

## **CURSUL 8-9**

### ***Elemente de ecotoxicologie. Riscurile biologice generate de impactul antropic asupra ecosistemelor***

#### ***Cuprins***

8.1. Elemente de ecotoxicologie .....
8.2. Riscuri biologice .....
8.3. Riscurile biologice generate de impactul antropic asupra ecosistemelor .....
8.4. Riscurile biologice directe ale activităților economice .....
8.5. Măsuri de limitare a riscurilor biologice directe .....
8.6. Plantele modificate genetic și impactul lor asupra solului .....
8.7. Dezechilibrele microbiocenozelor din sol și producerea de toxine microbiene .....
8.8. Poluarea apelor cu nutrienți din sol și producerea de cianotoxine .....

#### ***8.1. Elemente de ecotoxicologie***

Toxicologia este știința care studiază toxinele (otrăvurile) și efectele lor asupra organismelor. Deoarece multe substanțe se știe că sunt dăunătoare vieții oamenilor, plantelor, animalelor sau microorganismelor toxicologia este un domeniu vast, interdisciplinar care se bazează pe cunoștințe de biochimie, histologie, farmacologie, patologie. Toxinele dăunează organismelor sau chiar le pot omorî pentru că ele reacționează cu componentele celulare și întrerup funcțiile metabolice. Din cauza acestei reactivități, toxinele sunt dăunătoare chiar în concentrații foarte mici, în unele cazuri provocând daune ireversibile.

Toate toxinele sunt periculoase, dar nu toate materialele periculoase sunt toxice. Unele substanțe de exemplu sunt periculoase pentru că sunt inflamabile, explozive, acide, caustice sau iritante. Prin diluție, neutralizare sau tratamente fizice unele dintre substanțe pot fi făcute inofensive. Aceste materiale în concentrații mici nu reacționează cu componentele celulare și nu sunt otrăvitoare.

Toxicologia mediului sau ecotoxicologia se ocupă cu studiul interacțiilor, transformărilor și efectelor substanțelor chimice naturale sau de sinteză în biosferă, inclusiv asupra organismelor, populațiilor și ecosistemelor. În ecosistemele acvatice soarta poluanților este studiată în relație cu mecanismele și procesele la interfața cu componentele ecosistemului. O atenție specială se acordă interfețelor: sedimente – apă, apă – organisme și apă – aer. În ecosistemele terestre sunt studiate efectele metalelor asupra comunităților faunei solului și a populațiilor caracteristice.

În tabelul 1 este prezentat topul celor 20 de substanțe toxice și periculoase realizat de Agenția pentru Protecția Mediului din America din cele 275 de substanțe considerate importante pentru sănătatea oamenilor și a mediului.

Tabelul 1 Substanțe toxice și periculoase (sursa Agenția de Protecția Mediului USA, 2003)

<b>Nr. crt.</b>	<b>Substanța</b>	<b>Sursa, proveniența</b>
1.	Arsen	Lemnul tratat
2.	Plumb	Vopseluri, benzină
3.	Mercur	Arderea cărbunilor
4.	Clorură de vinil	Utilizarea industrială a plasticului
5.	Bifenil policlorurați (PCBs)	Impermeabilizarea instalațiilor electrice
6.	Benzen	Benzină, industrie
7.	Cadmiu	Baterii
8.	Benzo(a)piren	Incinerare deșeuri
9.	Hidrocarburi policiclice aromate	Combustie
10.	Benzo(b)fluorantren	Carburanți
11.	Cloroform	Purificarea apei, industrie
12.	DDT	Pesticide
13.	Aroclor 1254	Plastice
14.	Aroclor 1260	Plastice
15.	Tricloroetilenă	Solvenți
16.	Dibenzen(a,h)antracen	Incinerare
17.	Dieldrin	Pesticide
18.	Crom hexavalent	Vopseluri, agenți anticorozivi
19.	Clordan	Pesticide
20.	Hexaclorobutadienă	Pesticide

Cum afectează toxinele oamenii? Alergenii sunt substanțe care activează sistemul imunitar. Unii alergeni acționează direct ca antigeni, fiind recunoscuți ca substanțe străine de celulele albe din sistemul sangvin și stimulează producerea unor anticorpi specifici (proteine care recunosc și se leagă de celule sau substanțe chimice străine organismului). Alți alergeni acționează indirect prin legarea și modificarea chimică a substanțelor străine astfel încât ele devin antigeni și determină un răspuns imun.

Formaldehida este un bun exemplu al unei substanțe chimice larg utilizate care este un sensibilizator puternic al sistemului imunitar. Fiind folosit la produse din plastic, lemn, lipici, la impermeabilizare, concentrația de formaldehidă în aerul din spațiile interioare poate fi de sute de ori mai mare decât cea din aerul exterior. Unii oameni suferă de ceea ce se numește sindromul răului de clădiri: dureri de cap, alergii, oboseală cronică, cauzate de o slabă ventilare a aerului interior contaminat cu fungi, monoxid de carbon, oxid de azot, formaldehidă și alte substanțe chimice toxice eliberate din covoare, materiale utilizate pentru impermeabilizări, plastice, materiale de construcții și alte surse.

Neurotoxinele sunt o clasă specială de substanțe care atacă în mod specific celulele nervoase – neuronii. Sistemul nervos este așa de important în coordonarea și reglarea activității organelor încât întreruperea acestor activități cauzează numeroase daune. Modul de acțiune al neurotoxinelor poate diferi. Substanțele precum plumbul și mercurul omoară celulele nervoase și provoacă daune neurologice permanente. Anestezicele (eterul, cloroformul) și hidrocarburile clorinate (DDT, Dieldrin, Aldrin) rup membrana celulei nervoase necesară pentru activitatea nervilor. Substanțele organofosforice (Malation, Paration) și carbamații (carbaril, zeneb, maneb) inhibă enzima acetilcolinesteraza care reglează transmiterea semnalului între celulele nervoase și țesuturi sau organe. Majoritatea substanțelor neurotoxice prezintă toxicitate acută și foarte mare. În prezent mai mult de 850 de compuși sunt considerați neurotoxici.

