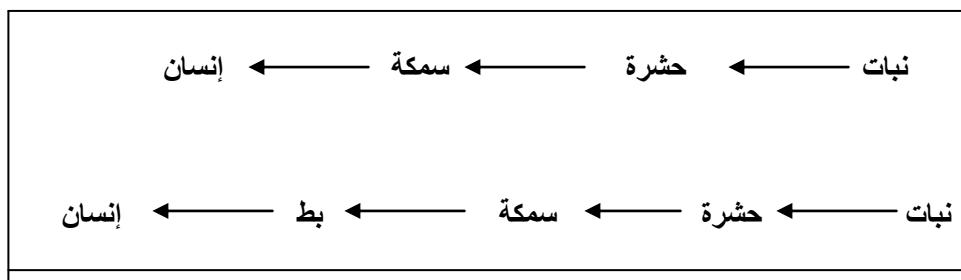
وتبيّن هذه النتائج فيما إذا أراد الإنسان بطريقة ما رفع تعداده على الأرض إلى الحد الأعلى فعليه إن يتغذى على أدنى المستويات في السلسلة الغذائية. فاستهلاك اللحوم على هذا الأساس يعتبر هدراً للسرارات وإن عدداً أكبر من الأشخاص يمكن إعالتهم على غذاء

نباتي مقارنة بغذاء غني باللحوم. وكمثال بسيط لنفترض إن هناك مساحة معينة من الأرض تكفي لإعالة مئة شخص إذا قاموا باستهلاك المحاصيل من الأرض مباشرة.

أما إذا قاموا هؤلاء بتربية قطعان من الأغنام على هذه الأرض بدلاً من ذلك واستمدوا كل ما يلزمهم من سعرات حرارية من لحومها فعندئذ يمكن إعالة حوالي عشرة أشخاص فقط.

#### 2-4.25- سلاسل وشبكات الغذاء

كما لاحظنا فإن السلاسل هي المسالك التي من خلالها تحصل الكائنات الحية وتستهلك وتحول الطاقة والسلسلة الغذائية Food chain هي الوصف الخطي للعلاقات الغذائية الطبيعية القائمة بين الكائنات الحية الموجودة في المستويات الغذائية Tropic levels المختلفة وكما هو مبين في الشكل (4-4) .

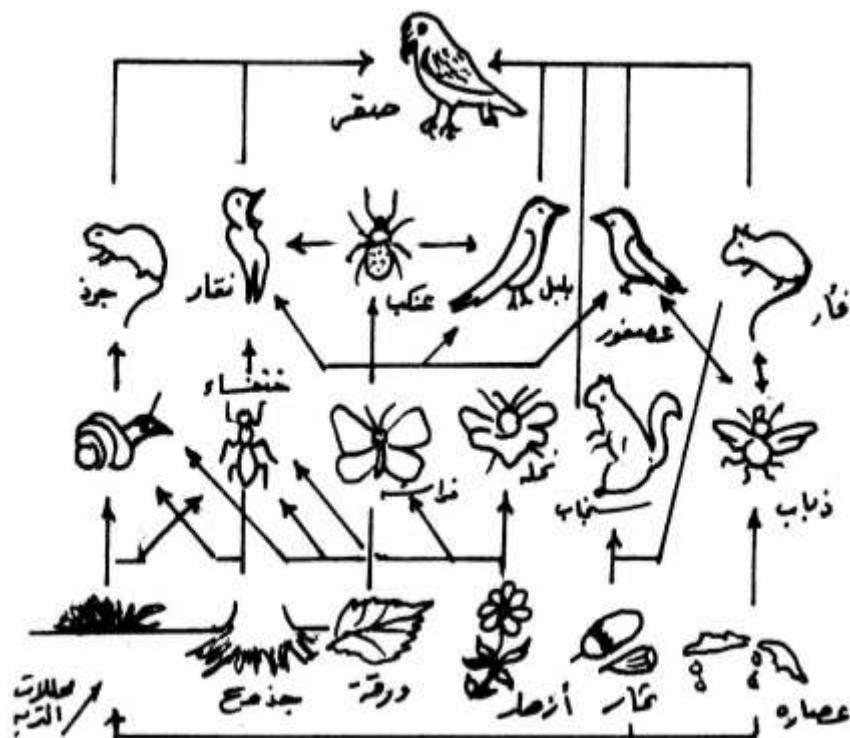


شكل (4-4) : مخطط يبين سلسلة غذائية (أ) مكونة من أربعة مستويات وأخرى

(ب) مكونة من خمسة مستويات غذائية

وييندر أن تحتوي السلسلة الغذائية أكثر من أربعة أو خمسة مستويات، وكما يلاحظ إنها جزء بسيط من مجتمع حيوي كبير من أجل تسهيل دراسة، فصل بشكل تعسفي من شبكة غذائية Food web معقدة متعددة السلاسل والعقد أو الارتباطات .

كل ارتباط داخل سلسلة غذائية قد يرتبط مع العديد من عقد السلالس الغذائية الأخرى وينتج عن ذلك مجموعة معقدة من الروابط الغذائية التي تكون الشبكة الغذائية. ويعطي شكل (5-4) مثلا بسيطا نسبيا لها.



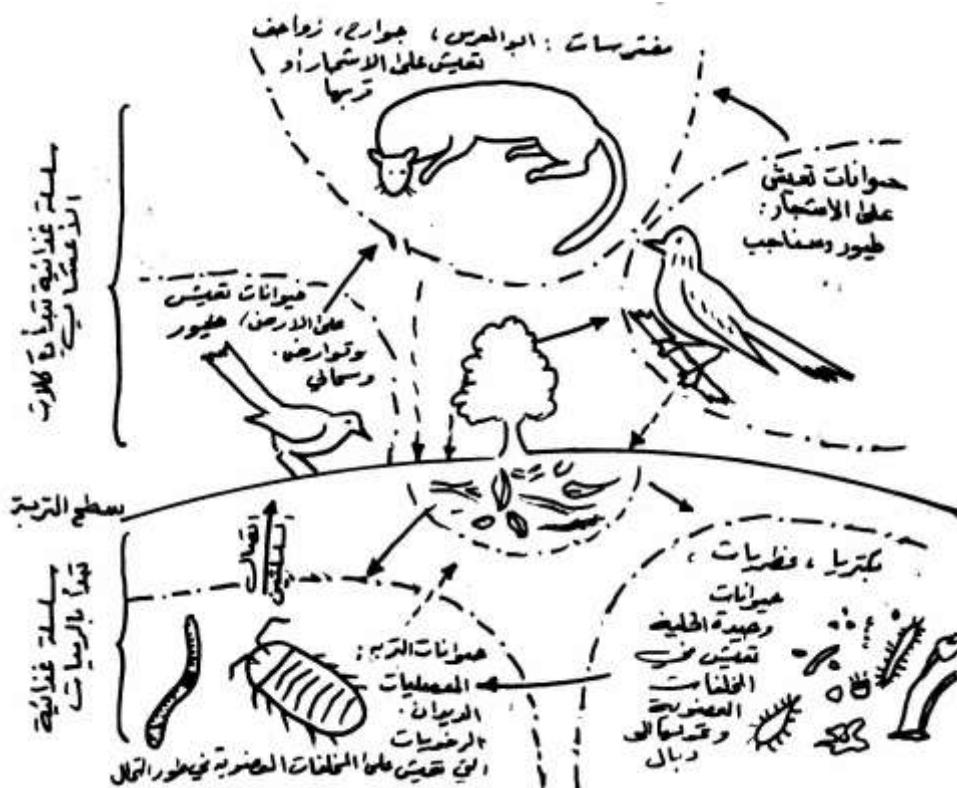
شكل (5-4) : شبكة غذائية في بيئة غاباتية مورقة . الغطاء النباتي يوفر الغذاء للحشرات والقواع  
والثدييات الصغيرة كالسنابج . الصقور والبوم . تمثل آكلات اللحوم العليا

ومن المفاهيم المتفق عليها في علم البيئة انه كلما كانت الشبكة الغذائية لنظام بيئي معين أكثر تعقيدا كلما كان ذلك النظام أكثر استقرارا، أي بمعنى آخر كلما كان التنوع الاحيائى في كل مستوى من مستويات الشبكة عالي فإن عدد الأفراد individuals في كل جماعة population من جماعات المجتمع community أو يميل Bioceneose من أن يكون عدد ثابت تقريبا أمام أقوى المؤثرات الطبيعية شدة .

وعلى العكس حين كانت الشبكة الغذائية بسيطة كلما كان النظام البيئي أكثر تعرضاً للتغيرات الطبيعية شدة مما قد يؤدي إلى انقراض النوع Species أو بعض الأنواع. مثلاً المجتمعات الحيوية في البيئة الطبيعية ( غابات الأمازون ) تكون أكثر ثباتاً واستقراراً ومقاومةً أمام المؤثرات الطبيعية كالأفات والمسايبات المرضية أو التغيرات الجوية المفاجئة التي ممكن أن تؤثر أو ينصب الجماعات الحيوية والعكس في البيئات الزراعية البسيطة من الممكن أن يقضي مؤثر واحد على نسبة عالية من أفراد جماعة من الجماعات القائمة في تلك البيئة، فمثلاً في حقل ذره صفراء آفة واحدة أو مسبب مرضي ممكِن أن يقضي على المحصول.

3-4.26- مصدر الغذاء للسلالس الغذائية وتقسيم الأحياء على أساس المصدر الغذائي لبداً أو انطلاق السلسلة الغذائية فإن هناك نوعين من السلالس الغذائية في البيئات الطبيعية وهي:

أ- سلالس غذائية تبدأ بأكلات الأعشاب: وفي هذا النوع من السلالس كمية الطاقة الشمسية المثبتة من قبل النباتات الخضراء هي التي تحدد كمية الغذاء المنتج في داخل النظام البيئي. على اليابسة السلاسل الغذائية مكونه من أحياء اغلب أو معظم أفرادها تعيش فوق سطح التربة (شكل 4-6).



شكل (4-6): مثال للعلاقات الموجودة بين سلسلتين غذائيتين فوق وتحت سطح التربة

وهي في البيئات الزراعية ممكن أن تكون أنواعها قليلة وأعدادها متغيرة والعكس في البيئات الطبيعية أنواعها كثيرة وأعدادها تقريباً مستقرة أو أكثر استقراراً، والسلسل الغذائية، غالباً ما تكون طويلة ومتراقبة واحدة بالأخرى مكونه شبكة متعددة العقد والمستويات إن هناك عدد قليل من أكلات اللحوم العبيا ( كالكلبيات والسنوريا ) تشغل الجزء العلوي من هذه السلسل، وفي القاعدة عدد الأحياء يتزايد كماً ونوعاً وكلما اقتربنا من القاعدة النباتية ( كالحشرات واللافقريات الأخرى ) وعلى ضوء ذلك فإن كمية الطاقة المفقودة والمخلفات المطروحة تكون متناقصة باتجاه قمة الهرم الغذائي والأحياء أقل عدداً مقاومة للظروف المتطرفة، والعكس باتجاه قاعدة الهرم أكبر عدداً وأكثر مقاومة ( راجع شكل (4-4) و (6-4)).

بـ سلاسل غذائية تبدأ بالرميات أو آكلة المخلفات: وهي ذات أهمية كبيرة من أجل استمرار انتساب الطاقة وتدوير العناصر الغذائية عبر النظام البيئي. في القاعدة توجد المواد العضوية الغير مستخدمة والفضلات المنتجة في السلاسل الغذائية التي تبدأ بآكلات الأعشاب. بعد الموت، بقايا النباتات وجثث الحيوانات تتحلل، والمكونات الكيميائية لأعضائها تعود إلى النظام البيئي ، إضافة إلى إن كميات من المواد العضوية تكون عادتنا مطروحة من قبل الكائنات الحية بشكل افرازات وفضلات. كما وان الأفرع الميتة والأوراق اليابسة تشكل حصصه تغطي سطح التربة. (في البيئات البحرية، بقايا الطحالب والحيوانات البحرية الميتة من الممكن أن تقذف على السواحل أو تسقط في قاع البحر).

هذا التربس الدائم للمخلفات العضوية والذي تلاحظه في جميع الأنظمة البيئية يحول الغذاء لعدد ضخم من الأحياء الصغيرة ذات التوسع الكبير ، تدعى بالمحلات وأخرى تأكل الفتاة العضوي تدعى بآكلات الحتاة أو الرمييات Decomposers والتي بدورها ممكن أن تكون طرائد للمفترسات التي تعيش تحت أو فوق سطح التربة . ويلاحظ في الشكل (4-6) إن اغلب أفراد السلاسل الغذائية التي تبدأ بآكلات الأعشاب تعيش أو تقضى معظم حياتها أو نشاطها على سطح التربة. أما أفراد السلاسل الغذائية التي تبدأ بالرميات أو آكلات الحتاة فالعكس فإنها تعيش أو تقضى معظم حياتها أو نشاطها تحت سطح التربة. وذلك لما توفره التربة لها من ظروف ملائمة لأداء دورها في النظام البيئي.

ومن هنا نلاحظ إن الحياة في التربة هي امتداد للحياة فوق سطح التربة والعكس صحيح ولهذا فإن كل ما يؤثر على الكائنات الحية فوق سطح التربة يؤثر على أحياء التربة في داخلها. والعكس كل ما يؤثر على الأحياء داخل التربة يمتد تأثيره إلى الأحياء

فوق سطحها، وذلك من خلال الترابط الوثيق الموجود بين مجموعتي السلاسل الغذائية فوق وتحت سطح التربة.

بعد أن تعرفنا بشكل موجز على النظام البيئي وعلى مقوماته الأساسية وعوامل تكوين وتطور التربة المترنة وطبيعة الترابط القائم بين أحياء التربة والأحياء الأخرى من خلال الشبكة الغذائية وسلاسل انسياپ الطاقة، فلابد لنا من دراسة هذه الأحياء ولتعرف على أنواعها وطبيعتها ومميزاتها والعلاقات القائمة بينها واستبيان دورها في التربة من حيث إدامة الصفات الخصوبية للتربة ودورها الأساس في الدورات الطبيعية للعناصر الغذائية في النظام البيئي وان أي مؤثر خارجي سواء فيزيائي أو كيميائي أو حيوي يؤثر سالبا على هذه الأحياء سيؤدي إلى تدهور المجتمع الحيوي للنظام البيئي. وهذا ما سنتطرق لدراسة في الفصل القادم.

## **الفصل الخامس**

### **أحياء التربة ودورها في النظام البيئي**

#### **1-5.27 مقدمة**

التربيـة ملـجاً لـأشـكـال لا تـحـصـى من النـبـاتـات والـحـيـوـانـات والأـحـيـاء الدـقـيقـة وهي تـتـرـاـوح من كـائـنـات دـقـيقـة ذات خـلـيـة وـاحـدـة لا تـرـى إـلا بـالـمـكـرـسـكـوب الـإـلـكـتـرـوـنـي إـلـى أـكـبـرـ الحـيـوـانـات الحـفـارـة (رـاجـع شـكـل 6-2) وـلـاحـظ جـوـدـول (1-3). كـما هيـ الـحـالـة معـ الأـحـيـاء فـوـق سـطـح التـرـبـة هـنـاك سـلـاسـل غـذـائـية مـحـدـدـه بشـكـل واـضـح وـتـنـافـس منـ اـجـلـ الـبقاءـ.

وـدـرـاسـة عـلـاقـات هـذـه الأـحـيـاء فـيمـا بـيـنـهـا وـبـيـنـ الوـسـطـ الذـي تـعـيـشـ فـيـهـ، يـسـمـى بـعـلـمـ بـيـئةـ التـرـبـة soil ecology. وـنـظـرا لـاـنـ تـلـوـثـ التـرـبـة يـسـتـهـدـفـ هـذـهـ الكـائـنـاتـ وـذـلـكـ منـ خـلـالـ إـهـلـاكـهـاـ وـالـقـضـاءـ عـلـيـهـاـ، مـاـ يـؤـديـ إـلـىـ إـلـغـاءـ دـورـهـاـ كـحـلـفـةـ أـسـاسـ فـيـ دـورـةـ الـحـيـةـ عـلـىـ الـأـرـضـ وـمـصـدـرـ خـصـوبـةـ أـوـسـاطـهـاـ الـبـيـئـيـةـ وـقـاعـدـتـهـاـ التـرـبـةـ، فـأـنـاـ فـيـ هـذـاـ جـزـءـ سـنـسـتـعـرـضـ بـعـضـ المـصـطـلـحـاتـ الـمـتـعـلـقـةـ بـالـبـيـئـةـ وـالـعـلـاقـاتـ الـقـائـمـةـ بـيـنـ الـكـائـنـاتـ الـحـيـةـ بـشـكـلـ عـامـ، وـأـحـيـاءـ التـرـبـةـ بـشـكـلـ خـاصـ. كـمـاـ سـنـنـاقـشـ أـنـشـطـتـهـاـ الـمـتـنـوـعـةـ كـتـحلـلـ الـمـادـةـ الـعـضـوـيـةـ، هـدـمـ وـتـحـطمـ الـمـبـيـدـاتـ، التـنـافـسـ وـالـاقـرـاسـ، حـفـرـ وـإـثـارـةـ وـتـهـويـةـ التـرـبـةـ، الخـ ...ـ مـعـ بـيـانـ كـلـ مـاـ يـتـعـلـقـ بـالـتـرـبـةـ كـمـصـدـرـ أـسـاسـ لـعـنـاصـرـ غـذـائـيـةـ الـكـائـنـاتـ الـحـيـةـ عـلـىـ الـأـرـضـ وـدـورـ أـحـيـاءـ التـرـبـةـ فـيـ دـورـةـ الـعـنـاصـرـ الـغـذـائـيـةـ فـيـ الطـبـيعـةـ.

#### **1-5.28- النـظـامـ الـبـيـئـيـ وـأـحـيـاءـ التـرـبـةـ**

المـجـمـوعـ الـكـلـيـ لـلـحـيـاةـ عـلـىـ الـأـرـضـ مـعـ مـجـمـلـ أـوـسـاطـهـاـ الـطـبـيعـيـةـ الـمـاءـ وـالـأـهـوـاءـ وـالـتـرـبـةـ تـشـكـلـ الغـلـافـ الـبـيـئـيـ Ecosphere. الغـلـافـ الـبـيـئـيـ بـدـورـهـ مـرـكـبـ منـ عـدـدـ هـائـلـ منـ الـمـجـمـعـاتـ الـاـحـيـائـيـةـ الـمـتـسـانـدـةـ مـعـ أـوـسـاطـهـاـ الـلـاـعـضـوـيـةـ وـمـصـدـرـهـاـ الـطـبـيعـيـةـ وـالـمـسـمـاءـ بـالـأـنـظـمـةـ الـبـيـئـةـ Ecosystems.

كل نظام بيئي له تركيبه الخاصة من الكائنات الحية biotic والمصادر الغير حية resources والتي تعمل لإدامة انسياپ مستمر من الطاقة والعناصر الغذائية. جميع الأنظمة البيئية لها نوعين من الأحياء استنادا إلى مصدر الكربون:

أ- ذاتية التغذية التي تستخدم الكربون اللاعضوي ، بشكل أساسى تحت شكل ثاني اوكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  ، وتدعى الأحياء المنتجة Producers .

ب- متعددة التغذية: والتي تستخدم الكربون العضوي وهي تشمل الأحياء المستهلكة للأحياء المحللة Decomposers . ذاتية التغذية ومتعددة التغذية Consumers تقسم إلى مجاميع استنادا إلى مصدر الطاقة : (1) أحياء ضوئية Phototypes والتي تحصل على الطاقة من ضوء الشمس . (2) أحياء كيميائية Chemotypes وهي تحصل على الطاقة من أكسدة العناصر والمركبات اللاعضوية . وعلى أساس هذا التصنيف فإن هناك ثلاث مجاميع هي الأكثر أهمية في التربة وهي:

- 1 ضوئية ذاتية التغذية وهي تشمل النباتات العليا والعديد من الطحالب.
- 2 كيميائية ذاتية التغذية وهي تشمل البكتيريا المؤكسدة للنتروجين والكربيرت.
- 3 كيميائية متعددة التغذية وهي تشمل الحيوانات العليا Animals والابتدائية Protozoa ، والفطريات fungi واغلب البكتيريا Bacteria

3.29- المنتجون الاساسيون والتربة المنتجون الاساسيون الرئيسيون هي النباتات الوعائية التي تستخدم الطاقة الشمسية لثبتثي ثانى اوكسيد الكربون في عملية التركيب الضوئي. الأجزاء العليا من النبات تجهز الغذاء للمستهلكين والمحليين الذين يعيشون فوق وتحت سح التربة . الجذور، الدرنات، الريزومات والأجزاء الأخرى التي تنمو تحت سطح التربة، كمية قليلة جدا من عملية التركيب الضوئي تحصل عند أو قرب سطح الترب بواسطة الطحالب التي تعتبر النباتات الشائعة في البيئات المائية. وقليل من كمية الكربون اللاعضوي تثبت بواسطة

البكتيريا كيميائية التغذية chemotrophic Bacteria ، التي تستخدم طاقة الأوصى الكيميائية . لذا إنتاجية النظام البيئي على اليابسة هي أساسا قياس صافي عملية التركيب الضوئي ( عملية التركيب الضوئي مطروح منها التنفس ) للنباتات الوعائية.

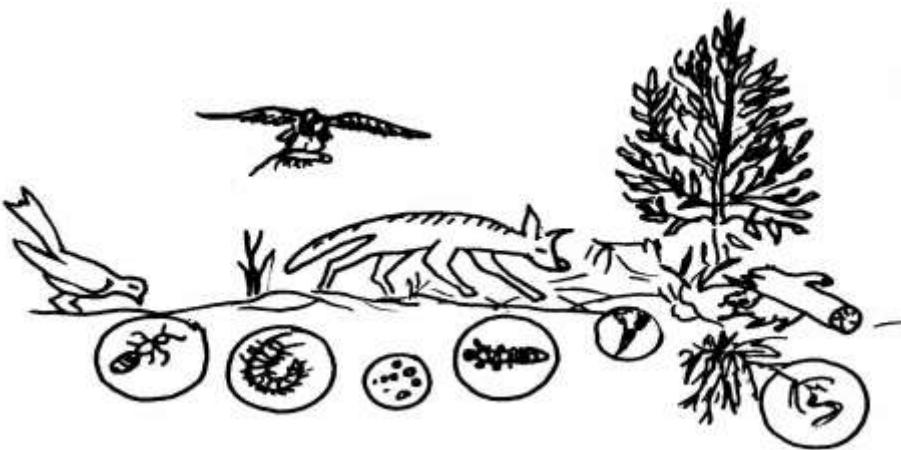
الغابات المطرية الاستوائية هي بيئات الإنتاج الأعظم والصحاري هي بيئات الإنتاج عند حده الأدنى ( شكل 2-1 ) الأنظمة البيئية الزراعية هي البيئات الوحيدة التي فيها يحدد فيها الناس نوع الحاصل المزروع ( المنتوج الأساسي ) .

في حالة الزراعة القائمة على زراعة محصول واحد ، هناك عادة نبات رئيسي واحد ، كما هي الحال في حقل الخطة ، الذرة الصفراء ، البنجر السكري ، عباد الشمس ، أو غيرها من المحاصيل ذات المحصول الواحد .

إنتاجية الأنظمة البيئية الزراعية مختلفة إلى حد كبير نتيجة الاختلاف التربة ، الظروف المناخية ودخلات العمل ، رأس المال ، التقنيات المستخدمة والإدارة . وان الكتلة الحية المنتجة من قبل المنتجون **producers** (النباتات) هي غذاء أساسى للمستهلكين **consumers** والمحللين **Decomposers** و من ضمنهم الإنسان.

4.5.30- المستهلكون والمحللون وأحياء التربة من المعروف إن الأنظمة البيئية يعيش فيها الكثير من الأنواع الاحيائية، ولكن هناك عدد قليل من الأنواع يكون شائع في المراعي والمروج المعشوشبة مثلا، هناك بعض الحشائش تشكل أكثر من 90% من الإنتاج الأولي. وان اغلب هذا الإنتاج الأولي يكون مستهلك من قبل عدد قليل من الحيوانات كالفئران والأرانب.

كما إن الثعالب وقليل من الطيور ومفترسات أخرى تمثل كتلة المستهلكين الثنائيين الذين يتغذون على الفئران والأرانب ( شكل 1-5 ).



شكل (1-5) : أمثلة عن مكونات النظام البيئي من المنتجون والمستهلكون ومحليون ، وأمثلة للكائنات التي تعيش فوق وتحت سطح التربة من عديدة الأرجل وهي مفترسة لأحياء أخرى كالفقاريات التي تتغذى على المواد العضوية المتحللة من قبل البكتيريا ، والديدان المتغذية على الأوراق والبني تودا المتغذية على الجذور

تقريبا كل واحد غرام من الكتلة الحية الحيوانية Animal biomass يكون ناتج عن استهلاك عشر غرام من المادة النباتية وعند تحول المادة النباتية إلى كتلة حيوانية فإن كمية ضخمة من الكربون تعود إلى الغلاف الجوي بشكل ثانوي اوكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  من خلال عملية التنفس كما إن بعض الطاقة تبعث حرارة.

وان اغلب الكربون والعناصر الغذائية الأصلية، إلى جانب ذلك تظهر في الفضلات أو المخلفات البرازية.

النتيجة هو إن المادة البرازية هي مصدر جيد للعناصر الغذائية والطاقة وليس من الغريب على المستهلكين الأوليين وخاصة من أكلات الأعشاب Herbivores أن تدور جزء من فضلاتها فالأرانب مثلا تأكل فضلاتها القديمة عندما يشح الغذاء في الطبيعة والبعض الآخر يأكل فضلاته بحكم الضرورة وذلك كميكانيكية أساسية ووسيلة لتحسين

نوعية غذائها. تدوير الفضلات من قبل الحيوانات قد درست كوسائل اقتصادية لرفع كفاءة الإنتاج الحيواني .

المستهلكون الاوليون يصبحون غذاء للمستهلكون الثانويين وقد يكون هناك مستويات إضافية من المستهلكين (شكل 2-3).

من المحتمل أن المستهلكون يموتون ويضافون إلى التربة إلى جانب المواد البرازية والفضلات والبقايا النباتية غير المستخدمة هذه المواد تستخدم كغذاء لمجموعة في أنفاق وشقوق ومسامات التربة (شكل 1-5) تقريباً جميع الكربون لمثبت في عملية التركيب الضوئي يكون عائداً إلى الغلاف الجوي ثاني أوكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ ، والطاقة تفقد حرارة.

العناصر الغذائية الممتصة أصلاً بواسطة المنتجون الاساسيون (النباتات الوعائية بشكل رئيسي ) تحرر من أجل استخدامها في دورة أخرى من النمو والاندثار الحيوي. النتيجة هو إن الوظيفة الرئيسية لأحياء التربة في النظام البيئي تتركز حول انسياپ وتدوير الطاقة والعناصر الغذائية.

يبعدوا لنا هنا إن التربة المقلب أو المعمل الأرضي لتحلل جميع المنتجات الأولية الغير مستخدمة والفضلات المصاحبة لحياة النبات والحيوان. الكتلة العظمى من المادة العضوية للتربة هي ميّة كما هو يلاحظ من الجدول (1-5) .

**جدول (1-5) :** تقدیرات كمية المادة العضوية على أساس الوزن الجاف ونسبة وعدد الكائنات الحية في هكتار من التربة وعلى عمق 15 سم من ترب المناطق المعتدلة الرطبة (Foth, 1984)

| العدد التقديرية للأفراد | الوزن الجاف |           | المفردة |
|-------------------------|-------------|-----------|---------|
|                         | %           | كغم/هكتار |         |

|                       |         |        |   |
|-----------------------|---------|--------|---|
| -                     | 6       | 120000 | 1. مادة عضوية حية ومتة<br>2. ماده عضوية ميته<br>3. جذور النباتات العليا |
| -                     | 5.28    | 105400 |   |
| -                     | 0.5     | 10000  |   |
|                       |         |        | الأحياء الدقيقة (الابتدائية ) :   |
| <sup>18</sup> 10 × 2  | 0.1     | 2600   | - بكتيريا   |
| <sup>16</sup> 10 × 8  | 0.1     | 2000   | - فطريات  |
| <sup>14</sup> 10 × 6  | 0.01    | 220    | - اكتينومايسينت   |
| <sup>16</sup> 10 × 3  | 0.0005  | 10     | - طحالب   |
| <sup>16</sup> 10 × 7  | 0.005   | 100    | - بروتوزوا  |
|                       |         |        | اللا مفصليات :  |
| <sup>9</sup> 10 × 2.5 | 0.001   | 20     | * النيماتودا  |
| <sup>3</sup> 10 × 7   | 0.005   | 100    | * ديدان الأرض   |
|                       |         |        | المفصليات :   |
| <sup>5</sup> 10 × 4   | 0.0001  | 2      | - الكولمبيولا ( زنبركية الذئب )   |
| <sup>5</sup> 10 × 4   | 0.0001  | 2      | - العثة   |
| <sup>3</sup> 10 × 1   | 0.001   | 20     | - عديدة الأرجل ( مؤوية وألفية الأرجل )                                  |
| <sup>4</sup> 10 × 2.5 | 0.00005 | 1      | - العنكبوتات  |
| <sup>6</sup> 10 × 5   | 0.0002  | 5      | - النمل   |
| <sup>7</sup> 10 × 3.8 | 0.0011  | 25     | - مزدوجة وغشائية، غافية الأجنحة   |
| <sup>7</sup> 10 × 5   | 0.0015  | 35     | - ثنائية ، ومسقمية ، حرشفية الأجنحة                                     |
| <sup>17</sup> 10 × 4  | 0.0005  | 10     | - القشريات  |
|                       |         |        | الحيوانات الفقرية :   |
| <sup>5</sup> 10 × 4   | 0.0005  | 10     | - فأر ، جرذ ، خلد   |
| 10                    | 0.0006  | 12     | - أرانب ، سناجب   |
| أقل من 1              | 0.0005  | 10     | - ثعالب ، الغرير ، دب ، غزال  |
| 100                   | 0.0005  | 10     | - طيور  |

وعليه فالتربة هي معده الأرض " Stomach of the earth " وبدون المستهلكون والمحللون فان إطلاق وتحرير الكربون المثبت لا يمكن أن يحصل وعليه فأن ثانى

اوكسيد الكربون سيستفنذ من الغلاف الجوي وستتوقف الحياة على الأرض بتوقف دورة العناصر الغذائية .

**5.31- أحياe التربة الدقيقة كمحلات**  
الحياة داخل التربة هي مشابهة للحياة فوق سطحها فالمتجون (أجزاء النبات المطمور) والأحياء المستهلكة والمحللة ترتبط جميعها بسلسل غذائية.

أما الاختلاف الرئيسي بين البيئة فوق وتحت سطح التربة هو إن فوق سطح التربة تلعب الحيوانات الدور المهيمن كمستهلكات Consumers أما تحت سطح التربة، فإن الأحياء الدقيقة Microorganisms هي التي تلعب الدور المهيمن كمحلات Decomposers وهي بشكل رئيسي خلايا وحيدة وميكروسكوبية . الدور المهيمن كمحلات للأحياء الدقيقة في التربة يكمل نشاط العديد من الحيوانات المستهلكة الصغيرة الموجودة داخل التربة.

**5.5- بعض مميزات الأحياء الدقيقة**  
الحياة في بدايتها على الأرض كانت مكونة من الأحياء الدقيقة كلا النوعين ذاتية ومتحدة التغذية. دورة الطاقة والعناصر الغذائية كانت قائمة قبل دخول النباتات الوعائية والحيوانات العليا. ليس هناك عجب من أن تلعب الأحياء الدقيقة الدور الرئيسي كمحلات أساسية، وهي تفرز أنزيمات Enzymes والتي هي عبارة عن مواد هاضمة تفرز خارج الخلية، وتمتص المنتجات النهائية لعملية الهضم. هذه الأنزيمات والعمليات الهضمية هي لا تختلف عن تلك التي تحصل في الجهاز الهضمي للحيوانات العليا. ومن هنا فإن دخول أي مادة ملوثة بكمية عالية إلى الوسط التفاعلي سيغير أو يضعف أو يوقف كلها الدور الحيوي لفعل الأنزيمات عند مستوى الجذور الشعرية النباتات العليا (الوعائية) والأحياء الدقيقة لها كثير من النقاط المشتركة، كلاهما يمتص العناصر الغذائية من نفس محلول التربة Soil solution مستخدمة الطاقة لتجميع العناصر الغذائية ضد ضغط

الدرج في التركيز gradient Concentration وكلاهما يتأثر أيضا بدرجات جهد الماء Water potential gradients والوصيل المائي Water conductivite وهي تربط كذلك بنفس الأملاح الذائبة وتنافس على أوكسجين التربة.

لذا فإن جميع الأفعال الملوثة التي تؤدي إلى زيادة جهد الماء أو تركيز الأملاح أو قلة الأوكسجين أو نقص العناصر الغذائية أو غيرها ستؤدي حتما إلى ضعف نشاط الأحياء الدقيقة والنباتات المستفيدة من نشاطها. ومع إن النباتات الوعائية والأحياء الدقيقة تنافس على عوامل النمو في التربة، إلا إنها تعتمد إحداها على الأخرى من أجل دوام استمرارية دورة الطاقة والعناصر الغذائية.

الصفة المميزة الرئيسية للأحياء الدقيقة هي تركيبها البيولوجي البسيط نسبيا. العديد منها وحيد الخلية، وحتى الأحياء متعددة الخلايا التابعة لها تفتقر إلى التمايز في نوع الخلايا والأنسجة مقارنة بالنباتات والحيوانات العليا. وهي أعضاء لمملكة الكائنات البدائية . The protist Kingdom

8. 2-5-5- تقسيم الأحياء الدقيقة  
بشكل عام الكائنات البدائية قسمت إلى بدائيات الدنيا وبدائيات عليا استنادا إلى درجة تعقيدتها:

9. أ- البدائيات الدنيا  
وهي تشمل الطحالب الخضراء المزرقة blue-green algae والبكتيريا Bacteria وهي وحيدة الخلية وأصغر الكائنات الحية وتنتجاوز جميع أحياء التربة الأخرى في عدد أفرادها وأنواعها. وان غرام واحد من التربة الخصبة قد تتضمن أكثر من عشره مiliار  $(10^{10})$  خلية بكتيرية. وأكثر بكتيريا التربة شيوعا ذات الشكل العصوي والتي لا يتجاوز

قطرها الواحد ميكرون ( 1 ميكرون =  $10^{-6}$  متر) أو اقل، وأكثر من بضع ميكرونات طولا. والبحوث قدرت الوزن الحي للبكتيريا بأكثر من 2 طن في الهاكتار الواحد من التربة الخصبة ( جدول 1-5 ).

أغلب بكتيريا التربة هي كيميائية متعددة التغذية chemoheterotrophs وهي تعتمد على اخذ الكربون العضوي، لا تقوم بعملية التركيب الضوئي. هذه الأحياء تلعب دور رئيسي في دورة الطاقة والعناصر الغذائية. بعض البكتيريا القليلة جدا في العدد هي مهمة جدا لنمو النباتات العليا وتكون كيميائية ذاتية التغذية chemoheterotrophs أي تستمد حاجتها من الكربون من ثاني أوكسيد الكربون والطاقة من أكسدة العناصر والمركبات، ومثال ذلك تقوم البكتيريا بأكسدة المركبات النتروجينية المختزلة إلى نترات وأكسدة الكبريت إلى كبريتات.

أغلب بكتيريا التربة تحتاج للأوكسجين ( $O_2$ ) من هواء التربة وهي مصنفة على إنها هوائية aerobes بعض البكتيريا الهوائية تتأقلم لتعيش بوجود أو غياب الأوكسجين، وهي بذلك تكون هوائية اختيارية facultative aerobes. وبكتيريا أخرى لا يمكنها العيش بوجود الأوكسجين وهي بذلك لا هوائية Anaerobes. بكتيريا التربة كذلك تختلف كثيرا في تغذيتها وتجابها مع ظروف الوسط وبالنتيجة تنوع وكثافة البكتيريا تعتمد على تيسير المواد أو العناصر الغذائية والظروف البيئية للتربة.

تناثر البكتيريا عادة بواسطة الاندماج الثنائي وبعضها ينقسم وفي أغلب الحالات كل 20 دقيقة وقد تتضاعف أعدادها بشكل سريع جدا تحت الظروف الملائمة. وقد حسب على إن إذا خلية بكتيريا واحدة قد انقسمت كل ساعة وكل جيل من أجيالها اخذ نفس الوثيره في الانقسام، فإنه سيكون هناك 17 مليون خلية بكتيرية ناتجة خلال يوم واحد فقط. وعلى ضوء ذلك ستكون هناك كتلة بكتيرية تعادل كتلة الكرة الأرضية ناتجة خلال 6 أيام. مثل

هذه المعدلات السريعة من التكاثر لا يمكن أن تكون مستمرة لفترة طويلة بسبب محدودية الغذاء واستنفاد عوامل النمو الأخرى إضافة إلى تراكم المخلفات المطروحة.

إن الطحالب الخضراء المزرقة، هي أساساً خيطية، ولكنها تمتلك تركيب خلوي مبسط كالبكتيريا. وقد صنفت كبكتيريا صوتية ذاتية التغذية أي إنها تزدهر عندما يكون الضوء والرطوبة ملائمين لنموها. وهي تلعب دوراً مهماً في حقول الرز المغمورة. حيث إنها تثبت النتروجين وتطلق الأوكسجين في عملية التركيب الصوتي. النتروجين من المحتمل يستخدم من قبل نباتات الرز والأوكسجين المتحرر يستخدم من قبل الجذور في عملية التنفس كما وأن الطحالب الخضراء المزرقة هي من بين المستعمرات الأوائل للصخور ومواد الأم الحديثة وهي أحد الأطراف الدالة في تكوين الاشنات Lichens.

32. بـ الفطريات- محللات اللكنин الفعالة  
الفطريات تكون متعددة التغذية Heterotrophs وهي تختلف كثيراً في الحجم والتركيب ، بدأ بالخمائر yeasts وحيدة الخلية والاعfan Molds والفطريات الكبيرة المسماة Mushrooms والفطريات تنمو بشكل عام من السبورات بتركيب شبه خطي قد يكون مجزأ أو غير مجزأ بجدران عرضية .

الخيوط المنفردة تدعى بالهيوفa Hypha والكتلة الكثيفة من الخيوط Threads بالميسليم Mycelium والميسليم هو التركيب الفعال الذي يمتص العناصر الغذائية ويستمر بالنمو ومن المحتمل أن ينتج هيوفات خاصة لإنتاج سبورات تكاثرية معدل قطر الهيوفات (الخيوط) حوالي خمسة ميكرون أي ما يعادل حوالي 10-5 مرات قطر الخلية بكتيرية مثالية . الفطريات تمتلك ميزة متقدمة على البكتيريا، حيث يمكنها الغزو والنفوذ إلى داخل المواد العضوية.

إن من الصعب تحديد عدد الفطريات بدقة في الغرام الواحد من التربة وذلك نتيجة لسهولة تكسر الميسليم وتناثر أجزائها. ومع ذلك فقد لوحظ إن واحد غرام من التربة يتضمن بشكل شائع 100-100 متر من الهيفات وعلى أساس كمية الخيوط فقد استنتج من إن الوزن الحي للأنسجة الفطرية يتجاوز أو يساوي للنسيج البكتيري في اغلب الترب.

كنا قد لاحظ كتل الاعفان على الخبز ، القماش ، أو الحاجيات الجلدية وبعض مستعمرات الاعفان تنمو على أوراق النباتات المنتجة مظهر قطني أبيض يسمى مرض التعفن الزغبي. العديد من الفطريات تمتلك مميزات مظهرية مشابهة للنباتات العليا. فطر الرايزوبس Rhizopus عفن شائع في التربة وعلى الخبز له ما يشبه الجذور وهي تراكيب ماصة تسمى بالجذير Rhizoids والتي تغزو المادة التي ينمو عليها العفن . الخيوط ( hyphae ) التي تمتد على سطح المادة Substrate تسمى بالمدادات أو السيقان zahaf Stolons. سويف أو خويط شبيه بالساق ينشأ من المدادات يحمل ابواغ سبورية بخلاف النباتات العليا أو الوعائية ، حيث الفطريات لا تمتلك خشب متخصص أو نسيج لحائي موصل.

الفطريات مهمة في جميع الترب وتحملها للظروف الحامضية يجعلها مهمة جدا وخاصة في ترب الغابات الحامضية البقايا الخشبية الساقطة على ارض الغابة تعتبر مصدر غذائي لبعض الفطريات التي هي المحللات الفعالة للمواد للكينة ( Lignin ) في سلسلة جبال النيفادا هناك فطور المشروم الضخم الذي تسمى بمحطم القطارات او قطر الـ ( Tra in wrecker ) حيث انه ينمو بكثافة على وسادات سكاف الحديد المصنوعة من الخشب رغم إنها مطلية بمادة الـ creosote المستخرجة من القطران. أما الخمائر فهي فطريات، وتتوارد في الترب وبكميات محدودة فقط ولا يعتقد إن لها أهمية كبيرة في تطوير التربة او نمو النباتات العليا.

#### ج. الاكتينومايسين او البكتيريا الشبيهة بالفطريات

و هي تتحل موضع بين البكتيريا والفطريات ومن وجهة النظر الشكلية. و عادة ما يقال لها الفطريات الشعاعية Ray fungi او بالبكتيريا الخيطية Thread bacteria . والاكتينومايسية تشبه البكتيريا من حيث إنها تمتلك نفس البناء الخلوي و نفس حجم القطع العرضي وهي تشبه الفطريات الخيطية من حيث إنها تنتج شبكة خيوط متفرعة. العديد من هذه الكائنات تتكاثر بواسطة السبورات، وهذه السبورات تكاد أن تكون مشابهة جدا إلى الخلايا البكتيرية.

هذه الأحياء تكون موجودة بكثافة كبيرة في التربة. وهي تشكل أكثر من 50 % من المستعمرات النامية في أطباق تحتوي على وسط نمو اصطناعي قد تم تلقيه بخلاصة تربة . و عدد الاكتينومايسية قد يتراوح بين مليون و 36 مليون في الغرام الواحد من التربة.

أما من حيث الوزن الفعلي للمادة الحية في الهكتار الواحد ، فهي قد تتجاوز وزن البكتيريا . ولكنها لا تبلغ وزن الأنسجة الفطرية.

#### د. الطحالب

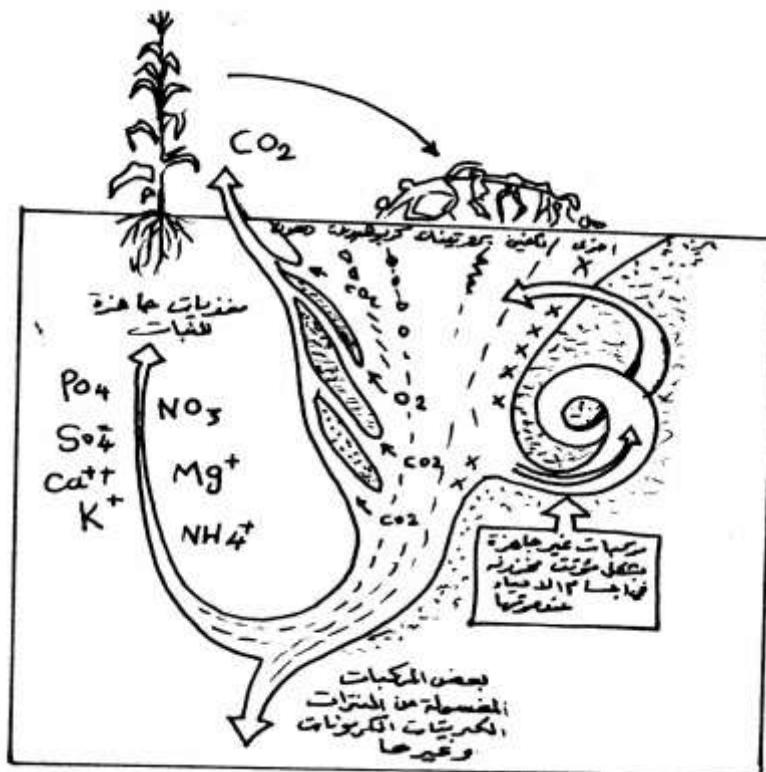
الطحالب تظهر تنوع هائل في الشكل والحجم، يتراوح من أحياء وحيدة الخلية ذات قطر حوالي 5 إلى 10 مره اكبر من البكتيريا إلى أعشاب البحر Kelps الذي يزيد على 30 متر طولا. كذلك الطحالب هي أكثر النباتات التي تعيش في الماء أهمية ولكنها ذات أهمية قليلة في الترب. الطحالب الأكثر شيوعا في التربة هي وحيدة الخلية أو الخيطية الصغيرة الطحالب بشكل عام موزعه في الطبقة السطحية من التربة عندما يكون الضوء والرطوبة ملائمين. قليل من الطحالب تتواجد تحت سطح التربة و عند غياب الضوء يظهر إنها تكون عضوية التغذية.

#### هـ. البروتوزوا

و هي حيوانات ابتدائية وحيد الخلية تظهر تنوع كبير. و بروتوزوا التربة تعيش في الغشاء المائي الذي يحيط بدقايق التربة، بمعنى إنها أحياء مائية aquatic organisms و عندما تجف التربة و الغذاء الجاهز يصبح شحيح والظروف تكون قاسية البروتوزوا تتکيس و عندما تصبح الظروف ملائمة تعود لنشاطها من جديد . بروتوزوا التربة أحياء مفترسة إلى حد كبير، تتغذى على بكتيريا التربة، كذلك بعضها يتغذى على الفطريات والطحالب والمادة العضوية الميتة. وهي أيضاً كثيرة العدد في التربة وبيدو إن لها تأثير ضعيف في عملية تحلل المادة العضوية وعلى النشاط البكتيري في التربة.

2-5.5.10- التوزيع العمودي للأحياء الدقيقة في التربة سطح التربة هو منطقة التماس بين المحيط الصخري والغلاف الجوي و عند أو بالقرب من هذا السطح، كمية مادة الحياة هي أعظم مما عند أي منطقة تحت أو فوق بعيدة عن هذا السطح. و كنتيجة لذلك، فإن الأفق السطحي (horizon - A) يحتوي على كثير من الحطام العضوي الذي يستخدم كغذاء للأحياء الدقيقة، منه في الأفق تحت سطحي (horizon - B) أو الأفق العميق (horizon - C).

وكذلك هناك عوامل بيئية أخرى تؤثر على نشاط و عدد الأحياء الدقيقة إلى جانب وفرة المواد الغذائية والطاقة، و كحقيقة فإن أعظم عدد للميكروبات تكون موجودة عند الأفق (A) أو السطحية (شكل 2-5).



شكل (2-5) : مخطط تمثيلي لعملية تحلل المادة العضوية ودورة العناصر الغذائية

بين الغطاء النباتي والتربة (In Foth, 1984)

## 5-6- حيوانات التربة

كمستهلكون و محللون consumers and Decomposers لربما النباتات العليا يمكنها أن تنمو و تجهزنا بالغذاء ، والأحياء الدقيقة يمكنها أن تدور جميع العناصر الغذائية دون مساعدة حيوانات التربة ، ولكن حيوانات التربة مع هذا مهمة جداً أو عديدة (جدول 2-1) وتلعب دوراً مهماً في تحلل المادة العضوية والإسراع في تدويرها ومسؤولتها عن العديد من خواص التربة الخصوبية سواء الفيزيائية أو الكيميائية وتجديدها كالمسامات الكبيرة Macropores التي تسهل حركة الماء والهواء وانتشار جذور النباتات في جسم التربة وتفتيت وتوزيع المادة العضوية و زراعتها بالأحياء الدقيقة وخلطها بالمادة المعدنية

للترابة وكما إنها تحسن من بناء التربة وذلك بخلق وحداتها البنائية الثابتة وجعلها ملائمة النمو أحياe التربة الدقيقة وخاصة تلك المثبتة للتروجين والميسرة للعناصر الغذائية وهناك العديد من هذه الأدوار المهمة لهذه الحيوانات . وكمستهلكات ومحللات فان التيماتودا Nematodes والنباش الأبيض ( White grubs ) هي مستهلكات أولية ممكن أن تتغذى بشكل واسع على جذور النباتات الوعائية . والمستهلكون الثانويون والثالثيون والتي تتضمن الحيوانات المفترسة كالعثة Mites وذات المئة رجل Centipedes والنمل Ants والخلد Moles وغيرها الكثير . وبذلك يمكن أن تتكون سلسلة غذائية من جذور النباتات والنيماتودا والعثة وعديدة الأرجل وان اغلب حيوانات التربة هي مستهلكة تتغذى على المطروحتات الميتة والمحطمة وهي تشمل القفازات Springtails ، البقة النادرة Slugs وذات الألف رجل Millipodes والعثة والبيزاقات Sowbugs وديدان الأرض Aart worms وحشرات التربة المختلفة . وحيوانات التربة يمكن أن تعتبر مستهلكة ومحللة حيث إنها تأكل أو تبتلع المادة العضوية وبعض التحلل لهذه المادة يحصل إثناء عملية الهضم لها .

#### 1-6-5.11 - النيماتودا – مستهلكات متطفلة

النيماتودا هي ديدان معظمها ميكروسكوبية الحجم ( لا ترى بالعين المجردة ) ومن الحيوانات الأكثر انتشارا في التربة وعلى أساس متطلباتها الغذائية ، يمكن تميز إلى ثلاثة مجامي : :

(1) المتغذية على حطام المادة العضوية . (2) المتغذية على ديدان الأرض وعلى أنواع أخرى من النيماتودا والطفيليات النباتية والبكتيريا والبرتوزوا ومشاكلها . (3) وتلك التي تغزو جذور النباتات العليا وتظل جزء من دورة حياتها منظمرة فيها النيماتودا أحيانا تطلق عليها بالديدان الثعبانية Eelworms وهي ذات شكل مدبب مغزلي وعادة مقدمتها مدبة .

تحت العدسات البينية ذات قوة تكبير 10 مرات، تظهر الديدان على شكل خيطي شفاف النيماتودا تفقد الماء بسرعة من خلال جلدها وهي تعيش بشكل رئيسي في الأغلفة المائية المحيطة بدقاقي التربة وجذور النباتات وعندما تجف التربة أو أي عامل آخر يصبح غير ملائم لتكاثرها عندما تصبح الظروف ملائمة مرة أخرى.

النيماتودا المتطفلة تعتبر أكثر اهتماماً من الوجهة الزراعية ، حيث إنها تهاجم العديد من النباتات كالطماطة والبزالي ، الجزر ، والحمضيات وأشجار الفاكهة وكثير من النباتات الزراعية الأخرى. النيماتودا المتطفلة تمتلك نهاية مشابهة للابرة تدعى بالستيلات (Stylet) تستخدم لثقب الخلايا النباتية وامتصاص محتوياتها . وهي تعتبر حيوانات خطيرة جداً في تربة الزراعة المحمية. الدور الرئيسي لأنواع أخرى من النيماتودا هو تحطم وتحليل المادة العضوية وبعضها مفترسة لأحياء وكائنات مرضية أصغر منها كالبكتيريا والبرتوكرو و لأنواع أخرى من النيماتودا المتطفلة على النباتات والأحياء الأخرى لذا فإن أنواع من النيماتودا مفيدة ضمن التنافس الطبيعي والظروف الصحية للتربة تؤدي دورها ضمن التوازن وخاصة في عملية القضاء على الكائنات المسببة لكثير من الأمراض والخسائر الاقتصادية. وإذا ما استثمرت هذه الميزة فإنها تعتبر ضمن طرق المكافحة البيولوجية.

#### 5.12-2- ديدان الأرض

مستهلكة و مازجة للتربة: ربما هي أفضل مجموعة من الحيوانات الأكبر التي تقطن التربة هي ديدان الأرض المعروفة بشكل شائع ، والتي يوجد منها عدة أنواع هذه الأحياء تفضل وسط رطب غني بالمادة العضوية ومحتوى وافر من الكالسيوم الميسر. و كنتيجة لذلك لوحظ إن أعداد ديدان الأرض مزدهرة في الترب ذات النسجة الناعمة الغنية بالمادة العضوية ذات الحموضة المعتدلة، وهي تتواجد بشكل صحيح جداً في الترب الرملية الحامضية والمنخفضة المحتوى من المادة العضوية. من الواضح جداً إن عدد ونشاط

ديدان الأرض يختلف كثيراً من موقع لآخر، كما هي الحال مع أحياط التربة الأخرى حيث إن عدد ديدان الأرض تتراوح مابين أقل من مئة في الأرض الزراعية إلى أكثر من مليون في أراضي المراعي والمروج المعشوشبة وقد قدر وزن ديدان الأرض الموجود بشكل شائع بـ 200 إلى 1000 كيلو غرام للهكتار الواحد.

ومن الأنواع الشائعة لديدان الأرض في ترب المناطق المعتدلة وشبه الجافة نوع يسمى *Lumbricus terrestris* وهي قد نقلت من أوربا إلى الولايات المتحدة. وهذه النوع من الديدان يعمل أنفاق سطحية ويتجذب على المواد النباتية المتحللة، بعض المواد النباتية تسحب إلى الأنفاق لتحضيرها وجعلها جاهزة للغذاء وهناك أنواع أخرى من ديدان الأرض تتغذى على المادة العضوية الموجودة في التربة والفضلات أو مزيج الدقائق المعدنية والمادة العضوية للتربة تطرح فوق وتحت سطح التربة فالمزيج الجيد لمواد التربة أو خلق قنوات وأنفاق وإنتاج كتل ترابية على شكل حبيبات غنية بمواد العضوية ستجعل التربة جسم مفتوح ومسامي تسهل فيه حركة الماء والهواء مما يزيد من نشاط الأحياء الدقيقة المسئولة عن أكسدة المادة العضوية وتيسير العناصر الغذائية للنبات وتسهل عملية انتشار الجذور وزيادة مسامية استثمارها للتربة.

ديدان الأرض تتلافي الأراضي المشبعة بالماء أو الغدقة وإنها تموت إذا ما تعرضت إلى أشعة الشمس المباشرة عند خروجها نتيجة تغدق التربة، وذلك نتيجة لتأثيرها بالأشعة فوق البنفسجية. الأرض الزراعية عادة فقيرة بديدان الأرض نتيجة لتأثيرها الشديد بأفعال الزراعة كالحراثة المستمرة والعميقة، رش المبيدات ، إضافة الأسمدة الكيماوية ، وإفقار التربة من موادها العضوية ، تغدق وتملح التربة ، الخ .

كما وان هذه الكائنات تتأثر كثيراً بالتلويث الحاصل نتيجة الأمطار الحامضية، و دقائق الغبار الحاملة للمواد الكيميائية السامة والأملاح المضرة والعناصر المشعة.

#### 4-6-5.13 المفصليات المستهلكة ولمحله

المفصليات تشكل نسبة عالية من حيوانات التربة. وهي تمتلك هيكل خارجي وأرجل مفصالية . اغلبها تمتلك ما يشبه القلب وجهاز الدوران ، عادة جهازها عصبي متتطور التركيب . والمفصليات الاكثر انتشارا هي الفقازات والعثة. ومفصليات أخرى تشمل العناكب ، والحشرات (بضمنها اليرقات) وذات المائة رجل والألف رجل ، قمل الصوف ، الواقع أو الحزوون ، والرخويات وستنافس فيما يلي بعض الأنواع أكثر أهمية :

#### 14. أ. الكولليميولا ( ذات القضيب الفرائي )

أو ذوات الذنب الزنبركي وهي حشرات بدائية اقل من 1 مليمتر طولا ، تمتلك عضو يشبه الزنبرك تحت نهايتها الخلفية يسمح لها بالقفز وهي توجد في كل مكان ابتدءاً من القطبين إلى خط الاستواء والأفراد غالبا ما توجد متجمعة معا بأعداد كبيرة فوق أو تحت سطح التربة أو بين الأعشاب أو في المواد العضوية المتحللة أو تحت قلف الأشجار وأغمام السيقان أو داخل أعشاش النمل الأبيض وقد لوحظ إن الهكتار الواحد من أراضي المراعي الخضراء يأوي حوالي 920 مليون فرد ابتدءاً من سطح التربة والعمق 20 سم ، وتلك التي تعيش في الطبقات السفلية من المادة العضوية وهي الاكثر بدائية ولا تمتلك عيون ولا صبغة . قائمة أعدائها تتضمن العثة ، الخناكس الصغيرة ذات المائة رجل والعناكب الصغيرة .

#### بـ- الحلم

مستهلكات نباتية وأكلات لحوم . ( العناكب ) Mites هذه الكائنات تتبع صنف العنكبوتات ( Arachnida ) وهي تشمل كائنات صغيرة معظمها لا يصل طولها إلى أكثر من مليمتر واحد وقد يصل البعض إلى أحجام تزيد عن مليمتر في القراد يصل الطول إلى 3 مليمتر أو أكثر . ويحمل الحيوان الكامل بصفه عامه أربعة أزواج من الأرجل وليس لها قرون استشعار وتشمل على العديد من المجموعات التي تظهر تباينا واسعا في السلوك الغذائي كما إنها تنتشر في كثير من البيئات والموطن على الأرض

وفي الماء . والحلم هي أكثر حيوانات التربة التي تتردد على الهواء انتشارا. بشكل عام جسمها يشبه الكيس ذو زوائد ناتئة وهي مرتبطة بالعناكب. اغلب الحلم تتغذى على الحطام العضوي الميت ولجميع أنواع الكائنات ذات التركيب الخطي (hypae) كالفتريات وسبوراتها. بعض الحلم مفترسه وتتغذى على النيماتودا وبيوض الحشرات ، وحيوانات صغيره أخرى . كالكولمبيولا (collembola) . أنشطة الحلم تتضمن تحطيم وتحلل المواد العضوية ، نقل وتحريك المواد العضوية إلى الطبقات العميقة من التربة وإدامة أنفاق وحيز مسامي يسهل حركة الماء والهواء في التربة.

ويلاحظ هنا إن لهذه الكائنات أدوار إيجابية في الحفاظ على التوازن الحيوي لما تمتاز به من كفاءة افتراس للكائنات الأخرى التي من الممكن أن تصبح آفة زراعية إضافة إلى مشاركتها الفعالة في إدامة الدورة البيوجيكيميائية للعناصر الغذائية من خلال مساحتها في عملية تحلل المادة العضوية ونشاطها الميكانيكي المحسن لخواص التربة الفيزيائية والكيميائية الأخرى وان كل هذه الأدوار الإيجابية لهذه الكائنات من الممكن أن تخسرها التربة ونظمها البيئي عند تعرضها إلى عوامل التلوث والهدم بفعل النشاط الإنساني والممارسات الزراعية غير المدروسة.

### ج- عديدة الأرجل

وهي تشمل أكلات العشب من ذوات الألف الأرجل وأكلات اللحوم من ذوات المائة رجل. وهي الكائنات مستطيلة والى حد ما اكبر حيوانات التربة وذات عدة أزواج من الأرجل. وهي شائعة في ترب الغابات وتتوارد تقريبا تحت كل حجارة وفي كل موقع يمكن أن تختبئ فيه وذوات الألف رجل لها العديد من أزواج الأرجل . تتغذى على المواد النباتية الميتة أو المواد العضوية المتعرجة أي إنها أحياe آكله أفعان ( Sarcophagus ) وبعضها يرعى خيوط ما يسليا ( Mycelia ) الاعغان. أما ذوات المائة رجل فهي تمتلك عدد اقل من الأرجل مقارنة بذوات الألف رجل كما وإنها

مستهلكات لحوم حيث تهاجم وتأكل غالباً أي حيوان من أي حجم يمكنها أن تسيطر عليه. إضافة إلى أنها والى حد ما كبيرة الحجم مقارنة بالحلم والكولامبولا *collembola* فان أعدادها قليلة في التربة وهذا حال جميع المفترسات العليا في الطبيعة.

33- اليرقات البيضاء - مستهلكات الجذور  
في بعض الحالات يرقات الحشرات تلعب دوراً أكثر أهمية في التربة من الحشرات البالغة وكما هي الحال مع يرقات البيضاء وهي يرقات خنافس مايس أو البق الأصفر ذات شكل مكور أبيض حوالي 2 إلى 3 سنتيمتر طولاً وتكور جسمها متعددة شكل حرف C عندما تزعج بالمس. رأسها أسود مع ثلاثة أزواج من الأرجل واقعة خلف الرأس مباشرة وهي تتغذى أساساً على جذور الحشائش مسببة بقع ميتة في المروج المعشوشبة هناك أنواع كثيرة من النباتات التي تهاجمها هذه اليرقات مما يجعلها آفة زراعية ذات أهمية اقتصادية كبيرة وخاصة إذا ما كان هناك حيوان الخل الذي يتغذى على هذه اليرقات مما يؤدي إلى حدوث أضرار كبيرة بوجود هذه البراقات.

#### هـ ) النمل وأنشطته

كل الناس قد عرّفوا نشاط ديدان الأرض وأهميته ولكن أنشطة النمل قد تكون أكثر أهمية وخاصة في المناطق الحارة هو كائن موجود في كل مكان يقوم بعمل نطاق من التلول التربوية حول مناطق تواجد أعشاشه وقد قدر عدد التلول التربوية للنمل بمقدار 50 تلة في الهكتار الواحد وبقطر 4 متر لكل تلة وهذا يعادل تقريباً 6% من المساحة الكلية. والنمل كما هو معروف ينقل كميات كبيرة من مواد الآفاق التحتية إلى سطح التربة وبعض روابي النمل تصل إلى أكثر من 1 متر ارتفاعاً و 3 متر قطرها. ودور النمل هنا يماثل دور ديدان الأرض في جلب الأتربة لخلق آفاق سطحية داكنة اللون سميكه تنتهر داخلها (الصخور والأشياء الأثرية المطروحة على سطح الأرض). لاحظ إن معدل التربة المطروحة من قبل هذه الكائنات في أراضي المروج تتراوح مابين 4 و 6 طن لكل

هكتار من التربة الناعمة الغنية بالمادة العضوية وهذا ما يعادل طبقة من التربة سماكها 2.5 سم . أراضي المراعي أوضحت انه النمل يجلب التربة من حوالي 2 متر عمقا ويبني على السطح روابي بارتفاع 15 سنتيمتر وبقطر 30 سنتيمتر. علاوة على إن المساحة المغطاة بهذه الروابي قدرت بحوالي 1.7 % من المساحة الكلية وإذا ما قدر معدل حياة الرابيبة بمقدار 12 سنه فان الزمن اللازم لتغطية سطح التربة بكامله بروابي النمل كل 600 سنه وقد لوحظ في أراضي المراعي المعشوشبة إن خلط مواد Bt الغني بمعادن الطين مع مواد الأفق السطحي ( horizon A ) هو ناتج عن حركة معاكسة لعملية الغسل الحاصلة بفعل الماء لهذه المواد التي تقوم بها الكائنات الحية وخاصة النمل ويدان الأرض وهذا ما يفسر زيادة النسبة المئوية لمعادن الطين في الأفق السطحي عنه في الأفق العميق من التربة.

#### و ) النمل الأبيض

وهو يتکاثر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، ويظهر تنوع كبير في تغذيته وسلوکه المعاشی ، البعض يتغذى على الخشب أو المادة العضوية المطروحة ، وآخر يزرع الفطريات . كما وان في أمعاء بعض أنواع النمل الأبيض تتواجد البروتوزوا التي تساعده على هضم المواد الخشبية. وبعض الأنواع تبني أعشاش ضخمة قد يصل ارتفاعها إلى أكثر من 3 متر وقطرها قد يصل إلى 15 متر. وغالبا ما تكون روابي النمل الأبيض ذات حجوم صغيره وأعشاشها ذات ممررات سطحية تسمح له بالتنقل من اجل البحث عن الغذاء. وقد يصل موقع المواد الترابية التي يجلبها إلى السطح إلى عمق أكثر من 3 متر وهذه المواد الترابية غنية بالسيقان النباتية والفضلات العضوية، تطرح عند السطح بشكل روابي ترابية. إضافة إلى الأنفاق التي تجعل من التربة وسط مسامي يسهل حركة الماء والهواء فيه وهذا يفسر خصوبة الأراضي المشغولة بروابي النمل بصورة عامه. إضافة إلى نشاطه الميكانيكي المتميز حفر الأنفاق والأعشاش فانه يقوم ب搣طيط وتنعيم المواد النباتية وتحضينها وزراعة الاعفان والفطريات التي يتغذى عليها مما يسرع في تحللها. وبهذا فانه هذه الكائنات تساهم مساهمه كبيرة في استثمار الطاقة المخزنة في المواد النباتية

وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية تثير التربة وتغنيها بالمواد العضوية وتجعلها أكثر ملائمة لنمو جذور النباتات وقدرة في حفظ وإمداد النبات بالماء والعناصر الغذائية.