Substanțele mutagene sunt agenți chimici și fizici care distrug sau alterează materialul genetic (ADN) din celule. Acest lucru poate duce la apariția de malformații la nou născuți dacă acționează și produc daune în timpul creșterii embrionare sau fetale, iar dacă acționează în timpul vieții pot determina apariția unor tumori. Atunci când daunele se produc în celulele reproductive (sexuale) sunt transmise generației următoare. Celulele au mecanisme de reparare care detectează și refac materialul genetic deteriorat, dar unele modificări survenite pot fi ascunse sau nu pot fi reparate.

Substanțele teratogene sunt substanțe chimice sau alți factori care produc anomalii în timpul dezvoltării și creșterii embrionare. Unii compuși care altfel nu sunt periculoși pot cauza probleme tragice în această etapă sensibilă a vieții. Se consideră că cel mai răspândit teratogen din lume este alcoolul. Consumarea de alcool în timpul sarcinii poate duce la un sindrom care presupune apariția mai multor simptome: anomalii craniofaciale, întârziere mentală, probleme de comportament.

Substanțele carcinogene sunt substanțe care cauzează cancerul – celule invazive cu creștere necontrolată care duc la apariția de tumori maligne. Rata cancerului a crescut în majoritatea țărilor industrializate în secolul XX, în SUA fiind acum a doua cauză care duce la deces. În anul 2000 de exemplu au murit mai mult de jumătate de milion de oameni.

## **8.2. Riscuri biologice**

Ce este sănătatea? Organizația Mondială a Sănătății (OMS) definește sănătatea ca fiind starea de bine atât fizic, mental cât și social, nu doar absența bolilor sau a infirmității. Interpretând această definiție în mod strict se poate spune că toți oamenii sunt bolnavi într-o măsură mai mică sau mai mare. Oamenii pot totuși să-și îmbunătățească starea de sănătate și astfel să trăiască mai mult timp și mai fericiți dacă se gândesc la ce au de făcut.

Ce este boala? Boala este o modificare anormală a parametrilor organismului, care afectează funcțiile fizice sau psihice ale acestuia. Dieta și alimentația, agenții infecțioși, substanțele toxice, moștenirea genetică, traumele și stresul joacă un rol important în declanșarea bolii și a morții. Sănătatea mediului studiază factorii care sunt implicați în producerea bolilor, precum elementele naturale, sociale, culturale și tehnologice ale lumii în care trăim.

În trecut organizațiile de sănătate își concentrău atenția asupra cauzelor care provocau moartea pentru a evalua starea de sănătate a populației. Statisticile referitoare la mortalitate nu includeau și bolile care nu sunt fatale precum demența sau orbirea. Agențiile de sănătate acum calculează anii de viață în stare de incapacitate (invaliditate) a unei persoane pentru a exprima starea de sănătate a populației, în scopul încercării de a evalua costurile totale ale unei boli. Atunci când un copil nou născut moare din cauza unei boli care poate fi prevenită (tetanos de exemplu) se pierd mai mulți ani ai unei noi vieți, decât atunci când un bătrân octogenar moare de pneumonie. Un adolescent paralizat în urma unui accident rutier va avea mulți ani de suferință și va fi un potențial adult pierdut când va suferi un atac cerebral. Conform statisticilor OMS bolile

cronice reprezintă aproximativ 60 % din cele 56,5 milioane din decesele care se înregistrează anual pe glob și aproape jumătate din cazurile de îmbolnăvire.

Omenirea parcurge acum o perioadă de tranziție epidemiologică dramatică. Progrese miraculoase în eliminarea bolilor transmisibile precum variola (smallpox), poliomielita (polio) și malaria permit oamenilor din aproape toate zonele de pe glob să trăiască mai mult. În unele țări sărace precum India speranța de viață aproape s-a triplat în secolul XX. Deși “ucigașii tradiționali” în țările în curs de dezvoltare – infecțiile, complicațiile pre și postnatale și deficiențele nutriționale încă ocupă un loc important, boli precum depresia și infarctul care se credea că afectează doar oameni din țările bogate au devenit în timp scurt cauza principală a dizabilității și a morții premature pretutindeni în lume.

OMS estimează că în 2020 bolile de inimă, care ocupau poziția a cincea în lista bolilor în urmă cu zece ani vor ocupa prima poziție. Cea mai mare creștere va fi în zonele mai sărace ale lumii unde oamenii adoptă stilul de viață și dieta celor din țările bogate. De asemenea, OMS estimează că în 2020 rata cancerului va crește cu 50%, 15 milioane de oameni vor avea cancer și 9 milioane vor muri de cancer pe an.

Numărul bolilor psihice va crește de la 10% la 15% din totalul bolilor în 2020. După cum se observă din tabelul 2 potrivit estimărilor OMS bolile depresive vor ocupa locul al doilea după cele de inimă și vor reprezenta 1,4 % din decese. Atât pentru femeile din regiunile dezvoltate, cât și pentru cele din țările sărace în curs de dezvoltare depresia va fi cauza principală a îmbolnăvirilor, în timp ce suicidul, care este adesea rezultatul unei depresii netratate va fi a patra cauză majoră a mortalității femeilor.

Tabelul 2 Lista cauzelor deceselor (sursa Organizația Mondială a Sănătății, OMS, 2002)

Poziția în anul 1990	Cauza decesului	Poziția în anul 2020	Cauza decesului
1	Pneumonia	1	Boli cardiace
2	Diarea	2	Depresia
3	Condiții perinatale	3	Accidente de trafic
4	Depresia	4	Congestie cerebrală
5	Boli cardiace	5	Boli cronice de plămâni
6	Congestie cerebrală	6	Pneumonia
7	Tuberculoză	7	Tuberculoză
8	Pojar	8	Războaiele
9	Accidente de trafic	9	Diarea
10	Deficiențe natale	10	HIV/ SIDA
11	Boli cronice de plămâni	11	Condiții perinatale
12	Malaria	12	Violența
13	Căderile	13	Deficiențe natale
14	Anemia feripriva	14	Răni
15	Subnutriția	15	Cancer ale aparatului respirator

Diarea, care în anii '90 era a doua cauză a mortalității populației globului, în 2020 se va situa pe locul nouă, în timp ce pojarul și malaria vor ieși din topul celor 15 boli cauzatoare de deces. Tuberculoza, produsă de un agent infecțios care a devenit rezistent la antibiotice și se diseminează rapid în multe zone (în special în Rusia) este singura boală care se preconizează că

va rămâne pe aceeași poziție – șapte în topul 15 în următorii douăzeci de ani. Accidentele rutiere, violența, războaiele vor deveni factori de risc mai importanți decât au fost până în prezent.

Bolile cronice de plămâni (emfizemul pulmonar, astmul și cancerul de plămâni) vor urca de pe locul unsprezece pe locul cinci în 2020. Cauza acestei modificări este creșterea numărului fumătorilor din țările în curs de dezvoltare. Conform statisticilor OMS în fiecare zi aproximativ 100.000 de tineri – majoritatea din țările sărace devin fumători. În prezent există cel puțin 1,1 miliarde de fumători pe Pământ și se așteaptă ca acest număr să crească cu 50% până în 2020. Dacă acest lucru va continua, 500 milioane de oameni care trăiesc acum vor muri din cauza bolilor provocate de consumarea tutunului. Se așteaptă ca bolile de plămâni să fie cele mai importante cauze a deceselor în întreaga lume (deoarece boli precum atacul de cord și depresiile sunt declanșate de factori multipli). În anul 2003 a fost adoptată o convenție pentru controlarea utilizării tutunului. Această convenție cere tuturor țărilor care au adoptat-o impunerea unor restricții privind publicitatea la țigarete și interzicerea consumului de tutun în spații publice. Măsurile de combatere a acestui flagel ar putea salva miliarde de vieți dacă toate țările ar ratifica această convenție.

Deși bolile vieții moderne sunt principala cauză a deceselor aproape oriunde în lume, bolile infecțioase transmisibile rămân încă responsabile de o treime din decese. Diareea, bolile respiratorii acute, malaria, pojarul, tetanosul și alte câteva boli infecțioase omoară anual aproximativ 11 milioane de copii cu vârsta sub cinci ani din țările în curs de dezvoltare. O alimentație mai bună, o apă curată (lipsită de microbi), o salubritate îmbunătățită și o vaccinare ar putea face ca marea majoritate a acestor decese să fie eliminate.

O mare varietate de organisme patogene afectează oamenii – virusuri, bacterii, protozoare și viermi. Cea mai mare pierdere de vieți omenești a fost în 1918 în urma unei epidemii cauzate de virusul gripa (virus ce produce gripa). Epidemiologii estimează că au murit cel puțin o treime din oamenii care au fost infectați și anume între 50 și 100 de milioane. Dacă ar avea loc încă o astfel de pandemie acum s-ar putea îmbolnăvi 2 miliarde de oameni și ar putea muri mai mult de 150 milioane, iar economia mondială ar fi în impas. Gripa este cauzată de o familie de virusuri care pot suferi mutații rapide și se pot transfera de la animale sălbatice și domestice la oameni făcând dificil controlul acestei boli.

În SUA în fiecare an se înregistrează 76 milioane de cazuri de intoxicații și infecții provocate de alimente, care duc la spitalizarea a 300.000 de oameni și a 5.000 de decese. Giardia, un protozoar parazit intestinal, este considerat a fi principala cauză a bolii diareice în SUA. Acest parazit este diseminat de la fecalele umane care pot ajunge în contact cu apa și alimentele și astfel să le contamineze. Conform statisticilor OMS un sfert din populația globului, aproximativ 2 miliarde de oameni suferă de boli cauzate de viermi și alți paraziți intestinali. Viermii de Guinea (*Dracunculus medinensis*) sunt transmiși prin apă contaminată și după un an de la infecție viermele adult, care poate ajunge la dimensiunea de un metru, migrează prin corpul gazdei umane și străpunge țesuturile pentru a ieși la suprafață pentru a putea să-și depună ouăle.

Malaria este una din bolile infecțioase care încă face numeroase victime. În fiecare an se înregistrează aproape 300 milioane de cazuri noi, din care aproximativ 1 milion mor. Teritoriile în care apare această boală se extind din cauza modificărilor climatice, care favorizează deplasarea țânțarilor, care sunt vectorii acestei boli, spre noi teritorii. Aplicarea unor tratamente cu insecticide ar putea preveni apariția a zeci de milioane de noi cazuri în fiecare an.

Boli care nu au fost cunoscute până în prezent apar, sau boli care se credea că au fost eradicate, fiind absente cel puțin 20 de ani reapar. Noua tulpină H5N1 a virusului gripei aviare este un astfel de exemplu. În ultimile două decenii s-au înregistrat cel puțin 30 de izbucniri ale unor boli precum Ebola și febra Marburg, care au lovit cel puțin șase regiuni diferite din Africa Centrală. Holera, care a fost absentă în America de Sud de peste o sută de ani, în 1991 a reapărut în Peru. Alte exemple sunt apariția unor forme rezistente la antibiotice a agenților infecțioși care

produc tuberculoza, care se răspândesc în prezent în Rusia, malaria care a reapărut în zone unde aproape fusese eradicată, un nou virus uman HTLV, care se pare că a trecut de maimuțe la oamenii din Camerun care consumă carnea acestor animale. Tulpinile acestui virus au infectat până în prezent 25 milioane de persoane. Un alt virus numit West Nile este cel mai virulent virus și cu viteza de răspândire cea mai mare care a lovit Statele Unite ale Americii. Acest virus aparține unei familii de virusuri care sunt transmise de țânțari și provoacă encefalita. Deși în Africa acest virus este cunoscut încă din 1937, în America de Nord el a fost absent până în 1999 când se pare că a fost introdus de o pasăre sau de țânțari din Orientul Mijlociu. Boala s-a diseminat din New York, unde a fost pentru prima dată raportată, la păsările din partea de est în doar doi ani. Virusul a produs infecții la 230 specii de animale, din care 130 sunt specii de păsări. În 2002 mai mult de 4.000 de persoane s-au îmbolnăvit și 248 dintre ele au murit.