#### 7.5.34 العلاقات القائمة بين الأحياء الدقيقة وحيوانات التربة وتحلل المادة العضوية

الأحياء الدقيقة وحيوانات التربة تعمل جنباً إلى جنب كمجموعة واحدة بدأ من تساقط الأوراق والمخلفات النباتية الأخرى على الأرض وحتى مراحل متقدمة من تحلل المواد العضوية. كالحيوانات تعمل على تقطيعها وتنعيمها بالفعل الميكانيكي أثناء عملية القضم مما يؤدي ذلك إلى رفع المساحة السطحية المتاحة لنمو الأحياء الدقيقة وزيادة كفاءتها في تحلل المواد العضوية. كما وأن الحيوانات خلال عملية ابتلاع الطعام النباتي أو الحيواني تقدم بابتلاع الأحياء الدقيقة وخاصة البكتيريا التي تواصل عملية تحلل المادة العضوية داخل جهازها الهضمي للحيوانات. هذه العملية تجعل درجة الحرارة ورطوبة ومواد إفرازية منشطة لنموها وتكاثرها داخل جهازه الهضمي. كما وأن الفضلات التي يطرحها الحيوان من عملية الهضم هي غذاء ووسط ملائمة لنمو كثير من الأحياء الدقيقة التي تكمل عملية التحلل لهذه المواد.

ومن هنا نلاحظ إن هناك تناوب بين فعل الأحياء الدقيقة وحيوانات التربة في هضم وتحلل المادة العضوية من أجل أن تستهلك الطاقة اللازمة للأداء نشاطها المطلوب في النظام البيئي الذي من أجله خلقت.

وهنا يمكن القول إن كفاءة استخدام الطاقة المخزونة بالغذاء المنتج في وسط بيئي لأعماره تتناسب مع تنوع وعدد الأحياء العاملة التي تعيش في ذلك الوسط، أي كما ذكرنا كلما زاد عدد مستويات وسلالس الشبكة الغذائية. حيث أنه في كل مرحلة من مراحل استهلاك الغذاء هناك مجموعة من الأحياء ستساهم بتحول جزء من الطاقة المخزونة فيه إلى طاقة حركية ونشاط يؤدي إلى فعل مؤثر في الوسط الذي تعيش فيه. وأن هذه الحركة

أو النشاط من الممكن أن تكون أفعال تحسن من ظروف الوسط الفيزيائية كزيادة مسامية التربة لتسهيل حركة الهواء والماء وانتشار الجذور. وخلط المادة العضوية بالمادة المعدنية وخلق وحدات بنائية ثابتة تسهل عملية تحلل المادة العضوية وتكون معقد التبادل الابواني، معدنه المادة العضوية تجوية الصخور والمعادن لتحرير العناصر الغذائية والى ما لذلك من أفعال تزيد من خصوبة التربة وترفع من إنتاجية النظام البيئي. من خلال زيادة كمية ونوعية العناصر المشتركة في الدورة الطبيعية لثبتت الطاقة.

#### 8-5.35- دور العناصر الغذائية

دور حيوانات التربة هي تبادل العناصر الغذائية بين الكائنات الحية والمكونات الغير حية إلى النظام البيئي . هناك عمليتين أساسيتين متعاكستين في هذه الدورة الأولى التثبيت immobilization وهي عملية اخذ ايونات العناصر الغذائية وإدخالها في تركيب المادة العضوية وبشكل أساسي من قبل النباتات الخضراء والثانية المعدنة mineralization وهي عكس الأولى أي تحويل العناصر الغذائية في المادة العضوية إلى ايونات معدنية وبشكل أساسي عن طريق الأحياء الدقيقة وبمساعدة حيوانات التربة .

إن المادة العضوية المضافة للتربة تتضمن الدهون الكربوهيدرات والبروتينات والكتين وغيرها وان خلط هذه المركبات العضوية مع التربة يحفز إلى حد كبير نشاط حيوانات التربة وأحياناً الدقيقة . وحين بدأ عملية التحلل فإن المواد سهلة الهضم (الكربوهيدرات والبروتينات) هي التي تخفي بسرعة نتيجة لسهولة استهلاكها من قبل جميع أحياء التربة أما الكتين فيترك للفطريات التي هي أكثر قدرة على تحلله خلال عملية تحلل البقايا النباتية . أحياء التربة تستخدم الكربون والطاقة وعناصر أخرى في بناء أجسامها ولكن سرعان ما تموت هذه الأحياء وتعود مواد أجسامها إلى التربة وتصبح هدفاً لمحلول آخر وهكذا فإن صافي فعل عملية التحلل في النهاية هو تحرر الطاقة و انطلاق ثاني اوكسيد الكربون وتكوين الماء وظهور كل من النتروجين بصورة امونيوم ( $\text{NH}_4$ )

ونترات ( $\text{NO}_3$ ) والكبريت وبصورة كبريتات ( $\text{SO}_4$ ) والفسفور بصورة فوسفات ( $\text{PO}_4$ ) والعناصر الأخرى بصورة أيونات بسيطة كالـ  $\text{K}^+$  ،  $\text{Ca}^{2+}$  ، الخ ) وان اغلب هذه الأشكال من العناصر هي جاهزة للدخول في دورة نمو أخرى .

وبهذا فإن الدورة تديم عملية إعادة استخدام العناصر الغذائية من قبل النباتات لثبيت الطاقة الشمسية وتجهز الغذاء للكائنات الحية التي تستهلكها لبناء أجسامها والحصول على الطاقة اللازم لأداء وظائفها الفسيولوجية المختلفة في النظام البيئي. وان صافي الفعل التكراري لهذه العملية هو تعاظم إنتاجية النظام البيئي من الكتلة الحية وتزايد استقراره. بمعنى تزايد تنوع الكائنات الحية المكونة للشبكة الغذائية في النظام البيئي.

وان دور أحياء التربة وخاصة حيواناتها هو أساس لتزايد الإنتاج في النظام البيئي من خلال ما يقوم به من فعل يزيد من سطح التلامس بين مكونات التربة الغير حية المتمثلة بالدقائق المعدنية والمادة العضوية والماء والهواء من جانب، والحياة المتمثلة بالأحياء الدقيقة (المحللون) وجذور النباتات العليا (المنتجون). حيث تقوم حيوانات التربة كما ذكرنا بتقطيع وتنعيم المواد العضوية مما يسهل مهاجمتها بالأحياء الدقيقة وخلطها بالدقائق المعدنية التي تتحدد بفعل النشاط الميكروني محررة بذلك عناصر غذائية إضافة إلى ما تحرر من تحلل المادة العضوية. كما وان الحيوانات تقدم وحدات بنائية وأنفاق تسهل حركة الماء والهواء مما تؤدي إلى توفير ظروف فيزيائية وتقاعلات كيميائية وحيوية تحفز انتشار الجذور لامتصاص الماء وما يتيسر من عناصر غذائية لإعادة تدويرها. وعليه فإن الأضرار بحيوانات التربة هو الأضرار بكفاءة الدورة الطبيعية للعناصر الغذائية وانسياب الطاقة في النظام البيئي.

9-5.36- ظروف التربة وحالات التدهور في دورة العناصر في الترب ذات التهوية الجيدة حالما الايونات أو العناصر تنطلق عند تحلل المادة العضوية تظهر أحياء اخر متخصصة بأكسدة بعض هذه العناصر وهذا النوع من التحول للعناصر ذو فائدة وذلك يجعل العناصر جاهزة للاستخدام من قبل النباتات العليا وهذا ما يحصل عند أكسدة الكبريت تحوله إلى كبريتات كذلك الامونيوم إلى نترات والتتروجين الجوي إلى نترات بفعل عملية التثبيت ولكن الحال معكوسه بالنسبة إلى العناصر النادرة كالحديد والمنغنيز وغيرها فاكسدتها تجعلها أقل سمية وذلك لكون القليل منها يكون جاهز لامتصاص من قبل النباتات العليا وبما يكفي لتلبية حاجتها الفسيولوجية والعكس يحصل عندما تصبح ظروف التربة لا هوائية نتيجة التغدق وخاصة في التربة ذات النسجة الناعمة فان الأشكال المؤكسدة للعناصر الغذائية تصبح مختزلة حيث الكبريتات تغتزل إلى كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  وهو غاز سام لأحياء التربة وجذور النباتات وربما واحد من أهم التفاعلات التي تحصل من الظروف الا هوائية هو تحول النترات إلى غاز التتروجين عملية الاختزال Denitrification وفقدانه من التربة.

إن عملية تغدق التربة تعتبر نوع من التلوث وذلك لما تحدثه من حاله تسمم في حالة اختزال الكبريت إلى كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  وكذلك في حالة تحول النترات  $NO_3^-$  إلى نتريت  $NO_2^-$  وهو مركب سام وخاصة لحيوانات التربة كما وان تحويلها إلى غاز التتروجين  $N_2$  هو أيضا خسارة إلى خصوبة التربة عندما يزيد على معدل الوارد منه إلى تربة.

إن إضافة الأسمدة الكيميائية وخاصة اليوريا بكميات كبيرة أو الأسمدة العضوية الغير متحللة تجعل من الصعب على الأحياء المؤكسدة القيام بهذه المهمة وذلك لعدم إمكانية توفير الكمية اللازمة من الأوكسجين وضمن الحدود الطبيعية لتهوية التربة مما يؤدي إلى تحول جزء كبير منه إلى غاز  $H_2S$  السام من قبل الأحياء الا هوائية. أما إذا ما توفر الأوكسجين اللازم لأكسدة هذه الكمية الكبيرة من الأسمدة وتحويلها إلى نترات فإن النترات

الناتجة ستزيد عن حاجة النبات وبالتالي ستكون عرضه لعملية الغسل والمصرف إلى المياه الأرضية وتصبح بذلك مصدر تلوث للمسطحات المائية مسببة الإخلال بالاتزان الحيوي وتنسم مياه الشرب بالتراث.

بيانات الجدول (2-5) تبين إن 70 إلى 86 % من العناصر الغذائية الرئيسية الأربع (N, P, K, Ca ) التي يتم امتصاصها من التربة في بيئات غابات المناطق المعتدلة، يتم تدويرها كل سنه . وان بدون عملية التدوير هذه، فأن إنتاج الغابات سيتندى إلى حد كبير وان هذه العملية تتنامى مع نمو الغطاء النباتي للغابات، وذلك لتتami كمية المادة العضوية الساقطة على التربة.

**جدول (2-5) : المأخذ ، العائد ، والمدور السنوي من العناصر الغذائية في تربة غابة ساحلية**

| المغذيات كيلو غرام لكل هكتار |          |        |         |                                  |
|------------------------------|----------|--------|---------|----------------------------------|
| كالسيوم                      | بوتاسيوم | فوسفور | نتروجين |                                  |
| CA                           | K        | P      | N       |                                  |
| 96                           | 14       | 12     | 50      | مأخذ من الترب : مخزون في الخشب   |
| 13                           | 4        | 2      | 10      | مفقد من التربة :                 |
| 83                           | 10       | 10     | 40      | عائدة إلى التربة بشكل مواد عضوية |
| 86                           | 70       | 82     | 80      | النسبة المئوية للتدوير           |

(In Foth, 1984 , page 136)

حيث إنها تزيد من نشاط أحياء التربة وخاصة حيواناتها التي تساهم بشكل رئيسي في الإسراع في عملية تدوير العناصر من خلال توفير الظروف الملائمة لعمل أحياء التربة الدقيقة في تحلل المادة العضوية وتحرير العناصر وأكسدتها وجعلها بالصورة القابلة للامتصاص من قبل النباتات.

لذا فإن حصول أي حالة تلوث لهذه البيئات (كالأمطار الحامضية أو استخدام المبيدات) سيؤدي على موت أحياء التربة وبشكل خاص حيواناتها، حيث إنها الأكثر حساسية وأول من تضرر في النظام البيئي.

وبالتالي تراكم المادة العضوية وتوقف دورة العناصر الغذائية، أي إن 70 إلى 86% من العناصر الغذائية التي يتم تدويرها من أجل أن يواصل النظام البيئي عمله ، ستتوقف ، وبذلك سيتعرض أفراد مجتمعه الاحيائى إلى الانقراض بسبب هذا التلوث وبدأ بالأفراد الأكثر حساسية لغير ظروف الوسط البيئي .

كما وان إذا ما حصل وانجرفت التربة أو أزيلت المادة العضوية أو أحرقت أو حصلت عملية رعي جائر في مثل هذه البيئات سيكون هناك تدهور تدريجي متناسب مع كمية الإزالة للمادة العضوية والعناصر الغذائية الداخلة في عملية التدوير هذه.

إن وجود المادة العضوية هي ليس فقط مصدر لكمية من العناصر الغذائية للنبات ولكنها أيضا مصدر لكمية من الطاقة التي تحرك كم هائل من الأحياء التي تعمل على تحسين الخواص الخصوبية للتربة وتديمها وترفع من الكفاءة الإنتاجية للتربة وتزيدها لحد حاله الإنتاج الأعظم المتزن الذي تسمح به الظروف البيئية القائمة. أما ما يحصل في البيئات الزراعية فجملة لممارسات الزراعة وخاصة الغير مدروسة منها فإن لها تأثيرات سلبية على الحالة الخصوبية للتربة وأولها التناقض المستمر للمادة العضوية. وحتى إذا ما تمت المحاولة لإضافتها سيختل نتيجة للإخلال بعامل الانسيابية أو معدل التدوير المرتبط بالحياة البيئية لأحياء الوسط والتي بدورها مرتبطة والى حد بعيد بالظروف المناخية.

وهذا مثل من جملة أمثل على الممارسات الزراعية الهادمة لحالة الاتزان الطبيعية القائمة في التربة الواقعة تحت الغطاء النباتي الطبيعي كالحراثة وخاصة العميقه والمتركرة المخرفة لبيئة ومسكن الأحياء والمسببة في تعریضها إلى الاهلاك وخاصة تلك

التي لها الدور الرئيسي في خصوبة التربة كدينان الأرض والنمل وغيرها. إضافة إلى استخدام الأسمدة الكيميائية ورش المبيدات والتغدق والتملح وسوء إدارة التربة وتعرض التربة إلى التعرية والانجراف والجفاف وغيرها الكثير من الممارسات التي تسيء إلى مقومات وصفات الحالة الخصوبية للتربة المتزنة مع ظروف الوسط البيئي الذي تتنمي إليه التربة.

**10-5.37- انتقال العناصر بين الأوساط والآثار البيئية**  
عملياً البيئة الأرضية كوحدة واحدة لا تفقد ولا تكتسب عناصر غذائية ولكن العناصر الغذائية موجودة تحت أشكال عديدة وموزعه بشكل عشوائي، وتنتقل من مكان إلى آخر. حيث أن العناصر الغذائية التي تغادر نظام بيئي ستدخل نظام أو أنظمة بيئية أخرى، بعضها ينتقل بصورة دقائق غبار في الهواء. وهذا ما يحصل وبشكل معروف في انتقال دقائق التربة المحملة بالعناصر الغذائية من ترب البيئات الصحراوي إلى المناطق ذات المناخ الأكثر رطوبة. وكما هي الحال بين صحاري القارة الأفريقية وأوروبا، وبين صحاري المنطقة الغربية وأراضي الجزر الأكثر جفافاً والمناطق الأكثر رطوبة على ضفاف الأنهار من العراق.

كما وان هناك بعض العناصر الغذائية تجد طريقها إلى مداخل بعض الأنهار، وهنا المغذيات سوف تدعم نمو النباتات المائية ( المنتجون الاساسيون في البيئات ) والتي تجهز الغذاء والمأوى للأسماك ( المستهلكون ) غالباً ما يكون هناك بيئات مائية في عرض البحار والمحيطات، وهي عبارة عن صحاري مائية وذلك لأنخفاض محتواها من العناصر الغذائية، وعلى العكس من ذلك عند مصبات الأنهار فإن الأوساط المائية تكون غنية جداً بالثروة السمكية نتيجة لخصوبة التربسات البحرية الغنية بالعناصر الغذائية. كذلك الفيض والترسيب للمواد الغرينية الحاصل ضمن المعدل الطبيعي المتزن بحوض الأنهار لا يشكل خطورة بل العكس يشكل مصدر خصوبة لأراضي ضفاف الأنهار

ومصباتها البحرية، ولكن إذا ما حصل أي خلل في النظام البيئي في حوض مصادر مياه الأنهر وروافده وذلك مثلاً بسبب قطع أشجار الغابات أو إزالة الغطاء النباتي بسبب الرعي الجائر أو الاستثمار الزراعي أو المنجمي أو استثمار أراضي حوض النهر في الأنشطة المدنية الأخرى ستؤدي بالتأكيد كل هذه الأفعال ولو بدرجات متغيرة إلى تدهور دورة العناصر الغذائية، وضعف محتوى التربة من المادة العضوية التي هي مصدر غذاء أحياء التربة وخاصة حيواناتها المسئولة عن إدامة قدرة التربة على امتصاص مياه التربسات الجوية والنتيجة سيكون هناك جريان سطحي وانجراف للتربة وعناصرها الغذائية في حوض تجمع المياه ، واضطراب انسيابية وفيض من الماء العكر في منطقة أسفل النهر ، مما يؤدي إلى طمر الجداول وقنوات الري والسوافي ، ونمو النباتات المائية نتيجة الإثراء الغذائي .

## **الفصل السادس**

### **مراحل تطور النشاط الإنساني ومظاهر تدهور البيئة والترابة**

#### **6.38-1 مقدمة**

يعتبر الإنسان ظاهرة حديثة في النظام البيئي إذا ما قورن بمظهر الحياة الأخرى على الأرض حيث بدأت الطحالب تطلق الأوكسجين بعملية التركيب الضوئي منذ حوالي بليوني سنة، وساعدت بذلك على خلق الظروف الملائمة لظهور وتطور مظاهر الحياة على الأرض. ظهر الإنسان بعد ذلك (منذ حوالي مليوني سنة) ومنذ ذلك الحين ظل تأثيره على النظام البيئي ضئيلاً حتى اختراع الزراعة (منذ حوالي ثمانية آلاف سنة)، ويمكن اعتبار ذلك التاريخ بداية التأثير المؤثر في النظم البيئية للإنسان والإخلال بالتوازن القائم بين مكوناتها المختلفة. ولدراسة هذا التأثير لابد من إلقاء نظره موجزة على طبيعة تطور الحضاري للإنسان ومراحل تأثيره في النظم البيئية.

#### **6.39-2 مرحلة التطور من الصيد وحتى الزراعة**

قبل انتهاء العصر الجليدي الأخير غزا الإنسان جميع القارات وعند انتهاء هذا العصر حوالي قبل عشرة آلاف سنة تحسن المناخ ونمى الغطاء النباتي بشكل سريع، فنمت الغابات، الكثيفة في المناطق الرطبة الواقعة في الشمال الغربي من أوروبا بينما في المناطق الأكثر جفافاً والواقعة في الجنوب الغربي من آسيا فتطورت غابات أقل كثافة ومراعي غنية. هذه الظروف أدت إلى التطور وتزايد أعداد وأنواع الحيوانات وخاصة الكبيرة منها فقد سمح ذلك للإنسان الذي عاش في العصر الحجري القديم أن يبني حياته على الصيد وجمع النباتات البرية لقوته.

أما أحفادهم الذين عاشوا في العصر الحجري الحديث (ما بين ألف التاسع والسابع قبل الميلاد فمنهم من قاموا في مناطق جنوب غرب آسيا وعاشوا كمربيين للماشية ومزارعين متقلبين وفي نهاية هذه الفترة أسسوا حضارة دائمة ومستقرة وخاصة في منطقة هلال الخصيب (أي في العراق وبلاد الشام). أما أولئك الذين قاموا خاصة في

مناطق الواقعة في شمال غرب أوروبا فاستمرت لفترة طويلة يعيشون على الصيد وجمع القوت وهم بدو متقلين وقد قاموا بين الحين والآخر بحرق الغابات من أجل تسهيل مهمة صيد الطرائد مما أدى ذلك إلى تدهور التربة وتعريتها وتغير الغطاء النباتي الكثيف في مناطق واسعة بغطاء نباتي ضعيف لا يحمي التربة من الانجراف وخاصة في المناطق المنحدرة.

**6.40- مرحلة الزراعة وتدهور النظام البيئي والتربة**  
بدأ من 3500 ق. م الزراعة قد انتشرت في أوروبا وفي وقت مبكر جداً ( ما بين الألف التاسع والسابع قبل الميلاد ) في الشرق الأوسط كما ذكرنا، وكان لها آثار عميقаً على النظام البيئي بشكل عام وعلى التربة بشكل خاص. فالغابات أزيلت من أجل استثمار الأرض في الزراعة، وكانت في أغلب الأحيان مؤقتة وعلى مساحات صغيرة وتدوم بضع سنوات وتترك الأرض بعد أن تفقد خصوبتها وينتقل المزارع إلى أرض أخرى بعد إزالة بيئاتها الطبيعية وهذا أخذت عملية إزالة الغابات وتدهور النظام البيئي والتزايد استمر هذا الوضع حتى عصر البرونز ولكن في عصر الحديد (الألف الأول قبل الميلاد)، الوضع تغير فإنتاج واستخدام المعادن قد انتشر بشكل واسع في صناعة الفؤوس والمحاريث مما أدى هذا إلى قطع الأشجار وإزالة الغابات على نطاق واسع سواء لتأمين الخشب اللازم كوقود أو التوسيع لمناطق الزراعية.

كما وان الزراعة في المناطق الأكثر جفافاً ومنها منطقة هلال الخصيب (العراق وببلاد الشام) جاءت كنتيجة للرعي الجائر وتدهور الطبيعة فانحسرت باتجاه ضفاف الأنهر تبع ذلك شحت النباتات الطبيعية المتيسرة ضمن البقعة التي يرعى بها الإنسان حيواناته المدجنة.

إن الإنسان والى حد قريب استخدم طريقة الزراعة المتنقلة والى أن أصبحت بعد ذلك المساحات المتاحة للزراعة لهذه الطريقة غير قادرة على سد حاجة الأعداد المتزايدة من

الغذاء فقد لجأ إلى العمل على تكثيف جهوده في زيادة إنتاج الأرض المتاحة بعد أن تدهورت خواصها معتمداً على ما تتوفره له معارفه من تقنيات وأساليب تسمح له بزيادة إنتاج الأرض فقد استخدم التسميد والمبيدات والحراثة العميقه وجميع هذه الممارسات أدت إلى أضعاف دور أحياء التربة وفعلها الإيجابي اتجاه خواص التربة الخصوبية وخاصة تلك التي أدت إلى القضاء على حيوانات التربة فأضفت إلى:

- (1) هدم وتخرير البناء الطبيعي للتربيه.
- (2) قلة التهوية وضعف انتشار جذور النباتات.
- (3) ضعف النشاط الميكروبي الميسر للعناصر الغذائية.
- (4) انخفاض قدرتها على امتصاص الماء وتخزينه
- (5) زيادة الانسياب السطحي للمياه.
- (6) قلة المخزون الجوفي وجفاف اليابس.
- (7) تعرض التربة إلى احتمالات الانجراف وفقدان غرويات التربة وعناصرها الغذائية.
- (8) تلوث المياه السطحية بالمجرففات.
- (9) دفن وانطماس مجارى المياه والقنوات والسواغى.
- (10) انهيار الترب ودفن المدن والى ما لذلك من أضرار مباشرة وغير مباشرة قد سببتها الزراعة وخاصة عندما زاد توسيع الإنسان في الزراعة واخذ يزرع حتى المنحدرات التي هي أكثر عرضة للتدهور بالانجراف حيث إن إزالة الغطاء النباتي الطبيعي عن الأرض هو إزالة عامل حماية التربة ولما يشكله هذا الغطاء الطبيعي من تنوع جذري يثبت به التربة وورقى يحميها من تأثير الرياح وضربات قطرات المطر. إضافة إلى إن غطائها النباتي هو مصدر غذاء أحيائها التي تعمل على إدامه خواصها الخصوبة. كما وإنها مصدر غذاء للحيوانات البرية التي هي جزء من الثروة الطبيعية في النظام البيئي الذي يعيش فيه الإنسان.

ويلاحظ من هذا إن الزراعة في الوقت الحاضر أدخلت تأثيرات ذات أبعاد سلبية أكثر ضرراً بالنظام البيئي والتربة ففي كل سنة تتحول ستة ملايين هكتار من الأرض المناطق الجافة المنتجة إلى صحاري لا قيمة لها. وخلال ثلاث عقود يمكن أن تبلغ مساحتها ما تعادل مساحة الجزيرة العربية تقريباً وهناك أكثر من أحد عشر مليون هكتار من الغابات

تدمر سنوياً ويمكن أن يعادل هذا خلال ثلاث عقود منطقة بمساحة الهند. ومعظم هذه الغابات تتحول إلى أراضي زراعية من الدرجة الدنيا العاجزة عن تامين غذاء الفلاحين الذين يسكنونها.

#### 4.41 مرحلة الصناعة

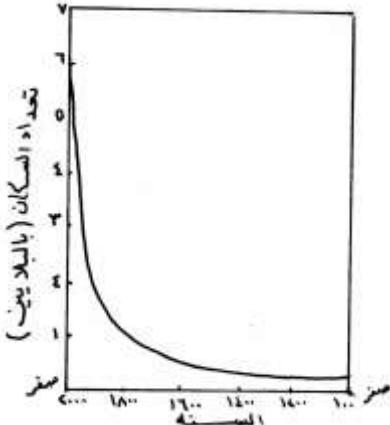
إن الإنسان في كل مراحل تطوره المعرفي المتجسد في تطور تقنياته ومنذ بداية استخدامه الحجارة في صناعة رماح الصيد فؤوس قطع الأشجار وتلاها عمل المحراث للزراعة، أصبح عامل مؤثر في البيئة. فقد مكنته هذه المعرفة المتتطور مع الزمن من تطوير قدراته وبشكل مستمر في توظيفه واستثمار ما في الطبيعة من موارد طبيعية لصالحه فتزايد عدده على حساب الأعضاء الآخرين من الكائنات الحية التي تعيش معه في النظام البيئي. فمكنه الرمح من أول بوادر تخرقه التي بدأها من قمة السلسلة الغذائية في عهد الصيد فقتل الحيوانات المفترسة لأنها تنافسه على الطرائد فكسر بذلك قمة التوازن القائم بين الفريسة والمفترس في النظام البيئي وتلاها قطع الأشجار وأزال التغابات بالفأس الحجري. ومن ثم إثارة الأرض بالمحراث الحجري وهكذا بدأ تأثير الإنسان وقوى بأسه في تخريب مقومات البيئة الحيوية من حيوان ونبات وتربة مع تطور معرفته وتطور تقنياته. وبمرور الزمن اشتد هذا التأثير فبلغ الأوساط الأخرى من الماء والهواء وتعداها إلى عناصر التكوين الأولية في السلسلة الغذائية. فستخدم سلاح معرفته وتقنياته المتطرورة مع الزمن، وهكذا دخل الإنسان بصراع مع قوى الطبيعة حيث بدأها مع أحياها من المفترسات وانتهى به المطاف بالصراع مع الفيروسات والعناصر التقليلية والإشعاعات، وحتى بلغ الإنسان اليوم صراعه مع ما أفرزته أفعاله الغير مدروسة التي أدتها بما صنعته معارفه من آلات ومكائن وأدوات فتاكه ومبيدات وسموم وأسمدة ومواد كيمياوية مختلفة حيث صناعة واستخدام هذه المواد أدت إلى تأثيرات عديدة على النظام البيئي بشكل عام والتربة بشكل خاص والتي يمكن إيجازها بالنقط التالي:

1. إتلاف مساحات واسعة من الأراضي بأعمال التنجيم واستخراج المواد الأولية والوقود والخامات الأساسية للصناعة كالفحم ، والنفط ، والمعادن المختلفة .
2. إن تطور الصناعة شجع على إنتاج المحصول الواحد في الأرض الزراعية مما ترتب عليه من إتلاف للأرض بإزالة الغطاء النباتي الطبيعي للحصول على الأخشاب واستثمار الأرض باستخدام أساليب هدامة لزيادة الإنتاج من حراثة وتسميد ورش مبيدات والتوسيع في استثمار المزيد من الأراضي في الزراعة حتى بلغ هذا التوسيع الأراضي الحدية.
3. عمليات الإنتاج الصناعي تطرح مخلفات عديدة يمكن أن تلوث الهواء والماء وتنتقل إلى التربة إضافة إلى ما يطرح بشكل مباشر على التربة تؤدي إلى تدهور خواصها الخصوبية.
4. إن الاستخدام الغير متعدد للمنتجات الصناعية لها تأثير كبير على خواص التربة وإيجائها كاستخدام المكافحة والآلات والمبيدات والأسمدة والمواد الكيميائية ويتعدى هذا التأثير إلى الحيوان والإنسان من خلال السلسة الغذائية.
5. إن المخلفات الناجمة عن استهلاك المواد المنتجة صناعياً تكون نهاية حطامها إلى التربة وذلك يؤدي إلى إشغال الأرض وإتلاف تربتها والمنتج الغذائي الذي يصدر عنها بالمواد الثقيلة والسماء والمشعة وغيرها من المواد التي تضر بصحة الحيوان والإنسان.
6. في أغلب الأحيان المعامل والمصانع تقام في المناطق الزراعية إضافة إلى إنها تشغل أراضي واسعة منها فإنها تؤدي إلى إتلاف ترب الأراضي المحيطة بها بسبب ما تفثه من غازات ومواد ومخلفات سامة في الهواء والماء وما يطرح على التربة.
7. إن العمل الصناعي شجع على الهجرة من الريف إلى المدينة مما أدى إلى ترك الأرض واتساع المدينة بسبب تزايد أعداد سكانها وقد أنتجت هذه الأعداد تأثيرات

على الأرض والترابة بما تطرحه المدينة من كميات هائلة من المخلفات  
والفضلات الصعب على أحياء التربة تحالها.

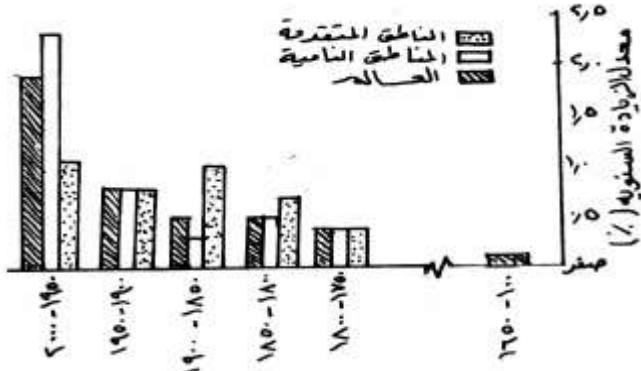
6.42- الانفجار السكاني وتوسيع المدن وتأثيره على البيئة والترابة  
إن تطور معارف الإنسان في الكشف عن أسرار الطبيعة مكنه من استثمار هذه  
المعارف في تطوير أساليب وتقنيات سيطرة على القوى الحيوية للطبيعة وتوظيف  
مواردها الطبيعية لصالح تزايد إعداده.

من الناحية التاريخية، يبين الشكل (6-1) تقديرات النمو التعداد السكاني في العالم خلال الألف سنه الأخيرة حيث يقدر عدد سكان الأرض في عام 1000 بحوالي 275 مليون وقد وصل إلى حد النصف بليون في حوالي عام 1650 أي بعد 650 سنه بما يعادل معدل نمو سنوي حوالي 0.1% ومبشرة بعد عام 1800 أي بعد 150 سنه فقط تضاعف عدد السكان إلى بليون . ثم احتاج إلى حوالي 120 سنه لكي يتضاعف إلى بليوتنين. أما التضاعف التالي إلى 4 بليون فلم يحتاج إلى حوالي 45 سنه فقط ونظرا لان زمن التضاعف لم يكن ثابتا لذلك ندرك إن النمو لم يكن آسياً بل كان أسوأ من ذلك حيث إن معدل النمو نفسه ينمو وقد ارتفع معدل زيادة السكان السنوي وخاصة في الدول النامية التي تشكل 70% من سكان العالم من 0.3% خلال الفترة 1850-1900 إلى 0.8% خلال 1900-1950 إلى تلك النسبة المئوية الضخمة 2.3% خلال 1950-2000 .



شكل (1-6) : تاريخ النمو السكاني في العالم ، الأرقام التاريخية مأخوذة من ( Bennet , 1954 ، UNFAO , 1972 )  
وأكملت بمعدل تقديرات الأمم المتحدة

إن السبب لهذا الارتفاع في معدل النمو السكاني يبدو كبيراً في الدول الفقيرة والنامية حيث إنها تشكل أكثر من 70% من سكان العالم حسب تقارير الأمم المتحدة وإذا ما عرفنا أن معدل النمو هو الفرق بين معدل المواليد ومعدل الوفيات وكما يدل على ذلك شكل (6-2) فإن نقصان معدلات الوفيات وليس زيادة معدلات المواليد هو المسبب لهذا النمو المفاجيء. لقد انخفضت معدلات الوفيات بصورة كافية في دول العالم الحديث خلال النهضة الصناعية. لعل أكبر انخفاض في معدلات المواليد هو يحدث بعد النهضة الصناعية ما يتبعها من هجرة من الريف إلى المدينة. ويتحول بذلك صغار السن من دعامة اقتصادية لتشجع الفلاحين على الإنجاب إلى عائق اقتصادي يؤدي إلى عزوف العمال والموظفين عن الزواج والإنجاب وان ظاهرة انخفاض معدل المواليد التي تعقب انخفاض معدل الوفيات بسبب النهضة الصناعية والهجرة من الريف إلى المدينة يشار لها إحصائياً بالانتقال السكاني أو الديموغرافي Demographic Transition

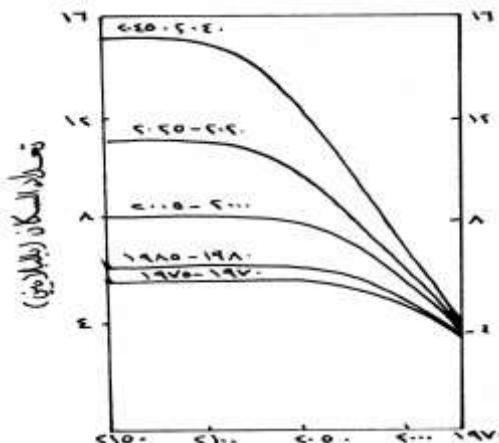


شكل (6-2) : المعدل السنوي للنمو السكاني في المناطق المتقدمة والنامية  
والعالم (United Nations, 1971 b)

وإذا ما حصل هذا الانتقال باتجاه المدينة وتزايد عدد السكان بمعدل تنامي كما هو الحال في الريف كان ذلك سيؤدي إلى كثير من المشاكل الاقتصادية تتبعها المشاكل الاجتماعية والبيئية. وإن هذا المشاكل تكون بسبب عدم قدرة المدينة على استيعاب الأعداد الوافدة من الريف والمتنامية في المدينة وعليه فإن إعادة تأهيل الريف والعناية بالأرض والبيئة سيشجع الهجرة المعاكسة إلى الريف وسيهتم الإنسان في الأرض وتزيد خصوبة التربة وإنتاجها وإن هذا الانتقال لا يحصل إلا بقدر كبير من النهوض الذي يحتاج إلى طاقة (وقود محطات توليد القوة الكهربائية الخ) وموارد ثروة طبيعية (ماء ، تربة ، نباتات ، الخ) وراس مال لإقامة المنشآت والمؤسسات الضرورية لهذا النهوض .

لقد وضع فرايكا (Frajka, 1973) مجموعة تصورات لتعداد السكان في العالم تتفق مع الافتراضات المختلفة حول الفترة التي يصل فيها العالم إلى خصوبة مستوى الإحلال (Replacement level fecundity) وهي قيمة مقدرة بـ 2.1 من الصغار لكل أنثى في المتوسط وسيكون من بين هؤلاء أنثى واحدة بالضبط تبقى حيث تحل محل أمها وتتجدد الجيل التالي وإن الزيادة 0.1 تمثل القيمة المفترضة لارتفاع نسبة الذكور بالنسبة للإناث ونسبة الوفيات التي لابد وأن تحدث إحصائيات قبل وصول الأنثى الصغيرة إلى سن

الإنجاب). وكما هو مبين في الشكل (6-3) فإن التواريخ المفترضة هي ما يبين  
 1970 - 1975 ، 2020 - 2045 ، وان الافتراض الاكثر احتمالا  
 حسب ما تبينه لإحصائيات الحالية للأمم المتحدة (مستقبلنا المشترك) هو بلوغ ظاهرة  
 مستوى الإحلال عند حوالي عام 2020 - 2025 ويستوي هذا التصور عند 11.3 بليون  
 من السكان وإذا لم يتم الإحلال حتى عام 2040 فسوف يزيد عدد السكان في العالم إلى  
 15.1 بليون ومن المؤكد أن نمو التعداد السكاني سوف يتوقف وهذا التوقف سيكون  
 بالتأكيد أما لانخفاض نسبة المواليد أو ارتفاع نسبة الوفيات أما الأول فسيحكمه التعلم  
 والثقافة والمعرفة والتعقل في استثمار المواد أما الثاني فسيحكمه التلوث الذي سيؤدي إلى  
 نقص الغذاء وزيادة نسبة الأمراض والكوارث الطبيعية والصراعات والحروب بسبب قلة  
 وتدحر موادر الثروة الطبيعية على رأسها التربة والمياه والطاقة إضافة إلى النبات  
 والحيوان والمعادن وغيرها من موادر الثروة الطبيعية الأخرى .



شكل (6-3): زخم النمو السكاني في العالم تحت خمسة افتراضات وعنده الإحلال

إن زيادة عدد السكان هي ما من شك مشكلة في الدول النامية ولكن إذا ما أخذت بعين الاعتبار الآثار البيئية لكل فرد فعندئذ يجب أن تصنف الدول المتقدمة على إنها مرتفعة السكان ولاسيما في الولايات المتحدة الأمريكية حيث إن كل أمريكي يستهلك من الموارد

الطبيعة ما يساوي عدة مرات معدل شخص ما في أي دولة أخرى ويسبب من التلوث والأضرار البيئية ما هو أكثر بكثير من غيره ولذلك فإن أي برنامج على المستوى العالمي يجب أن لا يوجه إلى المميزات التكاثرية للفقراء فقط وإنما للمميزات الاستهلاكية والتكاثرية للأغنياء أيضاً.

## **الفصل السابع**

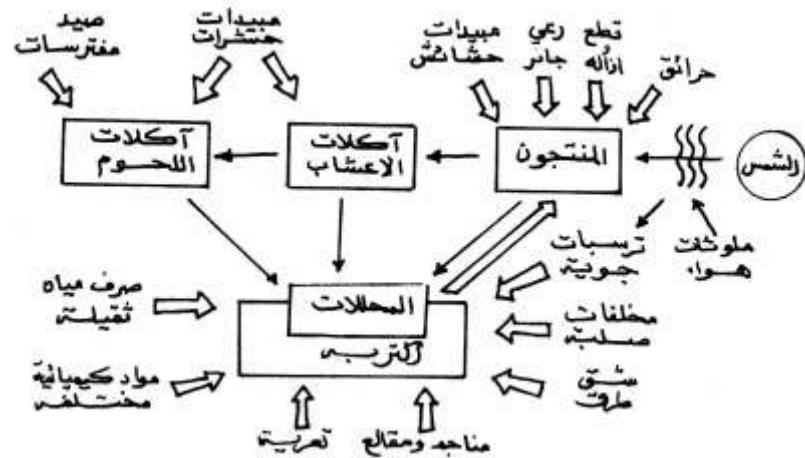
### **التلوث البيئي وتلوث التربة**

#### **1-7.43 مقدمة**

بعد أن استعرضنا المقومات الأساسية للبيئة وتكوين وتطور قاعدتها التربة وانسياب الطاقة عبر سلاسل الغذائية ودور أحياء التربة في الدورة البيوجيوكيميائية وما تنتطوي عليه أنشطة الإنسان المتطور وأعداده المتزايدة من تأثيرات على هذه المقومات والإخلال في التوازنات الطبيعية القائمة بين مكونات البيئة المختلفة. فبناءً على ما مضى لابد من القول إلى إن التربة تشكل الوسط والمورد الطبيعي الأساس الذي يتتأثر بجميع ما يحصل من خلل وتلوث في النظام البيئي وذلك عبر خطوط التبادل الوثيق للمادة والطاقة بين مكونات الغلاف الحيوي ( أو النظام البيئي ) المتمثلة بالماء والهواء والتربة والأحياء التي تعيش فيها ( شكل 1-7 ).

كما وان التربة هي حلقة الاتصال الأساسي بين عالم الحياة وعالم الموت والذي عنده تبدأ وتنتهي الدورة البيوجيوكيميائية لجميع العناصر الحيوية وهي بطبيعتها المسامية وخصائصها الفيزيائية الأخرى وتفاعلاتها الكيميائية وتنوع أحياها تمثل معدة الأرض لهضم وتحلل ما يطرح من مخلفات في النظام البيئي ومرشح ( Filter ) ينقى الغلاف الحيوي Biosphere من جميع الملوثات. ولكن التربة كمرشح له طاقة محددة بقدرة أحياها حيث إن كفاءة هذا المرشح تتضرر عندما يكون هناك أي مؤثر يعكر بيئته وحيويته الكائنات الحية التي تعيش في التربة. وان المؤثرات المتنسبية عن النشاط الإنساني متعددة ومن مصادر متعددة وذات طبيعة فيزيائية وكيميائية وحيوية مختلفة. وان تأثيرات هذا النشاط على التربة وأحيائها ممكن أن تكون مباشرة عن طريق الممارسات الزراعية والمدنية والصناعية أو غير مباشر يتم انتقالها عن طريق الهواء والماء وهذا ما سوف نتطرق له على مدى فضول الجزأين القادمين من هذا الكتاب ومن المفيد قبل استعراض النشاط الصناعي والمدني والزراعي ودوره في تلوث وتدحرج التربة والتعرض إليه

شيء من التفصيل لابد لنا من التعرف على ماهية التلوث والملوثات أنواعها تصنيفها وطرق انتقالها وتأثيرها على التربة ومكوناتها.



شكل (7-1): بعض فعاليات وأنشطة الإنسان المسيبة للإخلال في توازن النظام البيئي

#### 7.44- التلوث ماهيته وتعريفه

إن التلوث من جراء فعاليات الإنسان ( شكل 7-1 ) يعد من أهم المخاطر المحتملة التي تهدد التوازنات الطبيعية كافة وان ابسط تعريف للتلوث هو التدخل في نقاوة الهواء والماء والتربة بسبب إحداث تغيرات فيزيائية وكيميائية وحيوية في خصائصها الطبيعية المتزنة مع عوامل ومكونات الوسط الأخرى .

فالذي نعنيه بتلوث الهواء هو احتوائه على تراكيز عالية ومؤذية من اكاسيد الكربون الكبريت والنتروجين والهيدروكاربونات وغيرها من الغازات والدخان والدقائق المحملة بالمواد السامة والنظائر المشعة أما المياه فالعديد من مصادر المياه ( الينابيع ، الأنهر ، البحيرات ، الخ ) قد تحولت بسبب أعمال الحفر والتنجيم والفضلات الصناعية والزراعية المدنية إلى مصادر ومخازن للمياه الملوثة بالعناصر الثقيلة ، والأملاح ومواد المشعة والعناصر المخصبة والهيدروكاربونات ، وغيرها من المواد المؤذية وأما التربة وهي معدة الأرض Earths Stomach كما ذكرنا ومرشحها الحيوي

Biological filter لتنقية الهواء والماء من ملوثاتها و هضم وتحليل المخلفات المطروحة ، فقدت أزيل غطائها النباتي من الغابات والمراعي الطبيعية فأصبحت زراعية واستخدمت فيها الآلات العملاقة فتعرض بنائها إلى الهدم وأصبحت هشة معرضة للانجراف والتعرية بفعل المياه والرياح كما وإنها قد ازيلت عند حفر المناجم والمقالع وشق الطرق وإقامة المنشآت المدنية والمجمعات السكنية و أتلفت برمي الأزبال والفضلات الصناعية والزراعية والمدنية ، أما الأحياء بما فيها الإنسان المسبب الرئيسي أصبحت ضحية لكل هذا الهدم والتخريب في أواسطها البيئية إضافة إلى إنها هدفاً لللابة والانفراط بسبب الأمراض ، والحروب والتغيرات والصيد والرعى الجائر وان تأثيرات هذه الأفعال قد تزايدت مع تزايد عدد السكان وتطور قدراته التكنولوجية .

ذلك يمكن تعريف التلوث بصورة عامة على انه خلل أو اضطراب أو حدث خاطيء ذو طبيعة فيزيائية أو كيميائية أو حيوية في النظام البيئي وتوازنه، ناتج عن إدخال مادي أو تخريب فيزيائي بفعل نشاط إنسان واعي أو غير واعي تتبعه اضرار مباشرة أو غير مباشرة بالصحة العامة للإنسان والبيئة بما تتضمنه من كائنات حية وموارد طبيعية وممتلكات اقتصادية.

وهناك إجماع من قبل المهتمين بالشؤون البيئية على أن التلوث حدث خاطيء في مكان غير صحيح ووقت غير مناسب. وقد حدد مؤتمر استكهولم الذي عقد عام 1972 على إن التلوث هو ((تدخل الأنشطة الإنسانية في موارد وطاقة البيئة بحيث تعرض تلك الموارد والطاقة وصحة الإنسان أو رفاهيته أو مصادر الطبيعة للخطر أو يجعلها في وضع يحتمل معه تعرضها للخطر بشكل مباشر وغير مباشر)). ويمكن صياغة تعريف شامل للتلوث البيئي على انه ((خلل في أنظمة الماء والهواء والتربة ينتج عنه ضرر مباشر وغير مباشر بالإنسان والكائنات الحية أو يلحق ضرراً بالممتلكات الاقتصادية)).

ومع إن التربة جزء لا يتجزأ من النظام البيئي وكل ما يصيب النظام البيئي يصيب التربة، فان تلوث الترب يمكن تعريفة على ضوء ذلك على ( انه خلل ذو طبيعة فيزيائية أو كيميائية أو حيوية، مصدره نشاط إنساني يؤدي إلى كسر حالة الاتزان القائم بين مكونات التربة ) وينعكس تأثير ذلك الخلل سلبياً على بعض أو مجمل خواص التربة الخصوبية ونوع وكمية إنتاجها وأضعاف دورها كمرشح حي لهضم وتحلل مخلفات النشاط الحيوى وإعادة استخدام عناصر تكوينها في الدورة البيوجيوكيميائية. وفي هذا التعريف يمكن النظر إلى التلوث على انه خلل مادى أو ظهرى ينتج عنه خلل وظيفي لمكونات التربة ويمكن تصنیف أنواع الخلل التي تصيب التربة كما يلى:

1. خلل فيزيائى ؛ هدم بناء التربة ، انكباس آفاق ، إزالة مواد غروية ، تكوين أفق أو طبقة غير نفاذة للجذور أو صرف الماء الزائد ، مواد خشنة وكتل صخرية ، انجراف وأزلة كتله ، انهيار التربة ، وجود عناصر مشعه ، تشوية طبوغرافية التربة ، الخ .
2. خلل كيميائى ؛ تغير الرقم الحموضي (PH) بشكل متطرف ، نقص عناصر غذائية ، ارتفاع التوصيل الكهربائي (EC) تغدق وتطور ظروف لا هوائية واحتزال وتكونين مواد سامة ، تجوية كيميائية لمعادن الطين وهدم تركيبها ، وجود معادن ثقيلة ، نقص أوكسجين ، الخ .
3. خلل حيوى ؛ انخفاض أعداد حيوانات التربة ، وجود مسببات مرضية ، انخفاض المحتوى من المادة العضوية ومفترسات الحيوانات التربة وجود مواد نباتية ملوثة بالمبيدات والمواد السامة ، وجود مواد غير قابلة للتحلل كالمواد البلاستيكية ، الخ . وهذا الخل قد يكون حاصل بسبب:

1. دخول وإضافة عنصر أو مركب أو كائن غريب إلى نظام التربة مثل عنصر مشع، مسبب مرضي، الخ.

2. زيادة أو نقص عنصر أو مركب عن حدود الحاجة المطلوبة، مثل  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ .

3. فقدان أو إزالة مكون من مكونات التربة مادة عضوية كائن من كائنات التربة غطاء نباتي، الخ.

4. تشوية في التركيب الفيزيائي أو الشكل المظاهري أو التوزيع الفضائي المتزن لعناصر أو مكونات التربة ، بناء التربة ، النسجة ، المسامية ، الخ .

وان هذه الأسباب والمسببات يمكن أن تحصل بفعل:

1. حدث ميكانيكي؛ حراثة، قطع أشجار، حفر مناجم رعي جائر، تعرية ريحية أو مائية، الخ.

2. حدث كيميائي؛ تسميد، رش مبيدات تربسات جوية، أمطار حامضية، إضافة عنصر ثقيل، الخ.

3. حدث حيوي؛ دخول مسبب مرضي أو آفة زراعية أو مفترس لحيوانات التربة، الخ

هذه الأحداث قد تكون ناتجة عن مصدر:

طبيعي: رياح ، براكين ، غبار كوني ، نيازك ، الخ .

1. صناعي: محطة توليد قوة كهربائية، معمل اسمنت، معمل صناعات كيميائية، الخ.

2. زراعي: حضائر، مجازر، حقول دواجن، معمل صناعات غذائية، جرار أو معدة زراعية، الخ.

3. مدني: أجهزة تدفئة، مجاري، منشآت مدنية، نقل، أعمال حفر وشق طرق، وحدات سكنية، الخ.

**3-7.45- تصنيف الملوثات:**  
ملوثات البيئة بشكل عام وملوثات التربة بشكل خاص متعدد وعلى أنواع وأشكال مختلفة، ممكن تصنيفها على الأسس التالية:

**أ- على أساس الحالة الفيزيائية:**

- 1- غازية: أول اوكسيد الكربون، اكاسيد الكبريت، اكاسيد النتروجين، الخ.
- 2- سائلة: مبيدات، زيوت، مواد نفطية، الخ
- 3- صلبة: مخلفات بلدية وزبال، سكراب حديد، زجاج، الخ.

**ب - على أساس المنشأ أو مصدر الانبعاث:**

- 1 - مصادر طبيعية ؛ غاز ، إشعاعات كونية ، غازات ، براكين ، مياه ينابيع معدنية ومالحة ، مسببات مرضية ، الخ .
- 2 - مصادر صناعية ؛ غازات ، اكاسيد كربون ، اكاسيد الكبريت اكاسيد النتروجين ، الهيدروكربونات ، النظائر المشعة ، المخلفات الصناعية والسكراب وما تحويه من معادن ثقيلة ، مخلفات المناجم والأنقاض والأحماس المعدنية ، الخ .
- 3 - مصادر مدنية ؛ دخان وغازات المدافئ ومركبات النقل ، مخلفات البلدية من الازبال وأنقاض البناء ، مياه المجاري الثقيلة ومجروفات الشوارع ، الخ .
- 4 - مصادر زراعية ؛ الأسمدة والمبيدات ، مخلفات الحضائر وحقول الدواجن ، المياه المالحة ، ومجروفات التربة من الدقائق.

**ج - على أساس وسط الانتشار:**  
وتقسم على هذا الأساس إلى :

1. ملوثات الهواء : وتنتشر في الهواء على شكل غازات و دقائق صلبة ورذاذ تسقط على التربة مع الأمطار أو الجاذبية الأرضية. وهي تشمل مركبات غازية واكاسيد كل من الكربون ، الكبريت ، التتروجين و الهيدروكاربونات كغاز الميثان ، ودقائق الغبار وما تحمله من مواد مشعة ومبידات ومواد سامة وعناصر ثقيلة ومسبيات مرضية ومواد كيمياوية قاعدية وحامضية مختلفة ، الخ .
2. ملوثات الماء : وتنتشر بشكل ايونات ، أملاح ومركبات عضوية ذاتية ، معلقات معدنية وعضوية ومواد نباتية وحيوانية وصناعية وطاقة ، كائنات حية مختلفة وغيرها ، وتشمل مواد كيميائية وأسمدة كيميائية نتراتية وفوسفاتية ، مواد عضوية ومسبيات مرضية ، مواد نفطية ، مواد مشعة ، معادن ثقيلة وأملاح ذاتية وغيرها .
3. ملوثات التربة: وتصل إلى التربة بشكل مباشر عن طريق الرمي أو الإضافة من قبل الإنسان أو بشكل غير مباشر عبر الهواء والماء عن طريق الظواهر وعوامل الانتشار الطبيعية وتشمل مواد مشعة ، مبידات معادن ثقيلة ، مسبيات مرضية ، أملاح معدنية ، أسمدة مواد كيميائية مختلفة ، مخلفات صلبة من الحديد والزجاج و الصفيح و الازبال البلدية وما تحويه من مواد ذات طبيعة مختلفة ومواد نفطية ، وأنقاض البناء والمناجم والمقالع ، ومخلفات المعامل والحضائر والمجازر ، الخ.

**4-7.46- الظواهر الطبيعية وعوامل انتقال الملوثات وانتشارها**  
**تنقل الملوثات بين الأوساط البيئية الثلاث، أي من والى الهواء، الماء والتربة، وذلك بفعل الظواهر والعوامل التالية:**

1. الرياح والتيارات الهوائية الحاصلة بسبب الحمل الناتج عن اختلاف درجات الحرارة والضغط الجوي.
2. الترببات الجوية والأمطار
3. الجاذبية الأرضية
4. التيارات المائية والانجرافات والرUSH والتتصاعد الشعري

## 5. الحيوان والإنسان

وكل هذه الظواهر والعوامل تتناظر لتجعل من النظام البيئي وأوساطه الثلاث المتمثلة بالهواء والماء والتربة وإحيائها التي تعيشها فيها وحده واحدة يحكم الترابط الطبيعي الموجود بين مكونات البيئة الفيزيائية والكيميائية والحيوية وفي سياق انسياب الطاقة واستمرار دورة العناصر البيوجيوكيميائية وعلى هذا الأساس فان كل تلوث في التربة يرافقه (يسبقه أو يتبعه) تلوث في الهواء والماء وبذلك فان كل فعل انسيابي ملوث للهواء والماء يؤدي حتماً إلى تلوث التربة والعكس صحيح بفعل ديناميكية الظواهر المذكورة أعلاه كما وان آثار هذا النشاط والملوثات الناتجة عنه في الأوساط البيئية سيؤثر على الكائنات الحية التي تعيش فيها بشكل مباشر من خلال الماء والهواء أو غير مباشر عبر سلاسل الشبكة الغذائية.

7.47- أنواع النشاط الإنساني وتصنيف تلوث التربة  
كما ذكرنا يمكن وصف التلوث على انه تلوث طبيعي وهو ما يحصل بفعل الظواهر الطبيعية كالبراكين والزلزال والرياح والينابيع المعدنية والمد والجزر وحرائق الغابات بفعل الصواعق، والانجراف بسبب العواصف المطرية والغبار الكوني وسقوط النيازك وغيرها من الظواهر الطبيعية التي يمكن أن تسبب حالات من التلوث إلا إن تأثيرات بعض هذه الظواهر قد يتعرّز بفعل الأنشطة الإنسانية الملوثة. قطع الغابات وازالة الغطاء النباتي والرعى الجائر يسرع ويزيد من خطورة التعرية بسبب الرياح والأمطار، وانجراف التربة وتعكير المياه. زراعة أرض المنحدرات تؤدي إلى حصول انهيارات التربة، وغير ذلك من الأفعال والأنشطة الإنسانية التي تؤدي إلى حصول حالة الإخلال بالتوازن الطبيعي وحدوث التلوث والذي يمكن إن نسميه التلوث المفعول أو الحاصل بفعل النشاط الإنساني كتلوث الهواء والماء وانتقاله إلى التربة ونتيجة استخدام الوقود الاحفوروي أو حفر المناجم والمقالع والتعدين وصناعة المواد الكيميائية واستخدام المعدات والمكائن

الثقيلة وشق الطرق وبناء المساكن وإقامة المدن ورمي الأزبال والفضلات والمخلفات الصناعية والمنزلية، وقطع الغابات وازلة الغطاء النباتي وحراثة الأرض واستخدام الأسمدة والمبيدات والمواد الكيميائية وغيرها من الأفعال والأنشطة الإنسانية المختلفة الأخرى والتي يمكن إدراجها تحت عناوين التلوث التالية:

التلوث الصناعي والمتسبب بفعل الأنشطة الصناعية المختلفة

1. التلوث المدني المتسبب عن حركة المرور ورمي المخلفات المنزلية ومياه

المجاري، الخ.

2. التلوث الزراعي والمتسبب عن الأنشطة الزراعية المختلفة.

كما وان تلوث التربة الحاصل بفعل هذه الأنشطة النباتية المختلفة (شكل 7-2) يمكن

تصنيفه إلى:

أ – تلوث مباشر وذلك من خلال:

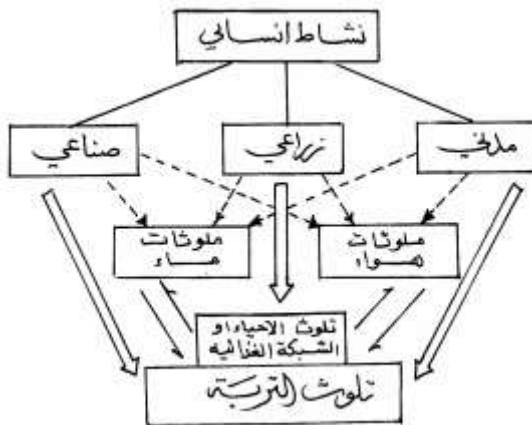
1. الأنشطة الزراعية كالحراثة واستخدام الأسمدة والمبيدات والري، الخ.

2. الأنشطة المدنية كرمي الأزبال والفضلات ومخلفات المجاري، شق الطرق،

الوحدات السكنية ورمي الأنقاض ومخلفات البناء ، الخ .

3. الأنشطة الصناعية كحفر آبار النفط والمناجم والمقالع ورمي الفضلات والمخلفات

الصناعية المختلفة.



شكل (2-7): الأنشطة الرئيسية للإنسان وطرق انتقال تأثيراتها  
الملوثة إلى التربة والشبكة الغذائية

إضافة إلى أنه قد يحصل نتيجة بعض الظواهر الطبيعية كالبراكين وانهيار التربة بسبب الزلازل والحركات الأرضية وانسياب مياه الينابيع المعدنية وغيرها من الظواهر الطبيعية الأخرى التي يعزز تأثيرها السلبي النشاط الإنساني.

ب - تلوث غير مباشر وذلك من خلال انتقال الملوثات من مصادرها الطبيعية والصناعية والزراعية والمدنية إلى التربة عبر :

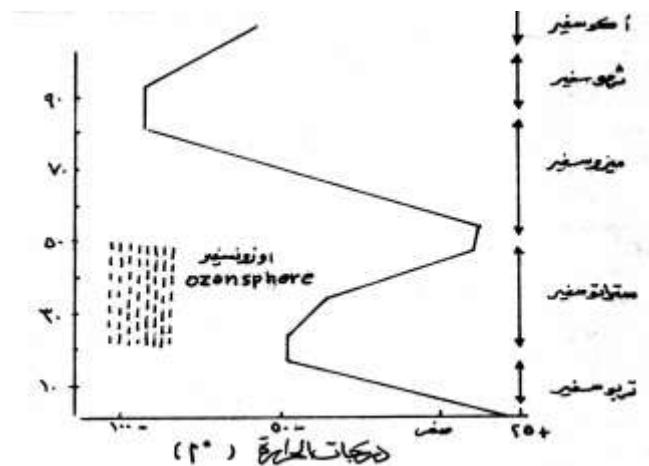
1. الغلاف الجوي بفعل التيار الهوائي والرياح كالغازات السامة والدخان والدقائق المحملة بالمواد الكيميائية المختلفة والنظائر المشعة أو المسببات المرضية والمواد المختلفة الأخرى التي يطلق عليها بذلك ملوثات الهواء والتي يمكن أن تلوث التربة.
2. عبر الماء بفعل التيارات المائية لمجاري المياه الأنهر وبالتصعيد الشعري أو الفيض أو الري كالأملاح والمواد الكيميائية والمبيدات وبذور الأدغال والمبيدات المرضية وغيرها من الملوثات الأخرى التي يطلق عليها بذلك ملوثات الماء التي يمكن أن تصيب التربة.

## الفصل الثامن

### الغلاف الجوي وتلوث الهواء

#### 8.48- الغلاف الجوي

يتتألف الغلاف الجوي Atmosphere من عدة طبقات يحيط الواحد منها بالآخر وان الدراسات الحديثة التي أجرتها الأقمار الصناعية تبين إن ارتفاع الغلاف الجوي يصل إلى 20 ألف كيلو متر، حيث تصبح كثافته مماثلة لكتافة الفضاء الخارجي. ويتألف الغلاف الجوي من الطبقات التالية (شكل 8-1).



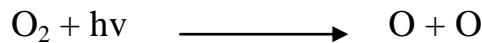
شكل (1-8): طبقات الغلاف الجوي واختلاف درجات الحرارة فيها

#### 1- التروبوسفير

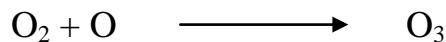
وهو الطبقة السفلية من الغلاف الجوي والذي يرتفع من سطح الأرض والى ارتفاع 15 كيلومتر. ويتصف التروبوسفير بانخفاض درجة حرارته مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في حدوده العليا إلى ما بين 50 – 60 درجة مئوية تحت الصفر كما وان هذه الطبقة تحتوي على 75 – 80 % من كتلة الهواء الجوي وإنها الطبقة الوحيدة من طبقات الغلاف الجوي التي تحتوي على بخار الماء.

#### 2- الستراتوسفير

ويصل ارتفاع هذه الطبقة إلى 50 كيلو متر فوق سطح الأرض و تتراوح درجة الحرارة فيه من ما بين 50 – 60 م تحت الصفر إلى ما بين 10 – 30 م فوق الصفر عند حدودها العليا وتتصف هذه الطبقة بأنها لا تحتوي على بخار الماء ولكنها تحتوي على غاز الأوزون ( $O_3$ ) الذي يشكل من الأوكسجين بواسطة التفاعلات الكيموبيولوجية  $O_2 + h\nu \longrightarrow O + O$  وذلك بتحول جزيئات الأوكسجين بفعل الطاقة الشمسية إلى أوكسجين ذري:



ثم يتفاعل الأوكسجين الذري مع الأوكسجين الجزيئي مكوناً الأوزون:



وهذه التفاعلات تتم في طبقة الستراتوسفير وان للأوزون أهمية كبيرة في حماية المحيط الحيوي Biosphere وما فيه من كائنات حية وذلك لأن الأوزون يمتص الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة ويعمل بمنع وصولها إلى سطح الأرض.

### 3- الميزوسفير

وتحضر طبقة الميزوسفير بين 50 و 80 كيلو متر فوق سطح الأرض وفيها تنخفض درجة الحرارة لتصل في جزئها العلوي إلى حوالي 95 م تحت الصفر. كما يحدث في هذه الطبقة احتراق الشهب والنيازك.

### 4- الثيرموسفير

ويصل ارتفاع هذه الطبقة إلى 400 كم فوق سطح الأرض والهواء فيها قليل الكثافة ودرجة الحرارة كثيراً ما تصل في أجزائها العلية إلى حوالي 2000 م فوق الصفر نتيجة لاصطدام جزيئات المادة كما تحدث في هذه الطبقة عملية التأين Ionization وفيها

تنعكس الموجات اللاسلكية القصيرة إلى الأرض و تتميز بوجود الوهج أو الشفق Aurora.

## 5- الأكسوسفير

وتبدأ من ارتفاع 400 كم فوق سطح الأرض والى 20 ألف كيلو متر وتكون في هذه الطبقة حركة الجزيئات سريعة جدا مما يؤدي إلى إن بعض جزيئات الهواء تتحرر من تأثير الجاذبية الأرضية وتخرج إلى الفضاء الخارجي وهذا ما يحدث بالنسبة للهيدروجين وهو الغاز الرئيسي في هذه الطبقة.