În prezent boala care produce cele mai multe decese este SIDA care este provocată de virusul HIV. Această boală apărută în anii 1980 este acum situată pe locul 5 al bolilor infecțioase cele mai contagioase care omoară oamenii. Conform estimărilor OMS în prezent sunt 60 milioane persoane infectate cu virusul HIV și în fiecare an mor 3 milioane de persoane din cauza complicațiilor provocate de SIDA. Deși două treimi din numărul persoanelor infectate cu HIV sunt în sudul Africii, boala se răspândește cu repeziciune în sudul și estul Asiei. Peste 20 de ani s-ar putea să se înregistreze peste 65 milioane de decese provocate de SIDA. În Botsuana sunt înregistrate oficial ca fiind HIV pozitiv aproximativ 40% din populația adultă. Se preconizează că două treimi din adolescenții de 15 ani infectați în prezent vor muri de SIDA înainte să împlinescă vârsta de 50 de ani. Media de viață pentru populația din Botsuana este de 69,7 ani, dar dacă se ține cont și de SIDA, atunci media scade la 36,1 ani. În întreaga lume mai mult de 14 milioane de copii și-au pierdut unul sau chiar ambii părinți din cauza SIDA. Costurile necesare tratării pacienților și scăderea productivității din cauza morții premature cauzate de această boală se estimează a fi de cel puțin 35 miliarde de dolari pe an.

Oamenii nu sunt singurii care suferă din cauza acestor boli noi devastatoare. Animalele domestice și sălbatice pot fi și ele afectate de boli numite "boli ecologice". De exemplu, gripa aviară este un pericol pentru populațiile de păsări sălbatice deoarece poate duce la extincția unor specii rare.

Boala degenerativă cronică (CWD – Chronic Wasting Disease) se diseminează în populațiile de cerbi, căprioare și elani din America de Nord. Această boală neurologică degenerativă cunoscută ca encefalopatia spongiformă transmisibilă TSE este cauzată de un tip de agenți infecțioși numiți prioni, care sunt constituiți din proteine (nu au acid nucleic). TSE include boala vacii nebune ce se manifestă la bovine, scrapia la ovine și boala Creutzfeld-Jacob la oameni. Această boală se presupune că a fost declanșată la elani atunci când fermierii au început să-i hrănească cu subproduse animale contaminate (de exemplu făină de oase). Boala a început să se extindă odată cu vinderea animalelor bolnave altor fermieri și acum a ajuns și la populațiile sălbatice.

Guvernul canadian a estimat că a cheltuit 65 milioane de dolari în încercarea de a stopa răspândirea acestei boli. În Wisconsin într-o zonă apropiată de Madison au fost uciși aproximativ 20.000 de cerbi și căprioare în acest scop. Nu s-a înregistrat încă nici un caz de contaminare la oameni cu TSE, dar există teama să nu se întâmple din nou tragedia din anii 1990 din Europa când din cauza TSE au murit cel puțin 100 de persoane și aproape 5 milioane de bovine și ovine au fost omorâte.

Bolile noi și cele considerate eradicate care pot afecta oamenii și bolile ecologice apărute în comunitățile naturale au în comun faptul că modificările mediului reprezintă factori de stres pentru sistemele biologice și dereglează relațiile ecologice normale. Despăduririle masive și desecarea zonelor umede distrug habitatul speciilor native. Organismele invazive și bolile sunt introduse accidental sau intenționat în zone noi unde pot crește exploziv. Creșterea populației și a

ecoturismului au dus la creșterea incursiunilor oamenilor în mediul sălbatic. În 1950 doar 3 milioane de persoane zburau cu curse aviatice comerciale, iar în 2000 numărul acestora a crescut fiind mai mare de 300 milioane. Bolile se pot răspândi astfel cu mai mare repeziciune în jurul globului odată cu deplasarea oamenilor dintr-o țară în alta. În cazul sindromului respirator acut (SARS – Severe Acute Respiratory Syndrome), care s-a declanșat în sudul Chinei în 2003, un singur călător al unei curse aviatice putea disemina virusul la peste 160 persoane în șapte țări înainte să fie diagnosticat cu această boală.

Animalele sălbatice pot disemina boli în numeroase zone. Astfel, păsările sălbatice migratoare purtătoare ale virusului H5N1 al gripei aviare îl pot disemina pe toată lungimea rutei lor de migrație. Prima dovadă a acestui fapt a provenit din vestul Chinei de la lacul Qinghai unde păsările de apă se adunau să se odihnească în drumul lor din sudul Asiei până în Mongolia și Siberia. Cel puțin 100.000 păsări, majoritatea găște, au murit la lacul Qinghai în primăvara anului 2005 din cauza gripei aviare provocate de tulpina H5N1. Ornitologii erau îngrijorați de faptul că păsările expuse virusului ar putea călători din Siberia nu înapoi în sudul Asiei ci prin Asia centrală la Marea Neagră și Marea Caspică și prin Europa și Africa. Predicțiile s-au dovedit a fi corecte, în 2006 fiind identificate păsări infectate în 50 de țări din Asia, Africa, Europa și Orientul Mijlociu. Diseminarea acestui virus în Africa reprezintă o adevărată amenințare pentru că majoritatea țărilor africane sunt sărace, nu au bani și infrastructură pusă la punct pentru a monitoriza și trata oamenii, deci cu atât mai puțin pot urmări și lua măsuri pentru menținerea stării de sănătate a păsărilor sălbatice. Comunitățile rurale din zona lacurilor din regiunea Rift Valley depind foarte mult de păsări pentru a putea supraviețui și trăiesc în contact strâns atât cu păsările domestice, cât și cu cele sălbatice migratoare, condiții care cresc potențialul pentru apariția unei pandemii.

Ocazional păsările sălbatice traversează stâmtoarea Bering din Siberia în Alaska. De aceea, cercetătorii americani și canadieni testează rațele și găștele sălbatice pentru a evidenția prezența infecției cu virusul H5N1 deoarece această rută este considerată a fi cea prin care poate pătrunde gripa aviară în America de Nord.

Creșterea consumului de animale sălbatice, maimuțe în țări din Africa, pisici și câini în China, sau sânge proaspăt de rață în Vietnam, permite bolilor să treacă peste barierele de specie. Oamenii sunt obișnuiți să creadă că majoritatea virusurilor nu pot trece barierele de specie, dar virusul canin care determină răpciuga a decimat lei din Serengeti. De asemenea, virusul Ebola s-a demonstrat recent că este endemic la liliecii vegetarieni care sunt în mod obișnuit hrana populației din Africa Centrală. Virusul SARS a trecut de la lilieci la specii de pisici și câini care sunt considerate delicatose în bucătăria chinezească. Virusul HIV cu siguranță a trecut de la maimuțe la oamenii care le vânau și le mâncau.

Modificările climatice facilitează sau forțează expansiunea speciilor spre noi teritorii. Din 2001 ca urmare a modificărilor climatice incidența cazurilor de malarie, febră galbenă și alte boli tropicale a crescut în SUA odată cu mărirea (modificarea) teritoriilor țânțarilor, rozătoarelor și a altor animale vectori. De asemenea, acest fenomen a fost observat în întreaga lume. Boli precum tuberculoza, boala Lyme, ciurma bubonică și holera au reapărut și s-au extins din cauza modificărilor mediului, a perturbării echilibrului ecologic.

Malaria, una dintre bolile transmise de insecte la om este un exemplu de boală care se credea că a fost eradicată. În fiecare an aproximativ 1 milion de persoane mor din cauza acestei boli, din ei 90% fiind din Africa și majoritatea copii. Protozoarul parazit care provoacă această boală este acum rezistent la majoritatea antibioticelor, iar țânțarii care transmit acest parazit la om și-au dezvoltat și ei rezistență la multe insecticide. Tratamentele cu DDT în India și Sri Lanka de exemplu au redus malarie de la milioane de infecții pe an la doar câteva sute în anii 1950 și 1960. Acum în sudul Asiei a crescut nivelul îmbolnăvirilor cu aproximativ jumătate de milion pe an fiind aproape la fel cu cel din perioada dinaintea efectuării tratamentelor cu DDT. În alte zone

unde nu au existat cazuri de malarie niciodată, acum din cauza modificărilor climatice și a alterării habitatelor au apărut.

De ce vectorii bolilor precum țânțarii și patogenii precum protozoarul care produce malarie au devenit rezistenți la pesticide și antibiotice? Datorită selecției naturale, abilității organismelor de a evolua rapid și din cauza oamenilor care au utilizat excesiv o singură măsură de control și combatere a lor. Atunci când au fost descoperite DDT-ul și alte insecticide care puteau combate țânțarii au fost folosite peste tot. Acest lucru nu doar a dăunat foarte mult vieții sălbatice și insectelor benefice, dar de asemenea a creat condițiile perfecte pentru selecția naturală. Multe organisme dăunătoare și patogene au fost expuse doar puțin la măsurile de combatere, permițându-le acelor cu rezistență naturală să supraviețuiască și să-și disemineze genele în populație. După cicluri repetate de expunere la tratamente și selecție multe microorganisme și vectorii lor au devenit rezistenți la aproape toate armele noastre împotriva lor.

Creșterea unui număr foarte mare de bovine, suine și păsări în spații închise este o altă cauză a răspândirii rezistenței patogenilor la antibiotice. Animalelor din crescătorii le sunt administrate constant antibiotice și hormoni steroizi pentru a le proteja de boli și pentru a le face să crească repede. În SUA mai mult de jumătate din antibioticele utilizate în fiecare an sunt utilizate pentru animale. O cantitate semnificativă din aceste antibiotice și hormoni sunt excretate prin urina și fecalele care sunt împrăștiate netratate pe terenuri agricole sau sunt deversate în apa de suprafață unde pot contribui la apariția și evoluția patogenilor supervirulenți. În cazul în care urmați un tratament cu antibiotice nu întrerupeți administrarea lor dacă vă simțiți puțin mai bine, medicamentele trebuie luate atât timp cât sunt recomandate de medicul specialist.

### ***8.3. Riscurile biologice generate de impactul antropic asupra ecosistemelor***

Riscurile biologice generate de impactul antropic asupra ecosistemelor sunt practic de două tipuri: directe (rezultând o creștere directă a pericolelor biologice pentru om, animale și plante) și mediate (rezultând dintr-o creștere a pericolelor biologice pentru om, animale și plante datorită unor procese în care este implicat solul).

În cele ce urmează de vor folosi următoarele definiții:

*daună* = deteriorare fizică sau vătămare adusă sănătății oamenilor sau pagubă adusă unei proprietăți sau mediului înconjurător

*pericol* = sursa potențială de daune

*risc* = combinație a probabilității de incidență a unei daune și gravitatea acestei daune

*pericole biologice* (inhalare, ingestie sau contact cu agenți biologici dăunători), respectiv (i) patogeni sau (ii) alergeni.