### 8.49- تركيب الهواء

يعتبر وجود الغلاف الجوي واحد من الشروط الالزام لوجود الحياة على سطح الكره الأرضية ويسبب الغلاف الجوي تواجد الرياح والغيوم والأمطار ويؤثر في ثبات درجة الحرارة اليومية على الأرض إذا لولالها لارتفاعت درجة الحرارة نهارا لتصل إلى حوالي 110° فوق الصفر وتنخفض ليلا لتصل إلى 138° تحت الصفر. إضافة إلى إن الغلاف الجوي هو وسيلة انتقال الأصوات ومنه تستمد الكائنات الحية كافة الغازات الالزام لقيامها بوظائفها الحيوية. هواء الغلاف يحتوي إضافة إلى المكونات المعروضة في الجدول (1-8) على بخار الماء الذي يتراوح نسبته بين صفر و 4% من حجم الهواء ويحتوي أيضاً الأوزون  $O_3$  والغبار الطبيعي العضوي والمعدني الذي يتشكل من هدم التربة وتحت الصخور وانفجار البراكين والغبار الكوني الساقط على الأرض الذي يقدر كمية بحوالي 2 – 5 مليون طن / سنة ومهما يكون الهواء نظيفا فهو يحتوي على شوائب كالmethane و أول اوكسيد الكربون وثاني اوكسيد الكبريت والأوزون وثاني اوكسيد النتروجين وهذه إن وجدت بنسبة ضئيلة فإنها لا تشكل خطرا أو ملوثات ضارة.

جدول (1-8): تركيز الغازات المكونة لـ هواء الجاف العادي عند سطح البحر على أساس الحجم (stern, 1968)

| الجزء بالمليون | الغاز               |
|----------------|---------------------|
| 78.084         | النتروجين           |
| 20.9476        | الأوكسجين           |
| 934            | الاركون             |
| 314            | ثاني اوكسيد الكربون |
| 18             | النيون              |
| 5.2            | الهليوم             |
| 1.0            | الكريتون            |
| 0.5            | المهيدروجين         |
| 0.08           | الزريون             |

**3-8.50 ملوثات الهواء وتصنيفها**  
 يتلوث الهواء عندما تتوارد فيه ماده أو أكثر غازية أو سائلة أو صلبة أو عندما يحدث تغير هام في نسب الغازات المكونة له وتؤدي هذه التغيرات إلى تأثيرات ضارة مباشرة أو غير مباشرة للكائنات الحية والمواد الغير حية المكونة للنظام البيئي أو تجعل ظروف العيش غير ملائمة أو تسبب خسائر مادية.

ويمكن أن تصنف ملوثات الهواء وفقا لمصدرها أو منشئها إلى:

**1.51 ملوثات ذات المنشأ الطبيعي**  
 حيث يحتوي الهواء بصورة دائمة على بعض المواد الطبيعية ويختلف تركيز وكمية هذه المواد في الهواء تبعاً لمصدرها ومن هذه المواد نذكر على سبيل المثال لا الحصر حبوب اللاقاح pollen التي تزداد كميتها في الهواء بشكل ملحوظ في الربيع وتسبب بأمراض الحساسية الربيعية كما يتواجد وبشكل دائم أعداد من أنواع البكتيريا وهناك علاقة وثيقة بين عدد المستعمرات البكتيرية والكثافة السكانية وهذا ما تثبته

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

**[https://scholar.google.com/citations?  
user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)**

**[salamalhelali@yahoo.com](mailto:salamalhelali@yahoo.com)**

**<https://www.facebook.com/salam.alhelali>**

**[https://www.facebook.com/groups/  
Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)**

**[https://www.researchgate.net/profile/  
Salam\\_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)**

**07807137614**

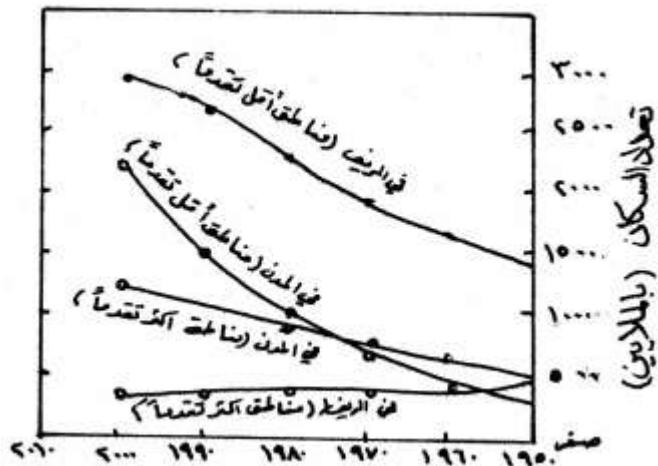


الدراسات وتحتوي الهواء وبشكل دائم على كميات من الغبار والذي يعتبر أحد مكونات الهواء الدائمة وينتج الغبار الطبيعي عن عمليات الهدم للتربة وحركة الرياح والحرائق والبراكين وإضافة إلى الغبار الكوني الذي يصل إلى الغلاف الجوي للأرض من الفضاء الخارجي.

ويعتبر الإنسان مصدراً طبيعياً من مصادر تلوث الهواء خاصة في المدن الكبرى والأماكن المزدحمة إذا ما يطلقه الإنسان يومياً من هواء الزفير حوالي عشرة مترات مكعبة والذي يحتوي على 4% من غاز ثاني أوكسيد الكربون المشبع ببخار الماء وإذا ما أردنا المقارنة على أساس ما يستهلكه الإنسان من الهواء والماء والغذاء يومياً، حيث يستهلك الرجل البالغ من الغذاء يومياً 1.5 كغم من الماء 2.5 كغم والهواء 15 كغم كما وأنه إذا ما حرم من هذه الثلاثة فإن حاجة الإنسان للهواء تصبح في المقام الأول وهو أول هذه العوامل حرجاً.

وإذا مارينا أن تكون دققين، فإن تلوث الهواء لا يحدث عن طريق فعاليات الإنسان فقط كما ذكرنا، أيضاً عن طريق حوادث طبيعية مختلفة. إلا إن هذه المصادر بعيدة عن متناول أيدينا بأي حال من الأحوال لذا فسوف نوجه اهتمامنا نحو التلوث الذي يحدثه الإنسان فقط من خلال فعالياته الصناعية ونشاطه المدني.

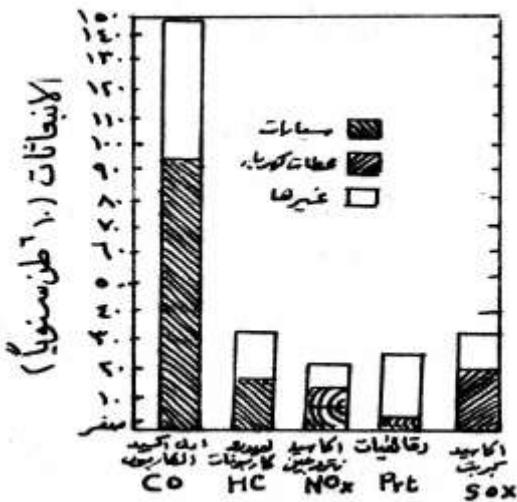
- 2.52- ملوثات الهواء ذات المنشأ الصناعي والمدني
- إن مشكلة تلوث الهواء يمكن ربطها بصورة مباشرة بعاملين رئيسين:
- استغلال الطاقة
  1. تزايد كثافة السكان في المدن (شكل 8 - 2)



شكل (8-2): التعداد السكاني في المدن والريف في المناطق الأكثر تقدماً والأقل تقدماً من العالم من 1950-2000 (United Nations 1971)

وتحدد الكمية الكلية للتلوث بصورة رئيسية بكمية الطاقة التي نسيطر عليها ولعل أول تلوث الهواء بدأ عند حرق الأخشاب للتدفئة والطبخ ولكن خلال القرن الرابع عشر أصبحت المشكلة الكبرى وخاصة في الدول الصناعية هي الدخان والغازات المنطلقة من احتراق الفحم ومنذ ذلك الحين استمر حرق الفحم وأصبح بذلك مصدراً رئيسياً للتلوث الهواء ومع ذلك في المناطق حيث تستعمل حالياً أنواع نظيفة من الوقود فان السيارات هي المساهم الأكبر في عملية تلوث الهواء (شكل 8 - 3).

و لا تعود الآثار الضارة للتلوث الهواء إلى كمية المواد المنبعثة بقدر ما تعود إلى تركيزها في الهواء وتجاه الإنسان نحو تركيز مصادر التلوث في حدود مناطق جغرافية صغيرة تحمل موارد الهواء المحلية بقدر من التلوث أكثر مما يمكن تخفيفه بسهولة.



شكل (3-8): مساهمات المركبات السيارة ومحطات القوة الكهربائية وغيرها في الانبعاثات الكلية (الولايات المتحدة – EPA, 1973)

4-8.53 مصادر الانبعاث من بين أهم الأسئلة من أين تأتي ملوثات الهواء هل يمكن خفض انبعاثها؟ وللإجابة لابد من معرفة صورها هناك خمسة ملوثات أولية كبرى وهي:

- الهيروكربونات: وهي مواد تحوي جزيئاتها ذرات كربون وهيدروجين فقط (C-H). وتتبعت بصورة رئيسية نتيجة لاحتراق الجزيئي لوقود المحركات (الاحتراق التام ينتج مجرد ثاني أوكسيد كربون والماء).
- أول أوكسيد الكربون: هو غاز عديم اللون والطعم والرائحة يسبب الدوار للإغماء unconsciousness او قد يؤدي إلى الموت بالإقلال من قدرة الدم على حمل الأكسجين وينتج من الاحتراق غير الكامل للهيروكربونات ومصدره الرئيسي السيارات.
- اكسيد النتروجين Nitrogen Oxides و بصورة رئيسية اوكسيد النتروز (NO) وثاني اوكسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>) تتكون عندما يتهدد النتروجين والأوكسجين الجوي

وتحت ظروف درجة حرارة عالية كالتي تحدث في محركات السيارات أو مصانع إنتاج الطاقة الكهربائية التي تعمل بوقود المتحجرات fuel – Fossil.

4. اكاسيد الكبريت Sulfur oxides ويمثل الجزء الأكبر منها ثاني أوكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$  مع بعض ثالث أوكسيد الكبريت ( $\text{SO}_3$ ). وهذه تتبع عند احتراق وقود المتحجرات الحاوية على شوائب كبريتية. وهي خطيرة بصورة خاصة عند وجودها مع الدقائق.

5. الدقائق Particulates : وهي نوع غير محدد يشمل مدى واسع من الجزيئات الصلبة أو السائلة والتي تتبع بصورة نموذجية خلال احتراق المواد أو طحنها. وبعض خواصها الضارة تعود إلى تركيبها الكيميائي بينما يعود البعض الآخر إلى مجرد حجمها.

يبين الجدول (8-2) تقديرات لكميات المبعثة من هذه الملوثات بالوزن لعام 1970 ويلاحظ بان وسائل النقل ممثلة بصورة كلية تقريباً بالسيارات هي أكبر المصادر لأول أوكسيد الكربون والهيدروكاربونات وأكاسيد التتروجين.

وتأتي انبعاثات الحرق للوقود من مصانع القوة والصناعة والمصادر التجارية والسكنية على أن النصيب الأكبر والوحيد يعود إلى مصانع القوة.

وتعود لهذا المصدر(مصانع القوة) معظم اكاسيد الكبريت وجاء لا بأس به من الدقائق.

وتشمل مجموعة العمليات الصناعية جميع العمليات الاحتراقية كالتي تحدث في صناعة منتجات متباعدة كالمنتجات النفطية والصلب والمواد البلاستيكية والاسمنت وتشمل مصادر طرح الفضلات الصلبة الانبعاثات الناتجة من الممارسات العامة لحرق الفضلات

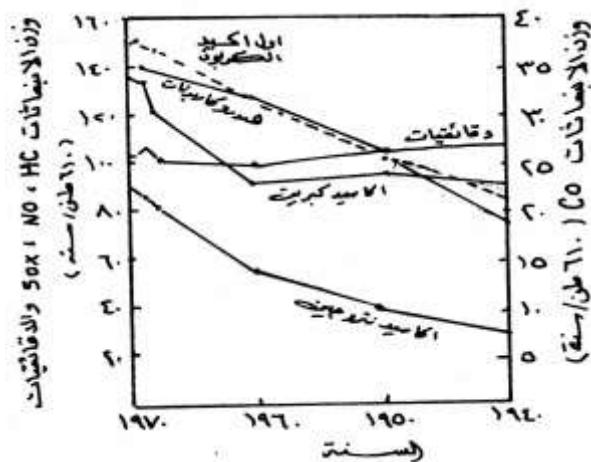
البلدية في أفران أو الهواء الطلق في نفس أماكن جمع القمامة وكذلك عمليات أخرى مثل حرق نشاره الخشب والقف في محارق ضخمة في طواحين الخشب.

ويبيين الجدول (8-2) مدى ما يساهم به في تلوث الهواء اكبر مصدرين هما : السيارات ومصانع توليد الطاقة الكهربائية وتعتبر محاولة تقدير مجموع ما تساهم به السيارات في تلوث الهواء عملية محيرة وإذا ما قارن بكل بساطة الأطنان الكلية للملوثات المنبعثة من السيارات في عام 1970 بجميع المواد المنبعثة من المصادر كلها تصل إلى رقم % 47 .

**جدول (2-8): مصادر ملوثات الهواء ( مليون طن ) في الولايات المتحدة  
لعام 1970 م ( مكافحة التلوث 1972 )**

| المصادر        | Co <sub>2</sub> | SO        | HC        | NO        | الدقائقيات | الإجمالي   | النسبة %   |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| السيارات       | 66              | 1         | 12        | 6         | 1          | 86         | 60         |
| الصناعة        | 2               | 9         | 4         | 2         | 6          | 23         | 17         |
| محطات كهرباء   | 1               | 12        | 1         | 3         | 3          | 20         | 14         |
| التدفئة        | 2               | 3         | 1         | 1         | 1          | 8          | 6          |
| حرق النفايات   | 1               | 1         | 1         | 1         | 1          | 5          | 3          |
| <b>المجموع</b> | <b>72</b>       | <b>26</b> | <b>19</b> | <b>13</b> | <b>12</b>  | <b>142</b> | <b>100</b> |

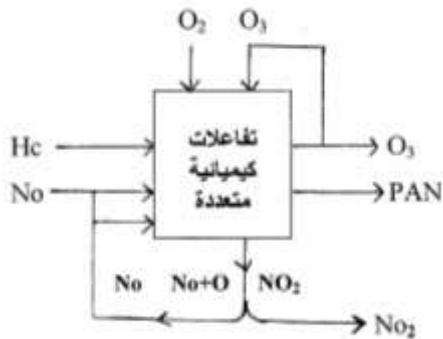
ويبيين الشكل (8 – 4) انبعاثات الملوثات الأولية الخمسة على مدى الثلاثين سنة الماضية وعلى أساس بعض الأرقام التخطيطية وكما هو متوقع ازدادت المواد المنبعثة مع ازدياد عدد السكان وزياد التصنيع ولم تتخذ محاولات سيطرة جدية إلا منذ عهد قريب ولذلك يمكن ملاحظة تحسن ضئيل إن لم يكن على الإطلاق في أشكال السيطرة.



شكل (4-8): انبعاثات الملوثات الخمسة الكبرى في الولايات المتحدة (CEQ, 1972)

#### 8.54- الضباب الأسود (الكيموضوئي )

تعتمد طبيعة تلوث الهواء على أنواع الملوثات المنبعثة من منطقة معينة وعلى الظروف الجغرافية والجوية. ومن المفيد التمييز بين نوع التلوث الذي يتركب معظمها من اشتراك اكسيد الكبريت والدقائقات والذى يسمى بضباب لندن الأسود photochemical smog (London smog) ويبين الضباب الأسود الكيموضوئي (London smog) والذي ينتج عن تفاعل كيميائي بين الهيدروكربونات و اكسيد النتروجين لضوء الشمس وان الملوثات الأولية الداخلية في التفاعل الكيموضوئي هي أول اوکسيد النتروجين والهيدروكاربونات. وعندما توجد هذه الملوثات الأولية (NO,HC) في وجود الضوء تحدث سلسلة معقّدة من التفاعلات (غير مفهومه بصورة كاملة) تؤدي إلى ملوثات ثانوية (secondary-pollutants) ضارة مختلفة تشمل ثاني اوکسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>) والأوزون (O<sub>3</sub>) ونترات فوق اوکسيد الاستيايل ويشار عادة إلى الأوزون والنترات فوق اوکسيد الاستيايل بالمؤكسدات الكيموضوئية ويبين الشكل (5-8) بصورة مختصرة التفاعلات التي تحدث إثناء تكون الضباب الأسود الكيموضوئي.



شكل (5-8): ملخص التفاعلات الكيمووضئية لتكون الضباب الأسود

من بين آثار تلوث الهواء الكيمووضئي photocemical smog تهيج العين eye irritation والأوزون عندما يتفاعل مع الهيدروكربونات قد ينتج مواد مهيجة مثل الفورمالديهايد Formaldehyde ونترات فوق اوكسيد البنزوايد (ن.ف.ب) و(ن.ف.أ) وакرولين Acrolin وقد يسبب الأوزون انقباض الصدر chestconstriction وتهيج الغشاء المخاطي mucous irritation والصداع headache والسعال coughing والإجهاد membrane irritation . كما انه يسبب تلف مواد عضوية مثل المطاط والقطن والخلات والنایلون exhaustion والبوليستر وترتبط المؤكسدات بزيادة إصابات الربو ويمكن أيضا أن تسبب اضطراراً خطيرة للنباتات تؤدي إلى بعض الأعراض مثل تقرح الأوراق leaf lesions وضعف نمو النبات وان الاعتماد الكلي تقريبا على السيارات يؤدي إلى مستويات عالية من انبعاثات الهيدروكربونات وأول اوكسيد النتروجين. كما إن انتشار الانقلاب الجوي atmospheric inversions يحفظ الملوثات معا بحيث يتسعى لها الوقت الكافي لتفاعل.

كما إن توفر أشعة الشمس يتم مجموعه الظروف الضرورية. وتبين إحداث تلوث الهواء Air pollution Episodes حيث حصلت في التاريخ الحديث عدة كوارث كبرى نتيجة تلوث الهواء تدعى بالأحداث episodes تشير إلى أخطار الناجمة عن

مستويات عالية جداً من التلوث وتقاس الوفيات الناجمة عن هذه الأحداث بمقارنه عدد الوفيات المرتبط بصوره عاديء مع المنطقة بعدد الوفيات في الفترة المعينة والتي تحدث إثناء الحدث.

ويشار إلى الفرق بالوفيات الزائدة (Excess death) وأسوأ الكوارث التي سجلت وقعت في كانون الأول عام 1952 في لندن عندما حذث 4000 وفاة زائدة بسبب الضباب الأسود ( اكاسيد الكبريت والدقائق ) وتسبب الأمراض القلبية والتنفسية في زيادة الوفيات نسبة 84% وزادت الوفيات بسبب الالتهابات الشعبية (الالتهاب الشعبي) بمقدار عشرة مرات تقريباً (عشر أضعاف) في المنطقة الصغيرة في مقاطعة لندن من 74 وفاة في الأسبوع إلى 704 في أسبوع الضباب الأسود (Holland, 1972). وفي الولايات المتحدة في مدينة دونورا في بنسلفانيا خلال تشرين الأول عام 1948 حدث سبب الضباب الأسود من حالة وفاه وكثير من 5900 حالة وفاه من اصل عدد السكان البالغ 14 ألف نسمة وهو أعلى معدل وفيات سجل يسبب تلوث الهواء.

**6.55- أول اوكسيد الكربون**  
يمثل أول اوكسيد الكربون اكبر ملوث في جو المدن فالمصادر الطبيعية تخلق تركيزاً أساسياً يقدر بحوالي جزء واحد بالمليون الان المقدار يعتبر غير ذي قيمة مقارنة بمستويات المدن العاديء. السبب الرئيسي لأنبعاثات (CO) هو الاحتراق الغير كامل للهيدروكربونات والذي قد يأتي عن أي من المتغيرات الأربعه التالية: عندما لا تكون عاليه بصورة كافية (أ) الأوكسجين المتوفر (ب) درجة حرارة الالهاب (ج) زمن بقاء الغاز عند درجة حرارة عاليه (د) اضطرابات في غرفة الاحتراق.

وان عملية الازلة لهذا الملوث تتضمن تحويل أول اوكسيد الكربون إلى ثاني اوكسيد الكربون  $\text{CO}_2 \leftarrow \text{CO}$ . وكما يذكر فان المصدر الأساس لأنبعاث (CO) هو السيارات. وكثيراً ما يعكس تراكيز CO في الجو / ساعة نمط تزاحم السيارات وطريقة

قيادتها في المدينة وخاصة معدل السرعة (وكلما زادت السرعة انخفض الانبعاث). أي إن الانسياب جيد وهذا مرتبط بالتحطيط الجيد لانسياب الحركة في المدن.

ويبدو لا أثر على النباتات وما يصاحبها من كائنات مجهرية من مستويات الـ CO المحتمل وجودها في هواء المدن. ولكن هناك مخاطر على البشر تنتج عن تفاعل CO مع هيموكلوبين الدم ليكون كاربوكسي هيموغلوبين CO-HB مما ينقص مقدار الأوكسجين المحمول بالدم. مما يسبب الصداع والدوار وحتى الموت. وان نقص الأوكسجين بالدم يدفع القلب للعمل بجهد اكبر ولذلك فإن الصعوبات القلبية هي نتيجة لزيادة تراكيز CO في الهواء.

#### 7-8.56- اكاسيد النتروجين

يعد أول اوكسيد النيتروجين (NO) وثاني اوكسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>) مهمين في دراسة تلوث الهواء . تحت ظروف درجات الحرارة العالية يتهدد النتروجين الجوي والأوكسجين ليكوننا على الاكثر (NO) :



وليس لأول اوكسيد النتروجين آثار سلبية معروفة عند التراكيز التي توجد عليها في الجو ولكن يتحول إلى ثاني اوكسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>) وهذا الأخير عامل تآكل (Corrosive) وقد يكون من الناحية الفسيولوجية مهيجا وساما. ويقلل من بريق وتميز الأشياء البعيدة ويعطي الضباب الأسود لونا يتراوح بين الأصفر والبني المحمر. وبعد جزء من التفاعلات الكيمووصائية المتسببة للضباب الأسود. كما وانه NO يتحول إلى NO<sub>2</sub> والذي بدوره يؤثر على تكوين الأوزون (O<sub>3</sub>). قد يسبب NO<sub>2</sub> ضررا بالغا بالنباتات

حيث يؤدي إلى تساقط الأوراق وشحوب الكلوروفيل، وانخفاض المحصول. وتسبب في الالتهاب الشعبي الحاد للإنسان والحيوانات الأخرى.

#### 8.57- الهيدروكربونات

وهي عبارة عن مركبات مكونه من الكربون والهيدروجين فقط. مثل الميثان ( $\text{CH}_4$ ) والإيثان ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) والاثيلين ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) ومعظم المصادر الطبيعية للهيدروكربونات تكون بيولوجية في طبيعتها ويحيي الهواء غير المدن بصورة طبيعية ما يقارب من 1 – 1.5 جزء بالمليون من الميثان واقل من 0.1 جزء بالمليون من الهيدروكاربون الأخرى. وتتبع الهيدروكاربونات بصورة أساسية من عمليتين هما:

- .1. الاحتراق غير التام.
- .2. التبخر.

بينت الإحصاءات في الولايات المتحدة ان 48 % ينبع من السيارات و 15.7 % من عمليات صناعة و 8.9 % عن طريق تبخر المذيبات العضوية (وكالة حماية البيئة، 1973). وعلى الرغم من التراكيز العالية في المدن إلا ان آثارها الضارة على الصحة لم تثبت بصورة مباشرة. ولكنها تأتي نتيجة تكوين الضباب الأسود الكيموضوئي.

وتبين ان 0.3 جزء بالمليون من الهيدروكربونات غير الميثان (حيث إن الميثان يطرح من القياس لأنه يعتبر خاما في هذه العملية) ممكن أن تسبب مستوى من المؤكسدات الكيموضوئية بمقدار 0.1 جزء بالمليون بعد حوالي ساعتين إلى أربع ساعات والتي لها تأثيرات صحية ضارة. ويعتبر الاثيلين الهيدروكاربون الوحيد الناتج من عمليات الاحتراق له آثار على النباتات انه يكون مادة الفورمالديهايد السامة للأحياء خلال التفاعلات الكيموضوئية.

## 9-8.58- اكسيد الكبريت ( Sulfur Oxides )

يحتوي وقود المحترفات بصورة عامة كميات من الكبريت ( يتراوح بين 0.5 - 6.0 % في الفحم ) إما على شكل كبريتيدات لا عضوية وأما على شكل كبريت عضوي وعندما يحرق الوقود بتبخير الكبريت في صورة ثاني أوكسيد الكبريت (  $\text{SO}_2$  ) على الأكثر مع نسبة مئوية أقل بكثير من ثالث أوكسيد الكبريت (  $\text{SO}_3$  ) ويمكن الكشف عن تراكيز أعلى من 3 جزء بال مليون عن طريق رائحته المميزة للنفاذية وتفاعل مع الماء لتكوين لكبريتوز بينما يتفاعل ثالث أوكسيد الكبريت مباشرة مع الماء ليكون قطرات من حامض الكبريتيك (  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ) وبهذا لا يتواجد  $\text{SO}_3$  بصورة هذه في الجو. إذ يتتحول إلى حامض الكبريتيك بسرعة وت تكون 5-20 % من المواد الدقيقةات في هواء المدن من حامض الكبريتيك وكبريتات أخرى ويأتي 80 % من انبعاثات الكبريت من احتراق الفحم وبعد ثاني أوكسيد الكبريت مسؤولاً على التأكل السريع للمواد كالآخمة والهيكل المعدنية وأسلاك التوصيل الكهربائية وتفقد الجلود ألوانها ومواد البناء متناثرها وألوانها وتضرر التماثيل والأعمال الفنية الأخرى كما وأن  $\text{SO}_2$  يسبب أيضاً أضرار في أوراق النباتات و يؤدي بذلك إلى تثبيط النمو وضعف الإنتاج النباتي وتسبب الأمطار الحامضية إتلاف لخواص التربة وتأكل معادنها وغسل عناصرها الغذائية وجعل وسط التفاعل حامض وهلاك أحياها المسؤولة عن جميع خواصها الخصوبية.

كذلك تسببت الأمطار الحامضية في القضاء على مساحات هائلة من الغابات في العالم حيث بلغت نحو 38 ألف كيلومتر مربع كما أشير إلى إن 60 % من غابات منطقة الدور الصناعية في المانيا الاتحادية قد تم تدميرها بسبب هطول الأمطار الحامضية وقد وجد أن ترسبات الكبريت الناجمة عن تلك الأمطار تبلغ 100 - 150 كغم / هكتار / سنة. كما لوحظ باز إنتاج عشرون مليون هكتار من الأراضي الزراعية في العالم تقرب من الصفر نتيجة لفقدان العناصر الضرورية بفعل الأمطار الحامضية.

### **10-8.59- ملوثات هوائية خطيرة**

هناك بعض الملوثات الهوائية التي تعد خطيرة بصورة خاصة على الصحة وهي:

1. الاسبستوز: وهذه المواد يسبب استنشاقها سرطان يدعى ورم الطبقة الوسطى mesothelioma، وينتج هذا من أعمال مناجم الاسبستوز و عمليات الطحن وصناعة المنتجات الحاوية عليه وأعمال الرش للهيكل الحديدي كمادة عازلة ومن مبطنات الفرامل والковابح و عند اشتغال الطرق المغطاة بالاسبستوز.
2. البريليوم: هو أيضا من الملوثات السامة الخطيرة جدا والذى يسبب عدة أنواع من أمراض الرئة. وقد يؤدي التعرض للتراكيز المنخفضة إلى التهاب مزمن والعالية إلى الموت بصورة سريع وينبع من عمليات التصنيع التي تتضمن طحن وحرق وقطع البريليوم واستخدامه في وقود الاطلاقات الصاروخية.
3. الزئبق: ويعد الزئبق أيضا ملوثا جويا خطرا حيث انه يتواجد بصورة بخار زئبق عنصري معروف بإثارة شديدة للجهاز العصبي المركزي وتعتبر المصادر الكبرى للزئبق الأصباغ محطات القوة الكهربائية التي تعمل بالفحم ومعامل تصنيع الزئبق ومعامل خاماته الأولية.

### **11-8.60- الدفائقيات**

يستخدم مصطلح الدفائقيات لأي مادة منتشرة سواء كانت صلبة أو سائلة وتشمل:

1. الهباء Aerosol وهو عبارة عن جزيئات صلبة أو سائلة تبقى معلقة في الهواء نظرا لصغر حجمها ويكون قطرها بصورة عامة اقل من ميكرون واحد.
2. الغبار Dust وهو مواد دقيقة صلبة.
3. الدخان Fume وهو دقائق صلبة قطرها اقل من ميكرون واحد. تتكون عندما تتكاثف الأبخرة أو عند حدوث تفاعلات كيميائية.
4. الضباب Mist هو جزيئات سائلة يصل قطرها إلى مائة ميكرون.

5. السخام Soot وهو جزيئات الكربون متناهية الدقة تجتمع مع بعضها البعض بصورة سلاسل طويلة.

وتنتج الدقائقيات أما من مصادر طبيعية أو من نشاطات الإنسان المختلفة وتمثل الدقائقيات الناتجة عن المصادر الطبيعية كالرمال ودقائق التربة وذرات الأملاح بالقرب من شواطئ البحار والترب الملحية والغبار البركاني و الغبار الكوني.

أما الدقائقيات الناتجة عن نشاط الإنسان فهي جزيئات عضوية وأخرى غير عضوية وتنتج الدقائقيات العضوية (التي تشكل جزءاً من الدخان) من احتراق الفحم والنفط والخشب والنفايات وتتألف بصورة أساسية من الكربون وتحتوي على العديد من المركبات السامة المسببة للسرطان إضافة إلى الدقائقيات الناتجة من المبيدات الكيميائية والصناعات الكيميائية والغذائية.

أما الدقائقيات المعدنية فتنتج من صناعة التعدين والصناعات الكيميائية اللاعضوية وصناعة مواد البناء وشق الطرق وحركة وسائل النقل وصناعة الاسمنت والزجاج وغيرها. والغبار سواء كان نتيجة للنشاط الصناعي أو العواصف الرملية التي تهب من الصحاري والمناطق التي هدمت تربتها يمثل أحد صور التلوث التي تسبب أضراراً متعددة خاصة في المناطق الجافة. وتأتي خطورة التلوث بالغبار من الناحية الكمية وذلك لأنه يتشكل بكميات كبيرة ويعطي مساحات واسعة.

6.1-11-8-1- تصنيف الدقائقيات على أساس الحجم:  
لحجم الدقائقيات أهمية كبيرة وذلك لأنه يحدد سلوكها أثناء حملها بالرياح والمسافة التي يمكن ان تصل إليها والتأثير الذي تحدثه للحيوانات والنباتات والتربة والمنشآت والمعدات والأدوات الصناعية والمدنية والزراعية وتقسم بناءً على ذلك إلى (Turk, 1972)

1. الغبار الساقط: وهو عبارة عن الغبار التي يزيد قطرها عن 10 ميكرون وترسب على مسافات ليست بعيدة عن مسار تكوينها ويقدر سرعة ترسبيها بـ 17 سم / دقيقة. ويمكن ان تحملها الرياح الشديدة مره ثانية. ويظهر هذا النوع من الدقائق تأثيرا كبيرا على النبات والحيوان والمنشآت والتربة. وتصل معدلات سقوطه إلى كميات كبيرة في المناطق الصناعية والمدن الكبيرة. وقد تصل مابين 270 و 300 طن / كم<sup>2</sup> / شهر في الأراضي القريبة من معامل الاسمنت.

2. الغبار المعلق Suspended Particles : يتراوح قطر الدقائق المكونة له من 0.1 إلى 10 ميكرون وتبقي فترة طويلة معلقة في الهواء أما ترسبيها فبطيء ويتوقف على الظروف المناخية من رطوبة وحرارة ورياح وغيرها وتصل كمية الغبار المعلق إلى معدلات مرتفعة وخاصة في مناطق معامل الاسمنت والحد المسموح به هو 0.5 ملغم / م<sup>2</sup>.

3. الدقائق المعلقة المجهرية Very fine Suspended : وهي الدقائق دقيقة جدا قطرها اقل من 0.1 ميكرون ومن الصعب ترسبيها ولها حركة عشوائية (براونية) ومن خلال التحرر (التخثر) تزداد في الحجم إلى أكثر من ميكرون وعدها في الهواء النقي عدة مئات في السنتمتر المكعب الواحد) أما في الأجواء الملوثة فيصل عددها إلى أكثر من 100 ألف دقائقيه / سم<sup>3</sup>.

#### 11-2-8.62-تأثير الدقائق

أ - على الوسط: تمتصل الدقائق المعلقة في الهواء ببعضها من الإشعاع الشمسي كما تعكس قسما آخر منه وتعيده إلى الفضاء الخارجي قبل أن يصل إلى سطح الأرض. وان زيادة مقدارها 1 % من القدرة الانعكاسية تسبب خفضا في درجة حرارة الأرض مقداره 1.7 درجة مئوية ( Bryson, 1971 ). كما وان تركيز الدقائق المختلفة تؤثر في إنها تخفض نسبة الأشعة فوق البنفسجية الطبيعية مما تزيد من زيادة البكتيريا المرضية ويفعل

تشكل فيتامين D تحت تأثيرها. كما وان تراكيز الدقائق المختلفة توفر انوية تكافف تزيد من الضباب الدخاني والمطر. وبينت دراسة قام بها Landsbery ، (1962) قارن بها مناخ المدينة بتخومها الريفية فوجد ان المدينة تكون أكثر ضبابا بمقدار ( 100 % ) في الشتاء وأكثر غيوما بمقدار ( 5 - 10 % ) ، وأكثر مطرا بمقدار ( 5 - 10 % ) وأكثر غبارا ( 10 مرات ) عنه في الريف . وهذا ما يوضح الاضطرابات المناخية التي تسببها الأجواء الملوثة بالدقائق.

ب- تأثير الدقائق على الإنسان والحيوان والنبات والتربة: تعتبر الدقائق المعلقة التي يزداد قطرها مابين 0.1 - 10 ميكرون أكثر الجزيئات تأثيرا وتلوثيا للهواء وذلك لأنها:

1. تشكل القسم الأكبر من الدقائق الملوثة للهواء.
2. تحتوي على دقائق تحدث أكبر الضرر بالجهاز التنفسى لأنها تستطيع الوصول إلى أعماق الجهاز التنفسى وترسب على سطح الأوراق النباتية وتسد التغور وتقلل من مسامات التربة وتعيق تبادل الغازات وخاصة في الأوساط الزراعية الرطبة.
3. تحتوي إضافة إلى الدقائق المعدنية والعضوية على الدخان والهباب وجزيئات المبيدات والمواد المشعة والمسبيبات المرضية والعناصر الثقيلة والأملاح والمواد الكيميائية المختلفة التي ممكن ان تؤثر على الأحياء كافة بما فيها أحياء التربة. و تستأثر الدقائق الصغيرة (التي قطرها اقل من 3 ميكرون) بمعظم الضرر الذي يلحق بالجهاز التنفسى وخاصة الالتهاب الذي يصيب القصبات التنفسية والانتفاخ الرئوي الذي يحصل نتيجة ذوبان جدران عدد من الحويصلات الصغيرة وتكوين كيس واحد كبير تقل به المساحة السطحية الميسرة للغشاء المسؤول عن تبادل الأوكسجين مع ثاني اوكسيد الكربون مما يؤثر ذلك إلى قصور في التنفس وإجهاد قلب الكائنات المصابة.

وينتاج تأثير الدفائقيات من كونها  
سامة.

1. تكون عقبة في طريق تهوية الجهاز التنفسي.

2. مدمصة لبعض المواد السامة.

وتأثير الدفائقيات على النباتات كبيرة أيضا فالغار الإسمنتي مثلًا يشكل طبقة صلبة على الأوراق وأعضاء النبات الأخرى ويعود تشكيل هذه الطبقة إلى وجود سليكات الكالسيوم التي تتحول في وجود الرطوبة إلى هيدرات سليكات الكالسيوم الجيلاتينية التي تجف فيما بعد مسببة أضرار بالغة بالأوراق أما في الأوساط الجافة فتشكل طبقة غبارية تغطي أجزاء النبات المختلفة وتغلق الثغور مما يعيق عمليتي التبادل الغازي والفتح.

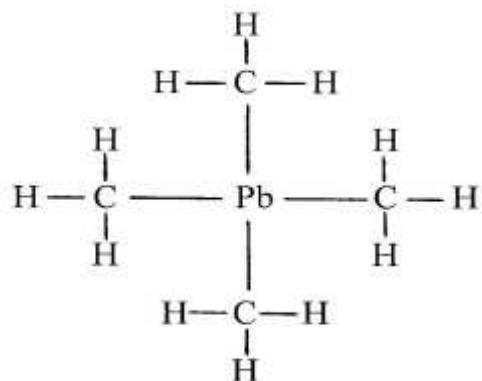
وتترسب الدفائقيات على مياسم الأزهار وتعيق عملية الإخصاب وبالتالي نقص عدد الثمار المتشكلة وتبين الدراسات التي قام بها Kozlowski (1975)، إن نمو النباتات المحيطة بمعامل الإسمنت والى كيلومترین عنها يقل إلى النصف بسبب تأثير الدفائقيات الغبارية. كما وان سقوط هذه الدفائقيات على سطح التربة بشكل طبقة تمنع من تهوية التربة وتضر بكتائنات الحية من خلال تأثيرها الفيزيائي أو الكيميائي على أجهزتها التنفسية.

#### 12-8.63 الرصاص

هناك بعض الجزيئات الدقيقة تكون خطرة على حياة الكائنات الحية سواء التي تعيش فوق أو تحت سطح التربة ونظرا لسميتها الشديدة ويعتبر الرصاص مثالا لهذا النوع من التلوث.

وجد خبراء صناعة تكرير النفط إن إضافة الرصاص إلى الوقود وخاصة وقود السيارات، كعامل لكتم الصوت (الفرقة Antiknock Agent) الذي يحدث عند اشتعال خليط الوقود مع الهواء في المحرك أي ان الرصاص يرفع الرقم الاوكتنيني

(Octane Number) وهو مقياس عددي يمثل الخصائص المانعة للصوت في الوقود وتعمل معظم السيارات الحالية بوقود ذي رقم الاوكتيني بين 92 (بنزين عادي) و 98 (بنزين ممتاز). ويضاف الرصاص إلى الوقود على هيئة رابع اثيل الرصاص أو رابع مثيل الرصاص (شكل 8 - 6).



شكل (8-6): رابع مثيل الرصاص

وتتراوح كمية الرصاص المضاف بين 0.4 و 0.84 غم / لتر من الوقود وأحياناً أكثر من ذلك ويتحول الرصاص العضوي المضاف إلى وقود في محرك السيارة إلى صورة غير عضوية ويخرج مع عوادم السيارة على شكل جزيئات محملة بأملال الرصاص المختلفة مثل اكاسيد وكلوريدات وبرميادات الرصاص التي تتحول في الجو إلى كربونات الرصاص وتسبب انبعاثات نواتج العوادم حوالي 97% من إجمالي الرصاص في الجو ومعظم جزيئاته أصغر من 0.5 ميكرون مما يجعلها سهلة الانتشار إذ تحمل بالهواء إلى مسافات بعيدة ولا تترسب إلا بعد عدة أيام وتقدر كمية الرصاص المنطلق من عوادم السيارات بحدود 500 ألف طن / سنة .

وفي عام 1966 ويجمع خبراء السموم على ان وجود الرصاص في البيئة وفي أمام الكائنات الحية يشكل مخاطر بيئية وصحية كبيرة حيث ان الرصاص معدن سام ويتراكم

في الأنسجة ويسبب الصداع والضعف العام والألم التشنج في المعدة أما تأثيراته البعيدة فتنتج من كونه يسبب التخلف العقلي وشلل المخ وتعاقب النوبات المرضية ومرض الكبد المزمن (ماسترز 1980) وهناك علاقة واضحة بين زيادة تركيز الرصاص في جسم الأطفال وانخفاض مستويات الذكاء لديهم وقدراتهم الذهنية وإضافة إلى أنه يوجد دلائل تشير إلى العلاقة بين تراكم الرصاص في أغشية الجنة وبين بعض حالات التشوه الخلقي كالصم والعمى وبعض الأمراض العصبية.

#### **13-8.64 - الزئبق**

ويعتبر الزئبق من الملوثات التي حظت باهتمام كبير ولاسيما بعد معرفة إن الزئبق اللااعضوي يتحول على صورة عضوية سامة هي مثيل الزئبق عن طريق بعض الكائنات الدقيقة ويتركز في المنتجات الغذائية ويعتبر الزئبق ملوثاً جزياً خطراً وذلك لأنه يتواجد في صورة بخار زئبق ويسبب بخار الزئبق آثار تدميرية للجهاز العصبي المركزي واهم مصادر الزئبق الجوي الذي من الممكن أن يسقط على التربة هي الأصياغ ومصانع محطات الطاقة التي تعمل بالفحم ومحطات تصنيع الزئبق.

#### **14-8.65 - الفلور**

وينتاج عن صناعة الألمنيوم والأسمدة الفوسفاتية وله تأثيرات ضارة ولو كان بتركيز منخفض ويدخل الفلور الممتص من قبل وراق النبات إلى الأوراق ماراً بالترشيح الورقي ومن تم ينتقل ويترافق في النهايات الطرفية وفي حواف الأوراق ويتركز في الأنسجة والمهم في الفلور هو تراكمه داخل الخلايا بشكل تدريجي وزيادة تراكيزها وعند سقوط الأوراق على التربة يستهلك من قبل حيوانات التربة ومن ثم يعود بعد التحلل إلى النبات مرة أخرى.

وينتقل الفلور المتجمع في أنسجة النباتات الى الحيوانات التي تتغذى على النباتات ومن ثم إلى الإنسان عن طريق الحيوانات التي يتغذى بها ومنتجاتها من الألبان واللحوم. ويتأثر النحل بالفلور حيث يبطئ نموه ويقلل إنتاجه من العسل ويعود ذلك الى وصول الفلور لجسم النحل عن طريق الرحيق الذي يتغذى به (Detrie , 1974).

## الفصل التاسع

### تلות الهواء وآثاره على الظواهر المناخية للأرض والتربة

66. مقدمة

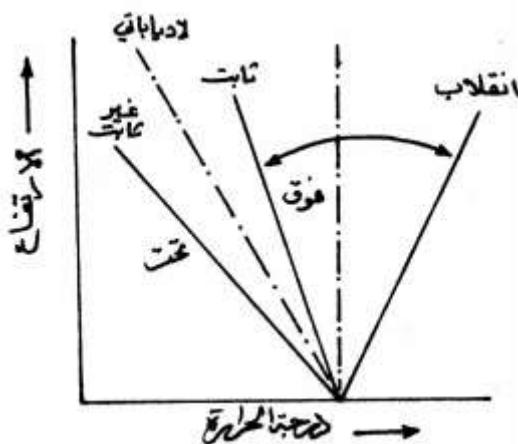
يمكن لتلوث الهواء ان يؤثر على مساحات واسعة وتشمل أحيانا مناخ الكره الأرضية واهم هذه التغيرات هي التي تحدث نتيجة لانقلاب الحراري وترامك ثاني اوكسيد الكربون في الجو ونقص الأوزون في طبقة الستراتوسفير Stratosphere.

1-9.67 الآثار الناجمة عن ظاهرة الانقلاب الحراري حدثت معظم الكوارث البيئية الناتجة عن تلوث الهواء في ظروف الانقلاب الحراري. يعتبر معدل التغيرات في درجة حرارة الغلاف الجوي مع زيادة الارتفاع ذا أهمية بالغة من حيث تخفيف ملوثات الهواء عن طريق الاختلاط الرأسي مع الهواء الاكثر نقاوة فعندما تكون هناك كتلة هوائية معزولة تستطيع ان تتحرك الى الأعلى او الى الأسفل في الجو وليس لها العزل الحراري لاي حرارة بان تدخل الى الكتلة الهوائية او تخرج منها فإذا تحركت الكتلة الهوائية الى الأعلى متتمدة وبسبب انخفاض الضغط الجوي، والهواء المضغوط عندما يتمدد تتحفظ درجة الحرارة داخل الكتلة الهوائية ويسمى هذا الانخفاض مع الارتفاع معدل الهبوط الأديبابتي Adiabatic Lapserate (ALR) ويساوي  $-1^{\circ}\text{C}$  لكل 100 متر ارتفاع.

وعندما تهبط درجة الحرارة الجو مع الارتفاع بصورة اكبر من معدل الهبوط الأديبابتي (شكل 1-9) فان الجو يكون غير مستقر وبذلك يختلط الهواء من ارتفاع ما مع الهواء من ارتفاع آخر وعليه فان الملوثات ستنتشر بسرعة خلال الغلاف الجوي فينحدر الهواء البارد باتجاه الأرض ليسخن ثم يرتفع مره أخرى وهكذا.

أما إذا انخفضت درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل أقل من معدل الهبوط الأدبياتي حينئذ يكون الهواء ثابت أو تكون حركة ضعيفة جداً مع عدم وجود اختلاط راسي مما يؤدي إلى تراكم الملوثات وزيادة تراكيزها وخاصة إذا ما كان هناك عوائق طبيعية كوجود التلال أو الوديان أو النباتات العالية ستؤثر على الحركة الأفقية للهواء وبذلك فإن تصريف الملوثات هذه الحالة سيعتمد بالدرجة الأولى على الحركة العمودية للهواء.

ولكن حصول ظاهرة التدرج الحراري المقلوب عند ارتفاع معين ستؤدي إلى أن الهواء الحار محملاً بالملوثات المتتصاعدة عمودياً سيرتد والنتيجة هو تضاعف تراكيز الملوثات عند سطح الأرض وهذا يؤدي إلى التأثير على الناس وبقية أشكال الحياة في المنطقة والتي تعيش على أو تحت سطح التربة وتلوثها.



شكل (1-9): يبين معدل الهبوط اللادياباتي (وهو الحد الفاصل بين الهواء الثابت والهواء غير الثابت أي متحرك)

9.68- الآثار الناجمة عن تراكم ثاني أوكسيد الكربون تختلف تقديرات العلماء حول التغيرات التي يمكن أن تحدث في مناخ الكره الأرضية ويعتقد البعض إننا مقبلون على عصر جليدي ويعزى أصحاب هذا الرأي الانخفاض المتوقع في درجة حرارة الغلاف الجوي إلى زيادة في التعكير الجوي

ويفترض ان العدد المتزايد في الدقائقات في الجو يسبب Atmosphere Turbidity زيادة في انعكاس الإشعاع الداخل الى الجو الأرض وإعادته الى الفضاء قبل ان يصل الى سطح الأرض أي الى تزايد قدرة الغلاف الجوي على الانعكاس (Lovelock, 1971).

ويعتقد العلماء انه نتيجة للتقدم الصناعي الذي حدث في النصف الثاني من القرن العشرين اخذ ثاني اوكسيد الكربون يتراكم في الغلاف الجوي نتيجة الزيادة استهلاك الوقود باشكاله المختلفة من جهة وتدمر نشاطات واسعة من العطاء النباتي الطبيعي وخاصة الغابات الذي يستهلك ثاني اوكسيد الكربون في عملية التركيب الضوئي من جهة ثانية .

يتميز ثاني اوكسيد الكربون في الجو على خلاف مكونات الهواء الأخرى بخاصية امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation ويعمل بذلك عمل البيت الزجاجي Green Hoes Effect إذ يسمح للطاقة الشمسية الداخلية بالدخول الى سطح الأرض إلا انه يمتص الأشعة تحت الحمراء المعاد إشعاعها من الأرض، وبتزايده تركيز الطاقة الخارجية تكون الطاقة المحتجزة اكبر من الطاقة المعاد إشعاعها للفضاء لذا لابد لدرجة حرارة جو الكرة الأرضية من أن ترتفع ويتوقع stickler و Manabe (1964) أن تؤدي زيادة مقدارها 10 % في تركيز ثاني اوكسيد الكربون الى زيادة متوسط درجة الحرارة في الطبقة السطحية من الغلاف الجوي بمعدل 0.3 درجة مؤوية. وان تضاعف تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الجو سينتاج عنه زيادة في متوسط درجة حرارة.

ويتبين من الجدول ان زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكربون ستؤدي الى ارتفاع متوسط درجة حرارة الغلاف الجوي وسيؤدي هذه الزيادة الى بدء ذوبان غير معكوس للجليد سواء في القطبين او في قمم الجبال المرتفعة او في المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي.

ويعتقد انه سيترتب على ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي تغير في نظام الأمطار وتوزيعها على سطح الكرة الأرضية بحيث تزداد كمية الأمطار في العروض المرتفعة بينما يتوافق مع ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي جفاف في مناطق شاسعة من العروض المتوسطة ذات الأمطار المتقلبة من عام لآخر (كما هي الحال في معظم البلاد العربية ومنها بلدنا العراق) وهذا ما حصل في الأعوام 1972 – 1976 والأعوام المنصرمة من نهاية عقد التسعينات.

حيث سجل نقص واضح من كمية الأمطار في هذه المناطق كما سيرافق ارتفاع متوسط درجة الحرارة كما ذكرنا ذوبان الجليد مع ارتفاع في مستوى سطح المحيطات والبحار بمعدل أكثر من 50 مترا مما سيؤدي في بادئ الأمر الى ارتفاع منسوب الماء الأرضي وتعدق الأرضي وتملحها ومن ثم ينتهي بعمر مساحات واسعة تقدر بحوالي 1.5 مليون كيلومتر مربع من الأراضي الشاطئية والسهول الرسوبيّة ومنها أراضينا في جنوب القطر والتي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم.

**9.69- الآثار الناجمة عن نقص الأوزون في الغلاف الجوي**  
يوجد الأوزون في الغلاف الجوي بتراكيز مرتفعة ابتداء من ارتفاع 10 الى 50 كم فوق سطح الأرض وتكون أقصى تراكيز له على ارتفاع من 22 الى 25 كم فوق سطح الأرض، وتسمى الطبقة التي يكون فيها تراكيز الأوزون مرتفعا باسم الأوزون سفير Ozonosphere (انظر شكل 1-8).

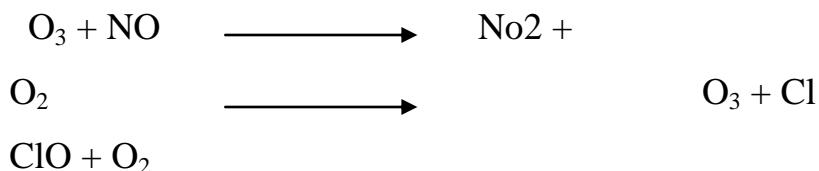
وتلعب هذه الطبقة دوراً بالغ الأهمية في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة لو وصلت الى السطح لسبب أضرار بالغة للكائنات الحية كافة.

ويوجد الأوزون في الغلاف الجوي في حالة توازن ديناميكي إذ يتولد باستمرار كلما حول ضوء الشمس الأوكسجين الجزيئي ( $O_2$ ) الى أوكسجين ذري (O) يتفاعلان معاً ويعطيان الأوزون:

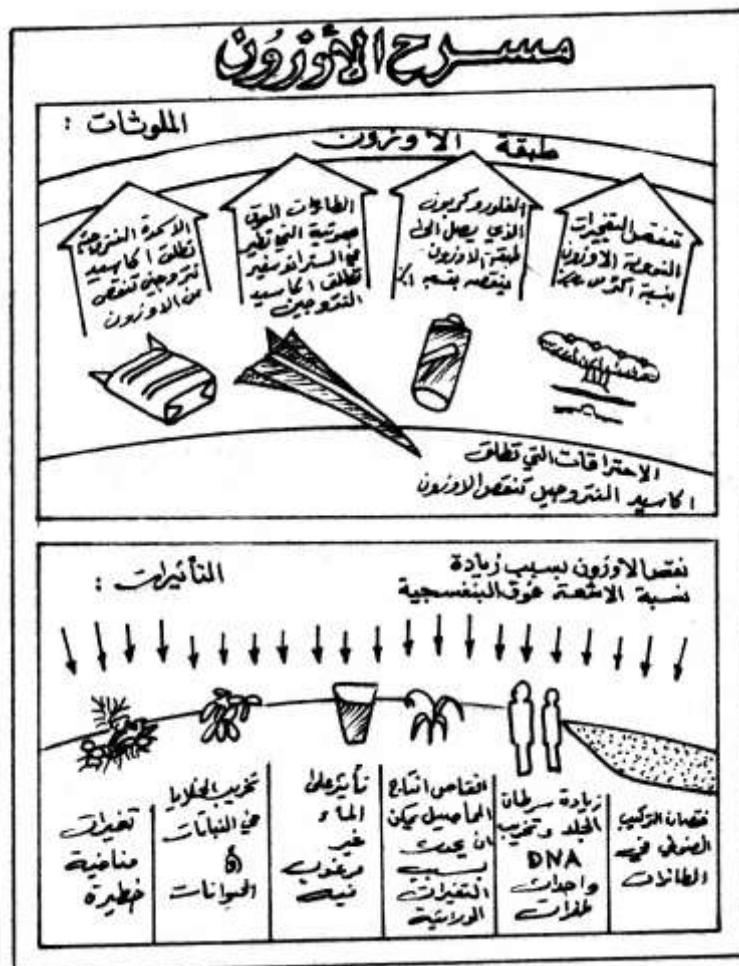
### أشعة الشمس



وفي نفس الوقت يزول الأوزون باستمرار من خلال عدة تفاعلات كيميائية تحوله مرة أخرى إلى أوكسجين جزيئي:

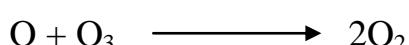
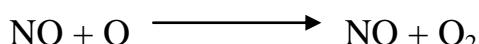
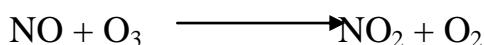


ويتمثل خطر بعض صور التلوث في زيادة الملوثات التي تسرب من تفاعلات إزالة الأوزون في طبقة الأوزونسفير وانخفاض تركيزه والإقلال من فعاليته للغلاف الحيوي والمتمثلة في درء أخطار الأشعة فوق البنفسجية بعيدة الموجة واهم الملوثات المسرعة لتفاعلات إزالة الأوزون هي اكاسيد النتروجين ( $\text{NO}_2, \text{NO}$ ) وبخار الماء التي تطلقها الطائرات النفاثة في طبقة الأوزون سفير والتفجيرات النووية فوق سطح الأرض ومركبات الفلوركربون Fluorocarbon و استخدام الأسمدة الأوزونية التي تطلق اكاسيد النتروجين و الشكل (9 – 2) يخص أهم مصادر الملوثات التي تؤدي إلى نقص الأوزون واهم الأضرار الناجمة عن نقصه.

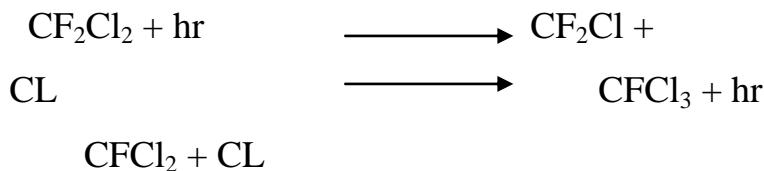


شكل (9-2): الملوثات التي تسبب إزالة الأوزون والتأثيرات الناجمة عن نقصه

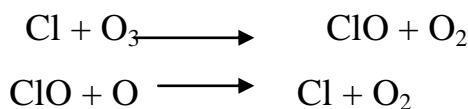
حيث تتفاعل اكاسيد النتروجين التي تتطلق من عوادم الطائرات فوق الصوتية التي تطير على ارتفاع 100-300 كم فوق سطح الارض وتحوله الى اوكسجين جزيئي على النحو التالي:



و هكذا نرى إن تواجد كميات ولو قليلة من أول اوكسيد النتروجين تحول الأوزون إلى أوكسجين دون أن تستنفذ أي إن أول اوكسيد النتروجين يلعب دور الوسيط في تحول الأوزون إلى أوكسجين. كذلك تتفكك مركبات الفلوروکربون مثل  $\text{CF}_3\text{Cl}_2$  و  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  التي تستعمل في التبريد ومذيبات Solvents ومشتقة Aerosol عندما ترتفع إلى طبقات الجو العليا تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية حيث تعطي الكلور النشط وتم التفاعلات على النحو التالي:



ويتحد الكلور النشط مع الأوزون ويحوله إلى أوكسجين ذري كما في التفاعلات التالية :



وبهذا يمكن للكلور وأول اوكسيد النتروجين إذا وصلا إلى طبقة الأوزونسفير ان يتقاضا مع الأوزون بشكل مستمر ويحولانه إلى اوكسيد جزئي. وتتمثل أخطار إزالة الأوزون من طبقة الأوزونسفير في زيادة الأشعة فوق البنفسجية التي يتراوح طولها ما بين 280 و 320 ملليميكرون والمسماة (U.V.R Ultra Violet Radiation) التي تبلغ سطح الأرض وتلحق أضرار بالغة بالكائنات الحية كافة حيث تمتص الأحماض النووية RNA, RNA، والأشعة فوق البنفسجية وهي شديدة الحساسية لهذه الأشعة فتغير التركيب الكيميائي للمادة الوراثية وبسبب أهمية هذه الأحماض في تخزين ونقل المعلومات الوراثية فإي تغير في تركيبها الكيميائي سيؤدي إلى نتائج خطيرة من الناحية الوراثية كما وان لها تأثيرات على البروتينات والأنسجة الحية بشكل عام ، وعلى المحاصيل الزراعية والهائمات النباتية ، إضافة إلى تأثيراتها على التربة وخصوبتها الأرضية من خلال التأثيرات الخطيرة والتغيرات التي تحدثها في عوامل المناخ من درجة حرارة وكمية أمطار ورياح وغيرها.

## **الفصل العاشر**

### **تقنيات السيطرة على ملوثات الهواء**

كانت العمليات الطبيعية لتنقية الهواء كافية لإزالة ملوثات الهواء من خلال المطر والثلج كما إن قسماً كبيراً من هذا الملوثات وخاصة الصلبة تسقط على الأرض بالترسيب لتمتص من قبل التربة ولكن مع التزايد المطرد في مصادر التلوث لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الهواء ولذلك لابد من العمل على التحكم بـملوثات الضارة.

هناك العديد من طرق التحكم بـملوثات الهواء ومنها:

1. طرق فصل أو ترسيب الملوثات.
2. تحويل الملوثات إلى مركبات غير سامة.
3. تغيير أنواع الوقود بأخرى قليلة التلوث أو غير ملوثة.
4. اتخاذ الإجراءات الوقائية.

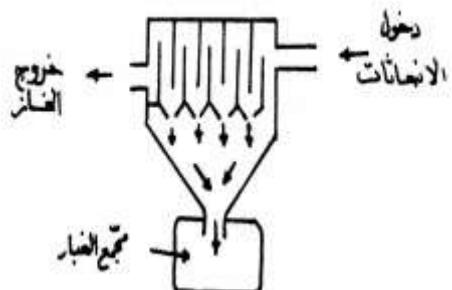
#### **10.70- طرق فصل الملوثات**

تتضمن هذه الطرق فصل الملوثات أو ترسيبها قبل انطلاقها إلى الهواء المحيط وذلك باستخدام وسائل مختلفة أهمها المرشحات والمرسبات الكهربائية والوسائل الميكانيكية، كالأبراج والمواد المتميزة ومعدات وغيرها بحيث تتناسب وطبيعة الملوثات المنطلقة والمطلوب التحكم فيها فيمكن:

أ – فصل دقائقيات أو الجزيئات الصلبة المختلفة قبل انطلاقها إلى الهواء الخارجي بواسطة:

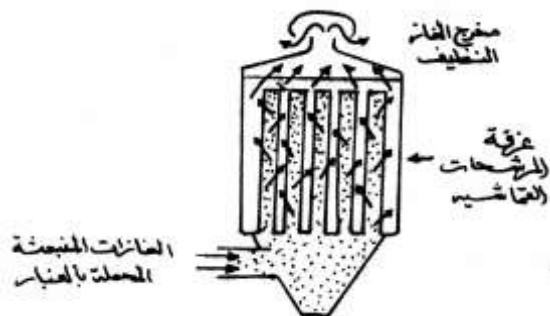
1. مرشحات: تسمح بمرور الغازات وتوقف الجزيئات الصلبة وذلك بسبب كبر حجمها بالمقارنة مع الجزيئات الغازية ومنها غرف الترشيح القماشية و هذه تقرب كفاءتها من 100% في إزالة جزيئات Fabric filter bag houses

تصل في صغرها الى 0.01 ميكرون وكمما هو مبين في الشكل (10-1) وتعتبر هذه الطريقة مكلفة إذ يجب إن الأكياس تنطف وتصان بين فترة وأخرى.



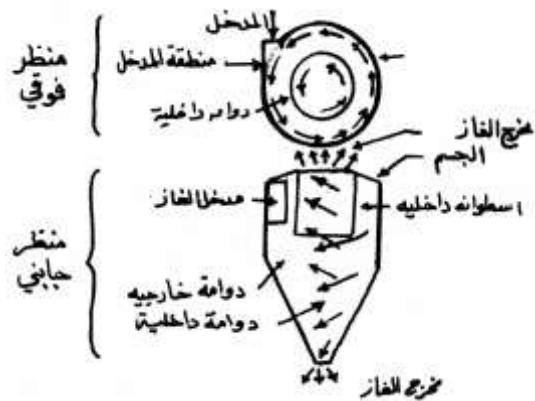
شكل (10-1): غرفة ترکید " ذات عوارض " Settling chamber

2. غرفة الترکید: وهي ابسط وارخص الطرق وتقوم على تبطأة سرعة الغاز بصورة كافية بحيث تسمح للجزئيات الكبيرة (اكبر من 40 ميكرون أن ترکد بالجاذبية الأرضية) ومعظم الأحيان تستخدم للتنظيف المبدئي لإزالة الجزيئات الكبيرة قبل استعمال جهاز آخر، ويبين الشكل (10-2) تخطيطاً بسيطاً لغرفة الترکید.



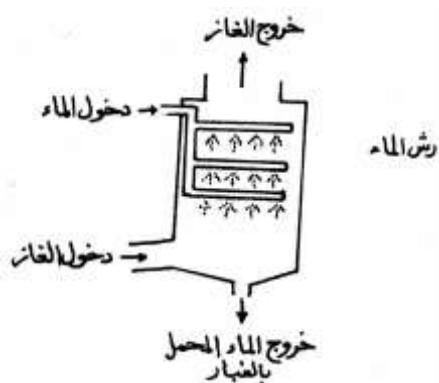
شكل (10-2): غرفة ترشيح بضغط الانبعاثات

3. الفاصل بالطرد المركزي: وهو أكثر كفاءة وأكثر تكلفة (شكل 10-3) ويقوم على مبدأ الطرد المركزي وذلك بسقوط الدقائقيات بعد ارتطامها بالجدار الخارجي وخروج الغاز النقي من الجزء العلوي وتصل كفاءة الفصل بهذه الطريقة الى 95% للدقائق اكبر من 40 ميكرون و 50% الى الدقائق اصغر من 8 ميكرون.



شكل (3-10): الفاصل بالطرد центральный

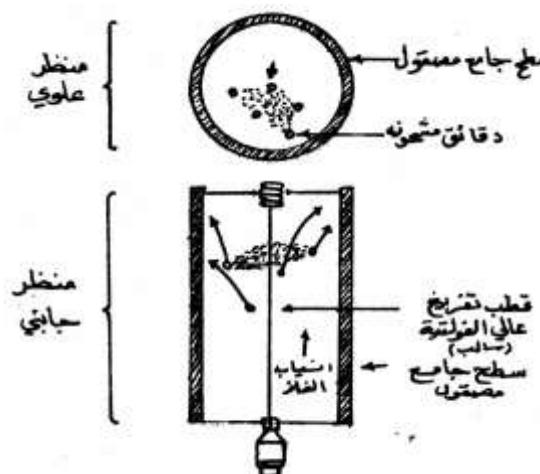
4. برج الرش Scrubbers: وفيه يغسل الغاز عن الدقائقيات بواسطة مرشات مائية ويبين الشكل ( 10 – 4 ) تصميم مبسط ويمكن تصل كفاءة الفصل بهذه الطريقة الى 96 % للدقائق اقل من 3 ميكرون.



شكل (4-10): برج الرش

5. المرسبات الكهروستاتية : وتقوم على جذب الدقائقيات والجزيئات من تيار الغاز من خلال شحنه كهربائياً عالية الفولتية وتحت تأثير المجال الكهربائي تتحرك الدقائق أو الجزيئات المشحونة الى مجمع موصل بالأرض بواسطة قوة الجذب

الأراضي أو يغسل قطب المجمع بسوائل ويبين الشكل (10-5) نوع من الأقطاب الأنبوية الشائعة.



شكل (10-5): مخطط مبسط لمرسب كهروستاتيكي أنبوبي

**10.71**- التحكم في اكاسيد الكبريت والنتروجين بعد التخلص من اكاسيد الكربون أصعب بكثير من التخلص من الدقائقيات وهناك طرق عديدة للتخلص أهمها:

1. التحول الى أنواع الوقود ذات المحتوى المنخفض من الكبريت.
2. استخدام مصادر أخرى للطاقة مثل النووية والكهرومائية.
3. صنع مصادر للدخان من أجل تخفيف غازات العادم قبل أن تصل الى مستوى الأرض.
4. الخفض من معدل استهلاك الوقود من خلال رفع كفاءة الاحتراق.
5. إزالة الكبريت من غازات المدخنة بعد الاحتراق.
6. إزالة الكبريت من الوقود قبل أن يحترق.

هناك عدة طرق لإزالة  $\text{SO}_2$  من غازات العادم أو المداخن وتشمل:

أ- عملية الأكسدة باستعمال مواد مساعدة بتحويله الى حامض  $H_2SO_4$  والتخلص منه بعد ذلك بالتسويق (مثل معمل حرير السد في المسيب).

ب- استخدام طريقة الكشط باستعمال الحجر الجيري الذي يمتص الكبريت بواسطة الكالسيوم ويتخلص منها بالكشط.

ج- طريقة إزالة الكبريت من الفحم أو زيت الوقود قبل الاحتراق وذلك عن طريق الهرجة. ويمكن التخلص من الكبريت بتحويل النفط والفحم الى غاز Oil or coal gasification حيث ينتج غاز نظيف يتربّك من  $CO, H_2$  يحرق لإنتاج الطاقة.

أما ما يخص اكاسيد النتروجين فقد عولج من خلال التحكم في عوامل الاحتراق المختلفة فعلى سبيل المثال أمكن تخفيف الانبعاثات في بعض محطات توليد قسم الطاقة الكهربائية الى 10 % وذلك من خلال عملية احتراق ذات مرحلتين. كذلك هناك طرق لتحويل اكاسيد النتروجين الى حامض نتريك والاستفادة منه في صناعة الأسمنت النتروجين واستخدامات صناعية أخرى أو تحويل اكاسيد النتروجين الى نتروجين جوي غير ضار.

3-10.72 تحويل الملوثات الى مركبات غير سامة ومن أهم طرق التحويل الى مركبات جديدة غير سامة هي الأكسدة Oxidation حيث تستعمل الأكسدة بشكل فعال للتخلص من بعض الغازات . فعندما تحتوي المواد المستخدمة كوقود على الكربون والهيدروجين والأوكسجين فإنه من الممكن أكسستها كلياً وعندما يعطي الاحتراق الكامل (المثالي) ثاني اوكسيد الكربون  $CO_2$  وبخار الماء فقط وكلاهما غير سام. ولكن هذا النوع من الأكسدة الكاملة مكلفة وذلك لأنها تحتاج الى طاقة إضافية وهناك ثلات طرق تستخدم في السيارات لهذا الغرض وهي:

1. حقن الهواء في مشعب العادم قريب من صمامات العادم حيث تكون حرارة العادم عند أعلى درجة حرارة مما تحصل عليه أكسدة للمواد الغير مؤكسدة.
2. إضافة مفاعل حراري Thermal reactor لجهاز العادم ليؤكسد (CO) و (HC) ويعمل هذا كغرفة احتراق خارج المحرك.
3. تدوير غاز العادم الذي قد يصل إلى 25% من غازات العادم Exhaust gas إلى المستقبل Intake وهذه العملية تقلل من انبعاث (CO) و (HC) ومن أن تزيد من انبعاث اكاسيد النتروجين.

**4-10.73** تغيير أنواع الوقود بمصادر قليلة التلوث يحدث الوقود البترولي المستعمل حالياً على نطاق واسع تلوثاً بالهباب والرماد أقل بكثير مما يحدثه الفحم أما الغاز الطبيعي فيلوث الهواء بصورة أقل من الوقود البترولي وهناك مصادر متعددة قليلة التلوث أو حتى غير ملوثة كلها مثل محطات القوة الكهربائية المستمدّة طاقتها من حركة المياه، وكذلك الطاقة الشمسية والهوائية وغيرها كحركة أمواج البحر وباطن الأرض، الخ.

**5-10.74** الإجراءات الوقائية التي تحافظ على نظافة الهواء ليس من المعقول أو المنطقي مخاطر التلوث تكون عائق أمام الأخذ بوسائل التنمية الحديثة في المجال الصناعي أو إدخال التقنيات الحديثة واستخدام الطاقة الإنتاجية الحديثة ولكن مع هذا يجب العمل في مرحلة مبكرة على تلافي مخاطر التلوث بالخطيط العلمي من أجل عدم حصول خلل بمتطلبات الصحة البيئية ومن أهم الإجراءات المساعدة على خفض التلوث وأخطراته ما يلي:

أ- التخطيط العلمي الرشيد عند إنشاء أي مصنع أو بناء أي منشآت صناعية معدنية أو كيميائية وغيرها بالقرب من المدن وخاصة الصناعات شديدة التلوث كصناع

الاسمنت والكهرباء و يجب إنشائها بعيدة عن المدن والمجمعات السكانية والمناطق الزراعية.

بـ- ضرورة المراقبة الدائمة لألات الاحتراق في المعامل والمحطات الكهرباء وذلك للتقليل من كمية الملوثات المنطلقة منها ومراقبة وسائل النقل العام والخاص وإيقاف أي وسيلة نقل أو لا تعمل بشكل نظامي حيث قد تصل نسبة ما تحدثه من تلوث الى حوالي 20 – 25 مرة عن ما تحدثه السيارات الحديثة الصنع.

جـ- مراعاة متطلبات حماية البيئة عند وضع تخطيط المدن أو المناطق السكنية.

دـ- وضع تشريعات ولوائح ومقاييس خاصة بالتراكيز القصوى للملوثات التي يسمح بوجودها في الهواء وإقامة شبكة رصد ومراقبة للتلوث مع الأخذ بعين الاعتبار المنطقة المناخية والطبوغرافية.

هـ- الاهتمام بزراعة الأشجار والمسطحات الخضراء لأنها تلعب دورا هاما في تنقية الهواء والتقليل من تأثير الملوثات وتحسين ظروف الوسط ويمكن تلخيص دورها بما يلي:

تلعب الغابات والأحزمة الخضراء والمساحات المشجرة في المدن أو حول المناطق الصناعية دورا هاما في تنقية الهواء من الغبار المعلق.  
توقف كميات كبيرة من الغبار الساقط وتقلل من سرعة الرياح إلى درجة كبيرة مما يؤدي إلى ترسّب الغبار.

تمتص الأشجار قسما كبيرا من الغازات السامة الملوثة من الهواء مباشرة أو بعد ذوبانها في مياه الأمطار وتمثلها وتمنع بذلك من وصولها إلى التربة أو الكائنات الحية المختلفة حيث تتحفظ كمية كبيرة من ثاني اوكسيد الكبريت، وأول اوكسيد الكربون والعديد من الملوثات الأخرى كالكلور ومركبات الرصاص المنطلقة من احتراق البنزين ومادة البنزبيرين التي تعتبر من اخطر المواد المسبيبة للسرطان.  
إضافة إلى إنها تمتص ثاني اوكسيد الكاربون وتحرر الأووكسجين وقد وجد انه الغطاء النباتي لإنتاج مترا مكعب واحد من الخشب الجاف تستهلك الأشجار 1.83 طن من  $\text{CO}_2$  و تطلق 1.23 طن من الأووكسجين.

إضافة إلى إن الأشجار والأحزمة الخضراء تفرز مواد مثبطة أو قاتلة للبكتيريا والفطريات والكائنات المرضية المختلفة من المواد الضارة التي تفرزها على سبيل المثال الصنوبر تثبط وتميت عصايا السل وافرازات الآس والكافور والعرعر والزيزفون والحرور وغيرها من الغابات لها تأثير على البكتيريا والفيروسات يعادل تأثير البصل والثوم وعلى أساس هذه الفوائد فلابد من:

- 1- احاطة المصانع بأحزمة خضراء يتناسب عرضها مع كمية الغازات المنبعثة والغبار التي تطلقها هذه المصانع.
- 2- الاهتمام بالتوسيع في تشجير المدن والمناطق السكنية والمناطق المحيطة بها.
- 3- وضع حد نهائي لقطع الأشجار وتخريب أشكال الغطاء النباتي الطبيعي وإنشاء مصدات من الأشجار حول الحقول الزراعية والعمل على تثبيت التربة وإيقاف زحف الرمال والتصرّر.

## **الفصل الحادي عشر**

### **التلوث بالمواد المشعة**

#### **11.75 - مقدمة**

إن الأشعة المرئية هي أشعة كهربائية مغناطيسية وكذلك الأشعة فوق البنفسجية هي أشعة كهربائية مغناطيسية ولكن طول موجتها أقصر من موجة الأشعة المرئية ويأتي خطر التعرض الطويل لأنشعة الشمس من وجود الأشعة فوق البنفسجية والتي تقود إذا ما استعملت بشكل معتمد إلى تنشيط وظائف الجلد والدم والغدد الصماء والجملة العصبية وتكون فيتامين D مما يحسن من نمو العظام. ولكن استعمال هذه الأشعة بشكل اعتباطي ولفترة طويلة يسبب أضرار بالغة كحرق الجلد والأكزيما والتهاب وضرر العيون وغيرها وهذا يزداد خطر الأشعة كلما قصر طول موجاتها وخاصة تلك الصادرة بشكل عشوائي عن المواد المشعة الملوثة للبيئة. حيث ينجم التلوث الإشعاعي نتيجة تزايد استعمال الإنسان للمواد المشعة الطبيعية والصناعية وخلال السنوات الأخيرة ازداد انتشار المواد المشعة في الهواء والماء والتربة وأصبح يشكل خطراً على الكائنات الحية.

بعد اكتشاف النشاط الإشعاعي في أملاح اليورانيوم ومن ثم الراديوم وغيرها من العناصر المشعة بدأت مرحلة جديدة من أخطار التلوث بالأشعات الذرية وازداد هذا الخطر بشكل كبير ابتداء من عام 1945 وذلك نتيجة لاكتشاف القبلة الذرية والهيدروجينية وإجراء التجارب التجريبية على الأسلحة النووية إضافة إلى استخدام الطاقة النووية في توليد القوة الكهربائية على نطاق واسع وخاصة في الدول المتقدمة صناعياً واستخدام النظائر المشعة في مجال البحوث العلمية والطب وتقنيات الصناعات المختلفة.

## 2-11.76- المواد ذات النشاط الإشعاعي

ت تكون المواد أو المركبات الأساسية لها من عناصر، والعنصر الواحد يتكون من وحدات متشابهة ومتناهية في الصغر تسمى الذرات وتتركب ذرة العنصر من جسم صغير الحجم يعرف بالنواة Nucleus التي تتركب بدورها من البروتونات Protons موجبة الشحنة ونيترونات Neutrons متعادلة الشحنة وتدور حولها الكترونات electrons سالبة الشحنة والذرة متعادلة كهر بائياً حيث إن عدد البروتونات الموجبة الشحنة في النواة يساوي عدد الالكترونات سالبة الشحنة التي تدور حولها .

لكل ذرة عدد كتامي (m) Mass number وهو عبارة عن مجموع عدد البروتونات والنيترونات وعدد ذري (a) Atomic numbers وهو مجموع عدد البروتونات وعلى هذا الأساس يكون رمز عنصر ما  $x_m^a$  وتحتوي نوى العنصر الواحد على نفس العدد من البروتونات (a) إلا إنها تحتوي على أعداد مختلفة من النيترونات وهذا يعني إن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكاتي (m). ويقال عندها إن للعنصر الواحد عدة نظائر مثلاً لليهيدروجين ثلاث نظائر وهي الـهيدروجين، الـديتيريوم والـتربيتوم ويرمز لها على التوالي H1, H2, H3 وللأوكسجين أيضاً ثلاث نظائر وهي  $O_{16}^8$ ,  $O_{17}^8$ ,  $O_{18}^8$ . ويوجد بصورة عامه لكل عنصر عدد من النظائر قد تصل إلى خمسين نظيراً للعنصر الواحد. وتكون نوى بعض هذه العناصر ثابتة ولا تتفكك في حين تكون نوى البعض الآخر قابلة للتفكك. نوى النظائر القابلة للتفكك نشطة شعاعياً Radioactive والنطاط الإشعاعي عبارة عن تفكك نواة النظير تلقائياً إلى نواة أصغر وتصدر بذلك إشعاعات على شكل جسيمات ألفا أو بيتا وتعرف هذه النظائر التي يحدث لها هذا التفكك باسم النظائر المشعة radioactive Isotopes.

ويعبر عن سرعة تفكك النظائر بمصطلح نصف العمر Half life هو الوقت اللازم الكلي لتحول نصف العدد من الذرات النشطة في نموذج أو عينة لمادة مشعة إلى ذرات غير نشطة إشعاعياً. ويختلف عمر نصف باختلاف النظائر. فهناك نظائر لا يتعدى عمر النصف أجزاء من الثانية وأخرى يصل عمر نصفها إلى عشرات لا بل آلاف السنين .  
فمثلاً السترانشيوم  $^{38}Sr$  عمر نصفه 28 سنة والسيزيوم  $^{55}Cs$  و  $^{137}Cs$  68 و 29 سنة بينما عمر النصف للكربون المشع  $^{14}C$  حوالي 5600 سنة.

**3-11.77 أنواع الإشعاعات الذرية**  
تتميز نوى العناصر الثقيلة (أثقل من الرصاص) بعدم استقرارها لذا تميل إلى التفكك إلى نوى أخف وأكثر استقراراً وينتج عن ذلك إصدار أنواع مختلفة من الإشعاعات أطلق عليها وفق ترتيب تواريختها أسماء وهي أشعة ألفا  $\alpha$  وأشعة بيتا  $\beta$  وأشعة جاما  $\gamma$ . إضافة إلى النيوترونات.

**11.15-1- أشعة ألفا  $\alpha$**   
وهي عبارة عن نواة الهليوم He المكونة من بروتونين ونيترونين وهي بذلك عبارة عن جسيمات مشحونة بصورة ايجابية وتتميز بأن سرعتها بطيئة نسبياً (20000 كم/ثا) ولا يتجاوز مسارها في الهواء بضعة سنتيمترات كما إن نفوذها في المادة والأنسجة الحية لا يتجاوز جزء من المليميتر وتقوم أشعة ألفا ب penetraion ذرات المادة من خلال انتزاعها الاليكترونات المدارية لتلك الذرات عند اصطدامها بها .

لذا تتسم أشعة ألفا بأنها تحدث تأيناً كثيفاً على طول مسارها ومن هنا كانت هذه الأشعة شديدة الضرر بالخلايا الحية للإنسان والكائنات الحية الأخرى إذا ما دخلت أجسامها.

### **11.16-3-أشعة بيتا $\beta$**

وهذه الأشعة أخف وزن من أشعة ألفا وتنقسم إلى نوعين من الجسيمات وهي الالكترونات السالبة والبوزيترونات وهي جسيمات مشابهة في الكتلة للإلكترون ولكن شحنتها موجبة ونظراً إلى أن جسيماتها أصغر من جسيمات ألفا فان قدرة نفوذها داخل الأنسجة الحية أكثر من أشعة ألفا وتصل حتى 2 سم وباستطاعتها اختراق صفائح من الألمنيوم بسمك مليمتر واحد وتقطع مسافة في الهواء تقدر بمترین ولكن قدرتها على التأين منخفضة نسبياً.

### **11.17-3-أشعة كاما $\kappa$**

وهي إشعاعات كهرومغناطيسية تطلقها النوى المثارExcited Nucleus بأشعة ألفا وبيتا ذات طاقة عالية جداً بالمقارنة بالأشعة الضوئية وقصيرة جداً وسرعتها تقارب سرعة الضوء أي 300 ألف كم / ثا ونظراً لكونها غير مشحونة كهر بائياً فإنها تأين المادة عن طريق طرد الاليكتروناتها ولكن قدرتها على التأين ضعيفة واقل من جسيمات ألفا وبيتا مائه مرة لها قدرة كبيرة في اختراق الأنسجة الحية ومسارها في الهواء فائق الحد ولا يقفها تماماً يجب أن تعرضاً كتلته ضخمة من الرصاص يبلغ سمكها في بعض الأحيان 22 سم.

### **11.18-4-النيوترونات**

وهي جسيمات متعادلة الشحنة الكهربائية تنتج داخل المفاعلات الذرية عن انقسام نوى اليورانيوم وعند اطلاقها تصطدم بنوى يورانيوم آخر فتؤدي بذلك إلى انقسامها وانطلاق عدد آخر من النيوترونات وهكذا يحدث ما يعرف بالاشطار المتسلسل أو التفاعل المتسلسل chain reaction الذي يؤدي إلى تأين المادة والأنسجة الحية بصورة غير مباشرة .

#### **4-11.78- مصادر التلوث بالمواد المشعة**

توجد بعض المواد المشعة طبيعيا في القشرة الأرضية وقد تنتشر في البيئة بفعل عوامل طبيعية بحثه لا دخل للإنسان فيها وفي الوقت نفسه فان هناك مواد مشعة من تحضير الإنسان وتعزى أسباب تسربها الى البيئة الى فعاليات الإنسان غير المنظبطة وعلى ضوء ذلك يمكن تقسيم مصادر التلوث بالمواد المشعة الى قسمين طبيعة وصناعية.

#### **1-4-11.79- المصادر الطبيعية**

##### **أ- الأشعة الكونية:**

تصل الى الأرض كمية معينة من الإشعاعات قادمة من الفضاء الخارجي ومن الشمس وتحتوي على أنواع مختلفة من الإشعاعات المؤينة وعند وصول هذه الإشعاعات الى الغلاف الجوي تتفاعل مع المواد المكونة لهذا الغلاف مكونه جسيمات اقل طاقة من بروتونات ونيترونات وجسيمات ألفا واليكترونات وفوتونات وغيرها تتأثر كثافة هذه الأشعة بالمجال المغناطيسي للأرض وتزداد جرعة هذه الأشعة مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض وبالابعد عن خط الاستواء.

##### **ب - مواد البيئة الأرضية وتشمل:**

1. القشرة الأرضية: حيث تنتشر المواد المشعة في القشرة الأرضية انتشار كبيرا وتعطي جرعة إشعاعية للكائنات الحية ومنها الإنسان تزيد أحيانا عن الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية. وتوجد هذه المواد المشعة في الصخور الكرانيتية و الصخور التي تحتوي على أصداف بحرية ومواد عضوية ومن أمثلة المواد المشعة التي تحتويها اليورانيوم والثوريوم والسترانشيوم وغيرها.

2. مواد مشعة موجود في التربة: وهي مواد مشعة غازية مثل الكربون المشع ( $C^{14}$ ) والرادون ( $Ra^{226}$ ) والثورون ( $Rn^{222}$ ) وهم ناتجان عن تحلل اليورانيوم والثوريوم في الأصل في التربة على هيئة غازية ومنها يصعدان الى الهواء وحتى ارتفاع

عشرين متراً ويتنفس الإنسان والأحياء الأخرى هذه الغازات المشعة حيث تصل إلى الرئتين.

3. مواد مشعة موجودة في الماء حيث ينتشر الكثير من المواد المشعة في مختلف أنواع المياه فمياه البحار تحتوي على تراكيز مرتفعة من البوتاسيوم 40 وكذلك الثوريوم 222 بينما تحتوي المياه الجوفية في الولايات المتحدة على نسبة مرتفعة من الراديوم 227 وكذلك مياه النوافير على الرادون 222.

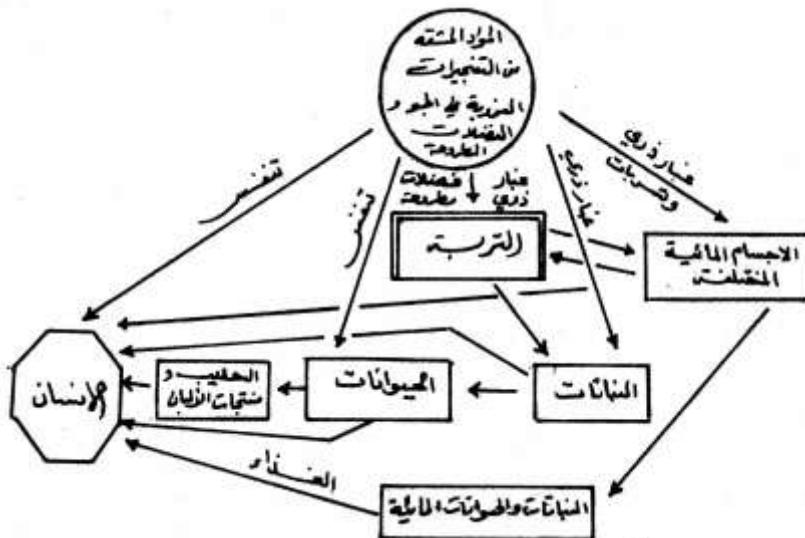
**11.80-2- المصادر الصناعية**  
ومن أهم مصادر المواد المشعة الناتجة عن فعاليات الإنسان ما يلي:

1. التعدين ومعامله خامات اليورانيوم: حيث تحتوي خامات اليورانيوم الأولية من 1 إلى 2 كغم من  $U_3O_8$  فيطن الواحد لذا يتطلب حفر كميات كبيرة من طبقات القشرة الأرضية العليا والتربة التي تغطيها للحصول على كمية ذات مردود ملائم من خامات هذا المعدن وإضافة إلى المخلفات الناتجة عن عمليات استخلاصه التي تتضمن: السحق ، الطحن ، والتفاعل مع الأحماض والقواعد والترسيب والاستخلاص بالمذيبات والتبادل الأيوني وجميع هذه العمليات ينتج عنها مخلفات هي من أهم المشاكل البيئية التي تؤدي إلى تلوث المياه والتربة إضافة إلى إن هناك تلال ضخمة من مخلفات التنجيم والتعدين في العديد من الدول المتقدمة التي قطعت شوطاً طويلاً في مجال عزل ترسيب اليورانيوم وهناك العديد من المواد المشعة النشطة الناتجة عن اضمحلال اليورانيوم المتبقى هذه المخلفات منها عنصر الثوريوم 230 (Thorium-230) نصف عمره 80 سنة وعنصر الراديوم 226 (Radium-226) نصف عمره 1600 سنة وقد تتسرب هذه العناصر إلى التربة أو الأجسام المائية بفعل الأمطار وكلا هذين العنصرين يشبها الكالسيوم ويمتصان من قبل العظام عند دخولها الجسم. وقد لوحظ فعلاً ارتفاع مستوى الإشعاعات بفعل تسرب هذين العنصرين إلى

بعض انهار منظمة كولورادو في الولايات المتحدة، حيث يوجد فيها تراكمات ضخمة تقدر بـ 12 مليون طن من مخلفات استخلاص وتعدين اليورانيوم ومن الطرق المتبقية لتقليل من تسرب هذين العنصرين إلى المياه أو إلى الهواء هو أن يتم فرش المخلفات ثم تضاف لها طبقة من الرمل العادي ثم التربة التي تزرع بالحشائش من أجل تثبيتها وتقليل تأثيرها بعوامل التعرية الطبيعية وهذا أيضاً له آثار خطيرة إذا ما تسربت هذه المواد إلى المياه الجوفية أو امتصت من قبل النبات الذي من الممكن أن يكون غذاء إلى الحيوانات البرية وبذلك تدخل إلى السلسلة الغذائية التي تنتهي بالإنسان.

2. تفجيرات التجارب النووية: حيث تجري هذه في الجو أو تحت الأرض وعندما تجري في الجو قريباً من سطح الأرض فان قوة التفجير والارتفاع المرموع في درجة الحرارة الذي يصاحبها تصاعد دقائق من تراب الأرض والغبار العالق في الهواء حيث تصهر وتندمج مع العناصر المشعة التي يختلف عمر نصفها من عدة ثواني إلى آلاف السنين. ويتوقف سقوط الغبار الذري المتشكل على حجم وثقل جزيئاته فالجزيئات الكبيرة تسقط في مناطق التفجيرات خلال عدة ساعات وتلوث التربة والنبات والإنسان والحيوان والماء وغيرها ويسمى بذلك المطر الصلب المشع (Radioactive fallout) وقد تبين من إن الغبار الدقيق يمكن أن يبقى فترة طويلة في الجو وينتقل إلى مناطق بعيدة جداً وفي حالات انفجارات الهائلة التي تزيد على خمسين ميكا طن (أي إن قوة انفجارها تعادل تفجير خمسين مليون طن من مادة T.N.T ) فإن الغبار الذري من انفجار بهذا الحجم قد يدور عدة مرات حول الأرض قبل أن يتم نزول جميعه إلى سطح الأرض. وهذا هو السبب الرئيسي الذي دعا الدول الكبرى لتوقيع معايدة تحريم التجارب النووية في الجو عام 1963 إلا أنها لا تمنع التجارب النووية في باطن الأرض. ولا زالت بعض الدول وخاصة تلك التي امتنعت من التوقيع على هذه المعايدة تجري تفجيرات في الجو ومنها الكيان الصهيوني البغيض. ويعتبر الغبار الذري المتساقط من التجارب الذرية أهم مصادر تلوث البيئة

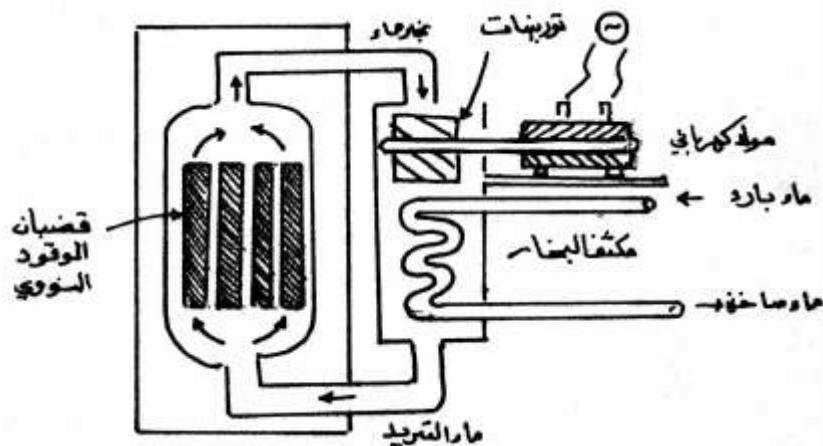
بالمواد المشعة ويفوق كثيراً مصادر التلوث الأخرى. حيث إن النوويات والمواد المشعة والمتسربة إلى الجو تصل إلى الإنسان بطرق عديدة، سواء بشكل مباشر عند التعرض إلى مصدر الإشعاع أو عن طريق السلسلة الغذائية وكما يبينها المخطط في الشكل (1-11).



شكل (1-11): انتقال المواد المشعة إلى الإنسان

3. المفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية: بسبب الحاجة المتزايدة إلى الطاقة وبما إن مصادر الوقود (Fossil fuels) محدودة وتستنفذ في يوم ما. فقد سعى الإنسان إلى إيجاد مصادر بديلة للطاقة وكان طبيعياً أن يعطي الإنسان اهتمام كبير لاستغلال الطاقة الهائلة التي يمكن تحريرها من استخدام الذرة. إلا إن هذا المجال لم يتتطور بالقدر المطلوب نظراً لتلك تطور تكنولوجيا التخلص من الفضلات النووية المشعة وكذلك تلك تطور تكنولوجيا مواجهة أخطار انفجار المفاعلات المستعملة في توليد القوة الكهربائية وكما حدث مرات عديدة في عدة مناطق من العالم وكان آخرها وأخطرها انفجار مفاعل جرنوبيل في الاتحاد السوفيتي سابقاً عام 1986.

بواسطة الوقود النووي يتم إنتاج الحرارة اللازمة لتحريك المولدات في مفاعل نووي مصمم لهذا الغرض حيث إن الوقود النووي هو عبارة عن مزيج من نظير اليورانيوم 235 ونظير اليورانيوم 238، والذي يكون بشكل أقراص معبأة في أنابيب أو قضبان خاصة (شكل 2-11) مصنعة من الفولاذ عديم الصدا (steel – Stainless) أو من الزركونيوم.



شكل رقم (2-11): مفاعل نووي لتوليد القوة الكهربائية مع ملحقاته من أجهزة التبريد

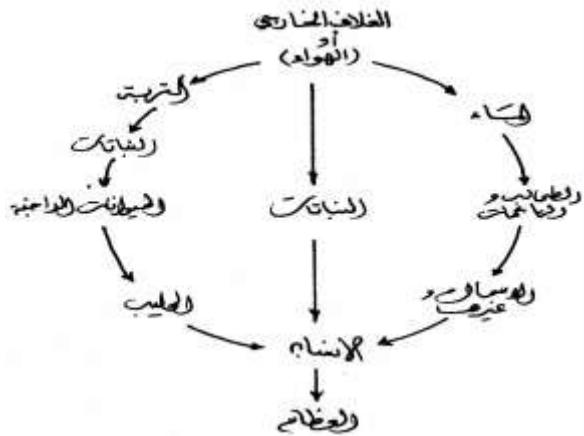
وقد تقارب الكمية المطلوبة في مفاعل نووي متوسط الحجم، 100 طن من النظير المشع بشكل اوكسيد اليورانيوم. توضع القضبان المعبأة في قلب المفاعل بمسافات محسوبة لإنتاج الكمية المطلوبة من الطاقة الحرارية والتي تنظم عند درجة 600 °م بواسطة التبريد المستمر بسائل دوار سواء الماء أو معدن منصهر مثل الصوديوم الذي يعطي الحرارة التي سحبها من القضبان عبر مبادلات حرارية إلى الماء الذي يتحول بدوره إلى بخار يحرك التوربينات المولدة للقوة الكهربائية.

وهناك أربعة أصناف من الملوثات تنتج من المولدات النووية وهي:

- أ- الفضلات السائلة ذات النشاط الإشعاعي واطيء ناتج عن ارتطام النيوترونات مع الشوائب المذابة في الماء التبريد أو المكونة فيه بسبب تأكل الأنابيب الناقلة له.
- ب- ملوثات سائلة أو غازية قد تتسرّب من فضلات الوقود النووي نتيجة حدوث شقوق ضئيلة (ولكنها كافية) في جدران هذه القصبان والى سائل التبريد.
- ج- المخلفات الناتجة عن الانشطار النووي والتي تدعى بالرماد النووي حيث إن التخلص من هذه المخلفات هو عقبه كبيرة وذلك نظراً لاحتوائه على عنصر البلوتونيوم (Plutonium) والذي تصنع منه القنابل النووية والذي إذا ما تسرب فإنه ملوث شديد للبيئة بالمواد المشعة.
- د- إضافة إلى التلوث الحراري الناتج عن قذف كميات هائلة من مياه التبريد الساخنة والتي لها دور خطير على الحياة في البيئة المائية. هناك التركيز العالي من الأملال في هذه المياه المطروحة والتي من الممكن أن ترفع ملوحة المسطحات المائية.

4. المواد الإشعاعية المستخدم في الأغراض الطبيعية والصناعية والزراعية حيث هناك العديد من الاستعمالات في هذه المجالات كالتصوير الإشعاعي وحقن المواد المشعة مثل اليود 131 والفسفور 31 واستخدام أبر الراديوم وغيرها في مجال الطب كذلك استخدامها في مجالات تعقيم الأطعمة والأدوية وتطوير الأبحاث الزراعية إضافة إلى استخدامها في كثير من الأجهزة والمعدات المنزلية مثل المصنوعات الزجاجية والخزفية وبساعات وأجهزة التلفزيون تحتوي على عنصر اليورانيوم وان جميع هذه المواد ممكن أن تصل كمخلفات صلبة بعد استهلاكها إلى التربة.

**5- الآثار الحيوية الناجمة عن التلوث بالمواد المشعة**  
**تائي خطورة العناصر المشعة ( شأنها شأن المواد السامة مثل المبيدات الكيميائية )**  
 من إنها تنتقل من الوسط إلى الكائنات النباتية والحيوانية مع زيادة في التركيز مع كل مرحلة من مراحل انتقالها عبر السلسلة الغذائية أي من كونها ذات صفة تراكمية ويوضع الشكل (3-11). انتقال كل من النظير المشع السترونتيوم 900 (strontium-90).



شكل (11-3): انتقال الاسترانيوم عبر السلسلة الغذائية

الذي يمتلك نصف عمر مقدار 28 سنة الذي يشبه الكالسيوم من الناحية الكيميائية. يتم امتصاص الكالسيوم عادة من التربة من قبل النبات ومنها ينتقل الى الحيوانات التي يتغذى الإنسان عليها أو على منتجاتها من الألبان إضافة الى المنتجات النباتية ومن المعرف إن هذا العنصر المشع يستغل كعنصر الكالسيوم في جسم الحيوان أو الإنسان لبناء العظام وعلى هذا الأساس فان وجوده في العظام سيؤثر وبشكل مباشر على نخاع العظام الذي دع المعمل لكريات الدم الحمراء ومن أول هذه التأثيرات الإصابة بالأنيميا (فقر الدم) وقد تتطور الحالة الى حد الإصابة بسرطان الدم.

والمثال الثاني بهذا الصدد هو نظير السيزيوم 137 (Cesium-137) الذي له نصف عمر 30 سنة ويشبه البوتاسيوم من الناحية الكيميائية ويعود البوتاسيوم من العناصر الغذائية الأساسية للنبات في التربة انه من الايونات الأساسية في الخلية الحية. ينتقل السيزيوم الناتج من الغبار الذري الى الإنسان عن طريق منتجات الحبوب والنباتات الورقية (السلق ، الاسپيناخ . الخ ) كذلك عن طريق اللحوم ومنتجات الألبان المتضمن له.

تكون تأثيرات نظير السبيزيوم المشع مشابهه لتأثيرات نظير السترانشيموم ويتراكم عاده في الألياف الرخوة مثل العضلات وتؤثر الإشعاعات بصورة عامه على جميع أجزاء الجسم حيث تسبب أضرار للدم وخاصة الكريات البيضاء والطحال spleen والغدد المفاوية Lymph Nodes والأورام الخبيثة في قصبات الرئه والجلد والجهاز الهضمي وكذلك إعتام عدسة العين Cataract وغيرها.

وإذا تلقى الجسم أو أي عضو من أعضائه دفعات متقطعة من الإشعاعات فحصلت فيه أضرار مختلفة وحتى الجرعات القليلة جدا من الإشعاعات يمكن أن تؤثر على خلية واحدة وأن كانت الخلايا المتضررة هي الخلايا الجنسية فيمكن أن يحدث خلل وراثي Genetic injury والذي ممكناً أن ينتقل الى الأجيال القادمة أو ظهور تشوهات عند الأطفال الذين يولدون في مناطق قد تعرضت الى مصدر إشعاعي كما هي الحال عند الأطفال اليابانيين الذين ولدوا بعد إقاء القنابل الذرية على هiroshima وnagasaki سنة 1945 م.

**6-11.82**- مراحل وطبيعة تأثير الإشعاعات على جسم الكائن الحي عند سقوط الإشعاعات على جسم الكائنات الحية تتأين مكونات الخلايا وخاصة الماء مما يؤدي الى حدوث تغيرات كيميائية تؤدي بدورها الى احداث تغير في تركيب ووظيفة الخلية وبالتالي اتلافها ويتم ذلك من خلال عدة مراحل هي:

أ- المرحلة الفيزيائية The physic stage وفيها تنتقل الطاقة من الإشعاع الى جزء الماء ويحدث التأين.

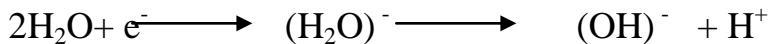
ب- المرحلة الفيزيوكيميائية: حيث تتفاعل الايونات الموجبة والاليكترونات السالبة مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة منها:

1. اتحاد بيزترون ( $P^+$ ) مع جزئي ماء مكونا ايون ماء موجب وتحلل هذا الأخير مكونا هيدروجين وايون هيدروكسيد موجب الشحنة جزئيا:

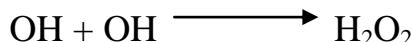


2. اتحاد إلكترون ( $e^-$ ) مع جزء مكوناً ايون ماء سالب وتحلل هذا الأخير مكوناً

هيدروجين وايون هيدروكسيد سالبة الشحنة:



3. اتحاد الهيدروكسيد مع بعضه البعض مشكلاً بิروكسيد الهيدروجين (ماء الأوكسجين):



ج. المرحلة الكيميائية: يتميز كل من ايون الهيدروجين ( $\text{H}^+$ ) والهيدروكسيل (-HO) (بنشاطها الكيميائي الشديدة كما يعتبر بيروكسيد الهيدروجين (ماء الأوكسجين) عالماً مؤكسداً قوياً حيث تتفاعل هذه المركبات الكيميائية المكونة مع المركبات العضوية الأخرى في الخلية مثل (الクロموسومات) وتؤدي بذلك إلى تخريب تراكيبها.

د. المرحلة البيولوجية: وفيها تظهر آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية ومنها موت الخلايا أو منع انقسامها أو زيادة معدل نموها وانقسامها أو إحداث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثياً عند انقسام الخلية.

إن أعضاء الجسم ليست متساوية الحساسية بالنسبة إلى إشعاعات وأكثر الأعضاء حساسية هي:

الأعضاء المكونة للدم: وهي النخاع والعقد البلغمية التي تشكل الكريات الحمراء والبيضاء والصفائح التي تمكّن الدم من التخثر وتخريب هذه الأعضاء يؤدي إلى فقر الدم وضعف مقاومة الجسم ونزف من الفم والأذن والرئتين والمعدة والأمعاء.

1. الجهاز الهضمي: تحدث تقرحات في جدار المعدة والأمعاء يؤدي إلى اضطرابات هضمية وغثيان وقيء وفقدان تام للشهية واسهالات غالباً ما تكون مختلطة بالدم.

3. الجلد: احمرار وسقوط شعر وظهور أعراضه أخرى كالحرقق والتقيحات.

4. الغدد التناسلية: إصابتها بالعقم الذي غالباً ما يكون مؤقتاً وأضطرابات في الدورة الشهرية وقد يكون هناك حالات إجهاض عند تعرض المرأة إلى الإشعاعات الذرية. كما وأن قد تنتج آثار وراثية بسبب تلف الخلايا الجنسية وحصول تغيرات في تركيبة الكروموسومات.

## الفصل الثاني عشر

### تلות الماء والتربية

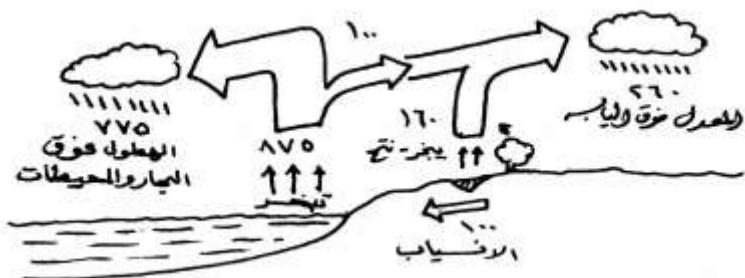
#### 12.83- مقدمة

يشكل الماء غالباً يحيط بالكرة الأرضية ويسمى بالغلاف المائي الهيدروسفير Hydrosphere ويشمل الغلاف المائي كل المياه الحرة الموجودة على سطح الكرة الأرضية أي تلك غير المرتبطة فيزيائياً أو كيميائياً مع المعادن المشكّلة لقشرة الأرضية. 11% من مساحة الكرة الأرضية ولو تصورنا الأرض مسطحة وبدون جبال أو منحدرات لشكّلت المياه طبقة عمقها حوالي 400 م وهذا نجد إن الغلاف المائي أقل سماكة من بقية أغلفة الكرة الأرضية الجوي والصخري كما لا تزيد كتلة الماء عن 0.001 من كتلة الكرة الأرضية بالإضافة إلى إن جزءاً صغيراً جداً من المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية ميسّر وصالح للاستعمال.

ويوجد الماء في الطبيعة على صوره بخار ماء في الهواء وبصورة سائلة متمثلة في الأمطار والأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات أو على صوره صلبة متمثلة بالجليد. وتشكل المحيطات والبحار 97% من كمية المياه على سطح الكرة الأرضية أما المياه العذبة فتشكل فقط 3% من كمية المياه على سطح الكرة الأرضية إلا إن 97% من هذه المياه العذبة توجد على هيئة جليد في القطبين وفي أعلى الجبال ولو ذاب هذا الجليد لارتفاع سطح الماء في البحار والمحيطات بمعدل 50 متراً ولغمّره معظم المدن والأراضي الزراعية الساحلية والقريبة من السواحل وهذا يعني إن وجود الماء على هيئة جليد مثل جزءاً هاماً من التوازن البيئي وإن وجود الماء في الطبيعة بصورة البخارية السائلة والمتجمدة تجعله مصدراً متعدداً ( يستهلك ويتجدد ) في إطار متكامل متزن.

## 2-11.84- دوره الماء في الطبيعة

تتمثل دوره الماء في الطبيعة بان يتم تبخر حوالي  $875 \text{ كم}^3$  من الماء يومياً من المسطحات المائية ويعود من هذا الكمية حوالي  $775 \text{ كم}^3$  الى البحار والمحيطات على هيئة أمطار أما الباقي والذي يساوي  $100 \text{ كم}^3$  فتحمله الرياح اليابسة في صورة بخار ماء كما يتبخر من سطح اليابسة يومياً  $160 \text{ كم}^3$  لكن اليابسة تستقبل يومياً  $260 \text{ كم}^3$  من الماء على شكل أمطار وهي جمله ما فقدته اليابسة على هيئة بخار ماء وما حملته الرياح من بخار ماء من المحيطات وتكميل دوره الماء بصورة  $100 \text{ كم}^3$  من الماء يومياً الى المحيطات غير الانهار (شكل 12-1).



شكل (1-12): دوره الماء الطبيعية وتعبر الوحدات عن  $\text{كم}^3/\text{يومياً}$  (Lvovitch, 1974)

مع تبخر الماء فإنه يتخلص من معظم الملوثات (عدى المبيدات وخاصة الـ D.D.T) مما يجعل عملية التبخر من اكبر عوامل التنقية للماء في الطبيعة.

## 3-12.85- أهمية الماء

يعد الماء أكثر المواد غير العضوية شيوعاً على سطح الأرض بعد الهواء ويعرف الجميع أهمية الماء للحياة على سطح الأرض فالماء يدخل خلايا وأنسجة الكائنات الحية وهو عنصر أساسياً للمادة الحية إذ يشكل نسبة (98-80%) من تركيب المادة الحية. وللماء الدور الأول في الزراعة لدرجة إن استقرار التجمعات البشرية منذ القدم كان حول مصادر المياه وتبخر النباتات عن طريق النتح ما بين 300 و 800 كغم من الماء

للإنتاج كيلو غرام واحد من المادة الجافة ويحتاج المزارع الى 250 لتر من الماء لإنتاج قمح يكفي لعمل رغيف واحد من الخبز وإذا كان حيوانا ما يأكل يوميا كيلو غرام من المادة الجافة فهو يحتاج الى كمية من الماء تصل الى 800 لتر كما تحتاج نباتات الذرة الصفراء المزروعة في هكتار واحد حوالي  $3000\text{ m}^3$  من الماء ونبات القمح مابين 1500 الى  $2000\text{ m}^3$  خلال الموسم الواحد ويحتاج الهكتار الواحد من الأراضي الزراعية الى حوالي 12 ألف متر مكعب من الماء خلال السنة الواحد وذلك لأن اغلب الأراضي تزرع لأكثر من موسم واحد.

كما تعد مياه الأنهر والبحار مصدرا كبيرا للأحياء المائية التي تمثل مصدرا مهما لغذاء الإنسان فضلا عن الاستعمالات الأخرى للمياه التي تضمنت استعماله للأغراض الصناعية وتوليد القوة الكهربائية ووسيلة للنقل والتجارة لذلك يعد تلوث المياه أحد المشاكل الأساسية في الوقت الحاضر وذلك من جراء ممارسات الإنسان غير الملائمة ولا سيما تصريف الملوثات المنزلية والزراعية والصناعية.

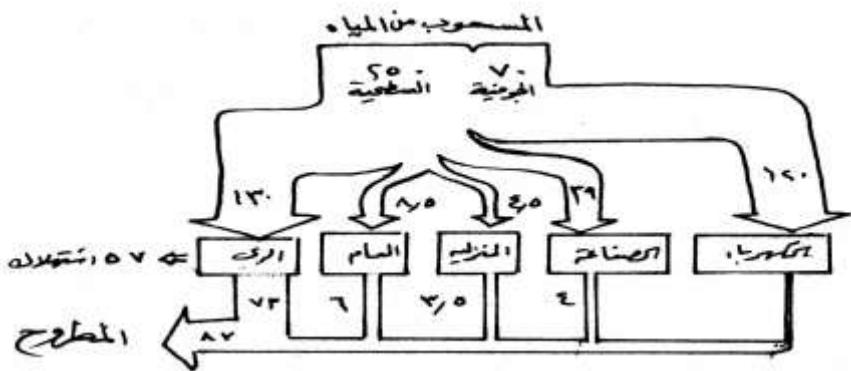
**4-12.86- الموارد المائية في الوطن العربي**  
يتميز الوطن العربي بموارد مائية تتشكل من الأمطار التي تتفاوت معدلات سقوطها من ما يقارب صفر في المناطق الصحراوية الى 1200 ملم سنويا في المناطق الجبلية ويبلغ إجمالي الأمطار حوالي 2200 مليار متر مكعب /سنـه ويقدر حجم الجريان السطحي بحوالي 4.6%， كما يقدر حجم المياه المتاحة حاليا حوالي 195 مليار م 3 / سنـه ويستخدم منها 140 مليار م 3 / سنـه معظمـه للأغراض الزراعية (بحـدود 80 %).

كما تتوارد مياه جوفيه تنتشر بهـيئة أحواض في أرجاء الوطن العربي، ويقدر الخزين المتجدد منها بحوالـي 42 مليار م 3 / سنـة. ويقدر حجم ما يستغل منها حوالـي 20 مليار م  $^3$  / سنـة.

يحيط بالموارد المائية السطحية العديد من المخاطر السياسية والبيئية حيث إن نسبة 67% منها تأتي من خارج الوطن العربي وهذه الموارد معرضه للاستنزاف والتلوث من قبل دول أعلى أحواض الأنهر. كذلك المياه الجوفية هي الأخرى معرضة إلى تدني مستوياتها وتلوثها بمياه الصرف الصحي والصناعية.

ويقدر نصيب الفرد العربي من المياه سنوياً بحوالي  $1700 \text{ م}^3$  مقارنة بنحو  $1300 \text{ م}^3$  / سنة كمعدل عالمي ومع تزايد عدد السكان سيزيد الطلب على المياه ويقدر الاستهلاك الحالي بـ  $224 \text{ مليار م}^3$  / سنة والذي سيصل إلى  $435 \text{ مليار م}^3$  / سنة على مستوى العام 2020 في حين إن إجمالي المتاح من المياه مستقila بقدر بحوالي 365 مليار  $\text{م}^3$  / سنة أي إن هناك نقص مقداره 100 مليار  $\text{م}^3$  / سنة ومن هنا يأتي ضرورة الاهتمام بالمصادر المتاحة والعمل على تحسينها وتطويرها تقنيات استخدامها والمحافظة عليها من التلوث حيث إنها السائل الثمين لجميع الأنشطة الحيوية.

**5-12.87 استعمالات الماء وتلوثه**  
يبين الشكل (2-12) استعمالات الماء واستهلاكها في الولايات المتحدة لعام 1970 وذلك بمفهوم السحب أي ما يؤخذ من المصدر المقدر بـ  $1453 \text{ مليار م}^3$  / يوم 84% من هذه الكمية وارد من مصادر سطحية (انهار بحيرات، وخرزانات سطحية) والباقي (16%) مأخوذ من مصادر جوفية ويلاحظ إن الزارعة كانت المستعمل الأكبر للمياه العذبة حيث يبلغ ما تستهلكه 41% أي لا يمكن تدويره والذي يعاد بشكل بخار إلى الجو بعملية تبخر نتح Evapotranspiration أو يذهب إلى البحر بعد تلوثه بدرجة لا يمكن معها إعادة استخدامه. إما استهلاك الماء في توليد القوة الكهربائية فيمثل حوالي 38% ولا يعود منها سوى 0.6% أما 99.4% من هذه الكمية فتحول إلى بخار. أي هناك تركيز عالي للأملأح يحصل نتيجة عملية التبخر. أما الصناعة فيمثل حوالي 12% ونسبة أقل للمدادات العامة (8.5%) أما الاستخدامات المنزليّة فلا تمثل إلا نسبة 1.4% من الاستهلاك الكلي للمياه.



شكل (12-2): كميات سحب المياه العذبة واستهلاكها في الولايات المتحدة لعام 1970،  
تعبر الوحدات عن بلايين الغالونات يومياً (Murray and Reeves, 1972)

ويلاحظ من هذه الأرقام إن هناك نسبة عالية من المياه تفقد كبخار وهذا يتربّط عليه ارتفاع نسبة الملوحة في الكميات المتبقية (من أصل ما سحب) وهو 27% على هيئة مياه مرتفعة الملوحة إضافة إلى إنها محملة بمختلف أنواع الملوثات الصناعية والزراعية والمنزلية.

ويلاحظ على ضوء ما جاء إن نفس الصورة أعلاه تتطبق على واقع التلوث الذي يمكن أن يحصل لموارينا المائية ولا سيما وإن تقريباً جميع مدننا ومحيطات توليد القوة الكهربائية والمعامل والمصانع وموقع صيانة وتصليح السيارات وغيرها إضافة إلى أغلب الأراضي الزراعية تقع على ضفاف الأنهر الرئيسية وروافدها والقنوات المترعة عنها.

#### 6-12.88 تلوث الماء

لقد عرفت مشكلة تلوث الماء منذ زمن بعيد ومع زيادة عدد السكان وازدياد النشاطات الصناعية وتنوعها استمر تلوث مياه الأنهر والبحيرات حتى أصبح الكثير منها غير قادر على التنقية الذاتية. وقد أصدرت منظمة الصحة العالمية عام 1960 التعريف التالي (يعتبر المجرى المائي ملوثاً عندما يتغير تركيب عناصره أو تتغير حالته بطريق مباشر أو غير مباشر بسبب نشاط الإنسان بحيث تصبح هذه المياه أول صلاحية للاستعمالات

الطبيعة المخصصة لها أو لبعضها) ويتضمن هذا التعريف أيضاً ما يطرأ على الخصائص الطبيعية والكيميائية والحيوية والتي قد تجعل المياه غير صالحة للشرب أو للاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو الصناعي وغيره وتبين الدراسات انه يصب سنويا في الأنهر حوالي 470 كم<sup>3</sup> من المياه الصناعية والتي تلوث أكثر من 5580 كم<sup>3</sup> (5.580 بليار م<sup>3</sup> = 10<sup>12</sup> م<sup>3</sup>) . من مياه الأنهر والبحيرات. وبسبب زيادة اعداد سكان الكره الأرضية وزيادة الصناعات و الطرق الحالية من استهلاك المياه وقذفها في الأنهر والبحيرات هي السائدة في المستقبل فان العالم سيقبل على أزمة مياه بمعنى إن كل مياه الأنهر والبحيرات وربما المياه الجوفية العذبة سوف تتلوث، لذا يرى المختصين انه لابد من التفكير الجدي وال سريع في الاقتصاد من استهلاك المياه على المستوى العالمي كما لابد من تحويل كافة الصناعات الى صناعات ذات حلقات مغلقة بحيث لا تصب مياهها في الأنهر أو المسطحات المائية الأخرى على الإطلاق ولا بد من استعمال مياه الفضلات البشرية بعد معالجتها معالجه كافية في الصناعة أو الزراعة.

ويتم تلوث مياه الأنهر والبحيرات كما ذكرنا بشكل رئيسي من تلقيها المياه الصناعية ومياه المخلفات البشرية التي تزداد كميتها عام بعد آخر حتى أصبحت مياهها ملوثة بالبكتيريا والعصيات القولونية والحمى التباقية والكلاز وفirus شلل الأطفال وبيوض الطفيليات كالاسكارس والتحولات الزهارية وغيرها بالإضافة الى المخلفات الصناعية، ملوثه بدورها التربة وما تنتجه من محاصيل زراعية عند ريها بهذه المياه الملوثة وانتقال كثير من المواد والعناصر الملوثة عبر السلسل الغذائية والذي من يتراكم عددا منها في أنسجة النباتات والحيوانات المختلفة ويصل الى تراكيز تؤدي الى تسمم الإنسان فيما لو تغذى بها أو تسبب له العديد من الأمراض الفتاكه.

### **7-12.89 مصادر وملوثات المياه**

تصاحب الملوثات الماء في دورته الطبيعية في كل مرحلة من مراحل تحوله إذا يبدأ في الفضاء حيث يختلط الغبار الذري و المواد المشعة الناتجة عن التفجيرات الذرية وغازات وتجري أول عملية تنقية للماء الساقط على الأرض في التربة حيث تتخلص المياه من بعض ملوثات ولكن هذه العملية أخذت تفقد الكثير من فاعليتها وذلك لأن التربة التي يسقط عليها المطر أصبحت هي الأخرى ملوثة بمواد مختلفة لا تثبت أن تتسرب مع مياه الأمطار إلى المياه الجوفية أو تجرف إلى الأنهر والبحيرات والبحار فتزيد من تلوثها ناهيك عن الأمطار التي تسقط في المناطق الصناعية والمدن التي تجرف منها المخلفات والازبال والزيوت المعدنية التي تغطي الشوارع وتحملها إلى الأنهر والبحيرات كما وان الأمطار الساقطة تنزل معها ما يتضاعد إلى الهواء من غبار وغازات ناتجة عن وسائل النقل ومداخن المصانع ومدافئ المنازل في المدينة ملوثة التربة وجارفة ما بها من ملوثات.

ويمكن تقسيم مصادر ملوثات الماء وفق مايلي:

### **7-12.19 مصادر طبيعية**

حيث إن المخلفات الطبيعية وجدت في الماء منذ بدء ظهور النباتات والحيوانات على وجه الأرض حيث تشمل المخلفات الطبيعية أجسام الكائنات الحية والمواد العضوية الميتة ومواد التربة المعدنية من الأملاح والمركبات الذائبة الأخرى.

وفي كل مرة تتدفق منها المياه الجارية بما في ذلك ماء المطر فوق التربة والصخور والرواسب المعدنية، هناك احتمال إضافة فضلات عضوية ورواسب ومواد معدنية جديدة إلى الماء.

ومع هذا قد يكون الإنسان مسؤولاً في كثير من الحالات عن زيادة التلوث الطبيعي فعندما تنقل مياه الأمطار المبيدات الحشرية والعشبية والاسمندة وغيرها من المواد الكيميائية من الحقول إلى الأنهر والبرك والبحيرات وإلى مصادر المياه العذبة بما فيها

المياه الجوفية. وينتج عن ذلك هلاك العديد من الكائنات الحية المائية أو التي تعيش في التربة سواء النباتية أو الحيوانية.

وقد زاد الإنسان من تلوث المياه الطبيعية عن طريق تخرير الغابات وأنواع الغطاء النباتي الأخرى فمع تخرير الغابات التي تعتبر كما ذكر سابقاً أحد أهم عوامل تنقية الهواء، وتدور خواص التربة النامية عليها، والتي هي منظمات طبيعية كمياه الأمطار ومرشح لتنقية المياه من ملوثاتها حيث إن هذا التخرير في الغابات والتدهور في كفاءة تربتها قد زاد من كمية الانسياب السطحي للمياه وقد بذلك إلى زيادة وصول الملوثات الطبيعية العضوية والمعدنية إلى المسطحات المائية من ناحية ومن ناحية الغي أو ضعف من دور التربة في التنقية الطبيعية بل أصبحت التربة بالعكس ومصدر تلوث إضافي للمياه المارة بها فاقدة لقابلية التنقية الذاتية والتي تصل إليها من المصادر الأخرى.

#### 12.20-2 مصادر النشاط الإنساني المختلفة

يعتبر تلوث الماء ومن ثم التربة الزراعية عن طريق الري أو تساقط الأمطار المحملة بالمواد الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة هي من أهم المشكلات المقلقة التي تواجه الإنسان وتتأتي خطورة التلوث بالمواد الصناعية المختلفة خاصة الكيميائية الناتجة عن الصناعة ومخلفاتها التي تقذف في مياه الأنهار والبحيرات والتي يمكن أن تطول كافة الأوساط التي تعيش فيها الكائنات الحية سواء المائية أو على اليابسة وفي أو على سطح التربة والداخلة في السلسل الغذائية التي يقف على رأسها الإنسان من خلال ما يلي:

- أ- كثرة وترابيد عدد هذه الملوثات الضارة والمركبات الجديدة السامة التي يصعب على نظام التنقية الذاتية حلها والتخلص منها.
- ب- تؤثر هذه الملوثات الكيميائية وخاصة تلك القابلة للانحلال في الماء بصورة ضارة على نمو وتكاثر معظم الكائنات سواء التي تعيش في الماء أو التربة ومن هنا تأتي ضعف قابلية هذه الأوساط على التنقية الذاتية.

ج- عدد كبير من هذه المواد له قابلية التراكم في أجسام الكائنات الحية صعوداً مع تقدم السلسل في الهرم الغذائي إلى درجة تؤدي إلى تسمم الإنسان المستهلك النهائي الذي يقف على رأس هذا الهرم وبعد كثيرون من هذه الملوثات والتي يمكن أن نذكر منها ما يلي:

## ١. المعادن الثقيلة

التي تنتج من الصناعات المختلفة وخاصة الصناعات المعدنية وصناعية المبيدات (أملال النحاس ، زرنيخات الرصاص وغيرها) نورد فيما يلي أمثلة لأخطر المعادن الثقيلة التي لوثت المياه والتربة بكميات كبيرة :

### \* الرصاص

يمثل الرصاص حالة خاصة لمادة كثيرة الانتشار في أجواء المدن وخاصة الكبرى منها وذلك كنواتج من عوادم السيارات وبعد غسله بواسطة الأمطار يعود الرصاص إلى مياه الأنهار والبحيرات ومنه إلى التربة بشكل مباشر عند سقوط الأمطار أو عن طريق الري بالمياه الملوثة ومنه يدخل إلى السلسل الغذائية. وتستخدم التكنولوجيا الحديثة الرصاص بكثير وأهم استخداماته بعد فعاليات الاستخراج والتعدين في صناعة المبيدات والدهان (أكسيد الرصاص الأحمر) وصناعة البطاريات الكهربائية التي تستهلك وحدتها ثلث الإنتاج العالمي من الرصاص غير إن استهلاك رابع مثل الرصاص في وقود السيارات كمانع للفرقعة هو الذي يشكل المصدر الرئيسي للتلوث. إن معرفتنا بآثار التسمم الغذائي بالرصاص ومشتقاته وأعراض الإسهال الناجمة والظواهر العصبية التي تحصل للإنسان تفوق معرفتنا عن تأثير الرصاص على الكائنات الحية التي تعيش في الماء أو التربة من حيث نموها وتكاثرها والتي تعتبر أعضاء السلسل الغذائية التي يستمد الإنسان منها غذاءه وعامل مهم من عوامل خصوبة التربة.

### \* الزئبق

بفوق الإنتاج العالمي من الزئبق العشرة آلاف طن سنوياً وتلقي الصناعة الأمريكية أكثر من 500 طن من الزئبق سنوياً في المياه كما تلقي الصناعة الفرنسية أكثر من 50 طن سنوياً وقد تصل تراكيز الزئبق في كثير من المياه إلى الحد الأعلى المسموح به وهو 0.5 جزء بـالمليون ، كما اكتشف الباحثون الفرنسيون منذ أكثر من عشر سنوات إن نسبة الزئبق مرتفعة بل تجاوزت الحد المسموح به في أنسجة عدد من أنواع الأسماك المصطادة فنتيجة لخواص الزئبق التراكمية خلال انتقاله عبر السلسلة الغذائية قد يسبب تواجد تراكيز ضئيلة منه في الوسط المائي أو التربة أضرار بالغة نتيجة بلوغه التراكيز نسب عالية قد يصل معامل التراكم (التجمیع) في أنسجة الأحياء التي تعیش في ذلك الوسط إلى أكثر من 500 مره عن ما هو موجود في الوسط أصلاً. وان بلوغ تراكيز عالية منه تؤدي إلى أعراض خطيرة على الحيوان والإنسان منها شلل في العضلات وسوء الرؤية وخلل في النطق والموت عند الإصابة الشديدة.

#### \* الكادميوم والنحاس والزنك وغيرها

تقديرات الأبحاث تدل إن هناك أكثر من 1000 طن يقذف سنوياً في الأوساط البيئية ومنها إلى الماء وإلى التربة من الكادميوم وأكثر من 300 طن من النحاس بالإضافة إلى المعادن الثقيلة الأخرى مثل الزنك والكروم والكوبالت والنیکل وغيرها وكذلك الذي يستعمل في صناعة أصباغة المواد البلاستيكية والدهان وفي طلاء الخزف وغيرها وهو يتصرف بخواصه التراكمية في أجسام الكائنات الحية وفي النباتات وقد يسبب أمراض خطيرة ومنها مرض (ابتاي- ابتاي) الذي حصل في اليابان نتيجة قذف المعامل المخلفات الحاوية على الكادميوم الذي تستخدم مياهه في ري أراضي زراعة الرز وقد انتقل إلى الإنسان وتراكم في جسمه نتيجة تغذيته على الرز الذي أدى إلى الإصابة بأعراض مرضية مختلفة منها تشوه واضطراب في نمو العظام وتغير في تركيب الدم وفقر في الدم وألام مبرحه قد تؤدي إلى الموت.

## 2.90. مخلفات عضوية صناعية

تشكل صناعة الورق والسليلوز ومعامل الأخشاب مصدرًا لكثير من ملوثات الأنهر والبحيرات بالمواد العضوية والألياف الخشبية وقشور الأشجار والرانتج وسموم معاملة الأخشاب وغيرها. حيث طرح كميات كبيرة من هذه المواد العضوية وتحللاها يؤدي إلى استهلاك كميات كبيرة من الأوكسجين وزيادة في أعداد الكائنات الدقيقة إضافة إلى السمية التي من الممكن أن تضر بالأحياء المائية وأحياء التربة عند استخدامها لري الأراضي.

## 3. مخلفات مياه المجاري أو المياه الثقيلة

تشكل المخلفات مصدرًا هاماً من مصادر التلوث الماء ومن ثم التربة إذا ما تم ريها بمثل هذه المياه الملوثة. إذ غالباً ما تُقذف مياه المخلفات البشرية في المسطحات المائية دون اية معالجه مسبقة وقد أخذت مياه المخلفات البشرية تشكل واحدة من اكبر مشاكل تلوث الماء، وذلك نظراً لزيادة معدلات استهلاك الماء والمركبات العضوية والكيميائية التي تحملها هذه المياه. ومن أهم المواد الكيميائية في المياه الثقيلة ذكر المنظفات Detergent التي انتشر استعمالها وتأثيرها في البيئة المائية كبير جداً وذلك إن اغلب المنظفات الحالية، والتي أساسها الهيدروكاربونات (HC) غير قابلة للتحلل الحيوي (Non-bio-degradable) كما إنها سامة للكائنات الحية. على عكس الصابون وهو ماده قابلة للتحلل الحيوي بالإضافة إلى إن هذه النوع من المياه الملوثة تحمل مخلفات المستشفيات ومصانع الأدوية وغيرها.

## 4. المواد المشعة

يعتبر تلوث الماء بالمواد المشعة من صور تلوث الماء شديدة الخطورة، وتصل المواد المشعة إلى الماء ومن ثم إلى التربة عن طريق الري وهذه ممكن ان تصل إلى المياه عن طريق عمليات استخراج وتصنيع خامات المواد المشعة وكذلك عن طريق

مختلف عمليات الطاقة النووية ومن الوسائل الطبية ومن التجارب الاسلحة النووية. كما وان هذه المواد المشعة تنتقل الى الكائنات الحية عبر السلسلة الغذائية وخاصة الطاقيات النباتية والطحالب المختلفة إذ قد يصل تركيز المواد المشعة في انسجتها الى أضعاف تركيزها في الماء ونظرا لكون هذه النباتات هي الغذاء الرئيسي للحيوانات المائية فقد أخذت المواد المشعة تنتقل وتتركز في أجسام الحيوانات المائية كالأسماك والطيور التي تعيش عليها كما تصل في النهاية الى الإنسان الذي يقف على قمة الهرم الغذائي بتركيز مضاعفة.

## 5. المبيدات الكيميائية

بالرغم من إن احتمال وصول المبيدات الحشرية والعشبية والفطرية وغيرها الى أعضاء الجسم عن طريق المنتجات الزراعية كالخضر والحبوب وغيرها من المواد الغذائية الأخرى المعالجة بالمبيدات المختلفة هو أكثر احتمالات منه عن طريق المياه الملوثة، إلا إن هذه المواد أخذت تصل الى المياه عن طريق انحراف التربة أو مع مياه البزل أو عن طريق السلسلة الغذائية التي قد تبدأ بأحياء التربة الدقيقة النباتية والحيوانية التي تكون بدورها غذاءً لحيوانات التربة التي تعلوها في السلسلة الغذائية ومنها الى الطيور والأسماك ومنها الى الإنسان.