Agenți biologici dăunători = microorganisme sau produse ale lor care produc boli ale omului, animalelor sau plantelor.

Scenariile de expunere luate în considerare sunt:

- pericole care se referă la siguranța omului
- pericole care se referă la mediul înconjurător (faună, floră, sol, apă, aer);
- pericole care se referă la sănătatea și creșterea plantelor de cultură.

### ***8.4. Riscurile biologice directe ale activităților economice***

Riscurile biologice directe ale activităților economice sunt cele care rezultă din sub-produsele industriei alimentare, din activitatea de gestionare a deșeurilor organice pentru realizarea de composturi destinate ameliorării solurilor și mai ales din activitatea de utilizare efectivă a amelioratorilor de sol rezultați prin compostarea diferitelor deșeuri organice.



Virusurile, bacteriile (inclusiv actinomicetele), mucegaiurile, protozoarele și viermii intestinali pot contamina sau se pot dezvolta în sub-produsele industriei alimentare și/sau a deșeurilor organice în timpul producerii, descompunerii sau compostării și în timpul depozitării acestor materiale. Unii dintre agenții biologici menționați mai înainte pot cauza infecții, iar alții, în special mucegaiurile și actinomicetele, pot provoca alergii (inclusiv sub formă de boli, cum ar fi iritarea membranelor mucoase, rinite, astm, bronșita alergica sau febra de inhalație) fie direct, fie prin produșii lor. Dintre aceștia, cei mai importanți sunt, probabil, bacteriile gram-negative (proteobacteriile) și cele coliforme, actinomicetele termofile și ciupercile microscopice din genul *Aspergillus*.

Pericolele de ingestie și contact cu pielea pot apare atunci când materialele organice compostate sunt utilizate ca amelioratori de sol. Aceste pericole sunt posibile atât în timpul utilizării casnice (flori la ghivece, grădinărit ca *hobby*), cât și în cazul utilizării profesionale. Riscurile de inhalare a agenților biologici dăunători sunt mult mai mari însă în timpul producerii și amestecării amelioratorilor de sol pe bază de deșeuri compostate. Infecțiile apar prin ingestia materialului contaminat, penetrarea pielii prin răni deschise, înțepături și cicatrici. Iritarea membranelor / mucoaselor se manifestă obișnuit prin tuse uscată, iritarea ochilor, nasului și gâtului și poate reprezenta un efect inflamator care implică un răspuns imun sau mediatori tisulari. Poate fi provocat de expunerea prelungită la concentrații scăzute de endotoxine sau alți componenți ai bioaerosolilor.

Bronșitele și bolile de plămâni cronice obstructive pot apărea, de asemenea, din expunerea la endotoxine, probabil la doze mai mari decât cele care provoacă iritarea membranelor mucoase, dar probabil, de asemenea, din reacții nespecifice la praf sau la alte componente ale bioaerosolilor. Rolul sporilor ciupercilor microscopice nu este sigur, dar poate exista o inter-relație între boală și condițiile specifice ale unui anumit subiect uman (subiecți atopici, respectiv cu o predispoziție genetică constituțională către sensibilizare peste limitele normale în cazul expunerii zilnice la alergeni aeropurtați, inclusiv polenuri, spori ciuperci, insecte, căpușe și produșii lor, părți din blănuri animale și alte materiale de origine proteică). Rinitele alergice și astmul sunt boli inflamatorii și obstructive ale căilor aeriene largi și ale tractului respirator superior la astfel de subiecți atopici. Simptomele evoluează rapid la expunere și sunt intermediare de anticorpi specifici IgE.

Alveolita alergica extrinseca este o reacție inflamatorie granulomatoasă dependentă de limfocitul T, predominantă în țesutul periferic al plămânilor, care nu depinde în prea mare măsura de predispozițiile constituționale. Simptomele acute ale alveolitei alergice evoluează la câteva ore după expunerea la praf iritant și include frisoane, febra, tuse seacă, indispoziție și, la expunere repetată, sufocare progresivă și pierdere în greutate. În final poate surveni afectarea ireversibilă a plămânilor.

Diagnosticul se bazează pe istoricul expunerii la antigenul relevant, pe modificările clinice, radiologice și funcționale, tipice bolii și pe prezenta anticorpilor IgG care precipită (precipitine) în prezenta agentului cauzal, cu afectarea capacității pulmonare de difuzie, scăderea tensiunii oxigenului arterial, defect de ventilație restrictiv, creșterea limfocitelor și infiltrațiilor granulomatoase și cu reproducerea bolii prin provocarea inhalării cu un antigen relevant. Precipitinele sunt indicatori ai expunerii la antigen și relevanta lor pentru boala trebuie demonstrată.

Alveolitaergică extrinsecă este, în mod tipic, o boală profesională și numele date diferitelor forme ale bolii reflectă de obicei mediul în care apar sau sursa aerosolului antigenic. Este cauzată de o gamă de bioaerosoli care conțin adesea atât spori de ciuperci microscopice cât și de actinomicete. Plămânul fermierului este un exemplu clasic de alveolităergică.

Febra de inhalație sau sindromul prafului organic toxic (ODTS) poate prezenta câteva din trăsăturile alveolitei alergice. Ca și aceasta, apare la expunere intensă la bioaerosoli, care

provoacă simptome asemănătoare gripei, cu leucocitoză și febră, dar nu pare să necesite sensibilizare anterioară sau dezvoltare de anticorpi, în timp ce simptomele respiratorii și schimbările radiografice pot să apăra sau nu.

Ciupercile microscopice, bacteriile, micotoxinele și endotoxinele au fost presupuse toate ca posibile cauze ale ODTS. Acesta poate fi cauzat de doze mari de endotoxine despre care se știe că produc reacții febrile la inhalare. Totuși, aero-biologia mediilor în care a apărut acest sindrom nu a fost definită niciodată, iar rolurile diferitelor microorganisme nu au fost stabilite încă.

Endotoxinele pot cauza simptome febrile, cum ar fi febra endotoxica și s-a dovedit existența unei relații doză răspuns între nivelul endotoxinei în aer și deteriorarea funcțiilor pulmonare la muncitori în diferite medii.

#### *Bacteriile gram-negative*

Speciile de bacterii gram-negative de origine vegetală prezintă pericole respiratorii potențiale, ca surse ale endotoxinelor și alergenilor. Cea mai cunoscută este specia *Enterobacter agglomerans* (sinonim *Pantoea agglomerans*, *Erwinia herbicola*), care apare la o serie de plante și produse vegetale. Specia se caracterizează printr-un nucleu galben cromogen, facultativ anaerobă-fermentativ cu flageli peritrihi, iar pereții celulari conțin lipopolizaharide cunoscute ca endotoxina care a fost asociată cu o gamă de boli profesionale. Răspunsurile febrile și respiratorii sunt asociate cu concentrații mai mari de 1000 bacterii gram-negative sau 0,1 μg endotoxină/m<sup>3</sup> aer. Doze mici de endotoxină pot provoca iritarea membranelor mucoase, iar doze mai mari - bronșite sau febră de inhalatie (sindromul prafului organic toxic). Endotoxinele la muncitorii de la apele uzate sunt asociate cu simptome similare gripei, cu oboseala, febra și iritarea tactului respirator superior și a ochilor.

Alte bacterii gram-negative obișnuite în praful organic și potențial periculoase pentru muncitorii expuși aparțin în cea mai mare parte genurilor *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Burkholderia* și *Acinetobacter*. *Alcaligenes faecalis* poate fi obișnuit în bioaerosoli din fermele de animale și în fabricile de producere a nutrețurilor și provoacă tulburări respiratorii.

#### *Bacteriile fecale (coliformi fecali)*

Patogenii fecali (ca de exemplu *Salmonella* spp) prezenți în amelioratorii de sol proveniți din reciclarea deșeurilor urbane sau de la abatoare, constituie un pericol de infecție pentru cei care manipulează aceste materiale. Riscul este probabil cel mai mare în materiale derivate din nămoluri de la ape uzate compostate. Nămolurile de la apele uzate brute conțin o gamă largă de microorganisme, dintre care coliformii totali numără 1,6x10<sup>4</sup>...6,2x10<sup>5</sup> unitati formatoare de colonii (ufc)/ml, coliformii fecali, 3,4x10<sup>3</sup>...4,9x10<sup>5</sup> și streptococii fecali, 6,4x10<sup>2</sup>...4,5x10<sup>4</sup>/ml. Raportul între coliformii fecali și coliformii totali se înscrie între (8,3...47,6)%. *Salmonella* spp poate apărea în concentrații de pana la 10<sup>3</sup>...10<sup>6</sup>. Procesarea nămolurilor activate de la apele reziduale scade numărul total al bacteriilor coliforme, coliformele fecale, streptococii fecali, *Salmonella*, *Shigella* și *M. tuberculosis* cu (25...99)%, virusul polio cu 90% și virusul coxackie A9 cu 98%. Eficienta tratamentului depinde nu numai de eficienta degradării ci și de separarea completa a microorganismelor din nămolurile activate de la apele uzate de la efluentul secundar purificat prin sedimentare. Supraviețuirea prelungita a patogenilor în nămolul uscat poate fi eliminata prin temperaturi înalte, anterior evacuării. Compostarea duce la temperaturi înalte, de obicei în jur de 55°C, care pot pasteuriza efectiv materialele contaminate cu materii fecale. Totuși, este esențial ca întreaga masa sa atingă temperatura corespunzătoare pe perioada necesara omorării tuturor patogenilor intestinali și pentru ca parametrii procesului sa fie atent urmăriți.

Riscul pentru sănătate al aerosolilor este dificil de determinat deoarece multe dintre bacterii își au originea în mediul înconjurător. Au fost raportate simptome gastrointestinale, "Sindromul Muncitorilor de la Apele Uzate" la muncitorii expuși la numeroase bacterii gram-negative aeropurtate și enterotoxine din *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *E. coli*,

*Aeromonas*, *Proteus* și *Pseudomonas*. Totuși, ratele de infectare la persoanele care locuiesc lângă instalațiile de tratare a apelor uzate și cei care locuiesc în alta parte nu diferă astfel încât riscul unor astfel de infecții la persoanele care manipulează amelioratori de sol sau substraturi de cultură rezultați din compostarea apelor uzate este probabil să fie foarte mic. Totuși, situația este ceva mai sensibilă în cazul utilizării unor asemenea materiale în grădina personală și producătorii de compost destinat utilizării casnice au datoria să aibă grijă de acești utilizatori neprofesioniști.

#### *Salmonella in sol*

Principalul habitat al *Salmonellei* este tractul intestinal al omului și animalelor. Contaminarea apei, solului și plantelor cu excremente poate duce la diseminarea lor în mediul înconjurător natural. Cu excepția speciei *S. bareilly*, speciile din genul *Salmonella* nu se înmulțesc semnificativ în mediu, dar pot supraviețui mai multe săptămâni în apă și câțiva ani în sol, dacă sunt favorabile condițiile de temperatură, umiditate și pH. *Salmonella* a fost detectată în produse comerciale de ameliorare a solurilor derivate din compost pe bază de nămol de la apele uzate. Distribuția serotipurilor de *Salmonella* nu sugerează o corelație strânsă între existența bacteriilor *Salmonella* în produsele compostate și apariția infecțiilor cu *Salmonella* în comunitățile din vecinătatea locurilor în care sau aplicat composturi infestate cu *Salmonella*.