وهكذا فان التربة قد تكون مصدرا لتلوث المياه أو المياه تكون مصدرا لتلوث التربة بالمبيدات فان النتيجة واحد هو إن المبيدات ستنتقل عبر السلالس الغذائية الى أحياء التربة أو الاحياء المائية والتي قد تكون في النهاية غذاء للإنسان.

إن تجمع المبيدات الكيميائية السامة ذات قابلية التحلل الضعيف على امتداد السلسة الغذائية حتى المستهلكات النهائية هو أمر كثير الاحتمال وقد أثبتت الدراسات احتواء نسيج معظم الفقريات على مبيدات كيميائية مثلـ D.D.T والـ Linden وغيرها وسيناقش هذا الموضوع بشكل مفصل لاحقا.

## **6. مسببات العدوى أو حاملاتها**

المياه معرضه للتلوث بمبسبات العدوى كالبكتيريا والفيروسات المرضية التي من الممكن أن يكون مصدرها فضلات الإنسان والحيوانات ومياه فضلات معامل الدباغية والمسالخ والمستشفيات وغيرها وعليه لابد من تنظيف هذه المياه ومعالجتها بشكل جيد وذلك لأنها قد تصبح مصدراً للمسببات المرضية المعروفة والتي تصيب الإنسان والحيوان على حد سواء وتلوث التربة كما أنه لا يجوز استعمال الأنهر والبحيرات التي تقدّف فيها هذه المخلفات للسباحة ولاصطياف وري المزروعات والنباتات وخاصة التي تؤكل نبتة.

## **7. العناصر الغذائية والمغذيات**

وهي تشمل بشكل رئيسي مركبات النتروجين والفسفور الناتجة عن مياه فضلات الصناعات الغذائية وحقول الدواجن وحظائر المواشي والمخلفات العضوية والأسمدة الكيميائية ومياه بزل الحقول الزراعية والتي تؤدي إلى نمو كثيف إلى النباتات المائية كالقصب والبردي والطحالب ونباتات أخرى تؤدي إلى اعاقة الماء في قنوات الري والبزل إضافة إلى تحللها بعد موتها مما ينجم عن ذلك نقص في الأوكسجين اللازم لتنفس الأحياء المائية مما يؤدي إلى موتها وتحللها إضافة إلى حصول الرائحة الكريهة والطعم الغير مستساغ في ماء الشرب.

## **8. المعادن والأملاح والأحماس اللاعضوية**

إن ما يدخل الماء من هذه المواد وغيرها من المركبات اللاعضوية، قد يكون مصدرها الصناعات المعدنية والمناجم التي تطرح كميات كبيرة من الأحماس المعدنية ومصانع الأنسجة و البترول والصناعات البتروكيميائية ومحطات توليد القوة الكهربائية والمفاعلات الطاقة النووية بما تستهلكه من مياه قليلة الملوحة وتطرحه من مياه حاوية على تراكيز عالية من الأملاح إضافة إلى بزل التربة المالحة فإن ذلك

يؤدي الى خلق مشاكل كثيرة في عمليات الإنتاج الصناعي والزراعي وتملح الأراضي الخصبة وتسمم مباشر وغير مباشر للحيوانات والإنسان والأحياء المائية والتي تعيش في التربة.

#### 9. الدفائقيات الصلبة

وتشمل دقائق التربة والصخور ومنتجات ثانوية لبعض الصناعات وأعمال استخراج الخامات الأولية والتعدين وحت وتعريمة التربة والتي تؤدي الى تلوث المياه وتقليل المسطحات المائية وخاصة البحيرات والخزانات المائية الاصطناعية والأنهار وقنوات الري وزيادة تكاليف تنظيفها وصيانتها إضافة الى تقليل عدد الحيوانات المائية إضافة الى سطح مسامات التربة السطحية المروية بمثل هذه المياه مما يؤدي الى قلة تهويتها وإضعاف نشاط أحياها المسؤولة عن خصوبتها.

12.91- مصادر التلوث الصناعي للمياه في العراق من المفيد أن تطلع على بعض مصادر التلوث الصناعي المؤثرة في نوعية مياه دجلة والفرات وروافدها وفروعها على نطاق قطرنا العزيز. حيث يبين الشكل (3-12) المصادر المحتملة لهذا التلوث. على مستوى نهر دجلة تشير الدراسات (باجات، 1993) انه لا يوجد هناك ذكر للتلوث في مياه دجلة في منابعه العليا وان مياهه وحتى وصولها مدينة الموصل تشبه في نوعيتها مياه العيون والينابيع العذبة. ولكن اعتبارا من مدينة الموصل تظهر بوادر محسوسة بالتلوث.



**شكل (12-3): التوزيع الجغرافي للصناعات الملوثة للبيئة المائية في العراق**  
**المصدر: مركز حماية البيئة، أطلس الملوثات البيئية في العراق، بغداد، ص:3**

كما وان على الرغم من قلة عدد المنشآت الصناعية المتوسطة على طول نهر الفرات بالمقارنة ما عليه الحال نهر دجلة إلا إن هناك يوجد من الصناعة ما يسبب تلوثاً بالغ الأهمية. إضافة إلى أنه هناك عدد آخر من المنشآت الصناعية المتوسطة على الجانب الغربي من سطح العرب عند مدينة البصرة لها دور معنوي في تلوث المصادر المائية في المحافظة.

وتكون المخلفات الصناعية أحد أهم مصادر ذلك التلوث وذلك من خلال ما يلي:

1. معامل الصناعات النسيجية وما تطرحه من ملوثات كيميائية وحمضية وفاسعية وعصوية وبعض العناصر الثقيلة كالنحاس Cu والكادميوم Cd والرصاص Pb والتي قد تصل نسب خطورة في مواضع طرحها.
2. معامل الصناعات الغذائية والزيوت والألبان والمشروبات الغازية وما تطرحه من تراكيز عالية من المواد السكرية والأملاح ومواد حامضية وقلوية ومواد صابونية مختلفة.
3. معامل الصناعات الجلدية والمطاط والورق والسكائر وما تطرحه من مخلفات الجلود وأملاح وأحماض وبقايا عضوية ومواد قلوية مركزه ومعادن ثقيلة ومواد كيميائية مختلفة.
4. معامل الصناعات النفطية والكبريت والغاز السائل والصناعات البتروكيميائية وما تطرحه من حوامض وهيدروكاربونات وأملاح وبقايا نفطية وبعض الزيوت الثقيلة وفضلات كيميائية ذات تراكيز معقدة وتكون الفينولات من أبرزها إضافة إلى الرصاص وكبريتيد الهيدروجين والمركبات الكيميائية الأخرى.
5. محطات توليد القوة الكهربائية وما تطرحه من ملوثات ذات طبيعة عضوية ولا عضوية وأملاح إضافة إلى المياه الساخنة وما لها من مخاطر على الحياة المائية وتشير الدراسات إلى إن ما يعادل من ثلثي الطاقة الحرارية والمتولدة في المرجل والمكثفات تطرح مع المياه المختلفة من عملية التبريد وعادتاً محملة بالملوثات الكيميائية والحيوية.
6. معامل الصناعات الثقيلة كالحديد والألمنيوم والصناعات الميكانيكية والكهربائية وما تطرحه من مياه تالفة تتصرف باحتواها على نسب عالية من المواد الغذائية والعالقة وكميات كبيرة من اكاسيد الحديد.

7. معامل الصناعات الدوائية الكيميائية والاسمدة وما تطرّحه من ملوثات كيميائية مختلفة كالضمادات وحوامض وقواعد مختلفة إضافة إلى التراكيز العالية من الأملاح المعدنية وبصفة خاصة الامونيا والنترات والبيوريا والفوسفات وغير من المواد الكيميائية.

والجدول (12-1) يوضح الملوثات التي تتضمنها المياه المختلفة عن المنشآت الصناعية وقيم المواصفات القياسية البيئية المعتمدة قانونيًّا في العراق ومن ذلك يمكن أن ندرك مدى تأثير التلوث الصناعي على نوعية المياه المطروحة والحدود القصوى لمواصفات نوعية المياه الصالحة للبيئة.

كما وان ظروف التلوث في الوسط النهرى تكون محكومة بثلاث متغيرات: هي كمية التصريف ونسبة مياه النهر وسرعة تصريفه وكلما كان قيم هذه المتغيرات عالية كلما كان معامل التخفيف Dilution عالي وتكون بذلك عملية التنقية الذائبة self-purification للوسط النهرى عالية من خلال حصول مزج للفضلات المطروحة و توفير تهوية جيدة. ومنع ترسب المواد العالقة ونقلها إلى البحر، الذي يتصرف بكبر كتلته المائية التي تؤدي إلى تخفيف تراكيز المواد الملوثة وخاصة السامة منها وبهذا يتم تخلیص بيئه المياه العذبة منها. مع عدم إغفال الأضرار الممكن حصولها إلى البيئة البحرية. وخاصة عند المصب نتيجة تراكم هذه الملوثات وتأثيرها على الثروة السمكية وعلى مستهلكها من الإنسان والطيور والحيوانات الأخرى.

جدول (12-1): الحدود القصوى لمواصفات نوعية المياه الصالحة للبيئة (حماية وتحسين البيئة، 1997)

| المادة                  | أقصى ترکیز مسموح مل/لتر |
|-------------------------|-------------------------|
| اللون ، الطعم ، الرائحة | طبيعي                   |
| الحرارة (M)             | ٣٥ م                    |
| الرواسب العالقة (ss)    | 60                      |
| الاملاح الذائبة (TDS)   | 1500                    |
| الاس الهيدروجيني (PH)   | 9.5 – 6                 |
| الاوكسجين الذائب (Do)   | لا يقل عن 4             |

|                  |  |
|------------------|--|
| 40               | الحاجة الحياتية للأوكسجين (BOD)          |
| 100              | الحاجة الكيميائية للأوكسجين (COD)        |
| 0.05             | السيانيد (Cn)                            |
| 5                | الفلوريد (F)                             |
| لا ينبغي ان يوجد | الكلور الحر (RC12)                       |
| 0.05 - 0.01      | الميثول                                  |
| 400              | الكبريتات (So <sub>6</sub> )             |
| 50               | النترات (Ho <sub>3</sub> )               |
| 600              | الكلوريدات (CL)                          |
| 200              | الكالسيوم (Ca)                           |
| 3                | الغوسفات (Po <sub>4</sub> )              |
| 10               | الامونيا (NH <sub>3</sub> )              |
| 0.1              | الرصاص (Pb)                              |
| 0.2              | النحاس (Cu)                              |
| 0.2              | النيكل (Al)                              |
| 0.01             | الكادميوم (Cd)                           |
| 2                | الخارصين (Zn)                            |
| 0.10             | الكروم (Cr)                              |
| 0.5              | الكوبات (Co)                             |
| 0.5              | المنغنيز (Mn)                            |
| 2                | الحديد (Fe)                              |
| 0.005            | الزئبق (Hg)                              |
| 0.3              | الدهون والكاربوبيرات                     |
| 0.05             | الزرنيخ (As)                             |
| 0.05             | السلبيوم (Sc)                            |
| 0.5              | البنزين (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) |
| 5                | الامونيوم (Al)                           |
| 150              | المغنيسيوم (Me)                          |
| 1                | البورون (B)                              |
| 500              | العسرة الكلية (T.H.)                     |

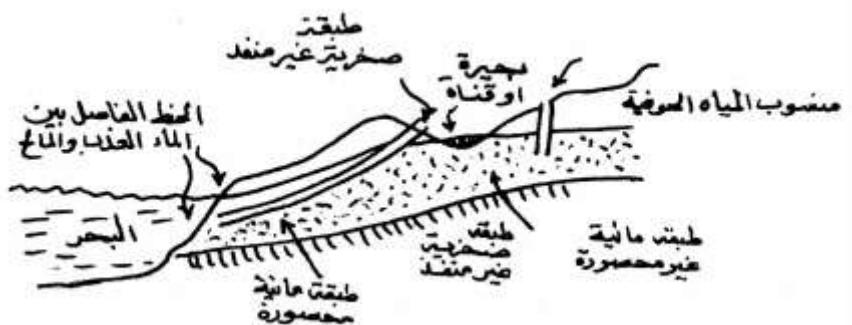
المصدر: (الحسن، 1998)

## 9.12-9. المياه الجوفية وتلوثها

تشير الدراسات الى إن نسبة عالية من ماء الأمطار قد تصل الى أكثر من 70% تفقد

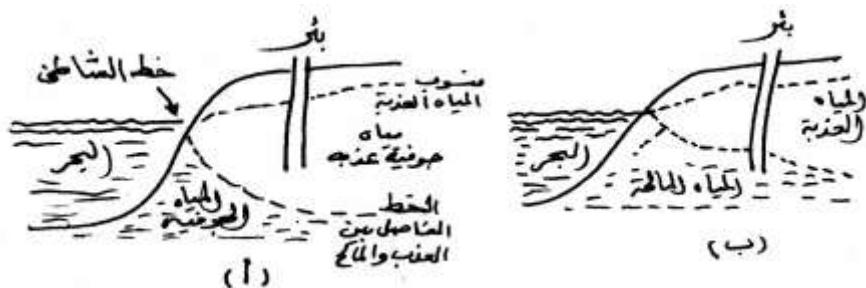
بالتبخر ويناسب معظم الباقي الى المسطحات المائية كالبحيرات والأنهار والقنوات منها الى أن يعود أخيراً الى البحر إلا إن كميات قليلة تتخلل بطيء الى أسفل خلال التربة الى أن تصل الى طبقة صخرية غير منفذة ويتراكم الماء فوق الصخور حتى مستوى يسمى

منسوب المياه الجوفية Water table وهذا يناسب بطيء إلى الأنهر والبحار وكما يتبع من الشكل (4-12) وعندما يصبح مستوى الأرض تحت منسوب المياه الجوفية فحينئذ تقوم المياه الجوفية بتموين (تجهيز) الأنهر والقنوات والبحيرات بحيث تيسر نوعاً من استمرارية انسياط الماء في هذه المصادر المائية. وتعتبر موارد المياه الجوفية في غاية الأهمية إلا إن استغلالها ليس من الأمور السهلة. ومعظم الصعوبات تعود إلى إن معدل التعويض لهذا الموارد يكون بطبيعة الحال اعتبره مورد غير متعدد وخاصة عندما يكون معدل الازلة أسرع من معدل التعويض. كما إن هذه العملية قد تؤدي إلى إن منسوب المياه الجوفية ينخفض إلى حد كبير بحيث يصبح معه من غير الاقتصادي ضخه.



شكل (4-12): موارد المياه الجوفية

كما وان المناطق الساحلية وخاصة تلك التي تعتمد في تمويلها على المياه الجوفية تواجه مشكلة تملح الآبار بسبب التقارب بين المياه البحر المالحة والمياه الجوفية العذبة حيث إن الضخ الزائد يؤدي إلى تحريك حدود المياه المالحة باتجاه البئر كما يتضح من الشكل (5-12) مما يؤدي إلى تلوث مياهه بالملوحة والنتيجة ترك الأرض المروية بهذا البئر.

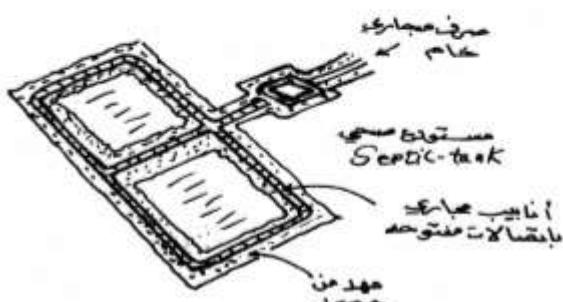


شكل (12-5): تسرب الماء المالح إلى بئر عذب بسبب الضخ الزائد، (أ) قبل الضخ (ب) بعد الضخ

هناك مشاكل أخرى للمياه الجوفية ترتبط بتلوثها بفضلات التي تتسرب داخل التربة، وخاصة في المناطق التي تعتمد على نظام الخزانات Septic tank في التخلص من الفضلات (12-6) ويحدث للفضلات بعض التخلص من تلوثها بترشيح الماء المتذوق أثناء مروره إلى أسفل داخل التربة و إلا إن هذا لا يكفي أحياناً بحيث يمكن للمياه الجوفية أن تتلوث ومن المعرف إن مرض الالتهاب الكبدي Hepatitis قد ينتشر بسبب هذه الطريقة كما إن مراكز تجميع النفايات قد تسبب تلوثاً للمياه الجوفية عن طريق رش السوائل الناجمة عن تحليتها إلا إن مصادر التلوث قد تكون هي الممارسات الزراعية الحديثة حيث تشمل الاستعمال الشديد والمكثف للمخصبات Fertilizers والمبيدات Pesticides وكذلك تركيز المواشي في الزرائب feedlots وان الكميات الهائلة Live stock في المواد الغذائية الأولية والمواد السامة poisons والفضلات العضوية organic wastes الناتجة لمصادر المياه الجوفية وأملاح النترات نفسها ليست خطر بذاتها ولكن بالامكان تحويلها بواسطة بعض البكتيريا إلى أملاح نتراتية  $\text{NO}_2^-$  سامة جداً ويتواجد هذا النوع من البكتيريا في القناة الهضمية للأطفال وإذا ما صاحبها مستويات عالية من النترات في ماء الطفل فذلك قد يؤدي إلى مرض يسمى ميثوكلوبينيميا Methemeslobinemia وهو مرض يقلل من قدرة الدم على حمل الأوكسجين وقد يؤدي إلى الاختناق والموت.



(أ) مقطع عرضي من خزان صحي  
«Septic-Tank»



(ب) حقل انتصاري

**شكل (12-6):** يبين كيف يمكن التخلص من فضلات المجاري باستعمال المستودع الصحي وتلوث المياه الجوفية بهذه الطريقة

**93. 10-12.** تأثير تلوث المياه على البيئة الزراعية يمكن أن تؤثر نوعية مياه الري ومستويات صلاحيتها على البيئة الزراعية بطريقتين : الأولى عن طرق تأثيرها المباشر على نمو وفسحة المزروعات ومعدل إنتاجيتها والأخرى عن طريق تأثيرها المباشر على خواص التربة التي تنمو عليها تلك المزروعات وذلك من خلال ارتفاع نسبة الملوحة وسمية الملوثات :

**94. 10-12.1.** تأثير تلوث المياه بالملوحة على النباتات تشير الدراسات الى انه الملوحة في مياه الري تؤثر سلبا على إنتاجية المحاصيل. حيث إن تردي نوعية مياه الري تقى غالبا وراء تقلص أعداد وإنتاجية النباتات الزراعية إذا تعد اغلب النباتات الزراعية حساسة للمحتويات العالية من الكلوريدات في الماء فقد

ووجدت الدراسات إن تجمع هذه المادة في النبات بتركيز 0.5 % كفيل بان يؤدي إلى أعراض سمية كاحتراق الأوراق وتركم بعض العناصر داخل الأنسجة مثل الكلوريدات والعناصر الثقيلة والمواد السامة الأخرى . و هناك حاله خطر أخرى وهي إن النباتات الطرية ( الفواكه والخضروات ) يصل محتواها المائي أحياناً إلى حوالي 80% وإذا كان هذا الماء تستمد النباتات من مياه الري الملوثة فذلك يعني إن هناك مقادير من الملوثات قد تراكمت فيها مما يجعلها مصدر خطر محتمل لمن يتناولها.

#### **12.95-2- التأثير الملحي على التربة**

يؤدي أرواء الأراضي الزراعية بنوعية مياه رديئة ملوثة وذات ملوحة عالية إلى تملح التربة ولما كانت التربة بمثابة الحاضنة لأم للنبات فإنها عادة تأخذ الاهتمام الأكبر في مجال تأثيرها على حياة النبات إن مشكلة ملوحة التربة نتيجة استخدام نوعية رديئة من مياه الري إنما تقوم على أساس العلاقة الطردية بين هذين المتغيرين. إذا أظهرت الدراسات إن عند استخدام مياه ري تحتوي على تركيز ملحي مقداره 1000 ملغم / لتر وبمعدل إضافة سنوية مقدارها 100 سم من الماء لكل هكتار يسفر عنه عند تراكم كمية من الأملاح مقدارها في التربة تبلغ بحدود 10 طن متري (10000 كغم ) في الهكتار الواحد. ويؤدي تظافر ملوحة مياه الري والتربة إلى الأضرار بالمحاصيل الزراعية من خلال (1) زيادة الشد الرطوبوي في التربة (2) حدوث تأثير سحب (3) منافسة بعض أيونات الأملاح في محلول التربة للعناصر الغذائية (4) انكماش البروتوبلازم المبطن لجدار الخلية النباتية مما يؤدي إلى إعاقة نمو النبات فيصغر حجمه وقد يذبل ويموت في التركيز الملحي العالي.

#### **12.21-3- تأثير الملوثات الصناعية في تدهور التربة الزراعية**

أظهرت الدراسات إن التزايد المستمر في طرح المخلفات الصناعية والمنزلية في المسطحات المائية ثم استخدام مياه هذه المسطحات في الري الزراعي يؤدي إلى غلق مسامات التربة ومنع تنفس وقتل أحياء التربة وجذور النباتات والبادرات النباتية من جراء

تراكم المواد الصلبة العالقة في المياه المختلفة أضف إلى إن التزايد في طرح المخلفات الصناعية المحتوية على الملوثات الكيميائية والمواد السامة يجعل المياه دائماً أقل صلاحية للزراعة فتهدد بذلك تحول التربة الزراعية إلى أراضي جدبه حيث تؤدي إلى موت النباتات نتيجة تسممها بشكل مباشر كما وان خطر هذه الملوثات يأتي نتيجة إلى انه ليس لأنظمة التربة القدرة الكافية على إزالة بعض المركبات الكيميائية المعقدة الموجودة في المياه المختلفة عن الأنشطة الصناعية حينما يتم رى هذه الترب بها.

وهكذا يمكن القول بأن استعمال المياه الملوثة في الزراعة له مردودات سلبية على الإنتاج من جهة وعلى الصحة من جهة أخرى فهي تعمل على إضافة نسبة عالية من الأملاح للتربة وإنها تؤدي إلى عرقلة العمليات الحياتية في النبات والتربة فضلاً عن احتمال تسمم النبات وثماره. وبهذا فإن تلوث مياه الري له تأثيرات على كمية ونوعية الإنتاج الزراعي وعلى صحة الإنسان.

## **الفصل الثالث عشر**

### **حماية وتنقية المياه من الملوثات**

#### **1-13.96 مقدمة**

يعتبر الماء من أهم ضروريات الحياة للإنسان والنبات بالإضافة إلى أهميته في الزراعة والصناعة. إلا إن الماء بالرغم من كونه الأساس لاستمرار الحياة فقد يكون سبباً في تهديدها وحتى القضاء على الكائنات المختلفة، وذلك إذا كان ملوثاً إذ ينقل الكثير من الأمراض مثل الكوليرا، والإسهال والسلالمونيلا والتيفوئيد والزحار وشلل الأطفال والديدان الطفيليّة وغيرها على زيادة الأملاح وكربونات وكلوريّات وكبريتات الكالسيوم والرصاص كما وأن نقص الفلور يسبب تسوس الأسنان ونقص اليود يسبب تورم الغدة الدرقية. وأن جميع هذه المواد ممكن أن تنتقل من والى التربة.

وان المياه الملوثة بالملوحة والملوثات الكيميائية والحيوية والمواد العضوية أو المعدنية المعلقة تسبب أضراراً في الخواص الطبيعية للتربة والأحياء التي تعيش فيها والنباتات النامية عليها وحتى لا تكون المياه سبباً للأضرار التي تصيب التربة والنبات والحيوان والإنسان فلا بد من اتخاذ كافة السبل لحمايتها وتنقيتها من الملوثات من خلال ما يلي:

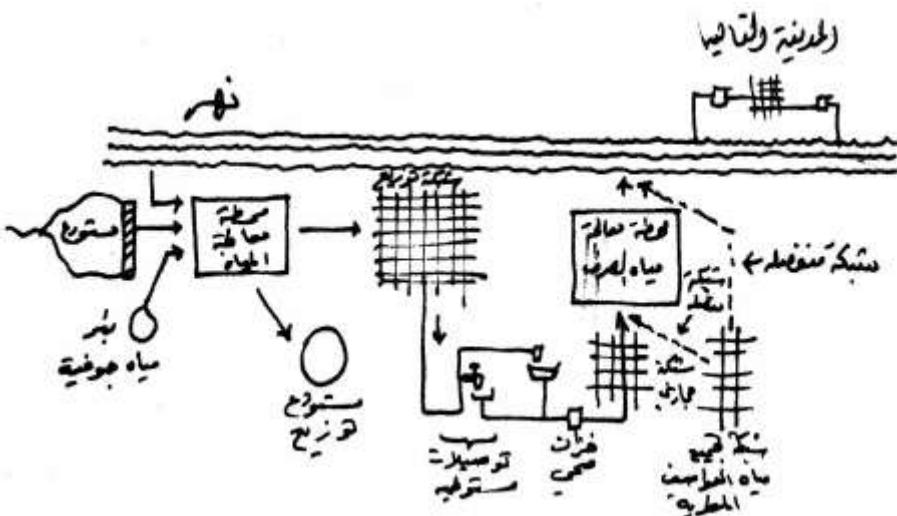
1. تأمين الماء النقي والخالي من التلوث وتوفيره بشكل كافي.
  2. اتخاذ الإجراءات الهاامة لوقاية وحماية الماء من التلوث.
  3. الاهتمام بمعالجة المخلفات البشرية السائلة وقبل رميها في المسطحات المائية
- وسيتم مناقشة هذه النقاط في ضوء الفقرات التالية.

**13.97- تأمين الماء النقي الخلوي من التلوث المضر**  
المياه النقيّة هي تلك المياه الخالية من المسببات المرضية والأملاح والمواد الكيميائية السامة والعضوية المنحلة والمعلقة والتي تكبسها ألواناً وطعمها غير مرغوب فيه إضافة إلى الأضرار التي من الممكن أن تسببها للإنسان والحيوان والنبات والتربة. أما مصادر هذه المياه التي ممكن استخدامها لإمداد التجمعات السكنية والصناعية والزراعية فهي مياه الأمطار والمياه الجوفية والمياه السطحية. وأيًّا كان مصدر المياه فإنها لا توجد في الطبيعة نقية بشكل كامل بما فيها الأمطار يختلط بها أثناء تساقطها من دقائقيات محمله بمواد كيميائية ما تتصفه من غازات وغيرها ولا سيما في بدء سقوط الأمطار.

أما المياه الجوفية التي تذوب فيها نسبة مقبولة من الأملاح أثناء تسربها في التربة فيمكن اعتبارها على إنها من المياه الجيدة التي يمكن للإنسان الاعتماد عليها في الري الزراعي والاستخدام الصناعي وإمداد التجمعات السكنية بالمياه اللازمة الصالحة للاستعمالات المنزلية والشرب. وترجع هذه المياه إلى السطح على شكل ينابيع ويستخرجها الإنسان بحفر الآبار. إذا لم تتوفر بشكل كافي مياه الأمطار أو مياه الينابيع أو المياه الجوفية فلا بد من استعمال المياه السطحية ( الأنهر وروافدها والبحيرات ) كمصدر للمياه العذبة ولكن استعمال مثل هذه المياه غير ممكن إلا بعد تنقيتها قبل استعمالها. وذلك لتحسين صفاتها الطبيعية من خلال إزالة المواد العالقة وكذلك قتل المسببات المرضية.

**13.22- تصفية ومعالجة المياه**  
تعتمد معايير توعية الماء بطبيعة الحال على المجال الذي تستعمل فيه المياه، فمثلا تكون معايير ماء الشرب أكثر صرامة من المعايير المستخدمة لمياه الري وقد استخدم اتحاد مراقبة تلوث المياه الأمريكية النظم الآتية لتصنيف المياه:  
أ- مياه التجميل والترفيه. ب- مياه التجهيز العام. ج- مياه الأسماك والحياة البرية. د- الزراعة. هـ- الصناعة. وعلى ضوء ذلك وضعت مقاييس في أربعة مجاميع هي:

أ) الخواص الفيزيائية. ب) الخواص الكيميائية. ج) المواد النشاط الإشعاعي. د) النوعية البكتريولوجية. كما وان تصميم مشاريع معالجة المياه (1-13) لغرض رفع مستوى نقاوة الماء الخام الى مستوى ماء الشرب.



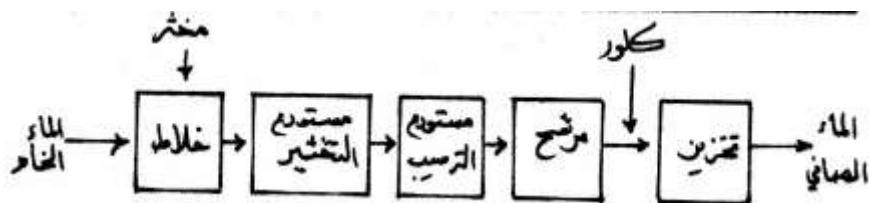
شكل (1-13): جهاز مياه بلدي يضم المصادر ومحطة لمعالجة وتنقية وشبكة توزيع وشبكة جمع ومحطة صرف المجاري والطرح

وقد يتضمن المشروع النموذجي الخطوات المتعاقبة التالية شكل (2-13):

- الخلط: وهي العملية التي تتم بعد إضافة الشب أي كبريتات الألمنيوم (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O) من أجل التخثير والإسراع من ترسب وإزالة المواد العالقة.
- الترسيب: وهو امرار الماء في حوض ترسيب ويتم ترك الماء يركد من 2 الى 4 ساعات. وهنا تجمع المواد المترسبة على شكل حماة وتطرح خارجاً وينقل الماء الى وحدة الترشيح.

3. الترشيح: ومن أكثر الطرق شيوعا هو استخدام المرشح الرملي السريع Rapid Sand Filter ويتم بذلك إزالة المواد العالقة والطاافية التي لم تترسب. وإثناء العمليات السابقة الذكر إزالة كل الجزيئات الصلبة العالقة ومعظم المواد المسبيبة للون وحوالي 98 % من البكتيريا ومن أجل الأمان لابد من التعقيم بواسطة الكلور.

4. الكلورة: وهي الخطوة الأخيرة في تصفية ومعالجة المياه قبل خزنها وتوزيعها. وعادتا يستعمل الكورين للقضاء على المسببات المرضية المتبقية.



شكل (13-2): مخطط انسيابي لمحطة تصفية ومعالجة المياه

**13.23-2- إزالة الملوحة**  
 تشير المعايير المعمول بها حسب المواصفات الظرفية جدول (13-1) علما إن قيمة المواد الصلبة الذائبة (TPS) ينبغي أن لا يتجاوز 1500 جزء بالمليون (1500 PPm) في ماء الشرب.

أما ما يخص مياه الري، فان هذا يعتمد على نوع المحصول ومدى تحمله وطبيعة وظروف التربة وكما يبينها جدول (13-1).

جدول (13-1): أصناف المياه السطحية وفق صلاحيتها للاستعمالات الزراعية (N.T.A.C., 1980)

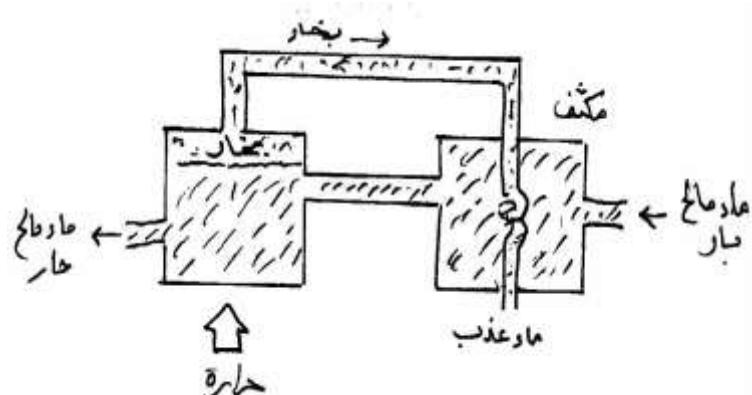
| الاستعمالات الزراعية | التصانيف | نوعية مياه الري | بيان |
|----------------------|----------|-----------------|------|
|                      |          |                 |      |

|   | اللجنة الاستشارية<br>الفنية الأمريكية<br>(NATC)  | الدائرة<br>العلمية<br>للأمم المتحدة<br>(UNSCO) | مختبر<br>الملوحة<br>الأمريكي<br>(U.S.S.L) | الكلوريدات<br>(CL)<br>ملغم/لتر | الأملاح الذانبة<br>(Tl. S)<br>ملغم/لتر | الملوحة<br>(E. C.)<br>مايكروموز/سم |   |
|---|--|--|---|--------------------------------|--|------------------------------------|---|
| زراعة جيد مع<br>المحاصيل، مثل<br>الفاوصوليا والكمثرى<br>والفجل والتفاح<br>والبرتقال ... الخ | صالحة لجميع أنواع<br>المحاصيل الزراعية<br>في جميع أنواع<br>الترب                         | لا توجد مشكلة                                  | قليلة الملوحة                             | أقل من 400                     | أقل من 500                             | أقل من 0.750                       | 1 |
|   | صالحة لري بعض<br>المحاصيل التي<br>تحتمل الملوحة في<br>التراب ذات الصرف<br>الجيد          |  | متوسطة<br>الملوحة                         |                                | 1000-500                               | 1.5 – 0.75                         | 2 |
|   | صالحة لري<br>المحاصيل التي<br>تحتمل الملوحة<br>بشرط الاعتناء<br>بالتربيه وصرفها<br>الجيد | زيادة المشكلة                                  | عالية الملوحة                             | 1000-400                       | 3000-1000                              | 3.00 – 1.5                         |   |
|   | يمكن استخدامها<br>لزراعة بعض<br>المحاصيل مع<br>الاعتناء بصرف<br>الترابة                  |  | عالية الملوحة<br>جداً                     | 1000 فأكثر                     | 5000-2000                              | 7.500-3.00                         |   |
|   | لا يمكن استخدامها<br>لزراعة المحاصيل<br>حتى عند توفر التربة<br>ذات الصرف الجيد           |  |   |                                | أكثر من 5000                           | أكثر من 7.600                      |   |
|   | 8.5-5.5  |  |   |                                |  | درجة الحامضية<br>(PH)              |   |
|   | <sup>0</sup> 29.3- <sup>0</sup> 12.8   |  |   |                                |  | درجة حرارة<br>الماء (°C)           |   |

ومن الجدير بالذكر إن الطرق الفنية لإزالة الملوحة الموجودة حاليا لا تستعمل إلا تحت ظروف خاصة وذلك بسبب الحاجة إلى كميات كبيرة من الطاقة حيث أظهرت الدراسات

إن الطاقة اللازمة لتنقية 1000 لتر من ماء البحر (الذي يحتوي على 35 غم / لتر من المواد الصلبة الذائبة) إلى 53 كليرواط. ساعة على افتراض إن كفاءة المشروع هي 5% أكثر واقعية في حسابات الطاقة المستخدمة في هذا المجال.

وعلى الرغم من ضمانه هذه الكميات فقد يكون من الميسور في المستقبل إذا ما أقيمت مشاريع مشتركة لإزالة الملوحة وإنتاج القوة الكهربائية بحيث تستمد معظم الطاقة لإزالة الملوحة من الحرارة الزائدة في مشروع القوة الكهربائية أو تطوير طرق كفؤة تعمل بالطاقة الشمسية. وما يتوفّر من مصادر طاقة وكمية الماء المطلوبة فأماماً بالنسبة للطريقة الأولى وهي التقطير Distillation وهي أبسط الطرق وأكثرها شيوعاً تبني على أساس إن الأملاح لا تتبخر مع الماء وبهذا يمكن تبخر الماء وتكتيف البخار الناتج وبذلك يصبح الماء نقياً خالياً من الأملاح وتستند معظم عمليات إزالة الملوحة من ماء البحر في العالم على هذه الطريقة الفنية والمبنية بصورة تخطيطية في الشكل (3-13).



شكل (3-13): تقطير ذو مرحلة واحدة

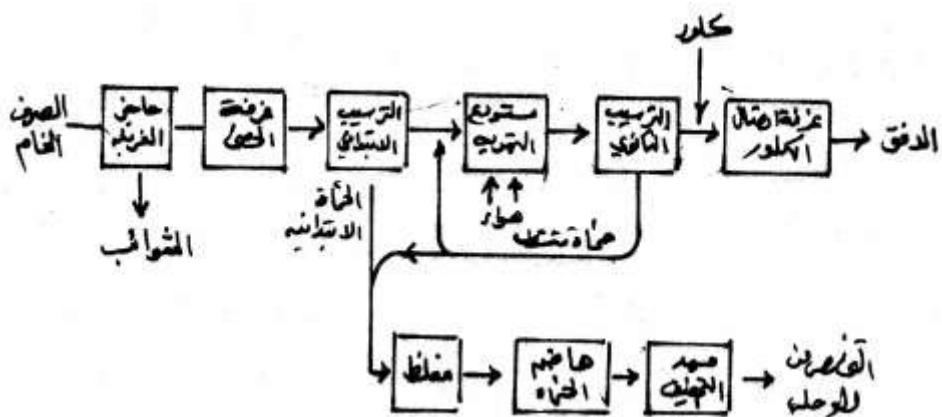
**3-13.98- الإجراءات الوقائية لحماية المياه من التلوث**  
تهدف الإجراءات إلى ضرورة الإبقاء على الماء في حالة طبيعية وحيوية لا تسبب نفورة أو ضرراً للإنسان والحيوان والنبات والتربة واهم هذه الإجراءات هي:

1. معالجة المياه الصناعية الملوثة ومياه المخلفات البشرية السائلة والمذابح والمسالخ وغيرها وذلك قبل صرفها الى المسطحات المائية بحيث تصبح خالية من أيه روابض ضارة او مواد طافية ذات رائحة او لون او ايه مواد سامه تضر بالانسان او الحيوان او الاحياء المائية او احياء التربة وعدم صرف المياه الغير معالجه الى تلك المسطحات.
2. مراقبة عملية اضطراب النمو الحيوي بسبب انجراف وتراكم الطين والمواد العضوية المختلفة في المسطحات المائية كالبحيرات والقنوات والجداول والعمل على ايقاف ذلك من خلال السيطرة على عمليات انجراف التربة وتخفيض حدة السيول السطحية ومن افضل الوسائل لتحقيق هذا الهدف تشجير المناطق المحيطة بالمسطحات المائية.
3. إصدار القوانين التي تحدد المستويات المختلفة للملوثات التي قد تضر او تنقص من قيمة المسطحات المائية إذا ثبتت فيها بصورة او بأخرى كما يجب أن تتضمن الموصفات التي يجب أن تكون عليها المخلفات عند خروجها من المصانع او شبكة المجاري وغيرها قبل أن تصرف في المجاري المائية وعلى الرقم الهيدروجيني (PH) ودرجة الحرارة والمواد العالقة ودرجة العكاره او التلوث بالمسبيبات المرضية والعناصر الكيميائية السامة وغيرها (انظر جدول 1-12).
4. الاهتمام الخاص بأحوال البيئة في مياه الانهار وشبكات الري والصرف والبحيرات وغيرها، ومصدر تلوثها ووضع الإجراءات لحمايتها من التلوث الكيميائي وخاصة المبيدات الكيميائية صعبة التفكك والمركبات المعدنية السامة التي تراكم في أنسجة الكائنات الحية.
5. كثيرا ما تكون المياه الجوفية والينابيع المستعملة لإمداد التجمعات السكانية او المستخرجة للأغراض الزراعية عرضه للتلوث لذا لابد من مراقبة تلوث هذه المياه وإجراء التحاليل الدورية عليها والوقوف على نوعيتها.

6. تطوير التشريعات واللوائح المنظمة لاستغلال المياه ووضع الموصفات الخاصة بالمحافظة على المياه وإحكام الرقابة على تطبيق تلك اللوائح بدقة وحزم.

**4-13.99** معالجة مياه المجاري او المياه الثقيلة  
يصاحب زيادة استعمال المياه بسبب تزايد عدد السكان والتقدم الصناعي سواء بالنسبة للاستعمال المنزلي او للاحتجاجات الصناعية زيادة في الملوثات ذات الطبيعة الكيميائية المختلفة والمعقدة والمستخدمة في الصناعة والتنظيف والتي تصرف جزءا منها مع المخلفات البشرية وما يرافق هذه المياه من مشاكل سواء في نقل الأمراض او تلوث التربة والمياه الجوفية او تلوث المسطحات المائية الى جانب التأثيرات السلبية على الكائنات التي تعيش في الماء لذا فان التخطيط في السنوات الأخيرة اخذ ينحو في اتجاه عدم التخلص من مياه المجاري الثقيلة في الانهار او البحيرات او قنوات الري او مياه البحر وإنما إعادة استعمالها بعد معالجتها الى درجة كافية تحول دون الضرر من استعمالها.

إن معالجة المياه الثقيلة وإعادة استغلالها أصبح أمرا ملحا في ظروف الوطن العربي الذي يحتاج إلى زيادة مستمرة في المياه بسبب التطور الزراعي والصناعي وزيادة الاستهلاك المنزلي الأمر الذي يدعو إلى الاهتمام بهذا الجانب وإلى حتى تحلية المياه المالحة. تتكون مياه المجاري الثقيلة من مياه الفضلات البشرية ومياه الاستخدام المنزلي الأخرى والمياه المستعملة في غسل الشوارع ومياه المخلفات الصناعية، وتتكون هذه المياه من 99.9% من الماء وحوالي 0.1% من مواد صلبة بعضها ذائب وبعضها الآخر عالق، كما إن بعضها مواد عضوية والآخر غير عضوية تشمل معالجة المياه الثقيلة عمليات فيزيائية وبيولوجية وكيميائية تهدف إلى تحسين خواص المياه حتى يمكن التخلص منها أو إعادة استعمالها دون آية أضرار على إنسان أو الكائنات الحية أو التربة.  
وتتلخص مراحل المعالجة في التالي شكل (4-13):



شكل (13-4): مخطط انسيابي لمحطة معالجة الحمأة المنشطة

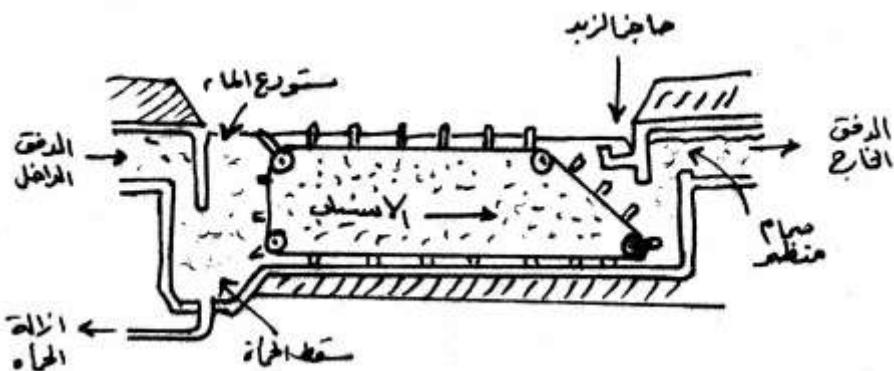
أ- مرحله تمهيدية Preliminary treatment وتشمل هذه المرحلة:

1- المصافي: والتي تقوم بحجز المواد الطافية كبيرة الحجم حيث يتم التخلص منها بالردم او التجفيف والجرف.

2- أحواض الحصى: وفيها يتم ترسيب المواد الى قاع الأحواض مثل التربة والرمائ والمعادن والتي تتفذ من المصافي، لذا تمرر مياه المخلفات الثقيلة في أحواض الترسيب بسرعة مناسبة، حيث تترسب المواد غير العضوية في قاع الأحواض أما المواد العضوية فتبقي عالقة في الماء.

ب- المعالجة الابتدائية Primary treatment وتشمل أحواض الترسيب الابتدائي Primary Settling tanks المتختلفة وتهيئتها لمرحلة المعالجة البيولوجية ويتم في أحواض الترسيب الابتدائي (شكل 13-5) ترسيب المواد سواء كانت عضوية او غير عضوية ونتيجة لذلك تنخفض المواد العالقة بنسبة تصل الى 55% من التركيز الموجود في مياه المجاري قبل معالجتها. كما ينخفض الأوكسجين الحيوي المستهلك بنسبة تصل الى 40%.

ومن أجل ترسيب هذه المواد يتم تمرير مياه المخلفات في أحواض الترسيب بسرعة 30 سم في الدقيقة وبهذا تترسب معظم المواد العضوية العالقة إلى قاع الحوض حين تزال منه بواسطة قاشطات متحركة على فترات (مرتين أو أكثر في اليوم). وقد تستعمل في بعض الأحيان المواد الكيميائية لزيادة معالجة الترسيب.



شكل (5-13): مستودع ترسيب مستطيل

جـ- المعالجة الحيوية: وتعتمد المعالجة الحيوية على نشاط البكتيريا الهوائية في وحدات المعالجة التي يتم فيها أكسدة المواد العضوية في مياه المخلفات وتستخدم في هذه المعالجة أما مرشحات التتنقيط Trickling filters الحيوية او أحواض التهوية عملية الحماة المنشطة Activated sludge ( وذلك بعد خروج الماء من أحواض الترسيب الابتدائي).

1. مرشحات التتنقيط: وتكون من أحواض ذات جدران وقاع غير منفذة دائرية او مريعة الشكل مملأة بالحصى او بالحجارة الصغيرة. يتم توزيع مياه المجاري (بعد خروجها من حوض الترسيب الابتدائي ) بواسطة مواسير متغيرة تدور بسرعة محددة وإثناء دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط على سطح المرشح وتتخالل فجوات الحصى مكونه طبقة هلامية على سطح الحصى، تحتوي هذه المادة الهلامية على ملايين

الخلايا البكتيرية والكائنات الدقيقة التي تقوم بامتصاص الأوكسجين (الموجود في الهواء الذي يتخلل مسام الحصى) لتشكسد المواد العضوية، وبين فترة وأخرى تفقد المواد الهيلامية قدرتها على الالتصاق بحببيات الحصى فتخرج مع الماء وهذا يساعد على عدم انسداد المرشحات إلا أنه يستوجب استعمال أحواض ترسيب ثانوية تلي المرشحات لحجز هذه المواد انظر الشكل (5-13).

2. عملية الحماه المنشطة (او أحواض التهوية) : وتعتمد هذه العملية على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة إذ تتم من خلال تهوية وتقليل مياه المخلفات بعد مرورها في أحواض الترسيب الابتدائي وبعد خلطها بنسبة معينة من الحماه التي سبق تنشيطها والتي تحتوي على أعداد كبيرة من البكتيريا والكائنات الدقيقة، حيث تنشط وتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية كما إن التقليل المستمر يساعد على تخثير المواد العالقة وتجميعها في كتل كبيرة نسبياً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب الثانوية التي تتناثر المياه الخارجمة من أحواض التهوية.

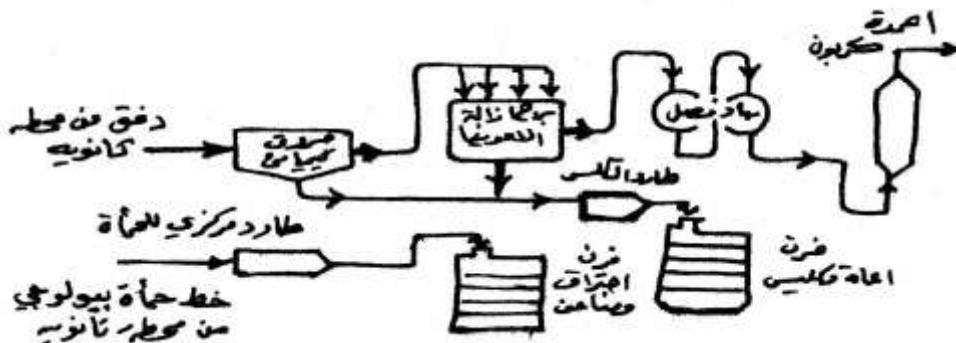
3. الترسيب النهائي: وتمثل عملية الترسيب النهائي والتي تم في أحواض خاصة هي أحواض الترسيب النهائي جزءا لا يتجزأ من عملية المعالجة وخاصة المعالجة بالحمة المنشطة وذلك لأن الماء بعد خروجه من أحواض التهوية يحتوي على تراكيز مرتفعة من المواد العالقة التي يجب ترسيبها لخروج مياه المخلفات السائلة بعد ذلك وقد تخلصت من اكبر نسبة من العکارة والمواد العضوية فيها كما إن المواد العالقة والتي تترسب في أحواض الترسيب النهائي تحتوي على العديد من الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بعملية الأكسدة لذا تستعمل هذه المواد المترسبة في أحواض الترسيب النهائي كحمة منشطة ويعاد قسم منها الى أحواض التهوية.

4. المعالجة بالكلور: يتضح مما سبق انه باستعمال طريقتی الترشیح او الحماه المنشطة يمكن التخلص من حوالي 95% من البكتيريا ومن اجل التخلص من رائحة المياه

المعالجة قبل صرفها في المسطحات المائية ولزيادة كفاءة التخلص من البكتيريا الضارة يستعمل الكلور وتتم عملية الكلوره في أحواض خاصة تتم فيها الملامة بين المياه الخارجية من عملية التقنية والكلور مده لا تقل عن 30 دقيقة من المفضل أن يتراوح الكلور المتبقى بعد هذه الفترة الزمنية بين 0.2 و 0.3 جزء في المليون حيث يؤدي هذا إلى قتل أكثر من 99.9 % من بكتيريا الكوليوفورم الموجودة في الماء .

ويمكن التخلص من مياه المنقة الناتجة باستعمالها في ري الأراضي الزراعية القريبة من المدن وهناك مواصفات وشروط يجب أن تتوفر في مياه المخلفات البشرية المعالجة التي يمكن أن تستعمل للأغراض الزراعية وهي موضحة في الجدول (1-12).

أما إذا كانت النباتات المروية تؤكّل نية فتحتاج المياه إلى معالجات متقدمة إضافية (شكل 6-13) قد تشمل طرق عديد منها فيزيائية: كالترشيح التقطير الازمية الرجعية والكيميائية كالفصل الغشائي الكهربائي ، الترسيب الكيميائي ، الامتصاص الكربوني ، وانتزاع الامونيا ، والتبادل الايوني ؛ وحيوية : كجمع الطحالب النامية التمثيل البكتيري النترطة البكتيرية وانتزاع النتروجين البكتيري وغيرها.



شكل (6-13): مخطط انسيابي لمعالجة متقدمة

ويكون بذلك الدفق الناتج ذو نوعية عالية جداً إذ تستخلص فيه جميع المواد الصلبة و 99.8% من D.O.B. و 94% من الفسفور ومن 50-98% من النتروجين كما وأن متوسط عدد البكتيريا القولونية يكون أقل من 22 خلية لكل لتر.

## **الفصل الرابع عشر** **تلوث التربة بالمخلفات الصلبة**

### **1-14- مقدمة . 100**

التلوث بالمخلفات الصلبة هو احد مظاهر العصر، ومع ان هذه الظاهرة ليست جديدة إلا ان تأثيرها بدا مع بداية الثورة الصناعية ويتراكم مع التقدم التقني و تزايد عدد السكان.

ولابد من الإشارة هنا الى الخطر الذي من الممكن أن ينشأ عن عدم اتخاذ الإجراءات الالزامية للسيطرة على النفايات وانعدام العناية في إدارة وجمع هذه النفايات والتخلص منها بصورة صحيحة وبالإضافة الى ذلك فقد ذكرت منظمة الصحة الدولية الى إن ما يربو عن اثنين وعشرين من الأمراض والأوبئة التي تصيب البشر تعزى الى ضعف الإجراءات المتبعة في التخلص من النفايات الصلبة وتعرف المخلفات الصلبة بأنها كل المتبقيات المرفوضة من العمليات الصناعية والتجارية والزراعية وفضلات المجتمعات الإنسانية. ولذا فان هذه المخلفات قد تشمل قائمة كبيرة من الأصناف المختلفة تبعاً لمصادرها العديدة.

على إنها ليست بذات جدوى او غير مرغوب فيها. وينطوي تحت هذه التسمية العديد من المواد. ضمن ما تشتمله ابتداء بال حاجيات الكبيرة المتمثلة بالسيارات القديمة والمستهلكة او أجزاؤها من حديد الخردة والأثاث القديم المرفوض وفضلات الغذائية وفضلات الورقية المتعددة بما فيها صناديق التغليف الكبيرة والقنانى الفارغة الزجاجية والبلاستيكية والمعدنية وأكياس النايلون وفضلات الطعام وفضلات الزرائب الحيوانية التي يربيها الإنسان والى غير ذلك من الفضلات المنزلية المختلفة تقدر كمية الفضلات المرفوضة في المجتمعات المتقدمة بأكثر من 2.3 كغم لفرد/يوم وكما يبينه جدول (1-14) أي إن الشخص الذي يزن 60 كغم ينتج ما يزيد على وزنه من المخلفات الصلبة في الشهر الواحد.

**جدول (1-14): معدل تولد المخلفات الصلبة مقدرة بالغرام لكل شخص يومياً**

| نوع المخلفات     | في المدن     | في الريف    | المتوسط على المستوى العام للبلد |
|------------------|--------------|-------------|---------------------------------|
| منزلية           | 673          | 327         | 518                             |
| تجارية           | 189          | 50          | 126                             |
| مشتركة           | 1194         | 1180        | 1194                            |
| صناعية           | 295          | 170         | 227                             |
| مخلفات هدم وبناء | 104          | 9           | 91                              |
| الشوارع والطرق   | 50           | 14          | 41                              |
| متنوعة           | 126          | 35          | 141                             |
| <b>المجموع</b>   | <b>26312</b> | <b>1785</b> | <b>2238</b>                     |

(المصدر: الجمعية الكيميائية الأمريكية، 1972)

وفي بلد مثل العراق عدد نفوسه تقدر بـ 22 مليون نسمة ينتج في سنه أكثر من 4.5 مليون طن من الفضلات المنزلية فقط باعتبار إن الفرد الواحد في العراق كمعدل ينتج 575 غم لكل يوم على أساس التقديرات الجارية لمدينة بغداد والموصل جدول (2-14).

**جدول (2-14): معدلات التولد اليومي للنفايات الصلبة لعدد من المدن**

| الدولة              | الهند  | مصر     | العراق | العراق |
|---------------------|--------|---------|--------|--------|
| المدينة             | باناجي | القاهرة | بغداد  | الموصل |
| السنة               | 1996   | 1982    | 1994   | 1988   |
| المعدل(كغم/فرد/يوم) | 0.17   | 0.5     | 0.7    | 0.45   |

وإذا ما أخذ كثافة النفايات في المتر المكعب الواحد جدول (3-14) ونشرت هذه النفايات بسمك 10 سم، فان المساحة التي يمكن أن تلوث بالمواد الصلبة المتبقية والغير قابلة للتحلل من مواد بلاستيكية ومعادن وزجاج والتي تمثل 9.4 % حسب جدول

(4-14) تقدر بحوالي 12580 هكتار سنوياً أي عندما تترك النفايات البلدية دون معالجة صحيحة في التخلص منها.

**جدول (4-14): كثافة النفايات الصلبة لبعض مدن العالم**

| العراق | العراق | مصر        | تركيا   | الهند  | كندا   | الدولة          |
|--------|--------|------------|---------|--------|--------|-----------------|
| الموصل | بغداد  | الاسكندرية | استنبول | باناجي | البرتا | المدينة         |
| 1988   | 1995   | 1988       | 1979    | 1996   | 1991   | السنة           |
| 280    | 445    | 250        | 364     | 170    | 140    | الكثافة(كم³/م³) |

**جدول (4-14): مكونات النفايات الصلبة لعدد من مدن العالم**

| المدن<br>التصنيف | طرابلس<br>(ليبيا)<br>وزنا % | باتاجي<br>(الهند)<br>وزنا % | القاهرة<br>(مصر)<br>وزنا % | الرياض<br>(السعودية)<br>وزنا % | الموصل<br>(العراق)<br>وزنا % | بغداد<br>(العراق)<br>وزنا % |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| فضلات الطعام     | 52.17                       | 75.2                        | 75.2                       | 35.0                           | 81.0                         | 62.9                        |
| بلاستك           | 3.9                         | 1.3                         | 0.95                       | 1.6                            | 3.0                          | 1.8                         |
| معادن            | 10.85                       | 0.1                         | 2.0                        | 5.0                            | 5.4                          | -                           |
| جلود             | 0.47                        | 0.2                         | -                          | 0.4                            | 0.2                          | -                           |
| أنسجة            | 4.21                        | 3.1                         | -                          | 1                              | 1.5                          | -                           |
| ورق              | 22.38                       | 1.5                         | 16                         | 24                             | 5                            | 4.8                         |
| خشب              | 2.5                         | 0.5                         | -                          | 10                             | 2.9                          | 28.3                        |
| زجاج             | 3.05                        | 0.2                         | 2.5                        | 1                              | 1                            | 1.6                         |
| مواد خامدة       | 0.47                        | 17.9                        | 2.55                       | 22                             | -                            | 0.6                         |
| المجموع          | 100                         | 100                         | 100                        | 100                            | 100                          | 100                         |

وهذا يوضح مدى الضرر الذي يمكن أن يسبب للبيئة بشكل عام والتربة بشكل خاص من خلال المخلفات البلدية والمصادر الأخرى.

101 . 2-14- مصادر وتأثيرات المخلفات الصلبة  
يمكن تصنيف مصادر المخلفات الصلبة بشكل عام الى خمسة أصناف رئيسه هي:

1. القمامه والنفايات المنزليه ومخلفات الشوارع والحياة الاجتماعيه الأخرى وتقدر نسبتها بحوالى 7 % من مجموع المخلفات الصلبة.
2. الفضلات والمخلفات الصناعية الناجمة من المعامل والمصانع ومحطات إنتاج الطاقة وتقدر نسبتها بحوالى 3 %.
3. المخلفات الناجمة عن عمليات الحفر والهدم والمقالع والمناجم وتمثل هذه المخلفات حوالي 30 % في الدول المتقدمة وقد تختلف كثيراً من بلد إلى آخر حسب نشاطها في هذا المجال.
4. المخلفات الزراعية وتمثل نسبتها بين 15 إلى 20 % في البلدان الزراعية المتقدمة وتكون أقل من ذلك في البلدان الأخرى.
5. مخلفات الحيوانات وفضلاتها وتعتبر نسبتها في البلدان المتقدمة بحوالى 40 % من وزن كافة الفضلات الصلبة.

ويوضح الجدول (5-14) الأنواع المختلفة من المخلفات ومكوناتها ومصادر جمعها.

جدول (5-14) : يوضح الأنواع المختلفة من المخلفات ومكوناتها ومصادر جمعها (Solvate , 1972 ,

| النوع | المحتويات | مصادر الجمع |
|-------|-----------|-------------|
|-------|-----------|-------------|

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| المساكن ، المطاعم ، المؤسسات الاجتماعية ،<br>المخازن والمحلات التجارية .    | مخلفات تحضير الطعام ، طبخ ، خدمات<br>المطاعم ، فضلات الأسواق ، مخلفات<br>تعبيء ورزم                                      | القمامة           |
| كذلك  | مواد قابلة للاحتراق مثل ورق ، كارتون ،<br>صناديق ، براميل ، خشب ، أغصان<br>الأشجار ، مواد زينة ، أثاث حشو تغليف          | النفايات          |
| كذلك  | مخلفات المحروقات المستخدمة لإغراض<br>الطبخ والتסخين والمحارق المختلفة  | رماد              |
| الشوارع، ممرات المماثي ، المسالك الضيقة<br>، الأماكن المهجورة .             | كنس الشوارع ، أوساخ ، مخلفات ، أوساخ<br>سلات المهملات ، مخلفات أو عليه رمي<br>الفضلات.                                   | مخلفات<br>الشوارع |
| كما في مخلفات الشوارع   | قطط ، كلاب ، حمير ، حصان .. الخ  | حيوانات<br>ميته   |
| كذلك  | سيارات ثم الاستغناء عنها بسبب التقادم او<br>العطل تركت في الطريق العام   | سيارات<br>عاطلة   |
| المعامل ومحطات إنتاج الطاقة   | مخلفات معامل الإنتاج الغذائي، مخلفات<br>المراجل البخارية والحرارية، مخلفات<br>معدنية ، موس حلقة ، مخلفات مختلفة<br>أخرى. | مخلفات<br>صناعية  |
| الأبنية القديمة وتهيئة الأرضي الجديدة للبناء<br>والناجمة من الأبنية القديمة | أنابيب ، طابوق ، أحجار ، أكوام مختلفة  | مخلفات هدم        |
| الأبنية الجديدة على اختلاف أنواعها.   | كما في مخلفات الهدم  | مخلفات بناء       |
| المساكن ، الفنادق ، المستشفيات ، منشآت ،<br>مخازن صناعية .                  | مواد خطرة ، صلبة وسائلة ، متقدرات ،<br>مواد مشعه ، مخلفات المستشفيات الصلبة .  | مخلفات<br>خطرة    |
| مشاريع معالجة المخلفات السائلة  | مواد صلبة من المرشحات والعازلات<br>والرواسب وأحواض التركيد والترسيب.   | مخلفات<br>مشاريع  |

إن ترك المخلفات والفضلات (والمنزلية خاصة) تراكمها في الطرقات وعلى الأراضي الزراعية وأطراف المجمعات والأحياء السكنية حتى عند تجمعها وعدم

تصريفها بطرق علمية. يمكن أن تؤثر على البيئة وعلى الصحة العامة وبدرجات وأشكال مختلفة منها ما يلي:

1. المناظر المعززة والمنافية للذوق الإنساني السليم.
2. تجميع النفايات بدون معالجة يؤدي إلى أن تكون مصدراً للروائح الكريهة وتسبب مخاطر صحية عديدة.
3. زيادة تلوث الهواء بما يصدر منها من غازات عديدة وغبار ضار بالصحة العامة.
4. زيادة في احتمالات حدوث الحرائق وانبعاثات الغازات السامة الملوثة.
5. تعد وسلا لتكاثر الحشرات كالذباب والصراصير والديدان وكثير من الأحياء الأخرى الناقلة للأمراض والأدوية الفتاكية مثل التيفوئيد والزحار وأمراض العيون كالتراخوما وغيرها من الأمراض الأخرى.
6. تعتبر مرتع للتغذية وتکاثر القوارض من الفئران والجرذان واحتمال انتقالها إلى المزارع والمخازن والمساكن القرية مما تسبب أضرار اقتصادية بالممتلكات والمزروعات والمواد الغذائية إضافة إلى كونها تعد وسلا ناقلاً لكثير من الأمراض المختلفة وهي الطاعون والعديد من الفيروسات المرضية.
7. تعد سبباً لتكاثر وتواجد القطط والكلاب السائبة وما ينجم عنها من مخاطر صحية في انتقال الأمراض المختلفة كداء الكلب والأكياس المائية.
8. زيادة في تلوث المياه السطحية بما ينجرف منها من سوائل ودقائق عند نزول الأمطار وتلوث المياه الجوفية بما يرشح منها إلى داخل التربة من مواد سامة.
9. تكون بعض المخلفات الصناعية خطرة جداً وبعضها سام كمبيدات والمعادن الثقيلة وحتى إن بعضها يملك نشاطاً إشعاعياً وخاصة بعض مخلفات المناجم.
10. التأثير الكبير على التربة وأحيائها وخصائصها الخصوبية والتوازنات الطبيعية فيها. ذلك من خلال المخلفات الصلبة من الحجارة وأنقاض البناء من الحصى والرمل

وتأثيرها على نسجة التربة. والمعادن من الحديد والسكراب على إجراء العمليات الحراثية وإعاقة تنفيذها بواسطة الآلات الزراعية.

وعليه فان رمي المخلفات الصلبة بشكل بدائي ودون معالجة على الأراضي المتrocكة وجوانب الطرق وأطراف المدن والمجمعات السكنية سيؤدي الى إتلاف مساحات واسعة من الأراضي الطبيعية المخصصة للحياة او التي تعد الاحتياط الكامن للمستقبل كأراضي زراعية. وان عملية تلوثها بالمخلفات الصلبة وما ينطوي على هذه العملية من مخاطر جسيمة تعتبر جريمة بحق الأرض والإنسان والأجيال اللاحقة.

102. 3- مكونات المخلفات البلدية الصلبة  
مع إننا قد ذكرنا إن المصادر الأساسية للفضلات تشمل خمسة مصادر إلا إن المخلفات البلدية والنفايات المنزلية او القمامه والفضلات الناتجة عن الحياة الاجتماعية تشكل النسبة العلية وان طرق معالجتها ليست بالطرق السهلة لما تشكله من محتويات معقدة وغير متجانسة.

ويمكن إجمال مكونات المخلفات البلدية وفق مصادرها الفرعية الى ما يلى:

1. فضلات الطعام Garbage ومخلفات إعداده والخدمات المتعلقة به سواء في البيوت أم المطاعم أو الفنادق وغيرها.
2. الزباله Rubbish وهي تشمل فضلات تغليف وتعبئه الحاجيات المختلفة وتمثل في صناديق الخشب والكارتون والورق وورق اللف وأكياس الورق والناليلون والصحف اليومية والمجلات والأثاث القديم والملابس المستعملة ويقسم هذا المصدر الى قسمين: النوع القابل للحرق والنوع الغير قابل للحرق. وتبع هذا التقسيم احد الطرق المتبعة في التخلص من المخلفات الصلبة التي سنأتي على ذكرها.

3. النفايات المتجمعة في الشوارع مثل أوراق الشجر والقرطاس والبلاستيك وما يتجمع في الحاويات الخاصة لتجمیع القمامه من علب وزجاجات فارغة وأوراق تغليف ومخلفات وبقايا مواد غذائية.
4. الرماد والمواد المتبقية من الحرق Ash and Residues الناتجة عن عمليات الطبخ الأطعمة وحرق الفضلات والمخلفات المنزليه، حيث إن الكثير من الناس يقومون بحرق المخلفات القابلة للحرق قرب منازلهم.
5. السكراب والخردة (Scrap) ومخلفات السيارات القديمة المتروكة او أجزائها مثل الإطارات المطاطية والمقاعد وأجزاء من المحرك والهيكل إضافة الى المخلفات من المواد المستهلكة من الدهون وزيوت التشحيم ومواد بلاستيكية وغيرها.
6. فضلات العمليات الإنسانية Construction Residues كالرمل والصى ومواد البناء الزائدة او الناتجة من تنظيف البيوت والعقارات قبل سكناها.
7. مخلفات عمليات الهدم (Demolition) البيوت والعقارات القديمة وعمليات فتح وشق وإقامة الطرق الجديدة وبناء الجسور وتشمل على أنقاض الطابوق والكتل الحجرية وقضبان الحديد والأعمدة الخشبية وبقايا الكتل الإسمنتية والكونكريتية الملوثة للأرض والتربة.
8. فضلات الحيوانات ومخلفاتها بعد موتها Wastes and Residues of Dead animal ولكل من المكونات المذكورة أعلاه خواصها الفيزيائية والكيميائية المختلفة وان معرفة خواص وكمية هذه المكونات مهمة من اجل:
  - 1) تحديد الجهة المطلوب بجمع ونقل ومعالجة هذه المخلفات.
  - 2) تحديد مساحة الأرض اللازمة للتخزين والمعالجة المبدئية من اجل تقليل حجمها وتقليل وزنها وتحويلها الى شكل اقل ضررا.

(3) تقدير الأحجام اللازمة والمساحة المطلوبة للتخلص من المخلفات المتبقية بعد المعالجة الابتدائية وبطريقة لا تؤثر على مساحة الأرض المتأحة وتربتها ونوعيتها البيئية.

(4) العمل على تقليل الأضرار الناجمة عن عمليات المعالجة والتخلص من النفايات بما يخص تلوث الهواء والماء والتربة وأحياء السلسل الغذائية التي يقف على رأسها الإنسان المستهلك الأعلى.

(5) إيجاد طرق جديدة لمساعدة الطبيعة في تفكير وتقسيخ الفضلات وإعادتها إلى مكوناتها الأولية.

(6) تحويل الفضلات والمخلفات الملوثة والهدامة للتوزن البيئي إلى مصادر للمواد المفيدة والمواد الأولية ومصادر للطاقة وهو شغل الشاغل للهيئات العلمية في مختلف أنحاء العالم ويعد هذا الموضوع من أهم التحديات العلمية في عصرنا الراهن.

103. 4-14- طرق تقدير الكميات المتولدة من المخلفات هناك طرق عديدة لتقدير معدلات توليد المخلفات الصلبة وذكر منها طريقتين وهي الأكثر استخداما.

104. 4-1- الطريقة الوزنية وتم هذه الطريقة بوزن المخلفات او النفايات التي تم جمعها من منطقة معروفة العدد السكاني وباستخدام سيارات معلومة الحجم ويتم بذلك تقدير كثافة النفايات ومعدل إنتاج الفرد الواحد ضمن فترة زمنية معلومة.

#### **14.24- طريقة كمية المواد الداخلة والخارجية**

ويتم ذلك بتقدير كمية المواد الداخلة الى مصادر توليد النفايات او المخلفات وكمية المواد المستهلكة فيها وما يطرح بعد ذلك كفضلات او مخلفات صلبة وتعتبر هذه الطريقة دقيقة وتستعمل في بعض المنشآت الصناعية بشكل خاص.

#### **14.5- خواص النفايات او المخلفات الصلبة**

من أهم الخواص التي يمكن التعرف عليها هي الكثافة ، محتوى الرطوبة ، المكونات الفيزيائية المكونات الكيميائية ، القيمة الحرارية ، وكمية المواد المتطايرة وغيرها.

وان معرفة مثل هذه المعلومات يساعد كما ذكرنا في تحديد الأسلوب الأمثل في التخزين تحديد الجهد المطلوب للجمع وتواتر عمليات الجمع بالإضافة الى تحديد أسلوب التخلص من النفايات وقابلية الفرز وإعادة الاستعمال او التدوير وكمية المواد العضوية القابلة للتحويل الى أسمدة او المكونات القابلة للاحتراق والتي يمكن الاستفادة منها كمصدر للطاقة.

#### **14.25- الكثافة**

تختلف كثافة النفايات الصلبة على نحو كل مرحلة من مراحل المناقلة وتكون أوسط قيمة لها عند مصادر تولدها ثم تدريجيا بسبب انضغاطها او تحل او تركيز او فصل بعض المواد كالورق ومواد الطعام والألمنيوم والحديد الخ وبصوره عامه يتراوح تغير كثافة النفايات ما بين 150 - 650 كغم/م<sup>3</sup> وفي العراق يتراوح تغير الكثافة من 100 كغم/م<sup>3</sup> عند مصدر تولدها الى 500 كغم/م<sup>3</sup> في موقع طمرها .

#### **14.26- المحتوى الرطobi**

هناك عوامل عديدة تؤثر على المحتوى الرطوبى منها نوع المكونات، درجة الحرارة ، الأمطار المتساقطة ، طريقة الجمع .. الخ وهذه الصيغة مهمة في عملية التقييم الاقتصادي وخاصة عند استخدام النفايات كمصدر التوليد الطاقة الحرارية.

#### **14.27- المكونات الفيزائية**

تختلف المكونات تبعاً للمجتمع والفصل والظرف ففي المجتمعات النامية تشكل عادة المواد العضوية الجزء الأكبر حوالي 50% من وزن النفايات وتليها المواد الورقية حوالي 25% تم البلاستيكية حوالي 10% والمعادن والزجاج بنسبة حوالي 10% والمتبقي يمثل المواد الأخرى من المواد الإنسانية وغيرها.

أما في العراق فقد أشارت بعض الدراسات التي اجريت في بغداد عام 1994 وشملت مناطق سكنية وتجارية، إلى إن المواد العضوية تشكل حوالي 75 - 80% على أساس الوزن وحوالي 6.5% بلاستيكية، و 6% ورق و 4% زجاج و 3.3% معادن مفيدة، والجدول (14-4) يبين مكونات النفايات لعدد من مدن العالم.

#### **14.28- المكونات الكيميائية**

وأهمية التحليل الكيميائي تعود إلى معرفة نسب العناصر الداخلة الواقعة في تركيب النفايات والمخلفات الصلبة مثل: C , P , S, O , N , H ، أي الكربون ، والهيدروجين ، النتروجين ، الأوكسجين ، الكبريت ، الفسفر ، البوتاسيوم على التوالي ، وكذلك نسبة الكربون إلى النتروجين (C/N) وغيرها من العناصر الكيميائية الداخلة في تقييم اقتصاديات تحويل النفايات إلى أسمدة عضوية او كمصدر للطاقة ، إضافة إلى تقييم طرق المعالجة والصرف النهائي وتقدير التأثيرات البيئية الناتجة عنها . والجدول (14-6) يوضح مكونات وتركيب المخلفات البلدية لأحد المدن الأمريكية.

**جدول (14-6): يوضح مكونات وتركيب المخلفات البلدية لأحد المدن الأمريكية**

| نوع المخلفات      | النسبة المئوية | التركيب الكيميائي    | النسبة المئوية |
|-------------------|----------------|----------------------|----------------|
| ورق كارتون        | 28.0           | $H_2O$ رطوبة         | 7              |
| ورق صحف           | 25.0           | C كربون              | 14             |
| ورق متعدد         | 3.3            | $H_2$ هيدروجين       | 25             |
| مواد لدائن        | 21.1           | $O_2$ أوكسجين        | 2              |
| جلد صناعي         | 9.3            | $SiO_2$ زجاج و خزف   | 2              |
| قمامنة            | 0.5            | $N_2$ نتروجين        | 12             |
| حشائش و فاذورات   | 0.1            | S كبريت              | 10             |
| مواد نسيجية       | 7.2            | (Metals) معدن        | 3              |
| خشب               | 5.5            | Ash رماد و مواد أخرى | 7              |
| زجاج وأحجار و خزف |                |                      | 10             |
| مواد معدنية       |                |                      | 8              |
| المجموع           | % 100.9        |                      | % 100          |

( النسبة المئوية على أساس الوزن. المصدر: الجمعية الكيمائية الأمريكية، 1972 )

107. 6-14- معالجة وتحويل النفايات والمخلفات الصلبة من مناطق اقتصادي وبيئي يهدف الى توفير المواد الأولية والمحافظة على الموارد الطبيعية وحماية البيئة من التلوث، فقد اهتمت كثير من دول العالم في إعادة استخدام وتصنيع مكونات المخلفات الصلبة. ومن الأشكال الأكثر شيوعا هي عمليات تقليل الحجم وعمليات التحويل الى دبال والحرق الآلي وكما يلي:

1-6-14.28: تقليل الحجم  
وهي عملية تقوم على طحن وتمزيق وكبس قطع النفايات كبيرة الحجم والجوفاء من أجل تقليل حجمها وإنتاج خليط متجانس يشغل حيز أقل وتسهل عملية جمعه ونقله وتحلله والتخلص منه.

#### **14.29- 2- التحلل والتدبّل**

وذلك بتحويل المواد العضوية الموجودة في النفايات الصلبة إلى مواد جافة عديمة الرائحة من خلال عملية التعفن والتخرّم تضاف كمحسنات للترابة تزيد من قابليتها في مسخ الماء الميسّر للنبات وتحسن من خواصها الفيزيائية والكيميائية إضافة إلى احتوائه على بعض المخصبات الضرورية كالنتروجين والفسفور والبوتاسيوم وغيرها.

#### **14.30- 3- الحرق الآلي**

يعتبر الحرق من الطرق الشائعة منذ زمن بعيد وقد طورت تقنيتها للتخلص من النفايات وما تسبّبها من مشاكل من خلال تحويل المواد القابلة للحرق إلى مواد خاملة وغازات ويتم التخلص من المخلفات الصلبة الغير قابلة للاحتراق كمادة مالئة لردم الحفر واستصلاح الأراضي أو طمرها في أماكن بعيدة.

ومن فوائد هذه أيضًا هو تقليل المساحة الأرض المستعملة للطمر الصحي حيث إنها تقلّل لحجم النفايات إلى ما يعادل ٩٠٪ وزنها إلى ما يقارب ١٥٪ بالإضافة أنه يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة في التدفئة وغيرها. ويترتب على هذه العملية ضرورة التخلص من ملوثات الهواء .

#### **108. 7- طرق صرف النفايات الصلبة**

لازالت الطرق القديمة البدائية المتمثلة في رمي تلوّل الفضلات والنفايات على أطراف المدن والمجمعات السكنية ويفقد على سبيل المثال في الولايات المتحدة ما يقارب ٨٪ من هذه المخلفات بهذه الطريقة البدائية. ولكن الانفجار السكاني وتوسيع المدن والتطور التكنولوجي في إنتاج المواد تطلب إدارة واستعادة ما يمكن استعادته حفاظاً على المواد الأولية والأرض والترابة من أخطار التلوّث ومن أهم الطرق المتبعة للتخلص منها هي :

#### 14.31- طريقة قذف الفضلات في العراء

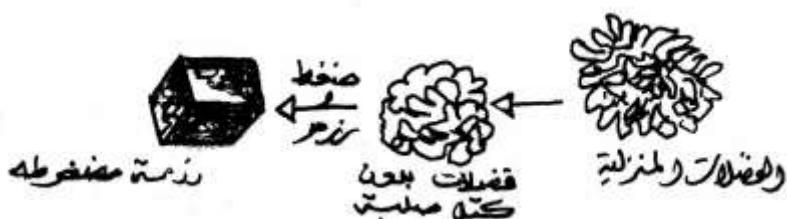
تستعمل في كثير من مدن العالم، حتى المتقدمة كما ذكرنا. وهي بادئية وخطيرة على الصحة العامة بما تسببه من انتشار للأمراض بسبب تكاثر الذباب والحشرات الأخرى والقوارض والقطط والكلاب السائبة الحاملة والناقلة للمسببات المرضية. وهي غير ما تحدثه من تلوث خطير للحيوان والماء والتربة.

#### 14.32- طرق القذف في البحر

وهي تستعمل في الدول التي تمتلك سواحل على البحر، وهي طريقة مرفوضة بشدة ومن قبل كافة الجهات المعنية بالبيئة والطبيعة، كما تسبب من تلوث خطير للشواطئ وأضرار جسيمة للحياة البحرية والسلسلة الغذائية التي يقف على رأسها الإنسان.

#### 14.33- الرزم المضغوط

وهي تقوم على ضغط المخلفات المنزلية والفضلات الصلبة بعد إزالة الأجسام الحديدية والقطع الصلبة وبمعدات خاصة إلى نقلها إلى أماكن التخلص منها برصفها أو دفنهما في الأرض وان التفسخ الهوائي للفضلات يفسر عدم انتشار رائحة كريهة وهي ميزة متقدمة على طريقة القذف المباشر في العراء إضافة إلى تقليل حيز الأرض الذي تشغله وتقليل من تلوث لترابة الاراضي المجاورة وعدم تطاير الغبار عند هبوب الرياح كما يحصل تقليل في إمكانية إحداث الحرائق للمزروعات والغابات المجاورة ويبيّن الشكل (14-1) مخطط بسيط لهذا الطريقة.



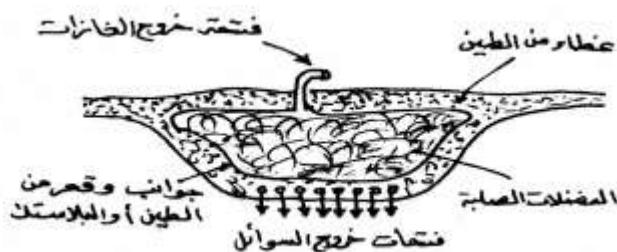
شكل (14): طريقة الرزم المضغوطة

#### 14.34- طريقة التقطيع والنشر في العراء

ويتم في هذه الطريقة إزالة الأجزاء المعدنية والمواد الصلبة مثل الحجارة والطابوق، القطع الحديدية، الخ)، وما تبقى من النفايات يقطع بواسطة مكائن خاصة إلى قطع صغيرة ثم ينشر على سطح التربة، وتقلب. وقد أثبتت جداره هذه الطريقة حيث إن معظم بيوض الذباب قد سحقت أثناء التقطيع، وزيادة سرعة التفسخ الحيوي (Biodegradability) بنسبة عالية كلما كان حجم القطع أصغر.

#### 14.35- طريقة الدفن في حفر صحيحة

وهي تقوم على دفن النفايات والفضلات المنزلية في حفر خاصة ترعى في تصميمها قواعد هندسية وصحية مع الأخذ بعين الاعتبار النواحي الجيولوجية لمنطقة الدفن. توضع الفضلات بشكل مباشر أو بعد رزمها برمز مضغوطة في الحفر الخاصة. ثم تخطى بطبقة من التربة سمكها يتراوح ما بين 15-50 سم لكل 120 سم عمق من الفضلات، ويبين الشكل (14-2) مخططًا مبسطًا لحفر الدفن لهذه الطريقة.



شكل (14-2): حفرة دفن الفضلات الصلبة مصممة بشكل علمي

ينتج التفسخ البكتيري اللاهوائي للفضلات غازات ومن ضمنها غاز الميثان ( $\text{CH}_4$ )، كما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة إلى حوالي  $65^{\circ}\text{C}$  لذا لتلفي حدوث انفجار وتشقق في الغطاء العلوي، تعمل فتحة بواسطة أنبوب بلاستيكي لتسرب منها الغازات.

وكما وان من الضروري عدم اختيار موقع دفن قريب من مجاري المياه السطحية أو الآبار الارتوازية أو البحيرات لتلقي تسرب السوائل الناتجة من التفسخ (Leachate)

وتلوث المياه بها. وتعد هذه الطريقة من أحسن الطرق في التخلص من الفضلات الصلبة فيما إذا توفرت الأرض الصالحة للدفن.

#### **8-8- التخلص من الفضلات الصلبة بطرق ذات مردود اقتصادي. إن أهم العمليات التي تقع ضمن موضوع الاستفادة من النفايات الصلبة هي:**

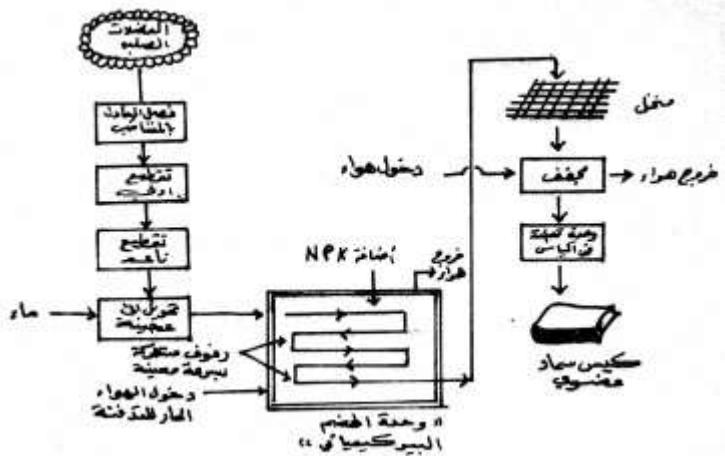
##### **8-1- الهضم الحراري**

وأساس هذه الطريقة يقوم على الهضم الحراري للفضلات وذلك بعد جمعها وخاصة تلك المركزة بالمواد العضوية كالفضلات المنزلية وفضلات الطعام ومعامل تعليب اللحوم والفاكه في قدور خاصة وبذلك تتحول إلى رداع يتم تبریده ونقله بوسائل النقل أو الأنابيب ومن ثم يرش خارج المدن على الأراضي الزراعية أو الأراضي التي يتم استصلاحها وذلك من خلال تحويل الأتربة المستخرجة في العمليات التعدينية وحرق المناجم إلى تربة زراعية مفيدة.

##### **7-2- الهضم الكيميائي او الحيائى للفضلات الصلبة**

تجري هذه العملية في حقيقتها من قبل الطبيعة وقد استعملت منذ عصور قديمة جداً أو لازالت. تجمع الفضلات على شكل أكوام وتترك في زاوية من المزرعة أو الحديقة ولمدة سنة أو أكثر ويتم خلالها حصول هضم حيوي للفضلات تستقر بعد ذلك كسماد دبالي لتحسين خواص التربة الخصوبية ويتم حينها تعجيل هذه العملية، وذلك بتصميم وحدات صناعية خاصة يتم فيها تجميع الفضلات بواسطة حزام ناقل وتمرير على مغناطيسي كبير لسحب القطع الحديدية وتزال القطع الحجرية والخشبية الكبيرة وتبقى الفضلات العضوية التي يتم سحقها ثم يضاف لها الماء وتقرش في حاويات بسمك واحد قدم وتدخل في وحدات هضم منظمة الحرارة وتترك لحين استقرارها وعند تحولها إلى سماد وبعد فقدانها معظم الماء بالتبخر يتم تكسيرها وغربلتها وتعبئتها كسماد في أكياس خاصة جاهزة للبيع

وفي بعض الحالات يتم إضافة نسبة من (K P N) لتجهيزها كسماد بصفات محسنة والشكل (3-14) يمثل مخطط مبسط لهذه الطريقة.

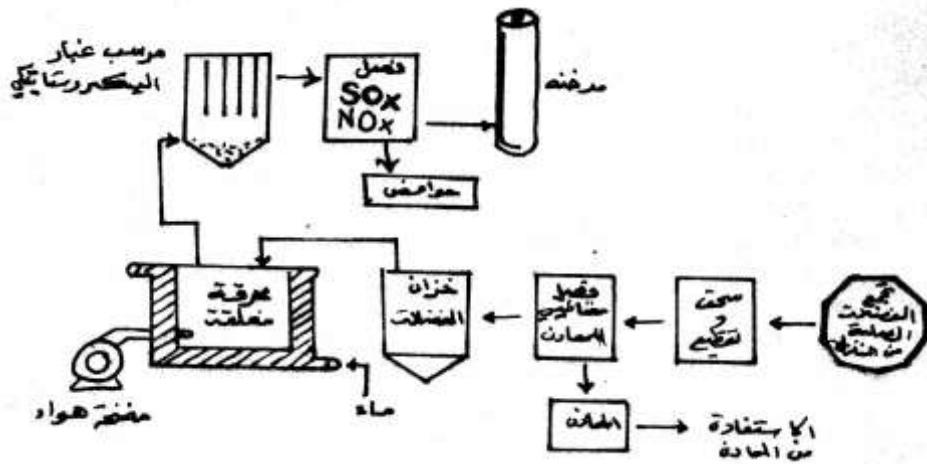


شكل (3-14): مخطط مبسط لطريقة الهضم البيوكيميائي للفضلات الصلبة

#### **١٤-٨-٣- استخدام النفايات الصلبة كوقود**

ويتم في هذه الطريقة والاستفادة من الحرارة الناتجة من النفايات في العديد من التطبيقات الصناعية كالتجفيف وإنتاج بخار الماء وتحريك مولدات الطاقة الكهربائية والتدفئة وفي استعمالات أخرى متعددة وقد استعيض عن المحارق القديمة بمحارق حديثة تمنع تسرب الغازات والغبار والمخلفات الصلبة من الرماد والزجاج والمعادن إلى البيئة، وبذلك تم وضع حد لما كان يحيث من تلوث للهواء والماء والتربة.

قد وجد إن عائدات استغلال الحرارة الناتجة يعوض بدرجة كبيرة تكاليف بناء المحارق الحديثة التي يتم فيها السيطرة على الملوثات الناتجة ويبين الشكل (4-14) طريقة حديثة في حرق الفضلات الصلبة واستغلال الطاقة الحرارية الناتجة والسيطرة على الملوثات المختلفة وتحويل القسم الكبير منها إلى مواد يمكن الاستفادة منها صناعيا.



شكل (4-14): طريقة حديثة في حرق الفضلات الصلبة واستغلال الطاقة  
الناتجة مع السيطرة على ملوثات الهواء

ويمكن تلخيص فوائد الحرق بالطرق الحديثة الغير ملوثة للبيئة بما يلي:

1. مقبولة من الناحية البيئية والاقتصادية.
2. تساعد في المحافظة على مصادر الطاقة.
3. توفير طريقة لإنتاج طاقة كهربائية رخيصة.
4. توفير مساحات إضافية من الأراضي الزراعية من خلال عدم رمي الفضلات الصلبة عليها وتلؤث تربتها.

كما وإنها طريقة مفيدة جدا للتخلص من عجلات السيارات المطاطية والفضلات البلاستيكية التي تشكل عبئا ثقيلا على البيئة في الوقت الحاضر.

#### 4-8-4- الاستعادة والتدوير

تعتبر هذه الطريقة من أحسن السبل الممكنة للتخلص من المشاكل البيئية الناتجة عن تراكم الفضلات الصلبة ويمكن نجاحها في تطوير عمليات استعادة المواد المفيدة من هذه

المخلفات حيث تطوير مثل هذه العمليات يساهم إلى حد كبير في الحفاظ على مصادر العديد من المواد الأولية والتقليل من سرعة استنزاف الموارد وتخريب وتلوث التربة بالحفر والتنجيم والتعدين.

إن من أولى الأولويات البحث العلمي في الوقت الحاضر وفي المستقبل القريب هو أن تتضمن نسبة عالية منها في تطوير طرق استعادة وتدوير المواد المفيدة المستخلصة من الفضلات ومن أجل أن تكون الفضلات إنتاجاً مرغوباً فيه بدلاً من أن يكون عبئاً على كبير على البيئة وأنه بدون ذلك سيكون كوكيناً في يوم ما خال من بعض مصادر المواد الأولية، مختلف بالفضلات خال من النباتات والأحياء الأخرى وبائيات لا تصلح لحياة الإنسان.

ولكي تبين أهمية موضوع استعادة تدور المواد من الفضلات نذكر الأمثلة التالية:

1. يمكن إنقاذ سبع عشر شجرة كبيرة من القطع عندما نستعيد طنا واحداً من الورق من الفضلات الورقية.
2. قدر عدد علب التعبئة المعدنية خاصة المصنعة من الألمنيوم التي ترمى بعد استعمالها في الولايات المتحدة فقط بخمسة بلايين علبة في السنة وذلك في أواسط السبعينيات.
3. كمية الرصاص المستعادة في الدول المتقدمة تقدر بأكثر من 50% والنحاس تقترب أيضاً من 50% إضافة إلى نسبة كبيرة من الحديد وعليه يمكن تصور عظمة الفوائد والمزادات لو طورت طرق استعادة بقية المعادن.
4. تطورت بعض طرق التقطير الالتافي وقد طبقت على إطار السيارات المستعملة وتم إنتاج قطران وزيوت وغازات ومواد هيروكarbonية أخرى.
5. أمكن استعمال الرماد والعديد من المواد المستعادة الناتجة بعد عملية الحرق في صناعة نوع من طابوق البناء.

6. أمكن استعمال مسحوق الزجاج من الفضلات بمزجه مع الإسفلت للحصول على مادة بنائية محسنة الخواص.

7. تحققت نجاحات عديدة أيضا في تحويل الفضلات المنزلية إلى مواد شبيهة بالنفط. وقد قدرت كمية النفط الناتجة من طن واحد من المخلفات المنزلية بطريقة السحق الحراري على درجة حرارة 530 °م.

كما وان التكنولوجيا المتقدمة المتوفرة حاليا كافية لتطبيق واستثمار العديد من الطرق في هذا المجال.

## **الفصل الخامس عشر**

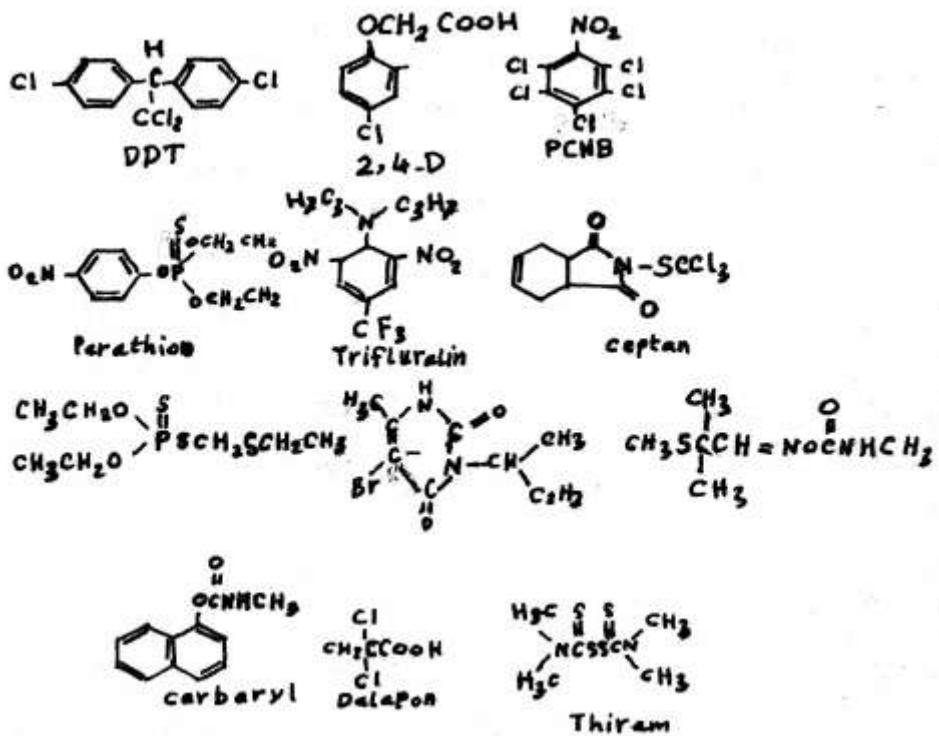
### **تلوث التربة بالمبيدات والمواد الكيميائية**

تتعرض المحاصيل الاقتصادية لآفات كثيرة ومتعددة ومنها الأدغال والحشرات والفطريات والفيروسات والديدان الثعبانية، وإن الزيادة المضطربة في طلب الغذاء في العالم أدت إلى أن تتركز المحاولات العديدة لأجل تقليل ما تسببه هذه الآفات وغيرها من أضرار على المحاصيل الاقتصادية لذلك زاد استخدام مبيدات الآفات Pesticides التي هي مركبات كيميائية عضوية أو غير عضوية جهازية أو غير جهازية تستعمل بطرق مختلفة كالرش على النباتات أو على التربة او بمعاملة بذور المحاصيل وغير ذلك.

ولما كانت هذه المبيدات في المركبات الكيميائية المضادة للحياة فان دخولها إلى التربة لن يخلو من تأثيرات جانبية غير مرغوبة وخطرة أحياناً.

لذلك فان أي اتجاه لاستخدام مركبات ليس لها تأثيرات جانبية يجب أن يتضمن دراسات بيئية على محيط التربة حيث إن إضافة هذه المبيدات وإن لم يكن مباشرة إلى التربة فإنها ستصل إليها بطريقة او بأخرى.

ولما كانت الأحياء المجهرية في التربة هي المسؤولة عن الفعاليات الحيوية مثل تحول المادة العضوية وتحول النتروجين وتنشيط النتروجين الجوي، والتي لها تأثيرات إيجابية على مستوى خصوبة التربة وبالتالي على نمو النبات فان الفائدة من مبيدات الآفات يجب أن يتم تقييمها على أساس التأثيرات التي تسببها على أحياء التربة المجهرية، ويبين الشكل (1-15) التركيبات الكيميائية لبعض المركبات الواسعة الاستخدام في الزراعة.



شكل (1-15): التركيبات الكيميائية لبعض المبيدات الشائعة في التربة

يرتبط مصير المبيدات في التربة بتدخل وتفاعل هذه المركبات الكيميائية مع النظام البيئي للتربة Soil ecosystem والخواص البيولوجية ويتحكم في هذا ثلاثة عمليات أساسية هي: فيزيائية، كيميائية ، مايكروبایولوجیة . ولكل من هذه العمليات تفاعلات معينة يمكن توضيحها فيما يلي:

#### 109. العمليات الفيزيائية

أ- التطابير: هناك عدة عوامل تحدد مقدار فقد المبيد بهذه الطريقة فقد وجد Beardsley وجماعة ، 1968 وكل من Cliath ، Spencer ، 1974 إن مبيد الأدغال ترفلان Trifluralin يزداد تطابيره مع زيادة القرب من سطح التربة وارتفاع رطوبة

التربة وزيادة التركيز المستخدم ، كذلك يزداد فقد بزيادة درجة الحرارة وان زيادة الفقد بواسطة التطوير يؤثر سلباً على محتوى التربة من المادة العضوية .

ب- غسل التربة وتعريتها بواسطه الماء والرياح: يمكن اعتبار غسل المبييد وجريانه السطحي وتعرية التربة البداية لتلوث ماء الأرضي والجداول والأنهار بالمبييدات ومن العوامل المؤثرة على غسل المبييد هي نوع التربة وكمية الماء المضاف وقابلية ذوبان المبييد.

## 2- العمليات الكيميائية

أ- التحلل الضوئي: يعتبر تعرض المبييد الى أشعة الشمس احد العوامل المهمة في تثبيط فعالته

ب- الأمدصاص: يعتبر الأمدصاص في التربة عامل ذو أهمية بالغة في تقليل جاهزية المبييد للأمتصاص بواسطه النباتات والأحياء المجهرية وان أهم العوامل التي تحكم في مقدار الأمدصاص في التربة هي كمية ونوعية الغرويات فيها ، نسبة الرطوبة ، درجة التفاعل ، درجة الحرارة . كما ان التركيب الكيميائي للمبييد يحدد كمية المبييد الذي يمدص من قبل دقائق التربة الغروية.

ج- التفاعلات الكيميائية مع مكونات التربة: تحدث للمبييدات المضافة للتربة تفاعلات كيميائية مع مكونات التربة ، ولعل اهم ما يذكر عنها إنها تحدث في التربة بالأساليب التالية : الأكسدة والاختزال ، التأين المائي ، تكوين أملاح لا تذوب بالماء ، تكوين المعقدات الكيميائية .

د- الامتصاص بواسطه النباتات والأحياء المجهرية: يؤدي امتصاص مبييدات من قبل النباتات والأحياء المجهرية الى إزالة كميات مهمة منها من محيط التربة فقد لاحظ Colby وجماعته، 1964 الى ان نباتات الطماطة تستطيع إزالة المبييد

أمبين Amiben من التربة ويمكن ملاحظة كميات مهمة منه في ثمار هذا المحصول.

### 3- الفعاليات الميكروبية

يعتبر التحول الميكروبي للمبيدات من أهم العوامل التي تؤثر على سلوكياتها ومصيرها في التربة وان هنالك عوامل مختلفة تحدد سرعة اختفاء المبيدات من التربة بتأثير النشاط الميكروبي ومن هذه العوامل:

- أ- التركيب الكيميائي للمبيد
- ب- درجة أصدقاص المبيد من قبل غرويات التربة
- ج - طبيعة نمو الأحياء المجهرية في التربة، فالأحياء المجهرية السريعة النمو غالبا ما تكون أكثر مقاومة وقدرة على تحليل المبيد المضاف إلى التربة مقارنة مع الأحياء المجهرية البطيئة النمو.
- د - تهوية التربة
- ه - درجة تفاعل التربة

### تأثير المبيدات على الأحياء المجهرية في التربة

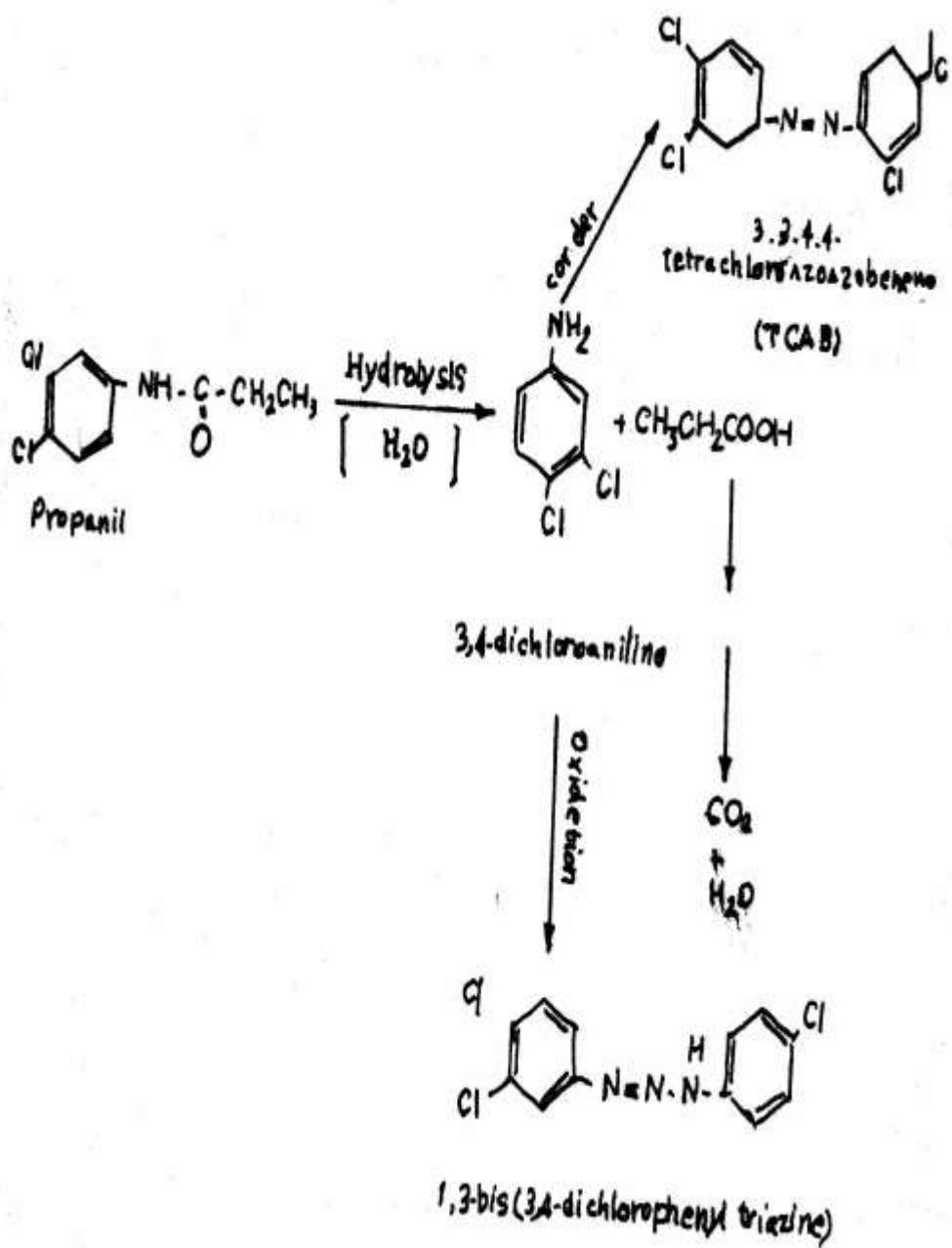
- 1 - التأثير على أعداد الأحياء المجهرية: تصل المبيدات إلى التربة بعدة طرق منها:
  - أ- الإضافة المباشرة على سطح التربة.
  - ب- الانجراف بواسطة الرياح والماء.
  - ج- المطر.
  - د- السقوط من الأجزاء النباتية إثناء رشها.

هـ - عودتها الى التربة بعد موت النباتات المعاملة بها.

في بيئة طبيعية كالتربة فان هذه المركبات باعتبارها مضادات حيادية سوف تغير في إعداد الأحياء المجهرية والعوامل الكيميائية والفيزيائية التي تؤثر على سلوكيتها، وان استعمال المبيدات بالمستويات الموصى بها قد لا يسبب تغير في المجاميع الميكروبية او مستوى فعاليتها عند استخدامه لموسم واحد، لكن استخدام نفس المبيد ولسنوات متكررة ربما ينتج عنه تغير في المجاميع المايكروبية وتغير في الفعاليات الحيوية الأساسية التي تقوم بها.

وفي دراسة عن تأثير إضافة مبيد الأدغال بروبانيل Propanil في حقول رز في محافظة القادسية ومدى تأثيره على بعض الأحياء المجهرية في التربة للباحث إحسان فليح حسن الجوهرى عام 1998 لوحظ بان هذا المبيد يتحلل في التربة بفعل الكائنات الحية الدقيقة حيث ينتج عنه تكوين المركب DCA (4- dichloroaniline) 3, 3- ( ) وان كل جزئين من هذا المركب تتكون لتعطي جزيئاً واحداً من المركب TCAB (2- tetrachloroazobenzene) 3, 3, 44- كما في الشكل (2-15)، حيث إن الشق الاليفاتي منه يتلاشى في غضون 21 يوم من إضافة المبيد إلى التربة في حين يبقى الشق العطري بالترفة لسنوات عديدة.

وقد لاحظ الباحث بان هذا المبيد قد اثر سلباً على أعداد البكتيريا الموجودة في التربة وكما هو موضح في الجدول (1-15).



شكل (15-2): تحولات المبيد بروبانيل في التربة

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

**[https://scholar.google.com/citations?  
user=t1aAacgAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en)**

**[salamalhelali@yahoo.com](mailto:salamalhelali@yahoo.com)**

**<https://www.facebook.com/salam.alhelali>**

**[https://www.facebook.com/groups/  
Biothesis](https://www.facebook.com/groups/Biothesis)**

**[https://www.researchgate.net/profile/  
Salam\\_Ewaid](https://www.researchgate.net/profile/Salam_Ewaid)**

**07807137614**



**جدول (15-1): كثافة البكتيريا في التربة قبل وبعد إضافة مبيد البروبانيل إلى حقول الرز في**

**محافظة القادسية جنوب العراق**

| عدد البكتيريا في الغرام الواحد من التربة | الفترة بعد إضافة المبيد إلى التربة |
|--|------------------------------------|
| $^{8} 10 \times 2.3$                     | قبل الإضافة                        |
| $^{8} 10 \times 2.1$                     | الأسبوع الأول بعد الإضافة          |
| $^{6} 10 \times 5.1$                     | الأسبوع الرابع بعد الإضافة         |
| $^{5} 10 \times 1.1$                     | الأسبوع الثاني عشر بعد الإضافة     |

المبيدات الحشرية التي تستعمل بتراتيز عالية في التربة فإنها تغير من أعداد وكثافة كائنات معينة في التربة غير ذاتية التغذية ولو إن تأثيرها يختلف باختلاف نوع التربة.

وعلى النقيض فمبيدات الفطريات والمعبرات التي تستخدم للحد من الأمراض المنتقلة عن طريق التربة تضاف بمستويات عالية تكفي للحد من الفطريات المرضية، وحيث إن الكائنات ذاتية التغذية المتوسطة في التربة تكون حساسة لهذا الضرر الكيميائي مثلها كمثل مسببات الأمراض فعليه ينتج من استعمال هذه المبيدات تعديل كبير في كائنات التربة حيث قد تخنق بعض الأجناس الشائعة وتظهر أنواع أخرى في صور جديدة.

وهذا التغيير لا يحتاج إلى وقت طويل ولكن أثره على مجتمع الميكروبات في التربة يستمر لمدة طويلة ويوضح الجدول (15-2) نتائج بعض الدراسات التي أظهرت بوضوح اثر إضافة بعض المركبات الكيميائية كل على حدة على مجاميع الميكروبات الرئيسية في التربة.

فمثلاً تتأثر هايفات الفطر والخلايا الخضرية للبكتيريا بدرجة أكبر من الأطواب الساكنة مثل الكونيديات والأجسام الحجرية للفطريات والجراثيم الداخلية للبكتيريا. وهذا الاختلاف

في الحساسية له أهميته الخاصة في مقاومة كائنات التربة المرضية حيث قد يكون لأحد المركبات الكيميائية أثر فعال في مقاومة إحداها دون الأخرى.

كما توجد أيضاً اختلافات في العلاقات التي تحدث بين كائنات التربة المتوطنة، فعلى سبيل المثال إضافة بعض المبيدات الفطرية يؤدي إلى زيادة انتشار أحد الأمراض النباتية بدلاً من الحد منها، ولا يفسر هذا التأثير الشاذ على إن المبيد قد نشط الكائنات المسيبة للمرض وإنما يعزى إلى إن المبيد قد ثبط الكائنات المنافسة للكائنات المرضية أو المضادة لتكاثرها. ولا يعتبر مثل هذا التغيير في تركيب مجتمع الميكروبات والإخلال بعمليات المقاومة الحيوية بالترابة من الخصائص الشائعة للمبيدات الفطرية. ومن الظواهر الأخرى ما يعرف عن تنشيط بعض المركبات السامة عند وجودها بتركيز منخفضة لميكروبات التربة.

**جدول (15-2): تأثير مبيدات الآفات على المجاميع الميكروبية الرئيسية**

| المبيد                                   | البكتيريا | الاكتينوميسيات | الفطريات |
|--|-----------|----------------|----------|
| <b>التركيز السام (جزء بالمليون )</b>     |           |                |          |
| Dazomet                                  | 150       | 150            | 150      |
| Metham                                   | 60        | -              | 60       |
| Nabam                                    | 50        | -              | 50       |
| PCP                                      | 2000      | 2000           | 2000     |
| <b>التركيز غير السام (جزء بالمليون )</b> |           |                |          |
| Aldrin                                   | 100       | -              | 100      |
| Atrazine                                 | 75        | 70             | 70       |
| DDT                                      | 100       | -              | 100      |
| Diazinon                                 | 40        | 40             | 40       |
| HCH                                      | 1000      | 1000           | 1000     |
| Simazine                                 | 70        | 70             | 70       |

110. 2- التأثير على بعض الفعاليات الحيوية  
**تأثير المبيدات على عملية النترجة:** إن أهمية تأثير المبيدات على هذه العملية تأتي بسبب دورها في تجهيز مغذي رئيس للنبات وهو النتروجين. من أهم أجناس البكتيريا التي تقوم بعملية النترجة اثنان هما : الـ *Nitrosamines* والتي تؤكسد الامونيوم  $\text{NH}_4^+$  إلى النتريت  $\text{NO}_2^-$  والـ *Nitrobacteria* والتي تؤكسد النتريت  $\text{NO}_2^-$  إلى نترات  $\text{NO}_3^-$  وهذا النوع من البكتيريا يستخدم الأكسدة المذكورة كمصدر للطاقة التي تحتاجها للنمو لذا يسمى هذا النوع من النترجة بـ Autotrophic nitrification . علماً بأن هنالك بعض أجناس البكتيريا والفطريات تقوم بالنترجة لكونها تستعمل المركبات العضوية كمصدر للطاقة التي تحتاجها للنمو ، هذا النوع من النترجة يسمى Heterotrophic nitrification . ومن خلال الدراسات والبحوث فإن عملية النترجة تلك من أكثر العمليات البيولوجية حساسية للمبيدات لذلك فإن قسم كبير من المبيدات المضافة للتربة تسبب تثبيط عملية النترجة، فقد درس Bertha وجماعته ( 1967 ) 29 مركباً من المبيدات تعود إلى عدة مجتمعات كيميائية ولاحظ إن أربعة منها لم تؤثر على عملية النترجة بينما سبب ثلث منها زيادة مهمة في كمية النترات وأظهرت بقية المبيدات تأثير تثبيطي واضح.

**ب- تأثير المبيدات على تثبيت النتروجين تكافليا:** تعتبر هذه العملية من أكفاء عمليات تثبيت النتروجين الجوي في الطبيعة خصوصاً في المحاصيل القولية عندما تنمو في ترب تتميز بنقصها للنتروجين حين تعتمد على النتروجين الجوي بشكل رئيس وان العوامل التي تتحكم بتأثير المبيدات على تثبيت النتروجين هي:

- 1) نمو ونشاط بكتيريا الرايزوبيا.
- 2) التغيرات التي تسببها المبيدات على المجتمعات الميكروبية في التربة والتي قد تسبب تأثيرات غير مباشرة على الرايزوبيا.
- (3) نمو النبات المضيف .

العلاقة التكافلية بين الرايزوبيا والمحصول البقولي 111.  
لقد أثبتت الدراسات حساسية بكتيريا الرايزوبيا (*R. meliloti*, *R. tinfoil*) ، *R. leguminosarum* تكون مقاومة للتراكيز العالية من مبيد الأدغال D-4,2 أكثر من مقاومة السلالات بطيئة النمو من الأنواع *R. lupini* و *R. japonicum*. إن سلالات الرايزوبيا تبدي مقاومة غير متخصصة نحو المبيد فالسلالة التي تقاوم نوع معين من المبيدات تكون حساسة إلى الأنواع الأخرى، وبصورة عامة فإن المبيدات المضافة إلى التربة لها تأثير تثبيطي على عملية تكوين العقد الجذرية.

بقاء المبيدات في التربة وعلاقتها بتلوثها 112.  
لطول مدة بقاء مبيدات الأدغال والحشرات والفطريات بشكل فعال في التربة أهمية عملية كبرى حيث أنه يبين الوقت الذي ستكون فيه الآفة معرضة لمفعول كل منها، وفي نفس الوقت فإن بقاء مبيدات الآفات على حالة فعالة لمدة طويلة بالترابة له وضع خاص بالنسبة لتلوث التربة بشكل خاص والتلوث البيئي بشكل عام حيث إن طول فترة بقاءه فعالا في التربة يؤدي إلى:

1. تمثيله بواسطة النباتات وتراكمه في الأجزاء التي تؤكل.
2. التصاقه بالأجزاء المأكولة من المحاصيل الجذرية.
3. انتقاله نتيجة لعوامل التعرية مع حبيبات التربة إلى المجاري المائية المجاورة.
4. تراكمه في أجسام ديدان التربة مما يظهرها بنسب مرتفعة في الطيور التي تتغذى على تلك الديدان.

وقد تخفي المركبات العضوية المختلفة في التربة بعدة طرق كما ذكر سابقا، فالبعض منها يتطاير وينتقل بحركة الهواء من مكان لأخر، والقليل الآخر ينتقل مع ماء التربة راسيا إلى الماء الأرضي، كما إن عدداً لا باس به من هذه المركبات يتعرض لبعض التفاعلات الكيميائية خاصة التحلل المائي، حيث تنتج بعض المركبات غير السامة. ومع

إن مثل هذه التحولات غير الميكروبية تحد من سمية مثل هذه المركبات الكيميائية إلا إنها لا تؤدي إلى تحللها الكامل ومعدتها حيث يلاحظ دائمًا بقاوتها على حالتها في الطبيعة حتى بعد تعرضها لمثل هذه التفاعلات.

ولكن يعزى اختفاء المبيدات في العديد من الحالات إلى النشاط المايكروبي الذي يمكن تقييم دوره بمقارنة التغير في تركيز المبيد بمدورة الوقت في عينات تربة غير معاملة وأخرى معقمة أو مضافة إليها بعض المواد المثبتة لنمو الميكروبات وتمثلها الغذائى.

تستخدم العديد من أنواع الكائنات الحية الدقيقة غير ذاتية التغذية المبيدات كمواد غذائية وذلك بالتزامن على جزيئاتها أو تمثيلها غذائيا دون الاستفادة منها **( ومنها الآتي : أنجاس البكتيريا )** (Cometabolism)

*Arthobacter , Agrobacterium , Bacillus , Corynebacterium , Clostridium , Klebsiella , Flavobacterium , Pseudomonas . , Alternaria , Aspergillus و أنجاس الفطر Xanthomonas , Penicillium , Cladosporium , Fusarium , Glomerella , Muscor , Micromonospora و أنجاس الاكتينوميسيات Khizoctonia , Trichoderma . Streptomyces, Nocadia*

تشير العديد من الملاحظات المتعلقة بأهمية الميكروبات وضرورتها للتخلص من المبيدات في الأوساط البيئية الطبيعية إلى نقطتين عمليتين:

أولاً: تأثير التحلل الكيميائي لهذه المركبات بدرجة مماثلة لتأثير نشاط الميكروبات المحللة بالعوامل البيئية المختلفة وذلك على الرغم من عدم معرفة الميكروبات المسئولة عن التحلل بالتحديد، وعلى هذا فإن معدل تحلل الميكروبات الكيميائية غالباً ما يزداد بزيادة درجة الحرارة أو ارتفاع نسبة الرطوبة في الاراضي الجافة، كما إن معدلات تحلل هذه الميكروبات يكون أكبر في التربة الغنية بالمادة العضوية مقارنة

بالترب الفقيرة منها والذى يعزى الى زيادة الكثافة العددية للميكروبات ودرجة مماثلة تتحلل هذه المركبات بدرجة كبيرة عند إضافتها مرة ثانية لترابة سبق معاملتها بنفس المركب وذلك لتتوفر أعداد كبيرة من الميكروبات النشطة في التحلل والمحتوية على الأنزيمات المطلوبة.

ثانياً: نظراً لأن ميكروبات التربة تلعب الدور الأساسي في التخلص من سمية ومعدنه العديد من المركبات العضوية فان استمرار فعل بعض من هذه المركبات لمدة طويلة يعد في حد ذاته دليلاً مقنعاً على عدم كفاءة الميكروبات في تحليل ومعدنه مثل هذه المركبات والتي يطلق عليها بالمركبات المستعصي تحللها بواسطة الميكروبات. وتقادس فترة استمرار فعل المبيد بالوقت اللازم لفقد وتحلل نصف المادة الكيميائية له، ولو انه غالباً ما يعبر عنها بالمدة التي تمر حتى اختفاء تأثير المبيد تماماً ومع ذلك فلا يوجد اتفاق بين جميع الباحثين على كيفية قياس مثل هذه الفترة حتى الآن. هذا فضلاً عن إن مدة بقاء المادة الكيميائية في الطبيعة تتأثر بدرجة كبيرة بنوع التربة والظروف البيئية السائدة من حرارة وأمطار والعمليات الزراعية. ومع ذلك فان التجارب العملية أظهرت بقاء بعض المواد الكيميائية في التربة لفترات طويلة بينما يختفي البعض الآخر على وجه السرعة (جدول 3-15).

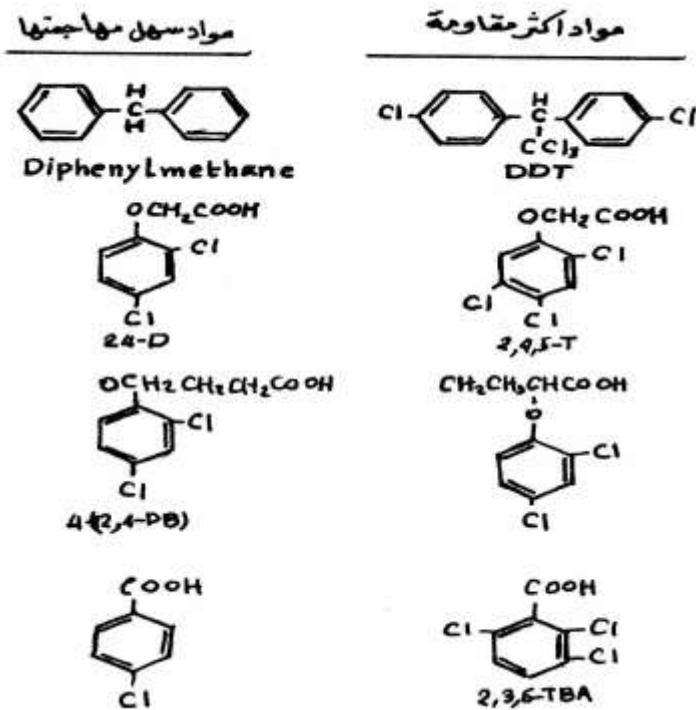
وبالرغم من توفر المعلومات عن طول بقاء سمية بعض المركبات إلا إن الأسباب الحقيقة وراء اختلاف طول هذه الفترة لا تعرف على وجه التحديد. يعتبر مبيد الباراثيون كأحد المبيدات الحشرية الهامة من الأمثلة الواضحة في هذا الخصوص حيث يختفي تماماً من بعض الترب التي أضيف إليها خلال ثلاثة أيام، في حين يبقى في ترب أخرى لمدة ست عشرة سنة.

جدول (3-15): مدة بقاء بعض المبيدات في التربة

| اسم المبيد | مدة البقاء بصورة فعالة |
|------------|------------------------|
| Chlordane  | 21 سنة                 |

|           |            |
|-----------|------------|
| 24 سنہ    | DDT        |
| 21 سنہ    | Dieldrin   |
| 16 سنہ    | Heptachlor |
| 16 سنہ    | Tcaphenone |
| 10 اسابیع | Dalapon    |
| 17 یوم    | DDVP       |
| 2 یوم     | Thimet     |

ونظراً لأن الكثير من مبيدات الأدغال و الحشرات الطويلة المفعول ذات فائدة شديدة ورخيصة الثمن وذات سمية قليلة للثدييات فقد بذل مجهد كبير لمعرفة السبب في عدم تحللها ميكروبيا، ولقد أثبتت الأبحاث التي أجريت في هذا المجال إن بعض التعديلات الطفيفة في تركيب المادة الكيميائية قد يغير لدرجة كبيرة من مدى إمكانية استخدامها كمادة غذائية بواسطة الميكروبات، فعلى سبيل المثال وجد إن انتقال الكلورين من مكان لآخر في الجزيئي ونزع مجموعة كلورية واحدة وإضافة مجاميع الايدروكسيل ممكن أن يجعل من المركبات غير المتحللة مواد غذائية نموذجية. ويوضح الشكل (3-15) الاختلافات البسيطة في التركيب الكيميائي بين بعض الجزيئات سهلة التحلل حيويا ومركبات أخرى قريبة لها صعبة التحلل.



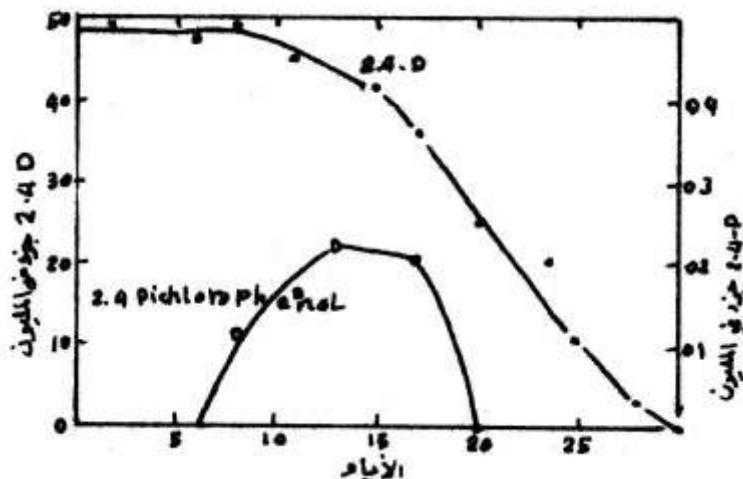
شكل (3-15): الاختلافات البسيطة في التركيب الكيميائي بين بعض الجزيئات سهلة التحلل والتحلل حيوياً ومركبات أخرى قريبة لها صعوبة التحلل

وتشير مثل هذه التغيرات البسيطة في التركيب الكيميائي التي تحصل من المواد السهلة الاستخدام كمادة غذائية جزيئات يصعب تمثيلها غذائياً بواسطة الميكروبات إلى إمكانية إيجاد مبيدات قريبة الصلة في تركيبها وتأثيرها على المركبات غير المرغوب فيها ولكن لا تسبب عنها أخطار بيئية تنشأ من مقاومتها للتحلل المايكروبى.

113. التحلل الحيوى للمبيدات فى التربة  
توجد فى التربة مجاميع مختلفة من الأحياء المجهرية وتخالف خواصها الفسيولوجية وقدرتها على التمثيل الغذائى للكثير من المواد، حيث تستخدم البعض منها المواد الكيميائية كمصدر للكربون والطاقة وأحياناً النتروجين والكبريت. قد يتم إثناء التحلل الحيوى

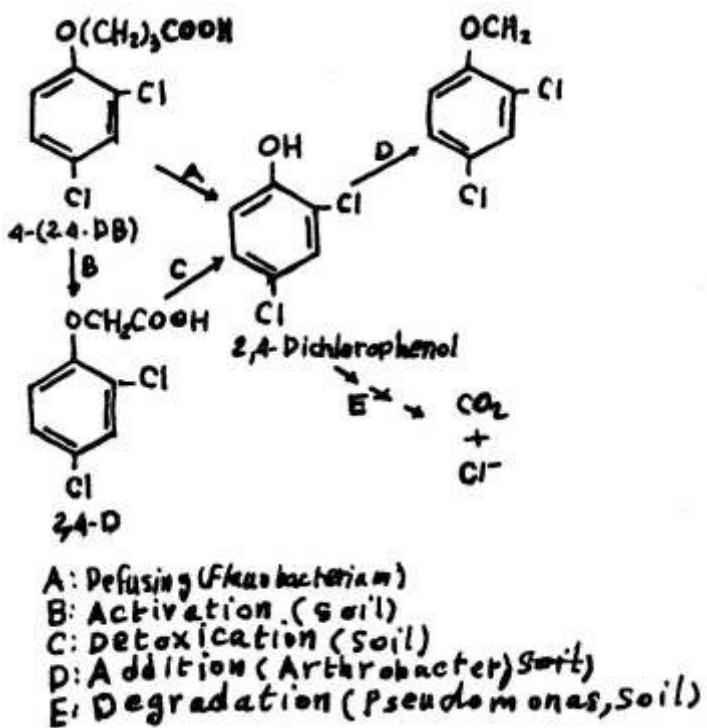
بالأحياء المجهرية للمواد السامة بوحد من التفاعلات الكيميائية المختلفة أو أكثر. وهذا النوع من التحولات يعتمد على أنواع معينة من الأحياء الدقيقة، وتقع مثل هذه التفاعلات حسب التقسيمات الآتية:

1. فقد السمية: وفي هذا التفاعل يتحول الجزء المثبط عند تركيز معين لمادة غير سامة مثل تحول الـ D,4-D بواسطة الجنس *Arthrobacter* إلى (شكل 4-15) (2,4-dichlorophenol).



شكل (4-15): التمثل الغذائي لمركب D, 4- 2, وتكوين مركب 2, 4- dichlorophenol

2. التنشيط: يمكن لبعض الأحياء المجهرية أن تحول مبيد غير سام أو قليل السمية إلى مبيد سام كتحول مبيد الأدغال قليل السمية (D, 4- DB) إلى مبيد آخر أكثر سمية هو D, 4- 2. (شكل 5-15).

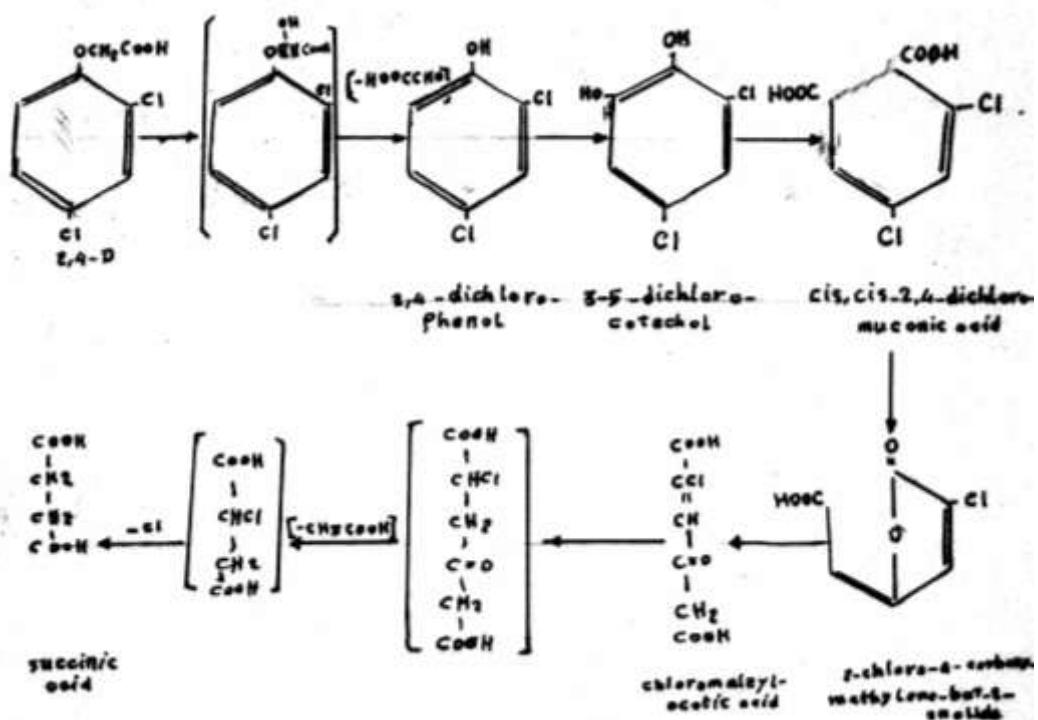


شكل (5-15): تحول مبيد الأدغال (2,4 - DB) قليل السمية إلى مبيد الأدغال D 2,4 - الأكثر سمية

3. تحويل مجال السمية: تقوم بعض الأحياء بتحويل مبيد معين يستعمل ضد نوع معين من الأحياء إلى نوع آخر يقتل أنواع أخرى تختلف عنها مثل تحويل المبيد الفطري إلى مبيد D Pentachlorobenzyl alcohol الذي يؤدي إلى موت النباتات.

4. تعقيد المبيد: أي تضاف إلى حلقة البنزين الداخلة في تركيب الكثير من المبيدات مجموعة مثيل أو حامض أميني أو حامض عضوي أو ربطه مع مركبات أخرى أكثر تعقيداً. في معظم هذه الحالات سوف يتحول المبيد من الحالة السامة إلى غير السامة كتحول مبيد Propanil في التربة.

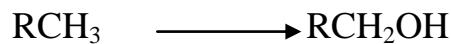
5. التحلل الحيوي: تقوم الأحياء المجهرية في أحجاس معينة من البكتيريا والفطريات بتحليل المبيدات إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون والعناصر المعدنية الأصلية المكونة لها. وقسم من الكربون المكون للمبيد سوف يستعمل في بناء خلايا جديدة. خطوات التحلل تختلف من مبيد إلى آخر، ومن الأمثلة على تحلل المبيدات في التربة تحلل مبيد 2,4-D بواسطة بكتيريا Achromobacter sp. كما في الشكل (15-6). وكذلك تحلل مبيد الحشرات DDT في التربة والذي يعد من أصعب المبيدات تحلاً في التربة ويمكنه أن يبقى مدة طويلة من دون تحلل، وهذا هو السبب الرئيس الذي أدى إلى توقف استعماله لظهور مشاكل كثيرة عند استخدامه بسبب مقاومته للتحلل خصوصاً للطيور الداجنة التي تعمل على تجميل المبيد في أجسامها مما يؤدي إلى هلاك الكثير منها.



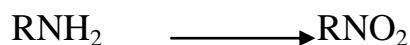
شكل (15-6): تحلل مبيد 2,4-D في التربة

لقد تم التعرف على التفاعلات التالية والتي تتم كخطوات أولية أثناء التمثيل الغذائي للمبيدات. وقد تشارك أنواع عديدة من التفاعلات في مهاجمة مركب معين من هذه المركبات في التربة:

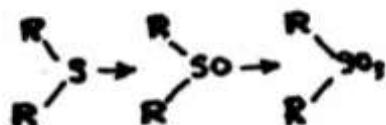
1- إضافة مجموعة الهيدروكسيل (OH)



2- أكسدة مجموعة الأمين الموجودة في تركيب المبيدات



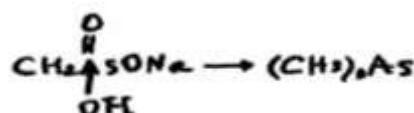
3- أكسدة الكبريت الموجود في تركيب بعض المبيدات



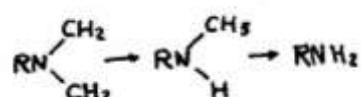
4- إضافة ذرة أوكسجين لرابطة مزدوجة ينتج عن ذلك مركب يسمى ايبيوكسайд المقاوم لفعل الأحياء مدة طويلة



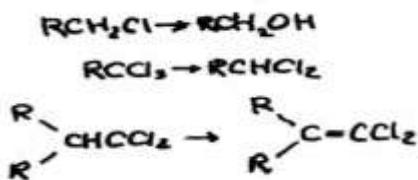
5- إضافة مجموعة مثيل



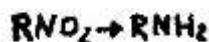
6- إزالة مجموعة مثيل



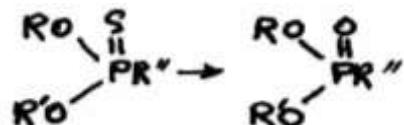
7- إزالة ذرة كلور أو غيرها من الهالوجينات التي توجد في العديد من المبيدات



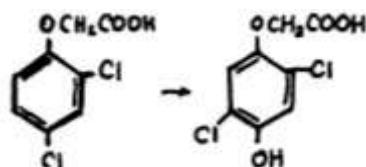
8- اختزال مجموعة النتريل



9- استبدال ذرة الكبريت بالأوكسجين



10- تحرك ذرة الكلور من موقع اتصالها في ذرة الكربون الى أخرى في التركيب الحلقي  
لبعض المبيدات و عند إضافة مجموعة هيدروكسيل



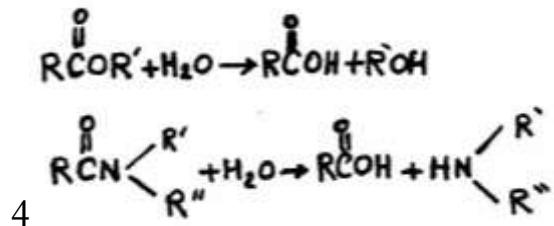
11- إزالة رابطة الايثر



12- تحلل بعض السلسل الجانبية



13- التحلل المائي و تكسير الجزيء عند إضافة الماء او تتعرض بعض المبيدات لأنواع مختلفة من تفاعلات التحلل المائي



14- كسر الحلقة: إن هذه الحالة ضرورية في الانحلال الحيوي الكامل لمبيدات الأدغال والمبيدات الحشرية، إذ تنتج بعد ذلك بعض المركبات التي تستخدم مصدراً للكربون والطاقة في عمليات التخلق الحيوي.

بعض الأجناس البكتيرية والفطرية مع المبيدات التي تحللها في التربة

| المبيدات التي تحللها                                   | الأجناس البكتيرية والفطرية |
|--|----------------------------|
| 2,4- D , Dalapon , TCA Monuron , PCP , diquat Paraquat | <i>Pseudomonas</i>         |
| 2,4- D , Dalapon , Propanil 2,4,5-T ,DNOC , TCA        | <i>Arthrobacter</i>        |
| Dalapon , 2,4,5- T ,2,4-D                              | <i>Flavobacterium</i>      |
| MCPA, 2,4,5-T, 2,4 - D                                 | <i>Achromobacter</i>       |
| Propanil, 2,4 - D, Dalapon                             | <i>Nocardia</i>            |
| Monuron , Dalapon                                      | <i>Bacillus</i>            |
| Picloram , TCA   | <i>Trichoderma</i>         |
| 2,4- D , Dalapon , Monuron                             | <i>Aspergillus</i>         |

114. بعض الاعتبارات من تلوث التربة بسبب تحلل المبيدات  
1- إن إضافة مبيدات ممترجين إلى التربة ببعضها يتحمل أن يؤدي إلى قتل بعض النباتات الاقتصادية بدلاً من حمايتها، فقد وجد إن إضافة المبيد *Cygon* ضد حشرة المن بعد تبخير التربة بالمبيد بروميد المثيل يكون ذو تأثير سلبي وذلك لأن بروميد المثيل يمكن أن يقضي على الكائنات الحية الموجودة في التربة التي تحلل مبيد المن الذي يدخل التربة وبقاء الثاني في التربة يعني امتصاص النباتات المزروعة له وبالتالي إلى قلة الحاصل.
- 2- معظم المبيدات المستعملة تحوي ذرة أو ذرات من الكلور أو البروم أو أي عنصر آخر في تركيبها ونتيجة التحلل تتحرر هذه العناصر التي قد يكون قسم منها ساما للنباتات الحساسة مثل الحمضيات وبعض المحاصيل الخضرية. وفي بعض الأحيان يتكون غاز الامونيا الذي من المفترض أن يتآكسد إلى نترات ولكن بسبب قتل المبيد لمعظم بكتيريا التنزية يتجمع غاز الامونيا الذي يكون ساما لبعض النباتات الحساسة.
- 3- يمكن لقسم من المبيدات أن تقضي على فطريات المايکورایزا وبالتالي تقلل من جاهزية الفوسفور والزنك والنحاس والتي تأتي عن طريق الفطر الذي يمتد إلى أعماق التربة. وبسبب هذه الاعتبارات او التأثيرات السلبية للمبيدات ينصح صانعوا هذه المواد بعدم زراعة النباتات الاقتصادية بعد استعمال المبيد مباشرةً وذلك للتخلص من سميتها عن طريق التحلل الحيوي او عن طريق التبخر او الغسل او التثبيت من قبل دقائق التربة والمادة العضوية.

## **الفصل السادس عشر**

### **تلوث التربة بالأسمدة الكيميائية والعضوية**

تعني عملية التسميد جميع المواد التي تضاف للتربة لغرض توفير عناصر معينة ضرورية لنمو النبات، حيث تحوي على العناصر الغذائية على هيئة مركبات يسهل على النبات أخذها، وتقسم الأسمدة إلى نوعين رئيين هما: الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية.

#### **115. أولاً: الأسمدة الكيميائية**

تصنف الأسمدة الكيميائية تبعاً لنوع وعدد العناصر السماوية التي تحتويها إلى:

1. **الأسمدة الأحادية او البسيطة:** وهي الأسمدة التي تحتوي على عنصر من العناصر

السماوية مثل النتروجين او الفوسفور او البوتاسيوم ويسمى السماد او مجموعه الأسمدة الحاوية على العنصر الغذائي باسمه مثل:

أ- **الأسمدة النتروجينية:** وتشمل جميع الأسمدة التي تحتوي على عنصر النتروجين فيها أما بشكل نترات او امونيوم او خليط منها او بشكل أمينات ومن أهم هذه الأسمدة هي كبريتات الامونيوم  $(NH_4)_2SO_4$  ، نترات الامونيوم  $NH_4NO_3$  ، اليوريا  $CO(NH_2)_2$ .

ب- **الأسمدة الفوسفاتية:** وهي الأسمدة الحاوية على الفوسفور ويكون الفوسفور فيها عادة بشكل فوسفات وتقاس القيمة السماوية لها بمقدار الفوسفور محسوباً على

أساس نسبة خامس اوكسيد الفوسفور  $P_2O_5$ . ومن أهم الأسمدة الفوسفاتية هي سوبر فوسفات الكالسيوم  $Ca(H_2PO_4)_2$ ، سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثي  $Ca_3(PO_4)_2$

ج- **الأسمدة البوتاسية:** وهي الأسمدة التي تحتوي على البوتاسيوم، وتقاس القيمة السماوية لهذا النوع من الأسمدة بمقدار النسبة المئوية للبوتاسيوم على هيئة اوكسيد

البوتاسيوم  $K_2O$  ومن أهم هذه الأسمدة هي كلوريد البوتاسيوم  $KCl$  وكبريتات

. $K_2SO_4$

## 116. 2- الأسمدة المختلطة والأسمدة المركبة: وهي الأسمدة الحاوية على أكثر من عنصر العناصر السمادية

جدول (16-1): تركيب بعض الأسمدة الكيميائية الأحادية

| اسم السماد                    | الصيغة الكيميائية | للتروجين الكلي % | $P_2O_5$ % | % $K_2O$ | % S  |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------------|----------|------|
| كبيريتات الامونيوم            | $(NH_4)_3SO_4$    | 21               | -          | -        | 24   |
| نترات الامونيوم               | $NH_4NO_3$        | 26               | -          | -        | 12   |
| البيوريا                      | $Co(NH_2)_2$      | 46               | -          | -        | 0.02 |
| سوبر فوسفات الكالسيوم الأحادي | $Ca(H_2PO_4)_2$   | -                | 16-22      |          | 10.8 |
| سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثي | $Ca_3(PO_4)_2$    | -                | 42-50      |          | 3    |
| كلوريد البوتاسيوم             | $KCl$             | -                | -          | 63060    | 0.01 |
| كبريتات البوتاسيوم            | $K_2SO_4$         | -                | -          | 53.50    | 17.6 |

ثانياً: الأسمدة العضوية 117  
يقصد بالأسمدة العضوية كافة المواد التي تضاف إلى التربة التي تحوي على مركبات من اصل نباتي او حيواني مثل مخلفات الأبقار ، مخلفات الأغنام ، مخلفات الدواجن ، مخلفات الخيول ، الدم ، فضلات المجازر ، كل ما يتبقى من المحاصيل بعد الجني والحداد إضافة إلى الأسمدة الخضراء (وهي المحاصيل التي تزرع خصيصا ثم تقلب

بالتربيه). تعتبر الأسمدة الحيوانيه من أهم الأسمدة العضويه ويبين الجدول (16-2) معدل نسبة العناصر الغذائيه في سماد بعض حيوانات المزرعة.

**جدول (16-2): التركيب الكيميائي للسماد الحيواني مختلفه (Olson وجماعته، 1971)**

| الحيوان  | نسبة الرطوبة | N    | P    | K    | S   | Ca   | Fe    | Mg   | الدهون |
|----------|--------------|------|------|------|-----|------|-------|------|--------|
| كغم / طن |              |      |      |      |     |      |       |      |        |
| الأبقار  | 79           | 5.6  | 1.0  | 5.0  | 0.5 | 2.8  | 0.04  | 1.1  | 3.5    |
| الخيول   | 60           | 6.9  | 1.0  | 6.0  | 0.7 | 7.85 | 0.135 | 1.4  | 3.0    |
| الأغنام  | 65           | 14.0 | 2.1  | 10.0 | 0.9 | 5.85 | 0.16  | 1.85 | 7.0    |
| الدجاج   | 37           | 13.0 | 12.0 | 11.4 | -   | -    | -     | -    | -      |

على الرغم من أهمية النترات باعتبارها ايونات ضرورية للتغذية إلا إنها تعد أيضا من أهم المواد الملوثة للبيئة بشكل عام وللتربيه بشكل خاص وتكون غير مرغوبه نتيجة للدور الفعال الذي تقوم به في هذا المجال. ونتيجة للاستخدام الكثيف للأسمدة الكيميائية النتروجينيه في التربة والذي يفوق الحاجة إليها فان تراكم النترات يزداد في التربة مع زيادة تلوث المياه والإنتاج الزراعي. إن استعمال الأسمدة الكيميائية النتروجينية ولاسيما مركبات الامونيوم والبيوريا بكميات كبيرة في التربة يؤدي إلى زيادة في كمية نترات الناتجة عن عملية النترجة ويفقد جزء منها عن طريق الاختزال وانطلاق والتتروجين Denitrification وجزء منه يتtersح من خلال التربة ليصل الى المياه الجوفية ويلوتها . وتصل النترات أيضا الى المياه السطحية كالأنهار والبحيرات إذ تصبح المياه ملوثة بالنترات وان هذه الحالة تؤدي الى:

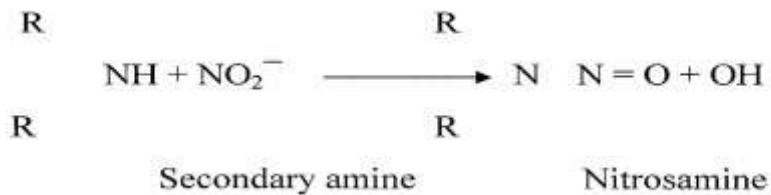
1. ظاهرة الإثراء الغذائي: وتعني انتعاش نمو الطحالب والنباتات في المسطحات المائية نتيجة لزيادة المحتوى الغذائي للمياه وان وصول 0.3 جزء بـالمليون من النترات الى تلك المسطحات كافية لإحداث هذه الظاهرة. إن هذه الظاهرة تؤثر في تغير طعم المياه

ورائحتها وبذلك تصبح معاملة تلك المياه مكلفة جداً بعد تنقيتها من الطحالب. قد يحدث نقص في كمية الأوكسجين عندما تزداد الأعداد البكتيرية في تلك المياه مما يؤثر في حياة الأحياء المائية كالأسماك وغيرها نتيجة لاستهلاك الأوكسجين في أكسدة الزيادة في المواد العضوية المتراكمة في تلك المياه كما إن نمو هذه النباتات في البحيرات والمسطحات المائية قد يعيق الملاحة النهرية.

2. إن تلوث مياه الشرب باليونات النترات يؤدي إلى مرض Methemoglobinemia الذي يصيب الأطفال بصورة خاصة ويعرف بمرض زرقة العيون. حيث إن وجود النترات أكثر من 10 أجزاء بالمليون في مياه الشرب أو الخضروات قد يؤدي إلى حدوث هذا المرض بسبب اختزال النترات في القناة الهضمية إلى التريت وبوصول التريت إلى الدم يتفاعل مع الهيموغلوبين مكوناً مركب يعمل Methemoglobin. هذا المركب يؤدي بدوره إعاقة عملية نقل الدم في الجسم. ولا تعد هذه العملية ذات تأثير يذكر عند الأشخاص البالغين في حين قد تكون بالغاً الخطورة كما أشرنا عند الأطفال الذين هم دون الثلاثة أشهر من أعمارهم. وبالنظر لحدوث هذا النوع من المرض نتيجة لاستهلاك المياه الملوثة بالنترات والتي تكون مصادرها غالباً النترات المغسولة في الاراضي الزراعية المسدمة بالأسمدة النتروجينية فقد أوصيت منظمة الصحة العالمية WHO بعدم احتواء مياه الشرب على تراكيز من النترات تتعدي 10 جزء بالمليون. كما وأن هنالك نباتات تستهلك النترات الموجودة في التربة وتتخزنها بكميات كبيرة داخل خلاياها كما في الخضروات مثل البنجر والسبانخ والكرفس والخس وبعض المحاصيل العلفية مثل الذرة والشوفان.

3. هنالك خطورة أخرى لتراكم كميات كبيرة من التريت في التربة نتيجة لتكون مركبات التتروز أمين Nitrosamine إذ إن توفر أمينات ثانوية في التربة التي قد تضاف كمبيدات حيث إن بعض المبيدات الحشرية من الناحية الكيميائية عبارة عن أمينات ثانوية. كما إن البقايا النباتية غالباً ما تحتوي على هذه المركبات أو تكونها

بعض الأحياء المجهرية في إثناء نشاطها على المبيدات وغيرها من المواد الطبيعية. تتفاعل هذه الأمينات مع النتريت فيتكون مركب Nitrosamine وهو يعد مادة مسرطنة Carcinogenic عند وصوله للإنسان عن طرق الماء أو الخضر:



إن  $R$  ،  $\bar{R}$  يمكن أن تكون مجموعة مثيلية او سلسلة كاربونية مستقيمة او حلقية . إن مركبات النتروز أمين جلبت الانتباه حديثاً" نظراً لأنها بات واضحاً إنها تسبب حدوث بعض الإمراض السرطانية والطفرات وبعض المظاهر الشاذة وأحياناً وفاة الأجنة. ولم تظهر حتى الآن مشاكل بيئية ناجمة عن مركبات النتروز أمين وذلك لقلة احتمال تكونها في التربة، ولكن مدى فاعليته هذه المجموعة من المركبات يجعل تقويم الأضرار عن وجودها ضروري.

وفي الظروف الاعتيادية لا يوجد النتريت في التربة ولكنها قد تظهر بكميات في التربة وت تكون باستمرار في أثناء عملية النترجة واختزال النترات. وكذلك بعض النباتات التي تستهلك من قبل الإنسان كغذاء يمكنها امتصاص هذه المركبات ولكن حتى الآن لا يتوفر الدليل على إنتاج هذه المواد الكيميائية في التربة في الظروف الطبيعية.

لقد شهدت السنوات الأخيرة زيادة كبيرة في إضافة المركبات النتروجينية للترابة وذلك أما على صورة أسمدة كيميائية تضاف بهدف زيادة الإنتاج الزراعي او على صورة كميات ضخمة من سماد الفضلات الحيوانية من أجل التخلص منها او على صورة المخلفات الصلبة والمتبقية من معاملة مياه مجاري المدن للعمل على تلاشي تلوث المياه القريبة. لذا تحدث عملية الترجمة بسرعة واضحة للأسمدة الكيميائية المحتوية في الغالب

على أملاح الامونيوم والبيوريا في حين نجدها على العكس بطيئة بالنسبة للمواد العضوية التتروجينية الموجودة في المخلفات العضوية ويبدو واضحا مدى إمكانية مساهمة الأسمدة في زيادة محتوى التربة والمياه من النترات إذا ما اخذ بنظر الاعتبار النمو المستمر في صناعة الأسمدة خلال السنوات الماضية والحاجة الماسة الى التوسيع في مثل هذه الصناعة مستقبلا للمحافظة على مصادر الغذاء في الدول المتقدمة ولسد استخدام المحاصيل الزراعية لتلك الأسمدة المضافة الى التربة بصورة كاملة والذي يستخدم جزءاً قليلاً منها، إذ نجد إن اغلب الجزء المتبقى في التربة يتراكم الى نترات التي تتعرض اثر تكونها لفعل عملية الغسل بمياه التربة وانطلاق النتروجين بعملية إعادة النترجة الى (Denitrification).

ما تقدم يتضح خطورة تراكم النترات في التربة وتلوثها لمياه والخضر ولهذا السبب تضاف بعض المواد الكيميائية مع المخصبات الكيميائية التتروجينية مثل كبريتات الامونيوم والبيوريا وغيرها للتقليل من كميات النترات المكونة على شرط أن تكون هذه المواد ليست سامة وغير ملوثة للبيئة ولا مكلفة اقتصادياً وإن يكون استعمالها بتراكيز قليلة فعالاً في تثبيط عملية النترجة في التربة . وتشمل هذه المواد الأمثلة الآتية : Chlorinated Pyridines , Trichloracetamide , Sodium or Potassium azide, 2- chloro -6 (trichloromethyl) pyidine (N-serve) , pyrimidines وغيرها من المواد الأخرى .

لقد أظهرت النتائج إن المواد N-serve و DCD هي من المواد الكفؤة في عملية تثبيط النترجة من خلال استعمالها بكميات قليلة جداً وليس لها تأثير سمي يذكر وتحللها في التربة إلى مواد غير سامة كما ثبتت كفاءتها في المجال التطبيقي أيضاً. أن تثبيط عملية النترجة يعني تحويل صيغة النتروجين وتراكمه على شكل أيونات الامونيوم بدلاً من النترات، إذ إن أيونات الامونيوم لا تكون عرضة للغسل بالمياه إضافة إلى ارتباطها

بغرويات التربة على عكس النترات التي تكون حرة في محلول التربة. وهذه الحالة تكون لها فائدة كبرى لتجهيز النباتات بالنتروجين وعلى طول فترة النمو وكذلك الوقاية من احتمال تلوث التربة بالنترات. كما يجب الأخذ بنظر الاعتبار عند استعمال تلك المواد الكيميائية هو اختيار انساب التراكيز المثبتة لعلمية النترجة بحسب نوع النبات المزروع، المدة اللازمة للتبسيط، نوع التربة، سرعة عملية النترجة، حالة المناخ، كمية الأسمدة الكيميائية المضافة وغيرها من العوامل التي تؤثر في التربة وخصوصاً على عملية النترجة.

119. **تلوث التربة بالأسمدة الأخرى**  
 نادراً ما يحدث تلوث للتربة بالأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية كونها تكون مثبتة في معادن الطين أو بهيئة مركبات غير قابلة للذوبان، ولكن قد يحدث تلوث للتربة عند زيادة تراكيز بعض العناصر النادرة في التربة ومنها الآتي:

1. **الحديد**: إن الحديد المتحرر والقابل للذوبان في التربة الغدقة قد يؤدي إلى التأثير السمي على النباتات ( وخاصة تلك المزروعة بالرز ) وإصابة النباتات بمرض يسمى Bronzing والذي يتميز بظهور بقع بنية متعرفة على الأوراق ومن ثم تتطور لتأخذ الشكل البني المنظم وهذا ما يحدث في أوراق الزر الحاوية على أكثر من 300 جزء بالمليون من الحديد.

2. **البورون** : تتأثر النباتات بالسمية للبورون عندما يكون تركيز حامض البوريك 1: 250000 جزء ماء بالنسبة لمحصول الشعير في حين إن التأثير السمي يبدأ بالظهور على نباتات الحمص عندما يصل تركيز حامض البوريك إلى 1: 50000 .

3. **الموليبيدين** : يلاحظ التأثير السمي للموليبيدين في التربة القاعدية التي تحتوي على كميات عالية من العنصر بحالته الجاهزة والنباتات المزروعة في مثل هذه الترب تحتوي على كميات عالية من العنصر والتي تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان . وإن المرض يظهر عندما تصل كمية الموليبيدين في النبات إلى أكثر من 30 ملغم / كغم مادة جافة بينما تحتوي النباتات الصحيحة ( الطبيعية ) عادة على 4-2 ملغم / كغم مادة

## **الفصل السابع عشر التصحر والمحافظة على التربة من التصحر**

مقدمة 120.

تعد ظاهرة التصحر Desertification من الظواهر المهمة باعتبارها من المشكلات التي أصبحت آثارها السلبية لا تقتصر على منطقة محددة دائمًا تشكل مساحة كبيرة وفي معظم القارات ولا سيما في قارة أفريقيا مما أدى إلى قلة إنتاج المحاصيل والذي ينعكس على تغذية الإنسان والحيوان.

يقصد بالتصحر بأنها تحول الأراضي الزراعية والمراعي الطبيعية المستمرة أو بفعل استغلال الإنسان لها بصورة غير منتظمة ومفرطة وتكون الكثبان الرملية وشبكة الرملية وترابكم الأملاح (الطائي 1984).

إن التصحر عملية تدهر في البيئة ولا سيما في عناصر التربة والموارد المائية والنبات الطبيعي مما يؤدي إلى قلة الإنتاجية لموارد الثروة الطبيعية سواء عن طريق التغير في طبيعتها بسبب الاستثمار غير الامثل من قبل الإنسان أو بفعل زحف مظاهر التصحر إليها، أي إن ظاهرة التصحر هي وليدة تفاعل بين الظروف الطبيعية كقلة الأمطار وتذبذبها وارتفاع نسبه التبخر وزحف الكثبان الرملية وتعرية التربة وكذلك العوامل البشرية التي تتمثل بالاستغلال العشوائي لموارد الثروة الطبيعية من خلال الرعي الجائر والري غير المتقن والإفراط في قطع الأشجار وزراعة المناطق الهمشية وغيرها من العوامل الأخرى التي تساعده على انتشار هذه الظاهرة.

للتصحر مظاهر عديدة من أبرزها تعرية التربة وانتشار وزحف الكثبان الرملية وتدهور وزوال الغطاء النباتي الطبيعي وتملح التربة في المناطق الزراعية الارادية،

لذلك هنالك علاقة وثيقة جداً بين المناطق الجافة وشبة الجافة وبين مظاهر التصحر المذكورة آنفاً، كما إن المناطق الجافة بما تتميز به من قلة الأمطار وارتفاع معدلات التبخر والتي تصل إلى 4000 ملم سنوياً وهي معدلات تفوق كمية الأمطار الساقطة أضعافاً، فضلاً عن انحباس الأمطار لفترات طويلة قد تصل في بعض المناطق الشديدة الجفاف إلى عشرات السنين، كذلك تذبذب كمية الأمطار وارتفاع درجات الحرارة في فصل الجفاف وشدة الرياح في بعض الفصول، كل هذه العوامل لها علاقة وثيقة بظاهرة التصحر المختلفة والتي توجد على الأغلب في المناطق الجافة وشبة الجافة.

ويعتقد الباحثون بأن فعاليات التصحر لا تقتصر على المناطق الجافة وشبة الجافة فحسب بل تتعداها إلى المناطق شبه الرطبة أحياناً، كذلك للتدور والضعف في القابلية الإنتاجية والتخييب الذي يصيب التربة بسبب التعرية أو بسبب عدم العناية بها أما بسبب إزالة الغطاء النباتي أو باستعمال الإنسان غير العقلاني لها.

#### 121. تصنيف التصحر

أولاً: **تصنيف التصحر حسب أسبابه:** إن ظاهرة التصحر ليست وليدة سبب واحد (كما تقدم) وإنما ظاهرة يمكن تواجدها أينما وجدت أسبابها الطبيعية والبشرية وعلى هذا الأساس يمكن تصنيف التصحر من حيث أسبابه إلى:

1. **التصحر بسبب الجفاف:** تدل البيانات الإحصائية عن مناخ العالم على أن هنالك تغير في المناخ بين فترة وأخرى وذلك بوجود سنوات رطبة وأخرى جافة، وكذلك تحول المناطق الرطبة إلى جافة بمرور الزمن. إن حدوث دورات الجفاف من ابرز العوامل المؤدية إلى التصحر وبناء على ما تقدم فإن المناطق المتصرحة بسبب الجفاف تتأثر مساحتها بتلك الظروف وتعاني من حركة الاتساع والانكماس من فترة إلى أخرى.

2. التصحر بسبب الإنسان: يؤدي الإنسان دور مهم في ظهور مشكلة التصحر وذلك بسبب الاستثمار غير الامثل لموارد الثروة الطبيعية والتوسع في أنشطته المختلفة مما أدى إلى زوال مساحات واسعة من الغابات بسبب الإفراط في قطع الأشجار والشجيرات، فضلاً عن الرعي الجائر في المراعي الطبيعية واستهلاك كميات كبيرة من المياه بشكل غير متزن في الزراعة الاروائية وزراعته الدائمة للأرض دون الانتباه إلى استعمال الدورات الزراعية التي تعيد للأرض خصوبتها، كذلك يكون للإنسان اثر سلبي على التربة عند حراثة الأرض بطرائق عشوائية مما يعمل على تدهور صفات التربة الفизيائية، ومن ثم لعوامل التعرية لاسيما في الأرض المنحدرة عندما تتم عملية الحراثة عمودياً من الأسفل إلى الأعلى وبالعكس دون أن تكون عملية الحراثة مع الخطوط الكافية.

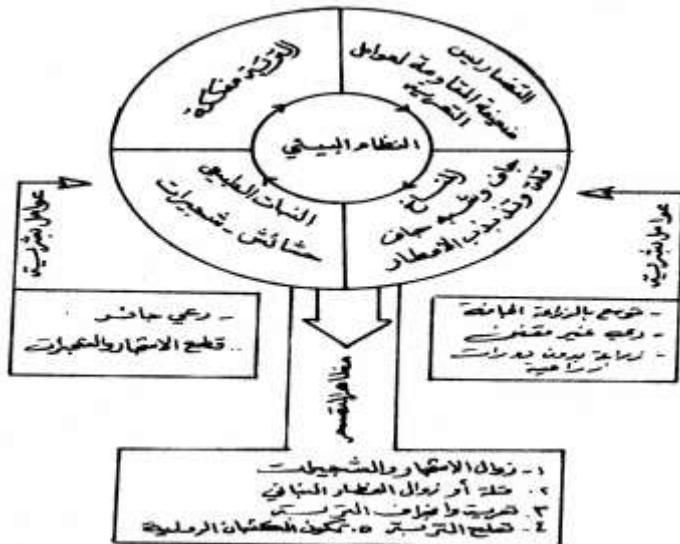
لقد أدى التوسع في أنشطة الإنسان المختلفة إلى توسيع المناطق المتصرحة ذات الإنتاجية القليلة في وحدة المساحة المزروعة، حيث إن التوسع في زراعة الاراضي المروية دون الالتفات إلى الوسائل الكفيلة بتصرفيف المياه الفائضة عن الحاجة (المبازل) أدى إلى ظهور مشكلة التملح في تلك المناطق بحيث أصبح أكثر من 25% من الاراضي المروية في العالم غير صالح للزراعة بسبب التملح.

تعتبر هذه المشكلة من ابرز مشاكل العراق الذي تحولت مساحات كبيرة من أراضيه إلى أراض ملحية وخصوصاً في المنطقة الوسطى والجنوبية. تقدر مساحة الاراضي الزراعية التي تحولت إلى صحاري بسبب سوء استخدام مياه الري بنحو 50 - 60 مليون دونم في أنحاء مختلفة من العالم.

إن لجوء الإنسان إلى قطع الأشجار الطبيعية لأغراض مختلفة جعل مساحات واسعة تفقد الغطاء النباتي الطبيعي وتكون التربة عرضة لعوامل التعرية المختلفة. إن انخفاض

القابلية الإنتاجية للأراضي وتدورها المستمرة بسبب سوء الاستثمار البشري واستغلالها الجائر جعل تلك الأراضي تتحول إلى صحراء من عمل الإنسان.

**3. التصحر المركب:** المقصود بالتصحر المركب هو مظاهر التصحر الناتجة عن التفاعل الدائم والمتبادل بين العوامل الطبيعية والعوامل البشرية لأنه يندر أن تخلو منطقة لم تتأثر بشكل أو بآخر بنشاط الإنسان ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. إن التصحر لم ينجم عن الظروف الطبيعية فحسب، وإنما بصحبة ما اتباهه الإنسان من أساليب متعددة تتصرف بالاستغلال الجائر لموارد الثروة الطبيعية، مما جعل مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية تخرج من حساب الأراضي المنتجة وتدخل ضمن المناطق المتصرحة، فلذلك ليس من الصواب تفسير التصحر على أساس العوامل الطبيعية فقط والشكل (1-17) يوضح التفاعل بين العوامل المختلفة الطبيعية والبشرية التي تؤدي إلى مظاهر التصحر المتعددة.



شكل (1-17): التصحر ومظاهره

122. ثانياً: تصنيف التصحر حسب درجاته على الرغم من عدم وجود معيار كمي محدد متطرق عليه لتصنيف التصحر فقد تم تحديد أربعة درجات في مؤتمر نيروبي للتصحر عام 1977 وقد قام هذا التصنيف على

أساس بعض المؤشرات في إنتاجية الاراضي الزراعية ونوعية النبات الطبيعي في المراعي الطبيعية وتعرية التربة هي:

1. **تصحر طفيف:** يتمثل هذا التصحر في حدوث تلف أو تدمير طفيف جداً في الغطاء النباتي والتربة مما لا يؤثر تأثيراً واضحاً في القدرة الإنتاجية للأرض.
2. **تصحر معتدل:** يمكن التعرف عليه بحدوث تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وتكون في كثبان رملية صغيرة أو أخاديد صغيرة وتكون بعض التنوءات وتملح التربة المروية يقلل من عائد الإنتاج بنسب تراوح بين 10 - 50 %.
3. **تصحر شديد:** يستدل على هذا الصنف من التصحر من انتشار الحشائش غير المرغوبة على حساب الأنواع المرغوبة في المراعي الطبيعية وزيادة نشاط التعرية (المائية والريحية) ووجود الأخدودات الكبيرة وتملح التربة بما يقلل عائد الإنتاج بنسبة أكثر من 50 %.
4. **تصحر شديد جداً:** يوجد هذا الصنف من التصحر في المناطق التي تكون الكثبان الرملية فيها كبيرة وخالية من النبات الطبيعي ووجود الأخدود والأودية العميقه والكبيرة، ودرجة عالية من التملح لدرجة إن التربة تفقد قدرتها الإنتاجية. ويبيّن الجدول (17-1) إن قارة استراليا تأتي بالدرجة الأولى في سعة المناطق المتصرحة بالنسبة إلى مساحتها الكلية حيث تشكل إجمالي الاراضي المتصرحة فيها 71.4% وتليها قارة أفريقيا بنسبة 61.33% من مجموع مساحتها وتأتي بالمرتبة الثالثة قارة آسيا بنسبة 39% من مجموع مساحتها الكلية، ثم تليها أمريكا الشمالية ثم أمريكا الجنوبية بنسبة 20.7%， 17.4% على التوالي.

جدول (17-1): درجات التصحر في قارات العالم

| النسبة الكلية | درجة التصحر |      |       |      | القاره  |
|---------------|-------------|------|-------|------|---------|
|               | شديد جداً   | شديد | معتدل | طفيف |         |
| 61.3          | 0.03        | 21.9 | 22.3  | 17.0 | أفريقيا |
| 38.9          | -           | 10.4 | 25.8  | -    | آسيا    |

|      |     |     |      |      |                 |
|------|-----|-----|------|------|-----------------|
| 71.4 | -   | 8.5 | 32.7 | 30.2 | استراليا        |
| 20.7 | 0.1 | 7.6 | 12.6 | 0.4  | أمريكا الشمالية |
| 17.4 | 0.2 | 1.4 | 15.1 | 0.7  | أمريكا الجنوبية |

• المصدر) محمد رضوان خولي ، 1985

### 123. أسباب التصحر

#### 36.أولاً: العوامل الطبيعية

1. المناخ: يساهم المناخ بشكل فعال في جعل المنطقة تتسم بخصائص بيئية تساعد على تنشيط فعاليات التصحر المختلفة، وان عناصر الحرارة والأمطار والتباخر والجفاف والرياح لها أثرها الفعال في ظهور التصحر.

أ- ارتفاع درجات الحرارة: إن ارتفاع معدلات درجات الحرارة في أشهر الصيف وصفاء السماء وخلوها من السحب والذي يساعد الإشعاع الشمسي للوصول إلى سطح الأرض كاملاً وكون الشمس عمودية أو قريبة من العمودية وطول فترة النهار وخلوها من الأرض دون إن يفقد منها شيء يذكر. إن ذلك يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة التربة ارتفاعاً ملحوظاً خصوصاً الترب ذات النسجة الخشنة (الرملية) حيث أثبتت الدراسات التي أجريت في العراق إن درجة حرارة الرمال في الصيف في المناطق الصحراوية تصل إلى أكثر من 60 م°. تؤدي الظروف المدارية إليها أعلى درجات حرارة التربة ثم تعريتها بواسطة الرياح التي تنقلها من المناطق وترسبها في مناطق أخرى وهذا يفسر لنا انتشار الكثبان الرملية في غرب الفرات في محافظات كربلاء والنجف وذي قار حيث نقلت الرياح كميات كبيرة في تربة الهضبة الغربية، كذلك انتشار الكثبان شبه الرملية في منطقة مابين نهري دجلة والفرات في السهل الرسوبي بسبب نقل الرياح تربة أودية الأنهار الجافة والخالية من النباتات.

ب - قلة الأمطار وتذبذبها: تؤدي قلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة إلى ارتفاع كمية التباخر مما يجعل القيمة الفعلية للأمطار الساقطة قليلة جداً وهذا له مردود سلبي على نوع النبات الطبيعي وكثافته، كما إن توافق ارتفاع درجات الحرارة مع فترة انعدام

سقوط الأمطار او قلتها يؤدي الى خلق ظروف طبيعية لجعل التربة شديدة الجفاف ومفككة وقليلة المقاومة للتعرية الريحية. إن تذبذب الأمطار قد يؤدي الى استمرار السنوات التي أمطرها دورة المعدل العام كما مبين في الجدول (17-2) الذي يوضح عدد السنوات التي تقل فيها الأمطار عن المعدل العام والنسبة المئوية لها ومعامل التذبذب في مناطق مختارة من العراق.

**جدول (17-2): عدد السنوات التي تقل فيها الأمطار عن المعدل العام والنسبة المئوية لها ومعامل التذبذب في مناطق مختارة من العراق**

| المنطقة   | عدد السنوات | عدد السنوات أقل من المعدل العام | عدد السنوات أكثر من المعدل العام | النسبة المئوية لسنوات أقل من المعدل | معامل التذبذب |
|-----------|-------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| الموصل    | 64          | 42                              | 22                               | %66                                 | %22           |
| بغداد     | 64          | 44                              | 20                               | %69                                 | %34           |
| الحي      | 40          | 26                              | 14                               | %65                                 | %29           |
| الديوانية | 40          | 22                              | 18                               | %55                                 | %28           |
| الناصرية  | 40          | 24                              | 16                               | %60                                 | %37           |
| البصرة    | 40          | 21                              | 19                               | %52                                 | %33           |
| الرطبة    | 40          | 23                              | 17                               | %58                                 | %81           |

المصدر: الرياحاني / 1968

بين الجدول بان عدد السنين التي تقل فيها الأمطار دون المعدل العام في جميع المناطق المذكورة أكثر من عدد السنين التي تكون فيها الأمطار أعلى من المعدل العام حيث بلغت عن سبيل المثال في الموصل 42 سنة من مجموع 64 سنة وفي بغداد 44 سنة من مجموع 64 سنة وفي الحي 26 سنة من مجموع 40 سنة.

إن هذه الظاهرة تجعل مظاهر الجفاف أكثر سيادة من مظاهر الرطوبة وتكون لها آثار سلبية في السنوات التي تنخفض فيها كمية الأمطار الساقطة ليس في النبات الطبيعي فحسب وإنما في إجمالي الإنتاج الزراعي فضلاً عن إن انخفاض كميات الأمطار الساقطة

على النحو المذكور له مردود سيء على ازدياد جفاف، كما إن التذبذب الكبير في كمية الأمطار يؤدي إلى اتساع المناطق شبه الجافة والجافة على حساب المناطق الرطبة في السنوات الجافة وهذا بدوره يؤدي إلى اتساع رقعة المناطق المعرضة للتصرّح في تلك المناطق.

**ج - ارتفاع كمية التبخر:** يتميز مناخ المناطق الجافة بقلة كمية الأمطار بصورة عامة وانخفاض قيمتها الفعلية بسبب ارتفاع معدلات التبخر الذي يعود إلى ارتفاع درجات الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح. إن ارتفاع كمية التبخر في أي منطقة يعتبر أحد المؤشرات التي يستعين بها لمعرفة مدى العجز المائي والذي تعاني منه، وكلما ازداد هذا العجز اشتد جفاف المنطقة وانعدمت الزراعة الديميمية وقلة نباتها الطبيعي مما يؤدي إلى نشاط التعرية الريحية وكل ذلك يقود إلى ظواهر التصرّح المختلفة.

إن ارتفاع كمية التبخر في وسط وجنوب العراق جدول (3-17) يفسر لنا ارتفاع نسبة الأملاح في تربة تلك المناطق بفعل الخاصية الشعرية، وما يزيد من نشاط هذا العامل إن الزراعة تعتمد كلّياً في هذه المناطق على مياه الري مما يؤدي إلى زيادة تملح التربة بسبب تبخر المياه الفائضة عن حاجة النبات، وإن ارتفاع الملوحة في بعض أراضي وسط وجنوب العراق جعلها متصرّحة بحيث أصبحت زراعتها خارج نطاق الاستغلال الزراعي.

**جدول (3-17):** معدلات التبخر لبعض المناطق في العراق (ملم)

| الموقع     | التبخر السنوي | المعدل الشهري | المعدل اليومي |
|------------|---------------|---------------|---------------|
| أربيل      | 1400          | 117           | 3.8           |
| نينوى      | 1550          | 129           | 4.2           |
| السليمانية | 1450          | 121           | 4.0           |
| بغداد      | 2400          | 200           | 6.6           |
| الارنبار   | 2150          | 179           | 5.9           |

|     |     |      |           |
|-----|-----|------|-----------|
| 6.3 | 192 | 2300 | كرلاء     |
| 7.3 | 221 | 2650 | الديوانية |
| 6.4 | 196 | 2350 | العمارنة  |
| 8.7 | 267 | 3200 | الناصرية  |

المصدر : فتح الله ، 1971

يتضح من الجدول بان كمية التبخر السنوي وسط العراق ضعف كميتهما في شماله وتبلغ في الجنوب ثلاثة أضعاف ما هو عليه في الشمال وهذا يرتبط بالدرجة الأولى بتباين عنصري الحرارة والأمطار مما يفسر تأثير العامل المناخي في جعل ارجحية وجود مظاهر التصحر بسبب الملوحة وسط وجنوب العراق وقلة تلك المظاهر في الشمال والشمال الشرقي.

**د- الجفاف:** المقصود بالجفاف نقص في كمية الأمطار عن معدلها العام لفترة طويلة او قصيرة مما يؤدي الى قلة كمية المياه الجارية في الانهار وانخفاض في مستوى المياه الجوفية في باطن الارض وقلة الرطوبة التربة، وبعبارة أخرى تسود ظاهرة الجفاف أينما كانت كمية التبخر: النتاج تزيد على كمية التساقط بأنواعه المختلفة. إن المنطقة التي يسود فيها الجفاف بسبب تذبذب كمية الأمطار السنوية وهي تقع بين الجهات التي يسود فيها الجفاف الدائم وتلك التي يسود فيها الجفاف الفصلي، وان هذه المنطقة تزداد مساحتها ويمكن زراعتها في السنوات الرطبة إلا إن مساحتها تقل في السنوات الجافة، فهي تتسع باتجاه أراضي منطقة الجفاف الدائم في السنوات المطيرة والعكس صحيح تقل مساحتها باتجاه منطقة الجفاف الفصلي في السنوات الرطبة، إن ذلك له تأثير مهم في اتساع المساحات المعرضة للتصحر، قربة منطقة الجفاف المؤقت تتميز بقلة الرطوبة في السنوات الجافة مما يؤدي الى تعرضاها الى التعرية الريحية.

**هـ- الرياح:** للرياح دور فاعل في تصحر المناطق التي تهب عليها وبخاصة في فصل الصيف لأن جفاف الرياح وشدة سرعتها يؤدي الى ارتفاع معدلات التبخر مما يؤدي

الى جفاف التربة وذبول أوراق وسيقان النباتات مما ينجم عنه أضرار كبيرة على النباتات الطبيعية والمحاصيل الزراعية.

## 2- التربة

**أ- نسجة التربة:** يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي لمجاميع الأحجام المختلفة لدقائق التربة (الرمل ، الغرين ، الطين) وهو دليل على مدى خشونة او نعومة التربة فالتربة التي تشكل فيها دقائق الرمل نسبة عالية تكون معرضة للتعرية الريحية بشكل كبير بسبب كونها ذات مسامات كبيرة وقابليتها على الاحتفاظ بالماء واطئة وقوه التماسك بين دقائقها ضعيفة ، لذلك تعتبر نسجة التربة احد عوامل التصحر خصوصا إذا تواجدت في مناطق تتصف بقلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وندرة وجود النبات الطبيعي .

**ب- ملوحة التربة:** عادة ما تقع الترب المتأثرة بالملوحة في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف حيث إن كمية الأمطار الساقطة طوال السنة هي أقل بكثير من كمية المياه المتاخرة، ولهذا فان الظروف المناخية المشجعة لتكوين الترب الملحيه هي:

1. الجفاف العالي

2. درجات الحرارة العالية

3. انخفاض النسبة المئوية للرطوبة الجوية

4. ارتفاع معدلات التبخر

إن زيادة كميات الأملاح في التربة تجعل الاراضي متصرحة مما يقلل إنتاجيتها بمرور الزمن.

**ج- تعرية التربة:** هنالك نوعين من التعرية هما التعرية المائية Water Erosion والتعرية الريحية Wind Erosion. فالتعرية المائية تتباين في الشدة من التعرية الأخدودية حيث التعرية شديدة والتي تؤدي الى فقدان سطح التربة في المناطق ذات الانحدار الشديد الى التعرية السطحية في المناطق ذات الانحدار البسيط. إما التعرية

الرياحية فتتمثل في نقل وثائق التربة عن طريق الرياح في المناطق التي تسود فيها ظروف الجفاف. إن عملية تعرية التربة تؤدي دوراً غائباً في الأهمية في انتشار مظاهر التصحر.

124. ثانياً: العوامل البشرية  
تؤدي العوامل البشرية دوراً فاعلاً في توسيع رقعة المناطق المتصحرة ويمكن إجمالها بالي غير المتقن والرعى الجائر والإفراط في قطع الأشجار والشجيرات وزراعة المناطق الهاشميشية، لقد فقد العراق أكثر من مليون دونم من أراضيه المنتجة خلال العشر سنوات الماضية من جراء انتشار مظاهر التصحر المختلفة.

1. الري غير المتقن: إن إتباع الري العشوائي غير المتقن من حيث تعدد الريات في غير أوقاتها المحددة وعدم إتباع نظام الري حسب المقدن المائي لكل محصول في العوامل المهمة في زيادة نسبة الملوحة في التربة. لذلك فإن معظم الاراضي المتصحرة هي من الاراضي المرورية والتي ازدادت ملوحتها بعد أن كانت ذات إنتاجية عالية بسبب سوء استثمار الإنسان لمياه الري.

2. الرعي الجائر: يعتبر الرعي الجائر من العوامل الرئيسية في ظاهرة تصحر أراضي المراعي الطبيعية مما يؤدي إلى تدهور الاراضي وتركها جراء عرضة لعوامل التعرية الطبيعية.

3. الإفراط في قطع الأشجار والشجيرات: يؤدي الغطاء النباتي دوراً مهماً في تثبيت التربة والحفاظ عليها وزيادة مقاومتها لعوامل التعرية ولاسيما إذا كان الغطاء النباتي على شكل أشجار وشجيرات، حيث إن وجودها يؤدي إلى تماسك التربة ويقلل من سرعة المياه السطحية الجارية كذلك يقلل من سرعة الرياح التي يمكن أن تزيل التربة السطحية. إن القطع المفرط فضلاً عن الحرائق تؤدي إلى قلة الغطاء الشجري مما يجعل التربة أكثر عرضة لمظاهر التصحر.

**4. زراعة المناطق الهمشية:** يقصد بالمناطق الهمشية تلك الاراضي الواقعة بين المناطق ذات الأمطار الكافية للزراعة الديميمية والمناطق الجافة التي تكون الأمطار قليلة لا تكفي لنجاح الزراعة الديميمية، وتترك عادة مراعي او تزرع عن طريق الري. يؤدي التوسيع الأفقي في الزراعة الى زراعة الاراضي الهمشية، ولأن الأمطار غير مضمونة منها فان تهيئة الارض للزراعة بحراثتها وعدم سقوط الأمطار الكافية للزراعة في مواسم كثيرة يجعل تربتها المحروثة التي هي بطبيعتها قليلة الرطوبة معرضة للنقل من قبل الرياح الى مناطق أخرى. كما إن الزراعة في المناطق الهمشية تجعل المنطقة تفقد نباتها الطبيعي الأصلي بسبب حراثتها المستمرة مما يجعل مساحتها معرضة لخطر التصحر.

## **المناطق المتصرحة في العراق**

يمكن تقسيم المناطق المتصرحة في العراق حسب أسباب تصرحها الى الآتي:

1. المناطق المتصرحة بسبب الكثبان الرملية
2. المناطق المتصرحة بسبب تملح التربة
3. المناطق المتصرحة بسبب الرعي الجائر
4. المناطق المتصرحة بسبب تعرية التربة

### **أولاً: المناطق المتصرحة بسبب الكثبان الرملية**

تکاد تكون جميع محافظات العراق متاثرة بدرجة او بأخرى بالتصحر وتكوين وزحف الكثبان الرملية وشبه الرملية عدا المناطق الجبلية من شمال العراق وكما يلي:

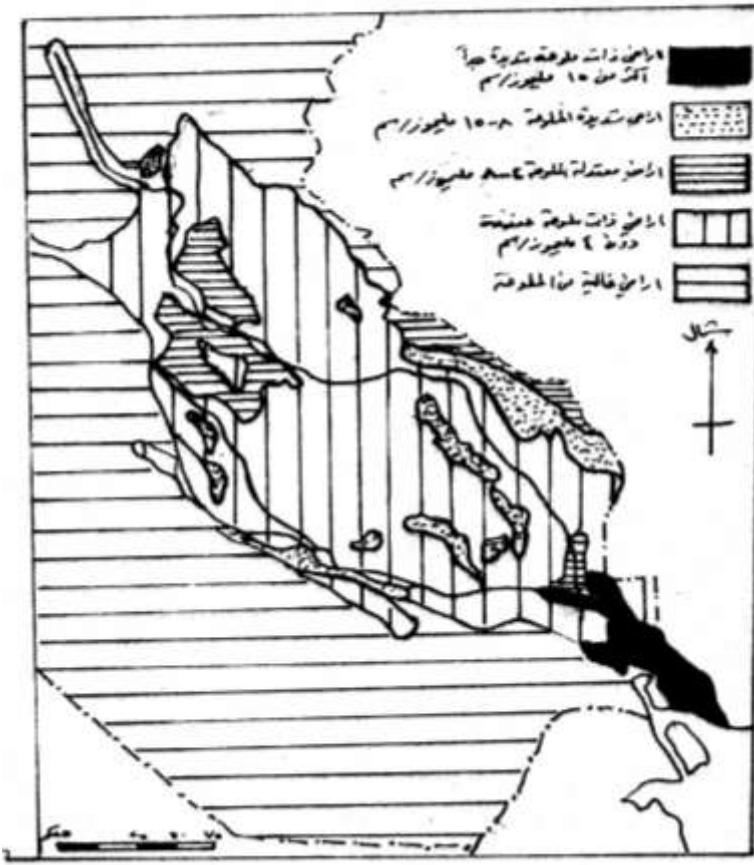
1. محافظة صلاح الدين (خصوصا في منطقتي بيجي والعيث)

2. منطقة السهل الرسوبي بين حوضي دجلة والفرات وتشمل أراضي محافظات الحلة ، الكوت ، الديوانية ، الناصرية والتي تقدر مساحتها بحوالي ثلاثة ملايين دونم .

3. منطقة الشريط الممتد من محافظة النجف حتى الحدود العراقية – الكويتية.

4. مناطق متفرقة أخرى من محافظات ديالى وكربلاء والرمادي والعمارة والبصرة.

**125. ثانياً: المناطق المتصرحة بسبب تملح التربة**  
إن المناطق المتصرحة بسبب تملح التربة في العراق ما هي إلا نتاجة نهائية لتفاعل الظروف الطبيعية التي تتسم بالجفاف وارتفاع درجات الحرارة وسوء التصريف الطبيعي للترابة فضلاً عن العوامل البشرية المتمثلة في الأساليب الخاطئة للري وقلة أو عدم وجود مشاريع البزل لصرف المياه الزائدة، إضافة إلى ذلك ما تحمله مياه أنهار العراق سنوياً من كميات من الأملاح تقدر بنحو 22 مليون طن . إن المناطق المتصرحة بسبب الملوحة تبدأ من شمال بغداد باتجاه الجنوب حتى رأس والحدود العراقية الإيرانية شرقاً والهضبة الغربية غرباً وراس الخليج العربي جنوباً بمساحة تقدر بنحو 93000 كيلو متر مربع أي ما يساوي خمس مساحة العراق. ويبين الشكل (2-17) خارطة المناطق المتصرحة في العراق بسبب الملوحة. إن هذه المناطق آخذة بالتتوسيع إذا لم تتبع أساليب فعالة كفيلة بتقليل الملوحة في الترب العراقية.

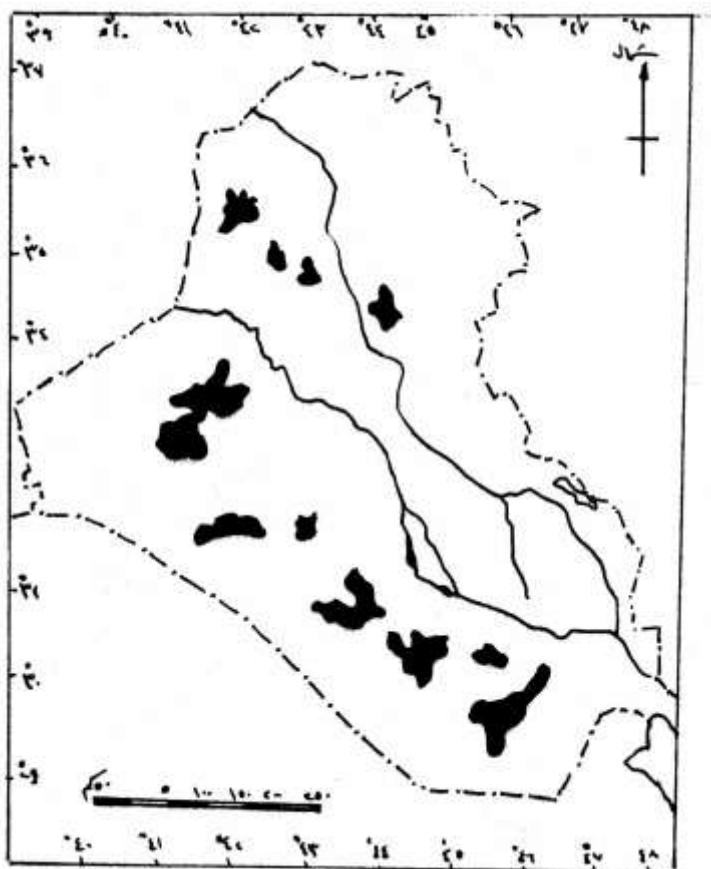


شكل (17-2): المناطق المتصرحة في العراق بسبب انتشار الملوحة

### 126. ثالثاً: المناطق المتصرحة بسبب الرعي الجائر

يعزى تدهور المراعي أساساً إلى الإنسان واستخدامه غير الحكيم للموارد الطبيعية، فالرعي الجائر والمبكر بأعداد كبيرة من الأغنام والماعز والجمال أو بقاوئها مدة أطول مما يتحمله المراعي، فضلاً عن عمليات التحطيب للأغراض المنزلية وحراثة الأرض المخصصة كمراعي طبيعية وزراعتها في المناطق الهمشريّة، كلها عوامل أدت إلى تقليل الغطاء النباتي الطبيعي وبالتالي تحولت إلى أرض صحراوية، ويبين الشكل (3-17) المناطق المتصرحة بسبب الرعي الجائر. إن المساحات المتصرحة بسبب الرعي الجائر

في العراق تقدر بنحو 720800 دونم وهي تشكل 23% من المساحة الكلية التي تستغل مراعي للرعي الحر في العراق.



شكل (3-17): المناطق المتصرحة في العراق بسبب الرعي الجائر

رابعاً: **المناطق المتصرحة بسبب تعرية التربة**  
إن أكثر من 57% من مساحة العراق الكلية تتأثر بعوامل التعرية المائية والهوائية وبدرجات مقاومة في مناطق مختلفة ويبين الشكل (4-17) إن التصحر بسبب التعرية يسود في المناطق التي تعاني تربتها من التعرية الشديدة والشديدة جداً التي فقدت أكثر من

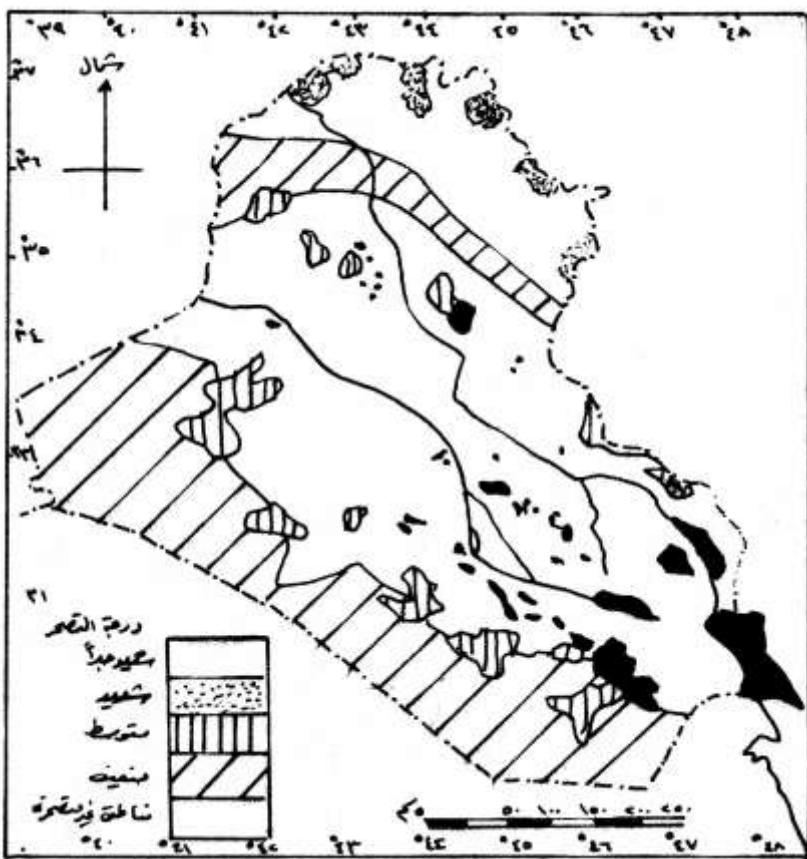
75 % من قدرتها او فقدت التربة بكماتها في المناطق الشديدة الانحدار. وتقدر المناطق المتصرحة بسبب تعرية التربة في العراق بنحو 52400000 دونم.



شكل (4-17): التباين المكاني للتعرية التربة في العراق

إن المساحات المتصرحة في العراق ولجميع العوامل السابقة الذكر تقدر بحوالي 238 كم<sup>2</sup> أي نحو 54 % من المساحة الكلية للعراق، ويبين الشكل (17-5) المناطق المتاثرة بالتصحر وحسب درجة تصحرها حيث توجد المناطق ذات التصحر الطفيف في جنوب غرب العراق وهذا يرتبط بقلة اثر النشاط البشري في الاراضي الجافة في الوقت الحاضر، وقلة كثافة السكان فيها أيضاً، أما المنطقة الثانية فهي جزء في المنطقة الشمالية

التي تتصف بالمناخ شبه الرطب حيث تكون التعرية الهوائية والمائية ضئيلة فضلاً عن إنها ذات كثافة سكانية معتدلة.



شكل (5-17): خارطة التصحر في العراق

أما المناطق ذات الأراضي المتصرحة بدرجة متوسطة فإنها تشمل الأراضي التي تعاني من تدهور متوسط في غطائها النباتي والأراضي ذات الأخدود الصغيرة في بعض المناطق الشرقية من القطر. وتنشر الأراضي المتصرحة بدرجة شديدة في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية حيث أدى نشاط التعرية المائية إلى تعرية وجرف التربة بسبب

الكميات الكبيرة نسبيا في المطار الساقطة وشدة الانحدار فضلا عن القطع المفرط للأشجار.

أما المناطق ذات التصحر الشديد جدا فإنها تظهر في المناطق الجنوبية بالدرجة الأولى والجنوبية الغربية بالدرجة الثانية وهذا يرتبط بانتشار المناطق ذات التربة المتملحة بدرجة عالية جدا وكذلك بسبب انتشار الكثبان الرملية المتحركة.

128. السيطرة على التصحر يمكن السيطرة على التصحر بإتباع الأساليب التالية:

37. أولاً: تثبيت الكثبان الرملية من أهم الطرق المستعملة تثبيت الكثبان الرملية هي:

#### 1. الطرق الميكانيكية

أ- استعمال الإسيجه الواقية: وتنتم باستخدام بعض الأجزاء النباتية الجافة إلا إن هذه الطريقة ذات كفاءة قليلة أمام زحف الكثبان الرملية خاصة وإن استعمال هذه الطريقة يتطلب كميات كبيرة من هذه المواد إضافة إلى الحاجة إلى أياد عاملة كثيرة في التنفيذ.

ب- التغطية بالتربة ذات النسجة الثقيلة: وهذا يتم باستعمال مكائن مثل البلدورزرات في إزاحة التربة حيث يتم تغطية الكثبان الرملية الفعالة بطبقة من التربة المجاورة بسمك 25-40 سم فوق الكثبان الرملية.

ج - إنشاء السداد الترابية: يعتبر هذا الأسلوب معروف في دول عديدة من العالم إلا إن المشكلة الأساسية تكمن في حجم العمل المطلوب ومتطلباته من مكائن ومعدات وعموما فهي طريقة فعالة في حجز الرمال وتأخير زحفها مما يفسح المجال لأعمال التشجير والري للتنفيذ تحت ظروف أفضل عن إنشاء السداد الترابية وخاصة العالية منها ( 3-4 م ) يمكن أن تغلق مساحات كبيرة من الكثبان الرملية وبالتالي تحديد حركة الرعي ومنعها نهائيا، إضافة إلى إن جوانب السداد تعتبر حاجزا جيدا للبذور الزاحفة والمتطايرة مع حصولها على رطوبة أكثر بعد سقوط أي كمية من الأمطار

نتيجة لوجود انحدار جوانب السداد الترابية، هذه العوامل تشجيع على زيادة إنبات البذور ونمو مختلف أنواع النباتية.

#### 129. 2- المواد النفطية والكيميائية

استعملت عدة مواد كيميائية وهي تحت أسماء تجارية مختلفة إلا إن تأثيرها محدود فضلا عن ارتفاع كلفتها كونها مواد مصنعة أو مستوردة ومن هذه المواد: المطاط، الفلنکوت ، اليوريما مع الفلورمالدهايد ، مادة الديون بوند ، الهيكرومول ، ومواد أخرى من اصل نفطي مثل النفط الأسود والبتيومين (وهي مادة إسفلنية) وغيرها. ومن الضروري الاهتمام بدراسة هذه المواد وخاصة المواد الخام وشبه المصنعة والنواتج العرضية ذات الأصل النفطي والمتوفرة في العراق لإمكانية استعمالها بنطاق واسع.

#### 130. ثانياً: الزراعة والتشجير

إن الحل النهائي والمضمون لمشكلة الكثبان الرملية هو إيجاد غطاء نباتي مستقر ومؤثر في حماية التربة من عوامل التعرية ولتقليل سرعة الرياح السطحية وهذا يمكن أن يتم بوساطة تنمية النبات الطبيعي وزراعة الأشجار والشجيرات المختلفة.

وبالنظر لظروف الجفاف السائدة فمن الضروري توفير المياه لري هذه الأشجار والشجيرات. ومن الأنواع المستخدمة في التشجير والزراعة في العراق: الأثل ، الكازورينا ، اليوکالبتوس ، الاکاسيا ، شواك الشام ، الدخن الأزرق ، الخروع ، البارکنسونيا ، أما النباتات التي تنمو بكثرة بصورة طبيعية فهي : الطرطیع ، الارطة ، العاکول ، الشوك ، الجبجاب ، القصب . والجدول (4-17) يوضح الأسماء العلمية للنباتات التي ورد ذكرها.

جدول (4-17): النباتات المستخدمة في التشجير والزراعة في المناطق المتأثرة بالكثبان الرملية

| الاسم العلمي       | النبات |
|--------------------|--------|
| Tamarix articulata | الأثل  |

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| Eucalyptus SPP            | اليوكالبتوس  |
| Casuarina SPP             | الказونيا    |
| Acacia SPP                | الاكاسيا     |
| Prosopis SPP              | شوك الشام    |
| Parkinsonia SPP           | الباركنسونيا |
| Panicum SPP               | الدخن الأزرق |
| Ricinus commimis          | الخروع       |
| Suaeda SPP                | الطرطيع      |
| Pulicaria Guistil         | الجحاب       |
| <b>Calligonum<br/>SPP</b> | الارطة       |
| Alhagi mauroum            | العاكول      |
| Prosopis SPP              | الشوك        |
| Phramitis communis        | القصب        |
| Tamarix SPP               | الطرفة       |

هناك عدة طرق يمكن إتباعها للتشجير ولكن الطريقتين الأكثر شيوعا هي:

#### 1. طريقة التشجير الجاف

تستعمل هذه الطريقة في المنطقة التي تتميز بوجود كثبان رملية تحتوي على رطوبة كافية في موسم الأمطار حيث تهيئ الفرصة لزراعة الأشجار على شكل شتلات أو أقلام (عقل)، أما في فصل الجفاف فيتم السقي في المرحلة الأولى من التشجير وقد تم تطبيق هذه الطريقة في منطقة بيجي التابعة لمحافظة صلاح الدين في العراق، حيث تزرع الشتلات والأقلام في شهر شباط لأن تربة الكثيب تكون رطبة في هذا الشهر وكمية التبخر قليلة، وتأكد زراعة الأقلام لأنها منخفضة الكلفة وسريعة في العمل،

حيث تهياً الأقلام بطول 120 – 150 سم ثم تغرس في الكثبان شريطة أن يبقى منها فوق سطح الأرض من 5 إلى 10 سم. وقد ثبت عملياً إن الأئل هو أفضل أنواع الأشجار نجاحاً للتشجير الجاف لأنه لا يحتاج إلى الري مطلقاً، أما الأشجار الأخرى مثل اليووكالبتوس والاكاسيا والكاوزورينا فتحتاج إلى رى مستمر في فصل الصيف في السنوات الثلاث الأولى من زراعتها.

## 2. طريقة التشجير بالري

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون أمطار المنطقة من القلة بحيث لا تتوفر في التربة الرطوبة المناسبة لنمو الأشجار فلذلك تستخدم وسائل الري المختلفة لتامين المياه للشتالات والأقلام أما من مياه الآبار أو من قنوات الري أو باستخدام السيارات الحوضية الناقلة للمياه.

### 131. ثالثاً: معالجة ملوحة التربة

هناك عدة طرائق لحفظ التربة من التملح ومعالجة التصحر الناجم عن ملوحة التربة منها:

#### 1. تحسين طرائق الري وتقنيات المياه

ويتم بإتباع الآتي:

- أ - تبطين قنوات الري بالاسمنت أو بأية مواد أخرى مانعه للتسرب لتقليل ظهور الأملاح على سطح الأرض المجاورة لها.
- ب - استعمال الأنابيب لنقل مياه الري
- ج - توفير مياه الري على أساس المقنن المائي لكل محصول لتجنب حصول أي تبذير أو هدر في مياه الري، والجدول (5-17) بين التباين الكبير في المقنن المائي لبعض المحاصيل المزروعة في المنطقة المرورية من العراق.

جدول (5-17): المقنن المائي لبعض المحاصيل في المنطقة الاروائية من العراق

| المقنن المائي م3/دونم / للموسم الزراعي | المحصول |
|--|---------|
| 1250                                   | الحنطة  |

|      |               |
|------|---------------|
| 992  | الشعير        |
| 3237 | الماش         |
| 972  | الذرة البيضاء |
| 1750 | الذرة الصفراء |

## 2. استعمال طرائق الري الحديثة

بالنظر لما تتطوّي عليه طرائق الري التقليدية في دور كبير في انتشار الملوحة فان استعمال طرائق حديثة في الري كالري بالرش Sprinkler Irrigation والري بالتنقيط Trickle or Drip Irrigation يمكن أن تساهم في تقنين مياه الري ومعالجة مشكلة الملوحة التي تسبّبها كميات المياه الفائضة.

## 3. غسل التربة من الأملاح

يتم ذلك بإذابة الأملاح المتراكمة في التربة بالماء ثم التخلص من الماء المالح عن طريق شبكات البزل.

132. رابعاً: تنظيم الرعي  
ويمكن أن يتم ذلك من خلال الآتي:

1. إتباع نظام حماية المراعي بإقامة المسيجات
2. إتباع نظام الراحة الدورية في المراعي
3. إكثار الأعشاب التي تحمل الملوحة واستخدامها للرعي

133. خامساً: استخدام مصدات الرياح  
تستخدم مصدات الرياح غالباً للسيطرة على زحف الرمال وبالتالي إيقاف عملية التصحر و مصدات الرياح عبارة عن حواجز أرضية تتعرض أو تبطئ من سرعة الريح أثناء عبورها فوق المنطقة المراد حمايتها (شكل 6-17).



شكل (17-6): استخدام مصدات الرياح لوقف التصحر

تعتمد فعالية أي حاجز في تخفيض السرعة السطحية للريح على شكل وارتفاع وطول وكثافة الحاجز وعلى سرعة الريح وبصورة عامة يمكن الحصول على مصدات رياح فعالة إذا ما صممت واديمت بصورة صحيحة.

هناك العديد من أنواع مصدات الرياح فقد استعملت أسيجة من الألواح الخشبية أو حواجز من القماش ومواد أخرى عديدة لكن مصدات الرياح الأكثر شيوعا هي المكونة من الأشجار والشجيرات.

ينبغي زراعة مصدات الرياح بصورة متعمدة مع الاتجاه السائد للريح. ولحماية الترب في المناطق القاحلة ينصح باستخدام صف واحد إلى تسع صفوف من الأشجار ويجب أن تشمل الزراعة من خط إلى ثلاثة خطوط من الأشجار الطويلة مع شجيرات كثيفة على كل جهة (شكل 17-7).



شكل (7-17): مصد ريح مكون من أشجار

تنشا مصدات الرياح في اغلب الأحوال في تسعه خطوط من الأشجار المختلفة في أطوالها فالخطوط الثلاثة الوسطية يجب أن تكون من أشجار قوية وعالية وكثيفة الأوراق، أما أشجار الخطوط الطرفية فتكون متدرجة في الارتفاع إلا أن تصل الى الخط الطرفي الأخير الى شجيرات او أشجار واطئة وبذلك يأخذ شكل الأشجار في المصد الشكل الهرمي (شكل 7-17) ليست جميع الأشجار صالحة لأن تكون كمصدات للرياح وإنما يجب او تتوفر فيها مواصفات معينة منها:

1. ملائمة لمناخ وترابة وطبوغرافية المنطقة التي تزرع فيها.
2. ذات قابلية عالية على مقاومة الرياح وان تصمد ولا تتكسر.
3. ذات أوراق قوية لا تمزقها الرياح.

## **الفصل الثامن عشر**

### **التعرية الريحية وتدور النظم البيئي**

تعتبر التعرية الريحية من المشاكل الخطيرة في مناطق عديدة من العالم، فالرواسب الهوائية الممتدة من العصور الجيولوجية القديمة تبرهن أيضاً على إنها ليست ظاهرة حديثة.

تكون التعرية الريحية أسوأ في المناطق الجافة وشبه الجافة عندما تحصل غالباً في الظروف التالية: تربة هشة، جافة، بأجزاء ناعمة، سطح التربة ناعم وخالي من الغطاء النباتي، حقول واسعة، ورياح قوية. فالأراضي الجافة وشبه الجافة شاسعة المساحات وتشكل حوالي ثلث مساحة الأراضي الإجمالية في العالم وهي موطن سدس نفوس العالم وتشمل المناطق الأكثر عرضة للتعرية الريحية في أراض زراعية معظم شمال أفريقيا والشرق الأدنى وأجزاء من جنوب وشرق آسيا وسهول سيريا واستراليا وجنوب أميركا الجنوبي وأجزاء من أميركا الشمالية، (FAO, 1960).

وقد جاء تقرير Gibbs عام 1954 بـ 80.9 % من أراضي العراق متاثرة بالتعرية الريحية بدرجة أو أخرى وإن شدة ومساحة الأراضي المتاثرة بالتعرية الريحية ونسبها يوضحها الجدول (18-1).

تزيل التعرية الريحية ميكانيكياً من الحقل الجزء الأكثر خصوبة وعليه فان إنتاجية الأرض سوف تتخفض كما إن دقائق التربة المحمولة بواسطة الرياح تعمل على حجب الرؤيا وتلوث الهواء ويكون خطراً على صحة الإنسان والحيوان، كما إن التربة المتطايرة تستقر على طرق المواصلات فضلاً عن آثارها السلبية على بزوغ الباردات ونموها كما تساهم في نقل بعض مسببات الأمراض النباتية.

**جدول (18-1): شدة ومساحة الأراضي المتاثرة بالتعرية الريحية**

### ونسبها في العراق (عن: الطائي، 1984)

| النسبة المئوية مقارنة بمساحة العراق | المساحة (دونم) | شدة التعرية الريحية         |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| 49                                  | 85478800       | ضئيلة إلى متوسطة            |
| 13                                  | 22391200       | متوسطة إلى شديدة            |
| 4                                   | 6983200        | شديدة                       |
| 2                                   | 4232000        | شديدة وغطاء رملي            |
| 1                                   | 1464000        | شديدة جداً                  |
| 1.3                                 | 2200000        | شديدة جداً وكثبان شبه رملية |
| 0.6                                 | 968000         | كثبان رملية                 |

134. دورة التعرية الريحية  
 المراحل المختلفة للتعرية الريحية من التفكيك الأولي للترابة حتى ترسيبها وتماسكها يمكن إعادة حدوثه على نفس الحقل أو التربة بحيث يمكن أن تعد هذه العمليات دورة.  
 والمراحل هي الآتي:

- 1- **تفكيك وتحطيم التربة:** تحدث هذه بعوامل الانجماد ، الابتلال ، الجفاف ، صدمات قطرات المطر ، الحراثة .
- 2- **بداية الحركة:** تبدأ الحركة بالدقائق الأكثر قابلية على التعرية وهذه بصورة عامة هي دقائق التي تتراوح أقطارها بين 0.1 – 0.5 ملم .
- 3- **النقل:** يشمل نقل التربة بالرياح ثلات أنواع من الحركة هي:
  - أ- الزحف السطحي Surface creep
  - ب- القفز Saltation
  - ت- المعلق Suspension
- 4- **التصنيف:** تنفصل دقائق التربة أثناء النقل نتيجة لتغيرات حجمها وكتافتها وشكلها.
- 5- **الترسيب الميكانيكي:** تترسب التربة المتردية هوائياً بطرق مختلفة، فالدقائق الأصغر والأخف المكونة للغبار تحمل إلى بعد مسافة غالباً بعد بكثير من المنطقة التي

النقطت منها وتسقى الى الأسفل فقط عندما تتوقف الريح او عند يحدث المطر. أما الدقائق الأكبر التي تتحرك بالتعلق والتي تتراوح اقطارها من 0.01 – 0.1 ملم تترسب غالبا ضمن كيلومترات قليلة من موقعها الأصلي، وهذه الدقائق لا تنتقل بعيداً بسبب احتواها على نسبة قليلة من الدقائق ذات الحجم القافز. أما الدقائق التي تتراوح اقطارها من 0.1 – 0.5 ملم والتي تتحرك بالقفز تترسب عندما تقل شدة الريح بسبب وجود النباتات او في حالة عدم استواء سطح الارض شكل (18-1) ويسبب تجمع هذه التربسات تكوين الروابي والكتبان.



شكل (18-1): ترسيب التربة المتعريبة بواسطة الريح بسبب وجود القناة

والأدغال القريبة من السياج

**6- تماسك وثبتت التربة:** حالما تترسب جسيمات التربة في الهواء تأخذ العوامل الطبيعية عملها في تماسك وثبتت التربة المكونة حديثا، فالجاذبية الأرضية وضربات قطرات المطر وتقلص التربة المبتلة أثناء جفافها والنباتات الدقيقة والحيوانات الدقيقة هي المسؤول الرئيس عن ذلك.

135. العوامل البيئية المؤثرة على تعرية التربة بالريح

1. المناخ وسرعة الهواء والاضطراب: تعتبر سرعة الريح عند سطح الارض هو العامل الاكثر أهمية، كما إن هنالك سرعة ريح صغرى لبدء عملية التعرية الريحية، فإذا لم تكن هنالك دقائق تربة في الهواء لزم سرعة أعلى لبدء الحركة مما لو كانت هنالك دقائق قافزة من المناطق المجاورة ساقطة على الارض ومضيفة طاقتها الحركية للريح لبدء حركة التربة وهذه الأخيرة تدعى السرعة الbadia الصادمة الصغرى Minemam impact threshold velocity في حين تدعى سرعة الريح اللازمة لبدء التعرية بدون مساعدة الجسيمات من الخارج السرعة الbadia المائعة الصغرى Mineman fluid threshold velocity واعتماداً على الحالة المعطاة تتراوح هذه السرعة بين 12.8 – 20.8 كم/ساعة مقاسة على ارتفاع 15 سم فوق سطح الارض .

لقد اثبت Beaufort مقياساً لسرعة الريح بناءً على تأثيرها على عوامل مختلفة، ويختلف اتجاه الريح باختلاف المسافة فوق سطح الارض وان اكبر اختلاف يكون قرب السطح، وان سرعة الريح المذكورة في مقياس Beaufort هي للريح المارة عند ارتفاع مقياس سرعة الرياح القياسية Standard anemometer وهو 10 أمتار فوق سطح ارض (جدول 18-2).

جدول (18-2): سرعة الريح حسب مقياس Beaufort

| خطر التعرية | العلامات التي تستدل منها على سرعة الريح             | السرعة كيلومتر / ساعة | الكلمة الوصفية | رقم |
|-------------|---|-----------------------|----------------|-----|
|             | الدخان يرتفع عموديا                                 | اقل من 1.6            | هدئة           | صفر |
| لا يوجد     | يظهر اتجاه الريح من الدخان وليس من دليل اتجاه الريح | 4.8 – 1.6             | calm           | 1   |
|             | تحس الريح على الوجه، يسمع خفيف اوراق                | 11.2 – 6.4            | خفيفة          | 2   |

|                             |  |              |                         |    |
|-----------------------------|--|--------------|-------------------------|----|
|                             | الشجر ، الطواحين الهوائية العادمة تتحرك<br>بالريح                                |              | Light                   |    |
| تبدأ في<br>الترب<br>العضوية | الأوراق والفروع الصغيرة في حركة مستمرة<br>والريح تنشر الأعلام الخفيفة            | 19.2 – 12.8  | لطيفة<br>gentle         | 3  |
| طفيفة                       | يرتفع الغبار والأوراق السائبة تتحرك<br>الأغصان الصغيرة                           | 28.8 – 20.8  | معتدلة<br>moderate      | 4  |
|                             | الأشجار الصغيرة مع أوراقها تبدأ بالتمايل<br>تشكل موجات صغيرة على المياه الداخلية | 38.4 – 30.4  | منعشة<br>fresh          | 5  |
| معتبرة                      | الأغصان الكبيرة في حركة ، يسمع صفير في<br>أسلاك التلغراف – صعوبة استعمال المظلات | 49.6 – 40.0  |                         | 6  |
|                             | جميع الأشجار في حركة ، يشعر بعدم الراحة<br>عند السير ضد الريح                    | 60.8 – 51.2  | قوية<br>strong          | 7  |
|                             | تنكسر فروع الأشجار ، يعيق التقدم بصورة<br>عامة                                   | 73.6 – 62.4  |                         | 8  |
| شديدة                       | تحدث أضراراً بسيطة في المنشآت  | 86.4 – 75.2  | هواء<br>gale            | 9  |
|                             | تقلع الأشجار من جذورها – تحدث أضراراً<br>ذات بالمنشآت                            | 100.8 – 88.0 |                         | 10 |
|                             | نادرة الحدوث وعند حدوثها تصاحب عادة<br>بأضرار جسيمة                              | 120 - 102.4  | هواء جدًا<br>whole gale | 11 |
|                             |  | فوق 120      | إعصار<br>Hurricane      | 12 |

2. درجة الحرارة: يؤثر كل من درجة الحرارة والضغط الجوي والرطوبة النسبية على الوزن النوعي للهواء ومن ثم على الطاقة التي تضرب بها الريح سطح الأرض، كما تلعب دوراً مهماً في التعرية الريحية للتربة من خلال تأثيرها على التبخر.

3. **السقيط**: كمية وتوزيع سقوط الأمطار تأثير غير مباشر على التعرية الريحية عن طريق تجهيز الأرض بالماء والذي تعتبر ضروري للغطاء النباتي والذي يحمي الأرض من التأثير المباشر للرياح.

4. **التربة**: تعتمد نسجة وبناء التربة والكتافة الظاهرية ومحتوى الرطوبة عند السطح من العوامل المهمة المؤثرة على تعرية التربة بالريح. حيث تت弟兄 في الرمال بسهولة لاحتواها على نسبة كبيرة من الدقائق ذات الحجم القافز ونسبة قليلة من المواد الغروية بينما تكون الترب الطينية والغرينية ثابتة نوعاً ما بسبب كونها ذات دقائق متماسكة وتكون قشرة حامية على السطح بسهولة، أما الترب العضوية فهي تتجرف بسهولة بسبب خفة وزنها.

تتجرف الترب التي تحتوي على تجمعات بالحجم القابل للتعرية بسرعة بسبب انخفاض كثافتها الظاهرية لهذا فهي ترفع برياح ذات سرعة منخفضة نوعاً ما بينما تتجرف الترب ذات الدقائق الخشنة بالقفز غالباً، أما الترب التي تحتوي على تجمعات أكبر وتلك التي تتكون فيها قشرة Crust على السطح فتكون مقاومة نوعاً ما للتعرية الريحية.

وتحت الظروف العملية كلما كانت التربة انعم تطايرت أكثر بسبب نعومة السطح وجود دقائق ذات قطر تترواح بين  $0.1 - 0.5$  ملم وهي كافية لبدء القفز وإثارة الغبار، والجدول الآتي يوضح الحجوم التقريبية لدقائق المتحركة بواسطة الريح.

**جدول (3-18) : الحجوم التقريبية لدقائق التربة المتحركة بالريح**

| قطر دقائق التربة | شكل التعرية الريحية |
|------------------|---------------------|
| صغر من $0.1$ ملم | التعليق             |
| $0.5 - 0.1$ ملم  | القفز               |

|   |               |
|---|---------------|
| الزحف السطحي                                | 3.0 – 0.5 ملم |
| تتحرك الدقائق الأكبر من 3 ملم بالأعاصير فقط |               |

يمكن أن تحدث التعرية الريحية فقط عندما يكون سطح التربة جافاً أو حاوياً على رطوبة قليلة جداً. لأن الشد السطحي يمسك دقائق التربة بعضها مع البعض الآخر إذا كانت التربة رطبة، حيث إن الترب التي تميل إلى الاحتفاظ بالرطوبة تكون مقاومة نوعاً ما للانجراف.

136. العوامل الأخرى المؤثرة على التعرية التربة بالريح
- التضاريس:** تكون الأرض المستوية بصورة عامة وأكثر عرضة للتعرية الريحية من الأرض المتموجة وذلك لأن الريح تلقي مقاومة أقل من الأراضي المستوية.
  - التضاريس الدقيقة:** إن الانخفاضات الصغيرة تمسك دقائق القافزة وبهذا تحمي التربة من التعرية الريحية.
  - الغطاء النباتي:** تبطيء النباتات من سرعة الريح قرب سطح الأرض كما يساعد ظلها على إبقاء سطح التربة رطبة، ولهذا نادراً ما يحدث انجراف للتربة المغطاة بغطاء نباتي كثيف. وكلما غطت النباتات التربة بفترة أطول خلال السنة كانت التربة أقل عرضة للانجراف.
  - مخلفات المحاصيل:** تساعد مخلفات المحاصيل على تقليل السرعة البدائية للتعرية الريحية عند سطح الأرض حتى لو كانت موضوعة بصورة مفككة على السطح. وتعد تلك المخلفات واحدة من أكثر مصادر دقائق التربة القافزة كفاءة.
  - الحواجز الميكانيكية:** اعتماداً على شكل وموقع ونفاذية الحواجز الميكانيكية للهواء فإنها ربما تقلل من سرعة الريح قرب سطح الأرض أو ربما تتركز هناك.
  - الحراثة:** تكون التربة عرضة للتعرية بالرياح القوية عندما تكون مكسوفة وجافة وعندما تحتوي على نسبة في الدقائق ذات حجم قابل للتعرية عند السطح ، وإن الحراثة تمهد السبيل إلى ذلك حيث تجعل التربة عرضة للتعرية الريحية عن طريق

تعریض التربة للرياح وتجفيفها فضلاً عن أكسدة المادة العضوية . وكلما كان سطح التربة أكثر نعومة كانت مخاطر التعرية أكبر، لذلك يعمل على تخشين سطح التربة في بعض الأحيان ل يجعل مدريا Cloddy باستخدام العازفة Chisel-point cultivator كإجراءات طارئ ضد التعرية الريحية.

7. الرعي: يشكل الرعي الجائر سبباً مهماً للتعرية الريحية في المناطق الجافة وشبه الجافة، غالباً ما تنظم التعرية المائية إلى التعرية الريحية لتجريد مناطق من تربتها السطحية وتتخفض خصوبتها بحيث تختفي الحشائش وتحول الاراضي إلى صحاري جراء.

137. التلوث الناتج عن التعرية الريحية  
تسbib التعرية الريحية التلوث بطرق مختلفة، إذ تتحرك الأجزاء الدقيقة من التربة كالطين والغرين والمادة العضوية إلى مناطق أبعد مسبباً تلوثها، وإن هذا التلوث يأخذ مديات عديدة فتراكم الرمال يجعل الزراعة أكثر صعوبة في مناطق تجمعها فضلاً عن جرف الرياح بذور الأدغال من أضرار في الطرق والسكاك الحديد وقنوات الري والبزل وقد يأخذ التلوث الذي تسبب التعرية الريحية مدى آخر حيث تدخل التربة إلى المحركات والأجزاء الأخرى للسيارات والجرارات والآلات والمعدات الزراعية الأخرى مما يؤدي إلى استهلاكها في زمن أقل من عمرها التشغيلي، كما يدخل الغبار الناتج من العواصف الترابية البيوت ويلوث الطعام فضلاً عن تسببه في إتلاف صحة الإنسان والحيوان.

138. حماية التربة من التلوث بالتعرية الريحية  
يمكن إتباع الإجرارات الآتية لحماية التربة من خطر التلوث بالتعرية الريحية :

#### أولاً: الإجراءات الخاصة بالترابة

1. تقليل سرعة الريح عند سطح الأرض: إن الإجراءات الفعالة لمقاومة التعرية الريحية يجب أن تعمل على تقليل السرعة السطحية للرياح بصورة كافية للتقليل أو الحد من الحركة الابتدائية ل دقائق التربة بواسطة القفز، ويتم ذلك عن طريق وضع عوائق في

مسار الرياح لغرض كسر شدتها، وان عوائق كهذه ربما تزيد الاضطراب ولكنها تخترل كثيرا من قوة الريح وبذلك تقل سرعتها.

2. **زيادة حجم تجمعات التربة:** إحدى الطرق لمقاومة التعرية الريحية هي إيجاد تجمعات اكبر حجما من تلك التي لها القابلية على الانتقال بواسطة الرياح ويمكن أن يتم ذلك بإضافة المواد العضوية الى التربة التي لها القدرة على تحسين بناء التربة وخلق تجمعات اكبر حجما. كما إن إضافة المواد الأخرى المحسنة للبناء والتي تزيد من حجم تجمعات التربة تكون فعالة في خفض مستويات التعرية الريحية.

3. **صيد دقائق التربة القافزة:** لإيقاف التعرية الريحية من الضروري أولا السيطرة على عملية القفز لدقائق التربة الناعمة ويمكن أن يتم ذلك بصورة فعالة بإيجاد غطاء نباتي او بإبقاء السيقان النباتية للمحصول السابق في الحقل (شكل 18-2) والذي اثبت ذلك نجاحا في صيد دقائق التربة القافزة وبشكل كفؤ. هنالك طريقة أخرى لصيد دقائق التربة القافزة وذلك عن طريق إنشاء المصاطب او المروز Furrows او متون (شكل 2-18).



شكل (18-2): السيطرة على التعرية الريحية بترك سيقان المحاصيل على الأرض بعد الحصاد كمصائد لدقائق التربة



شكل (3-18): صيد دقائق التربة القافزة عن طريق إنشاء المروز

4. إبقاء سطح التربة رطبا: طالما إن الشد السطحي يمسك دقائق التربة معا فان الريح لا تستطيع رفعها ويكون وجود الماء ضروريا لاستمرار الشد السطحي للماء في التربة وعموما فان أي طريقة تبقي سطح التربة في حالة رطبة تساعده على منع التعرية الريحية.

#### ثانيا: الإجراءات الخاصة بالإدارة

1. استعمال الأرض: يمكن السيطرة على التعرية الريحية بواسطة الإدارة الجيدة للمحاصيل والتربة عن طريق استعمال الأرض بشكل مدروس ومثال على ذلك ترك المناطق الرملية سهلة التعرية كمراح او مغطاة بنباتات دائمة وعدم زراعتها بالمحاصيل الحقلية أي إن الترب تصنيف حسب مقدرتها وتحدياتها وتستعمل تبعا لذلك. فالأرض التي لا تلائم الزراعة المتكررة يمكن استعمالها كمراح او غابات. كما إن تطبيق الدورات الزراعية يمكن أن يساهم في التقليل من التعرية الريحية كما إن إتباع أسلوب التبوير مع ترك مخلفات النبات السابق على سطح الأرض يقلل كثيرا من تأثير التعرية الريحية، أما بالنسبة للمساحات الكبيرة المكشوفة فمن الأفضل تقسيمها

إلى شرائح من البور متبادلة مع شرائح مغطاة بمخلفات النبات السابق وأخرى مزروعة بالمحاصيل.

2. الحراثة: تنتج عمليات الحراثة سطحاً مدررياً Cloddy ويفضل أن تكون الحراثة في المناطق المعرضة للتعرية الريحية خشنة للأسباب التالية:

- أـ. إنها تمسك دقائق القافزة.
- بـ. تقلل في سرعة الريح عند سطح التربة.
- جـ. تمنع الكتل ومخلفات المحاصيل دقائق التربة في التكسر إلى دقائق أصغر يمكن جرفها.
- دـ. تزيد من معدل الترشيح وتقلل من السيل.

وبصورة عامة فإن الترب التي تكون عرضة للتعرية الريحية يجب حراثتها بأقل ما يمكن من المرات كما أنه يفضل استعمال المحراث القرصي على المحراث المطرحي القلاب وان استعمال الامساط القرصية او عازقة رجل البطة سوف تقضي على الأدغال وتترك غطاء من مخلفات النباتات إذا استخدمت بصورة صحيحة (شكل 18-4).



شكل (18-4): آلة حراثة تحت سطحية تحرث التربة وتقضى على الأدغال مع ترک

### 139. مخلفات المحاصيل كغطاء عن سطح التربة

3. **تغذية النبات:** الغطاء الخضري هو أحسن إجراء واق معروف ضد التعرية الريحية، وان الترب التي لا يمكنها إسناد غطاء خضري تام تكون عرضة لمخاطر التعرية الريحية والفشل في إنتاج غطاء خضري على الترب القابلة للتعرية الريحية يكون غالباً بسبب نقص الماء ومع ذلك وفي بعض الحالات يكون هنالك نقص في العناصر الغذائية الضرورية. لذلك فان إضافة المغذيات الكيميائية يعتبر من الأهمية في الحصول على نباتات قوية وأكثر كفاءة في مقاومة التعرية الريحية.

4. **إدارة المياه:** إن خزن جزء من ماء السقاط واستخدام المياه الجوفية وتقنين استخدام المياه تعتبر من الأساليب الأساسية في إدارة المياه لاستخدامها في ري النباتات في المناطق التي تعاني من التعرية الريحية.

## **الفصل التاسع عشر**

### **التعرية المائية وتدور النظم البيئي**

تعتبر التعرية المائية مظاهر من مظاهر التدهور الذي تتعرض له النظم البيئية سواء في الزراعة المروية أو المطالية، فالتعرية لا تختلف من حيث الآثار السلبية عن المظاهر الأخرى كالجفاف والفيضانات وتملح التربة وغيرها والتي تسبب تناقص في قدرة الإنتاج للاراضي الزراعية لذلك يجب أن تعطي الاهتمام الكافي بسبب ما آلت إليه الاراضي الزراعية المتاثر بها.

إن ضياع طبقة التربة السطحية الغنية بالمواد العضوية والغذائية وتكوين الأخدود هما من النتائج المترتبة عن عملية التعرية. لقد وجد بان مفقودات التربة في أميركا نتيجة للتعرية المائية يصل الى أربعة بلايين من مادة التربة سنويا، بينما وصلت المفقودات من المغذيات النباتية الى 50 مليون طن سنويا.

من النتائج الأخرى لعملية التعرية المائية هي تجمع الترسبات من القنوات والخزانات وبالتالي تقليل سعة الخزن فيها. لقد وجد بان المعدل السنوي للtrsرات في سد دوكان شمال العراق يصل الى 3.7 مليون متر مكعب، بينما تصل الى 2 مليون متر مكعب في سد دربنديخان شمال شرق العراق.

كذلك فالtrsرات المحمولة بواسطة المياه تؤدي الى طمر الاراضي الزراعية مما يؤثر سلبا على المحاصيل المزروعة كما إن تلك الترسارات تنقل الى مجاري الانهار مما يؤدي الى خفض تصريفها، ففي دراسة عن تصريف انهر العراق وجد بان نسبة الكعورة Turbidity تصل في نهر الفرات الى 3500 غم/م<sup>3</sup> وفي نهر دجلة الى 9910 غم/م<sup>3</sup>.

إن خطر التعرية المائية يمكن أن يؤدي إلى مضاعفة التلوث Pollution فحمل الأسمدة الكيميائية والعضوية والمبيدات الكيميائية من الحقول الزراعية إلى مجاري الأنهار والخزانات يعتبر السبب الرئيس في تلوثها.

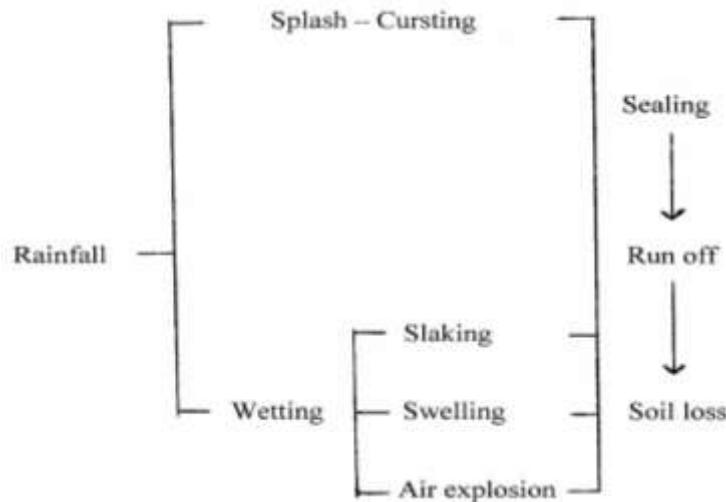
يزداد خطر التعرية المائية في المناطق الشمالية من العراق حيث تؤثر تأثيراً كبيراً في قابلية الاراضي على الإنتاج الأمر الذي يدعو للسيطرة عليها بالأساليب والطرق العلمية.

140. مراحل التعرية المائية للترابة  
لقد درست مراحل التعرية المائية من قبل العديد من الباحثين وقد تمكّن حصر ميكانيكية التعرية المائية بثلاث مراحل هي:

- أ- تفكيك التربة Soil detachment
- ب- نقل التربة Soil transportation
- ج - ترسيب التربة Soil sedimentation

وتختلف استجابة سطح التربة لطاقة المطر الساقط حسب نوع وخصائص التربة السطحية، وإن نواتج هذه الاستجابة تعتمد على عوامل أساسية بواسطة رذاذ المطر وتكسر مجاميع التربة Splash erosion.

لقد أوضح (Bergsam, Kamphorst, 1985) إلى كل من عمليتي فصل وانتقال التربة بواسطة الأمطار يؤدي إلى تعرية فقدان الطبقة السطحية وزيادة التعرية المائية وكما هو موضح في الشكل (19-1).



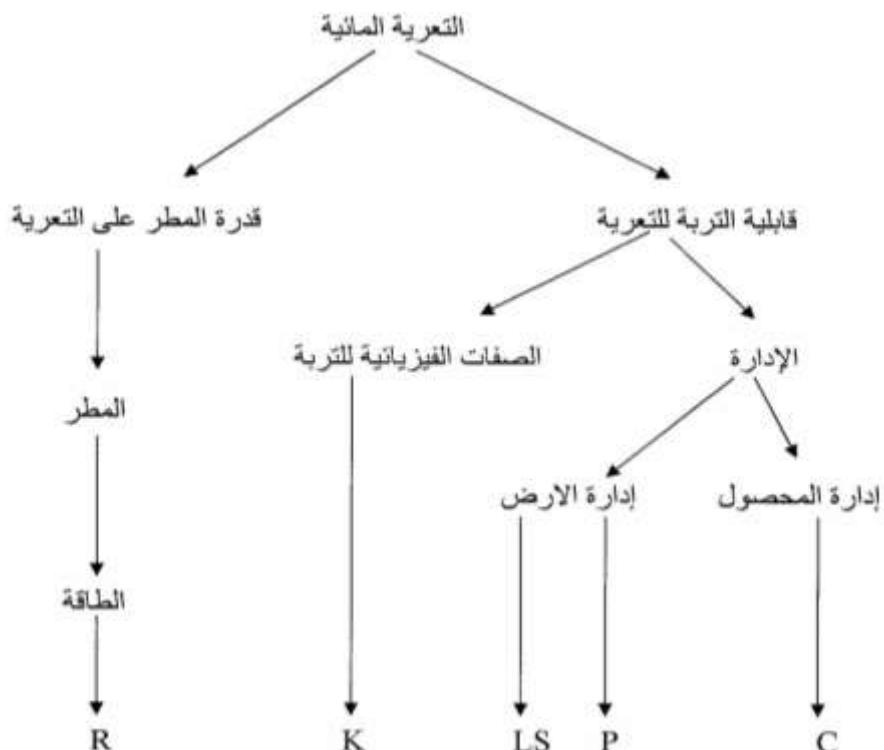
شكل (1-19): مراحل التعرية المائية للتربة

141. المعادلة العامة لمفقودات التربة  
تعتبر المعادلة العامة لمفقودات التربة بواسطة التعرية المائية  
(Univesal Soil Loss Equation) من أهم المعادلات المستخدمة في حساب كمية  
مفقودات التربة وذلك باستخدام معدلات رياضية تجريبية مشتقة من أساس إحصائية ضمن  
قوانين فيزيائية والتي بواسطتها يمكن التعبير عن عمليات فقد في التربة والتي تمثل  
التعرية الحقيقة الفعلية المتوقع بها، وقد تشكل الطرق الرياضية جزءاً مهماً في إيجاد قيم  
تعرية التربة والناجمة من تأثيرات متعددة متمثلة بخصائص الأمطار ونوعية التربة  
والطبغرافية ونوعية الغطاء النباتي وأعمال الصيانة المستخدمة.

وقد تم وضع أساس هذه المعادلة من قبل الباحث (Musgrave، 1947) وتم تحويلها  
لتعطي دقة أكبر في النتائج من قبل الباحث (Wischmeier، 1955) و  
(Smith و Wischmerier، 1965) والتي أعطت الصيغة النهائية للمعادلة  
(شكل 2-19) والمتضمنة:

$$A = R K L S C P$$

- A = كمية الفقد الحاصل في التربة عن طريق التعرية المائية (طن / هكتار / سنة)
- R = العامل الخاص بطاقة سقوط المطر
- K = العامل الخاص بقابلية التربة على التعرية المائية
- L = العامل الخاص بطول الانحدار
- S = العامل الخاص بدرجة الانحدار
- C = عامل الخدمة والإدارة للغطاء النباتي
- P = عامل عمليات الصيانة للتربة



شكل (19-2): اشتقاق المعادلة العامة لمفقودات التربة (Hudson, 1971)

142. أشكال تعرية التربة بواسطة الماء
1. **التعرية الصفائحية (السطحية)** : هي الشكل الأكثر انتشارا والأكثر ضررا وهي عبارة عن الإزالة المتساوية لطبقة رقيقة من التربة من مساحة معينة من الأرض كما في الشكل (3-19).



شكل (3-19): التعرية الصفائحية للتربة

2. **التعرية الداخلية**: وتنتج من غسل دقائق التربة إلى داخل شقوق جسيمات التربة مما يؤدي إلى خفض معدلات النفاذية للماء والهواء في التربة مما يؤدي إلى تقليل سرعة غيض الماء في التربة وبذلك تزيد من كمية السيل السطحي والتعرية.
3. **التعرية القناتية**: تنتج عن طريق حركة كتلة كبيرة من الماء عن طريق السيل السطحي وبطاقة عالية مما يؤدي إلى فصل ونقل دقائق التربة كما في الشكل (4-19).



شكل (4-19): التعرية الفناتية

4. التعرية الجدولية: تكون للماء المغسول الى الأسفل بين خطوط المحاصيل المعزوفة بصورة موازية للمنحدر او في آثار عجلات المكائن والآلات الزراعية او الاختلافات البسيطة الأخرى لسطح التربة كما في الشكل (5-19).



شكل (5-19): التعرية الجدولية للتربة

5. **التعرية الأخدودية:** هي تعرية قناتية تغسل بعمق داخل التربة التحتية بحيث لا يمكن تسوية الأرض بسهولة بواسطة أدوات الحراة الاعتيادية، وتتبع التعرية الأخدودية في اغلب الحالات التعرية الصفائحية كما في الشكل (19-6).



شكل (19-6): التعرية الأخدودية للتربة

6. **تعرية الجداول:** Stream Erosion هي نقل مواد التربة من على جوانب ومن قاع جداول دائمية أو متقطعة بسبب طاقة ماء السيل الجاري المتوجه نحوها، وعموماً فإنه ليس هنالك حدود واضحة بين التعرية الجدولية والتعرية الأخدودية وتعرية الجداول سوى إن الشيء المشترك بينها هو إن الفصل ينبع من طاقة الماء الجاري وليس بفعل ضربات قطرات المطر.

143. **عوامل النقل**  
يعد الماء الجاري العامل الناقل الأكثر أهمية في تعرية التربة بواسطة الماء بسبب قابلية على التعوييم وكذلك اضطراب تياره، إن الانسياب القناتي والانسياب الصفائحي كلاهما ينقلان دقائق التربة المفصولة، حيث تصل سرعة الانسياب القناتي إلى ستة كيلومترات أو أكثر في الساعة مما يؤدي إلى حصول حركة اضطرابية

Turbulent motion في الماء مما يؤدي إلى صعود الماء الذي كان في قاع الجدول الى الأعلى وتذبذبه أثناء الجريان. وبهذه الطريقة تبقى أي تربة منقولة مع الماء في حالة معلق باستمرار. وتناسب القوة الجارفة للجداول مع مربع سرعته ومع كتلة الماء وكل وحدة زمن، ولهذا فان نفس كتلة الماء في وحدة الزمن إذا انسابت في جداول بقطع عرضي صغير تسبب تعرية أكثر بكثير مما لو انسابت في جدول بقطع عرضي كبير. وتكون سرعة الماء في الانسياب الصفائي بطيئة جداً ويكون عمقه قليلاً لا يحدث أي اضطراب ما لم يهيج بواسطته قطرات المطر الساقطة.

#### 144. الترسيب:

عملية الترسيب: هي جزء متمم لعملية التعرية وان المسافة التي تقطعها جسيمات التربة المنقولة تختلف كثيراً فقد تكون سنتمرات قليلة او مئات من الكيلو مترات وعادة ترك جسيمات الرمل الخشن التربة المنقولة في المنخفضات بين خطوط المحاصيل المزروعة، على حين تبقى المواد الأنفع في المعلق الى أن تنخفض سرعة الماء الجاري حيث يتربس الرمل الناعم أولاً ويليه الغرين ويبيقى الطين والمادة العضوية في المعلق في حالة تشتبث dispered كونهما ذات دقائق ناعمة جداً بحيث إن الحركة الجزيئية للماء سوف تبقيهما في المعلق.

#### 145. تأثيرات الترسيب

يجعل الترسيب عملية التعرية تحصل على مراحل اعتماداً على حجم دقائق التربة المعرضة للتعرية فالتربة التي ترسبت عند أسفل المنحدر بسبب انخفاض سرعة السيل او بسبب نقصان حجم السيل او وقف السيل او جميع هذه الأسباب مجتمعة قد تنقل مره أخرى خلال العاصفة المطرية التالية الى مسافة إضافية.

وبصورة عامة فإن المواد الناعمة تنقل الى المناطق الابعد من مصادرها، فال أحجار والرمل يتربسان في البداية. إن هذا الترابط الحاصل للتعرية والترسيب بسبب الفصل النسيجي للتربة المنقولة من موضعها الأصلي. إن الترب المحاذية لصفاف الأنهر

والجداول مباشرة تكون ذات نسجة رملية، وكلما ابتعدنا عن ضفة النهر تصبح التربة ذات نسجة ناعمة.

كما تترسب دقائق الرمل قرب الجداول على شكل سود عندما تقل سرعة الماء وبذلك يفقد الماء قابليته على الحمل عندما يترك المجرى الرئيس وينتشر على الاراضي المنخفضة بشكل صفيحة رقيقة، وتترسب الجسيمات الأنعام في الماء الساكن فقط والنتيجة هي إن المنخفضات في السهول تكون ملوثة عادة بدقائق ذات نسجة طينية لأن هذه المياه لا يمكنها الخروج من هذه المنخفضات.

146. انطمار الخزانات والأنهار وتلؤتها بالترسبات إن أحدى نتائج الترسيب هي ملأ الخزانات الواقعة على مجرى النهر او الجداول وبما إن الماء في الخزانات يكون ساكناً تقريباً فان قسماً من التربة المنقولة بواسطة النهر تترسب فيه. إن اغلب الدقائق الكبيرة الحجم مثل الحجارة والرمل الخشن إما أن تترسب قبل دخول الجدول الى البحيرة او عند مدخل الجدول الى البحيرة مكونةً تجمعات من الرواسب (شكل 7-19).

وتبقى كميات كبيرة من الطين والمادة العضوية في المعلق تنتقل مع الماء الى البحيرة او الخزان للترسب فيه، وهذا يعني إن المادة المكونة للرواسب هي من دقائق الطين والغرين والرمل الناعم جداً وكذلك دقائق المادة العضوية.



شكل (7-19): تجمعات من الرواسب في قناة تؤدي إلى خزان للماء

تعتمد السرعة التي تمتلىء عندها الخزانات والأنهار على قابلية التعرية للترابة في الجابية المجاورة وعلى تضاريسها وعلى المناخ فضلاً عن نوع الزراعة والنسبة بين مساحة الجابية وحجم الخزان. وفي بعض الحالات تجتمع كل هذه العوامل لتسبب امتلاء الخزان بالرواسب بصورة تامة خلال بضع سنوات ويمكن السيطرة على الترسيبات في الخزانات والأنهار من خلال الآتي:

- 1- اختيار موقع الخزان: يتم اعتماد اختيار موقع الخزان على آلاتي:
  - أ- مسوحات تربة الخزان والمواد الرسوبيّة في المناطق المجاورة للخزن.
  - ب- إجراء القياسات للمواد الرسوبيّة العالقة والتعرية في مجرى النهر عند موقع الخزان المراد إنشاءه.
  - ج - مسوحات التعرية والتآكل في حوض التغذية حتى موقع الخزان المقترن.

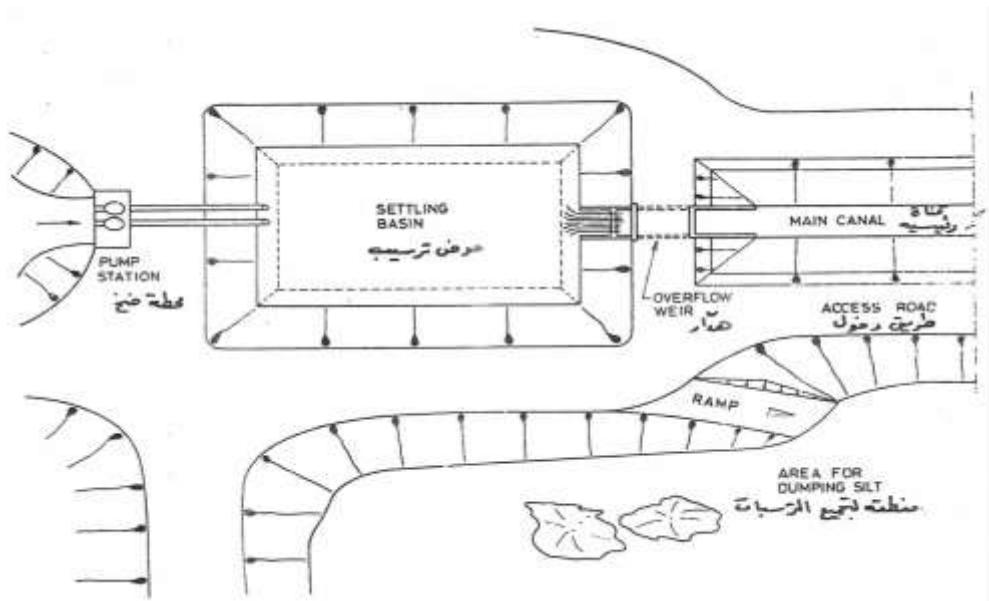
2- تحديد المميزات التصميمية للسد والخزان: إن طبيعة تصميم السد يعتبر من الطرق الفعالة لضبط التربسات، فوضع مخارج للمياه من السد على ارتفاعات متفاوتة يمكن من خلالها تصريف المياه ذات الكثافة العالية قبل أن ينال المواد العالقة الوقت الكافي للاستقرار في قعر الخزان.

3- ضبط الوارد الرسوبي للخزانات والأنهار: ويتم من خلال الآتي:

أ- ضبط التآكل في أحواض التغذية

ب- تأسيس شبكات نباتية

ج- استعمال أحواض لترسيب العوالق والترسبات والملوثات، حيث إن هذه الطريقة هي المثلث في ضبط الوارد الرسوبي وتقليل المواد الملوثة لجميع أشكالها وأنواعها حيث ينشأ حوض الترسيب في موقع ملائم لغرض ترسيب الجزيئات الكبيرة من الرمل والغرين ويتوقف حجم حوض الترسيب على كميات التربسات المتوقعة وصولها والشكل (8-19) يبين مخطط لتصميم حوض ترسيب.



شكل (8-19): مخطط يوضح حوض لجميع التربسات

4- إزالة التجمعات الرسوبيّة: هنالك الكثير من الطرق الميكانيكيّة والهيدروليكيّة لإزالة التربّبات من الخزانات والأنهار باستخدام الحفارات والكرّاكات واستعمال مبدأ السيفون لضخ التربّبات والملوّثات خارج مقاطع الأنهر والخزانات ونزع التربّبات (draining) وفتح البوابات المخصصة لتدفق المياه الحاملة للتربّبات والملوّثات.

وبصورة عامة فإن أحسن الطرق العمليّة للمحافظة على سعة الخزانات هي التصاميم التي تمنع التربّبات بصورة مستمرة والاحتفاظ بها في الخزانات بصورة دائمة ويمكن القول بصورة عامة بأن بناء خزان جيد أكثر اقتصاداً في النفقات في إزالة التربّبات من خزان امتلأ بالمواد الرسوبيّة وأصبح عديم الجدوى لتحقيق الأغراض التي انشأ من أجلها.

147. التعرية المائيّة أثناء الري تسبّب مياه الري السيحي تعرية للترّبة عند سقي الحقول الزراعيّة، إن هذا النوع من أنواع التعرية يسبّب الأضرار الآتية:

1. فقدان الطبقة السطحية من التربة الأكثر فعاليّة والغنية بالعناصر الغذائيّة الضروريّة.
2. جرف البذور إلى نهاية الحقل خصوصاً البذور ذات الحجوم الصغيرة مما يسبّب عدم تجانس توزيع النباتات في الحقل.
3. انزال دقائق التربة فالدقائق ذات الحجم الصغير تحمل بواسطة المياه وتتجه إلى نهاية الحقل بينما تبقى الدقائق الخشنّة في مقدمة الحقل، إن ذلك يؤدّي إلى تشجيع تكون القشرة Crust في المناطق التي تتجمع بها الدقائق الناعمة.

## **المصادر العربية :**

- 1- إسماعيل، ليث خليل (1985) صيانة التربة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل. مترجم.
- 2- الجمعية الكيميائية الأمريكية (1972) مكافحة التلوث. مكتبة النهضة المصرية ترجمة أنور محمود عبد الواحد. القاهرة.
- 3- الجوهرى، إحسان فليح حسن (1998) تلاشى مبيد الأدغال بروبانيل فى حقول رز محافظة القادسية ومدى تأثيره على بعض الأحياء المجهرية فى المياه والتربة. رسالة دكتوراه. الجامعة المستنصرية.
- 4- الحسن، شكري إبراهيم (1998) التلوث الصناعي للبيئة المائية في محافظة البصرة رسالة ماجستير. كلية الآداب. جامعة البصرة.
- 5- الدباغ ، عبد الستار و انمار عبد العزيز الطالب واحمد از هر النعيمي (2003) نمذجة احتياطيات الري لمحصول النزرة الصفراء للعروتين الربيعية والخريفية في منطقة الموصل. مجلة هندسة الرافدين. المجلد الحادى عشر العدد 2.
- 6- الدباغ، عبد الستار ومهدي صالح ياسين (2004) تأثير درجة حرارة الماء في عمق الاتساح وتناسب الارواء. مجلة هندسة الرافدين. المجلد الثاني عشر. العدد 1.
- 7- الراشدي ، راضي كاظم (1978) احياء التربة المجهرية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة.
- 8- الريhani، عبد مخور نجم (1986) ظاهرة التصحر في العراق وأثارها في استثمار الموارد الطبيعية. رسالة دكتوراه. جامعة البصرة.
- 9- السالمي، سلمى (1982) التصحر وتدھور البيئة في الوطن العربي. مجلة شؤون عربية. العدد (11) .
- 10- الصحاف ، حمدي (1976) الموارد المائية في العراق . دار الحرية للنشر. بغداد. العراق.

- 11- الطيب ، نوري طاهر و بشر محمود جرار. (1988). قياس التلوث البيئي. دار المريخ . المملكة العربية السعودية.
- 12-الطيف، نبيل إبراهيم، فليح حسن احمد، فريد مجید عبد (1992) صيانة التربة والمياه. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.
- 13-الطيف، نبيل إبراهيم (1991) طرق بحث تعرية التربة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد. مترجم.
- 14-الطيف، نبيل إبراهيم وحسوني جدوع (1990) تعرية التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد. مترجم.
- 15-العاني، عبد الفتاح عبدالله (1987) صيانة التربة. التربية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي هيئة التعليم التقني.
- 16-العاني، ماجد خضير عباس (1997) نمذجة التعرية الريحية لبعض المناطق في العراق. رسالة دكتوراه. جامعة بغداد.
- 17-العدوي، محمد صادق (1985) النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي. دار الراتب الجامعي. بيروت.
- 18-العوادات، محمد عيدو و عبدالله يحيى باهبي. (1985) التلوث وحماية التربة. جامعة الملك سعود. الرياض.
- 19-القريشي، أيدا محمد فاضل (1988) دراسة بعض مؤشرات تثبيت الكثبان الرملية بمواد وطرائق مختلفة في منطقة بيجي. رسالة ماجستير. جامعة بغداد.
- 20-اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (1989) مستقبلنا مشترك. سلسلة عالم المعرفة. الكويت.
- 21- المؤمن، فؤاد حميد وعبد على حبيب الخياط. (1993). الصحة العامة وتلوث البيئة.
- 22-النجار، وليد محمد (1998) دراسة جمع ومعالجة النفايات الصلبة لمدينة كركوك وتأثيراتها البيئية. رسالة ماجستير. كلية الهندسة. جامعة بغداد.

- 23- جدوع ، عماد هاتف (1979) تأثير بعض مبيدات الأدغال على تحولات النتروجين في التربة . رسالة ماجستير. قسم التربة . كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- 24- جواد، كامل سعيد، محمد علي حمزة ، حسن كاظم علوش (1988) خصوبة التربة والتسميد . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. هيئة التعليم التقني .
- 25- حسن، على محمد سليمان (1998) قابلية بعض صفات التربة للتعرية المائية وعلاقتها بنوع الاستخدام الاراضي في محافظة نينوى. رسالة ماجستير. جامعة الموصل.
- 26- حسن، مظفر صادق، (2004) صلاحية استخدام مياه الفضلات الصناعية في شركة القادسية للصناعات الكهربائية في ديارى للأغراض الزراعية مجلة التقني. المجلد السابع عشر العدد 1.
- 27- حسين، عبد الستار سلمان (1999) السياسة المائية في العراق . وزارة الري.
- 28- خريبيط، حميد خلف، ايمن لازم رمضان، بدر ملحان فنيخر (2004) تأثير تراكيز مواعيد رش البورون على بعض صفات النمو وحاصل الدخن. مجلة التقني. المجلد السابع العدد 2.
- 29- خولي، محمد رضوان (1985) التصحر في الوطن العربي. مركز دراسات الوحدة العربية. بيروت.
- 30- رحيم. نجم عبد الله (1998) تلوث ترب صحراء الزبير. رسالة ماجستير. جامعة البصرة.
- 31- رشيد، احمد (1976) علم البيئة. معهد الاتحاد العربي. بيروت.
- 32- شاهين، خالد محمد (2004) دراسة تقييمه لمعالجة المياه في محطة إسالة الجانب الأيسر لمدينة الموصل (مشروع القبة) . مجلة التقني المجلد السابع عشر العدد 3.
- 33- طارق، احمد محمود (1988) علم وتكنولوجيا البيئة. جامعة الموصل.
- 34- عباوي، سعاد عبد وحسين محمد سلمان (1990) الهندسة العلمية للبيئة وفحوصات الماء جامعة الموصل.

- 35- عباوي، سعاد وعبير هاشم (2001) دراسة تأثير الفضلات البلدية من خزانات التعفيف ومشربات مياه المجاري على نوعية المياه الجوفية في مدينة الموصل. مجلة هندسة الراذدين. المجلد التاسع. العدد 2.
- 36- عبد، فريد مجید (1981) العلاقة بين التساقط وصفات التربة وقابليتها للتعريمة. رسالة ماجستير. جامعة بغداد.
- 37- عبد، فريد مجید، برناديت نجيب (1996) تذبذب الأمطار في العراق وعلاقتها بالتصحر المؤتمر العلمي التقني الخامس. بغداد.
- 38- عبد، فريد مجید (1997) تأثير سرعة واتجاه الريح على بعض خصائص حالات العواصف الترابية في مناطق مختلفة من العراق.
- 39- عبد، فريد مجید (2000) قابلية الترب العراقية للتعريمة الريحية. مجلة البحث التقني المجلد 13 العدد 62.
- 40- عبد، فريد مجید (2000) تقدير قدرة المطر على التعريمة في بعض مناطق العراق. المؤتمر العلمي السابع بحوث التعليم التقني. بغداد.
- 41- عبد، فريد مجید و فيصل حسين إبراهيم (2000) تأثير الغيوم والغبار على فقدان الإشعاع الشمسي لمناطق مختلفة من العراق. مجلة البحث التقني، المجلد 13 العدد 68.
- 42- عبد الله، جميل نجيب (1981) مشكلة جرف التربة في العراق وسبل صيانتها. مجلة كلية الآداب العدد 17. جامعة البصرة.
- 43- عبد الفتاح، احمد ظاهر (1974) تلوث البيئة بالمواد المشعة. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم القاهرة.
- 44- علي، لطيف حميد (1987) التلوث الصناعي. جامعة الموصل.
- 45- فتح الله، مدحت (1971) التلوث في العراق وضياع ثروتنا المائية به. مجلة المهندس. العدد 45. بغداد.

- 46- قاسم، غيث محمد عبد الستار علي (1989) علم أحياء التربة المجهرية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.
- 47- ماستر. ك (1980) مدخل الى العلوم والتكنولوجيا. ترجمة طارق صالح وقيصر صالح وعبد الهادي السلطان. جامعة الموصل.
- 48- مبارك، محمد عبيد (1978) تكامل ومكونات البيئة المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. المجلة العربية الحديثة. القاهرة.
- 49- محمد، فاروق احمد واحمد محمد السريع. (1982) الإشعاعات المؤينة: خصائصها وتأثيراتها واستخداماتها. جامعة الملك سعود. الرياض.
- 50- محمد، كامل مجید (1984) الندوة العربية الأولى لتنشيط الكثبان الرملية ومكافحة التصحر بغداد.
- 51- مركز حماية البيئة (1993). أطلس ملوثات البيئة في العراق. بغداد.
- 52- مركز حماية البيئة (1991) التقرير السنوي للقطر العراقي لعام 1990. وزارة الصحة. بغداد. العراق.
- 53- ناصر، محمد جهاد ندى فرحان الريبيعي. (2000) تلوث تربة محافظة بغداد بالإشعاعات. مجلة البحوث التقنية المجلد 13 العدد 73.
- 54- يوسف، وفاء فوزي (1998) إدارة وطرح النفايات الصلبة في مدينة الموصل. أطروحة ماجستير. كلية الهندسة. جامعة الموصل.

## المصادر الأجنبية

1. Aladdan, F. A, (1990) Biophysique du soletude quantitative de Relations entre le travial lombricien et des propertes de sols mediterraniens, these de doct. USTL. Montpellier, 1-291.
2. Al-Ahmadi , K. K., Kassab , B.N.Y . (1996) Performance efficiency of oxidation ditch with interchannel clarification unit that treating dairy wastewater. AL-Rafidain engineering Journal. Vol.4, N1.3.
3. Al-Dabagh, A.S., Al-Kadhi, S.I.(2000) Effect of water salinity on the permeability of gypsiferous soils. AL-Rafidin engineering Journal. Vol. 8, No.1.
4. Alexander , M. (1965) Persistence and biological reactions of pesticides in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24:1.
5. Alexander, M. (1971) Microbial ecology. John Wiley and Sons, Inc. New York.
6. Alexander, M. (1982) Introduction to soil microbiology. John Wiely and Sons. Inc. New York.
7. Alexander, T.R, George. S Fichter, (1981) Le guide Familier de la ecologie, ed. Let Boetie, Paris 160 pages.
8. Alkhtib, K.M. (1977) Chemical weed control in rice *Oryza sativa L.* Fields. M. Sc. Thesis. Baghdad University.
9. Al-Taie, F.H. (1982) Desertification in Iraq. State organization of land reclamation (paper). New Delhi.

10. Anderson, W.P. 1977. Weed Science: Principles. West publishing company.
11. Baldwin, F.L., Santelmann, P.W., Davidson, I.M.(1975) Prometryn movement across and through the soil. Weed Science. 23:285-288.
12. Baker, A.I., Rasheed, A.M.M. (2002) Response of coarse graveh channels to Sediment flow. AL- Rafidin engineering Journal. Vol. 10, No.2.
13. Bandskley, C.E., Savage, K.E., Walker, J.C. (1968) *Trifluralin behavior* in soil. Agron. J. 60:84-92.
14. Bartha, R., Lanzilatta, R.P., Parmer, D. (1967) Stability and effects of some pesticides in soil – Appl. Microbio. 15:67.
15. Biswas, M.R. and A. Biswas. (1980) Desertification. Pergamon press. Oxford.
16. Caretto, L.S, and Sawyer, R.F, (1970) Air pollution sources reevaluated . Environ. Sci. Tech. June; 453 – 455.
17. CEQ, (1972) Environmental Quality (1972) Washington, D. C.: V. S Governmet Printing office .
18. Chamayon, H. (1980) Aide memoire de bioclim-atdogie, ENSAM, France.
19. Cloby, S.R., Warren, G.F, Baker, R. S. (1964) Fate of maiben in Tomato plants. J. Agric. Food Chem. 12:320 – 321.
20. Dajoz, R. (1972) Precis de Ecologic. Paris.

21. David, J. et R. Moody (1988) Levolution de la Vie, Ed Hachette, Paris 132 pages.
22. Detri J. (1973) Atmosphere must be clean . Moscow.
23. Dregne, H. E. (1977) Desertification of arid lands. Economic Geography . Clark University. Vol.53, No.4.
24. Dommerges Y. (1977) La biologie des sols, Paris, Presses universitaires de France, 125 p.
25. EPA. (1974) National Environment Research Center. San Francisco. 5-6.
26. Frejka, T. (1973) The Prospects, for a stationary world population, Scientific America , Inc.
27. Fath, D.H, (1954) Fundamentals of Soil Science 7<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons New York, U.S.A.
28. Grossbard, E. Davies, H.A. (1976) Specific microbial responses to herbicides. Weed Res. 6:163-169.
29. Grover, R. (1975) Adsorption and desorption of urea herbicides on soil. Cand. J. Soil Sci., 55:27-135.
30. Hattori, T. (1973) Microbial life in the soil: An introduction. Marcel Dekker, Inc., New York.
31. Johnson, D.L. (1977) The dimensions of desertification economic geography. Clark University. Vol.53 No.4.

32. Johnston, H. (1971) Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust. *Science* 173 (Avg): 517.
33. Khanbekov, I.I. (1980) Forest and Environment. Moscow.
34. Lovelock, J. E. (1971) Air pollution and climatic change. *Atmospheric Environment* Vol., 5 June.
35. Lvovitch, M.I (1974) World water resources and its future. Moscow.
36. Ministry of Irrigation (1981) General scheme of water resources and land development in Iraq. Vol. VI. Baghdad.
37. Murray, c.R. and Reeves, E.B. (1972) Estimated use of water in the united state in 1970. U.S. Geological Survery Cirafa , 626.
38. N.T.A.C (1980), Report of the Ocmmitlec on water Quality Criteria, Washington, P. 170.
39. Odum, E.P. (1977) Fundamentals of ecology Brd ed. Philadelphea, W.B. sannders.
40. Odum, E.P. (1978) ecology, 2<sup>nd</sup>, Edition. Holt. Rinehart and Winston. Inc.
41. Odum, H.T. (1957) Tropic structure and productivity of silver springs, Flovrida-Ecol. Monographs. 27:55-112.
42. Podzorov, N.B. (1976) Role trees in cleaning the air O.J. Forest Economy No.6.

43. Popov, V.A. (1973) Global aspect of atmos-pheric air pollution. Moscow.
44. Aubert G. Bovlaine J. (1980) La pedologic, Paris, Presses Universitaire de France, 126 P.
45. Salvate, J. (1972) Environmental engineering and sanitation; 2<sup>nd</sup>. Ed. Wiley, U.S.A.
46. Spencer, W.F.Clath, M.M. (1974) Factors affecting Vapor loss of *Trifiluralin* from soil. J. Agr. Fd. Chem. 22: 987-991.
47. Stem, A.C. (1968) Air pollution , Vol. 1 2<sup>nd</sup> , New York Academic Press.
48. Turk, A., Tork, it., and Wittes, J.I (1972) Ecology, Pollution , Environment. W.B. Saunders Comp.
49. U.N. (1977) Desertification its causes and consequences. Pergamon press. Oxford.
50. UNFAO (1971) Agricultural community projection, 1970-1980 CCp 71/20- Rome.
51. UNFAO (1972) Monthly bulletin of agricultural economics and statistics. Vol. 21 Jan .
52. U.S.E.P.A. (1973) Office of air Programs compilation of air pollutant Emersion factors. Ap-42. Research Triangle Park, N.C. Feb.

53. U.S. EPA (1973) Office of air and water programs nation wide, air Pollutant Emission Trends 1940-1970, Ap-115 North Carolina , Jan.
54. Walin, M.S. (1969) Applied microbiology. 17:83. cited by M. Alexander . 1971. Microbial Ecology. John Wiley and Sons Inc., New York .
55. Walker, A. , Thompson , T.A.( 1977). The degradation of Simazine, Linuron and Propyzamide in different soils. Weed Res, 17:399-405.
56. Walter, M. (1973) Vegetation of the Earth. The English University press. Ltd. London.
57. Wark, K.and Warner, C.F.(1976) Air Pollution , Its origin and control. Marpeer and Row publishers, New York.
58. Wood, J.M. (1971) Environmental pollution by mercury, In J.N. Pitts and R.L. Mercaf eds. Advances in environmental science and technology, Vol. 2, New York, Welly-Interscience