Analizele de risc de expunere datorită composturilor infestate cu *Salmonella* au demonstrat că probabilitatea de infecție este scăzută pentru majoritatea scenariilor luate în considerare. Totuși, faptul că izolarea de *Salmonella* este frecventă în composturile provenite din ape uzate, iar predominanța în aceste composturi a unui serotip izolat de obicei la copiii infectați a determinat impunerea unor limite de contaminare pentru *Salmonella* (composturile / amelioratori de sol trebuie să fie lipsite de *Salmonella* într-o probă medie de 25 g).

#### *Tulpini patogene de Escherichia coli*

Estimarea numărului de bacterii coliforme în diferite produse este considerată o metodă importantă de evaluare a contaminării fecale, a respectivelor produse (deși procedurile trebuie respectate, deoarece izolarea de coliforme pe mediu cu bilă de bou poate fi major influențată de prezenta altor microorganisme). Principalul motiv pentru evitarea contaminării fecale a produselor (în afara de cel al acceptanței) este de fapt prevenirea apariției de tulpini patogene de *E. coli* în apele de suprafață utilizate pentru agrement sau piscicultură și în apa potabilă. Există puține date asupra apariției și supraviețuirii tulpinilor patogene de *E. coli* în sol. WHO permite 10 coliforme/100 ml în apa și în surse de apă pentru comunitățile mici, dar limita în SUA este de 0 coliformi /100 ml. Deși este de presupus că numărul coliformelor fecale în majoritatea probelor de amelioratori de sol proveniți din compost de nămol de ape uzate compostat, nu s-au găsit *E. coli* sau *Salmonella* spp printre cele  $10^7$ ... $10^9$  bacterii termofile tolerante la metale și antibiotice, izolate din probe de material compostat brut și tratat, de la un compostor urban de mare capacitate. Totuși, *E. coli* poate fi detectat în absența oricărei contaminări fecale umane, mai ales în țările tropicale. *E. coli*, foarte asemănătoare din punct de vedere fenotipic cu izolatele de fecale, au fost izolate din epifite, la 15 m deasupra nivelului solului, în pădurea tropicală. Este posibil ca asemenea contaminare să provină de la pasări sau alte animale arboricole, dar este posibilă și supraviețuirea / multiplicarea bacteriilor în mediu tropical.

#### *Legionella*

Boala legionarilor sau legioneloză este o formă atipică de pneumonie care nu se transmite de la om la om, ci este de obicei asociată cu inhalarea de aerosoli de apă care conțin bacterii *Legionella* viabile. În Australia au fost raportate o serie de focare de legioneloză asociate cu manipularea amelioratorilor de sol. Acestea ar fi putut apărea din aerosoli formați în timpul irigațiilor intense, dar există dovezi certe că bacteriile au fost prezente în amestecul folosit pentru ameliorarea solului și ar fi putut persista aici timp de câteva luni. Bacteriile din genul *Legionella* sunt larg răspândite în surse naturale de apă, inclusiv lacuri, râuri, pârâuri și iazuri și pot fi de asemenea găsite în soluri și în resturile vegetale în curs de descompunere. *Intensificarea irigațiilor*

datorită schimbărilor climatice va duce la creșterea riscului de infectare cu *Legionella* din sol / amelioratori de sol organici.

#### *Actinomicete termofile*

Actinomicetele sunt bacterii gram-pozitive filamentoase cu multe din caracteristicile morfologice ale fungilor dar cu structura și fiziologie de bacterii. Multe specii au spori în jur de 1 μm în diametru care pot deveni cu ușurință aeropurtați. Astfel, ei sunt favorizați pentru penetrarea adâncă în plămâni, prin inhalare.

Unele actinomicete, de exemplu *Nocardia asteroides*, pot provoca infecții dar patogenitatea tulpinilor care cresc saprofitic în sol sau în resturile vegetale nu a fost niciodată stabilită. Alte specii sunt importante deoarece au fost implicate în alveolita alergică, o boală profesională de plămâni larg recunoscută, mai ales la fermieri și lucrători la ciupercării, expuși unui număr mare de spori din micelii și composturi. Speciile implicate includ *Saccharopolyspora rectivirgula* (Sinonime: *Faenia rectivirgula*, *Micropolyspora faent*), *Thermoactinomyces vulgaris*, *T. thalophilus*, *Saccharomonospora viridis* și *Thermomonospora* spp.

#### *Aspergillus fumigatus*

*Aspergillus fumigatus* este un mușgai filamentos care produce un miceliu filamentos, care se ramifică în substratul de cultură și generează numeroase structuri producătoare de spori (aproape sferice), în majoritate de 2,5...3,0 μm în diametru. Mușgaiul crește pe o plajă foarte largă de temperatură, de la 15...55°C și pe majoritatea acestei plaje se poate dezvolta rapid pe substraturi corespunzătoare. În mediul înconjurător natural este omniprezent, colonizând litiera (resturile vegetale de la suprafața solului), și este adesea obișnuit în materialele compostate care s-au încălzit.

Dimensiunile mici ale sporilor (2,5...3,0 μm în diametru) le permite acestora să pătrundă adânc în plămâni, unde sunt cauza unei game de simptome respiratorii la om și animale, a căror natură depinde de reactivitatea imunologică a subiectului. La expunerea la *A. fumigatus*, subiecții atopici (sensibili) pot dezvolta astm și aspergilloze bronhopulmonare alergice, ultimele cu mușgaiul crescând în căile aeriene. Subiecții non-atopici necesită expunere intensă și îndelungată la spori înainte de a deveni sensibili și a dezvolta simptomele alveolitei alergice extrinseci și aspergilloame (ghem de mușgai). În aspergilloame mușgaiul se dezvoltă în cavități ale plămânului, în special în caverne tuberculoase vechi. Subiecții al căror răspuns imun este împiedicat de medicamente sau radioterapie sau printr-o boală imunodepresivă cronică, (ca de exemplu SIDA sau unele forme de tuberculoză) pot dezvolta aspergilloze invazive, în care mușgaiul crește activ în țesutul pulmonar și se poate împrăști în final la alte organe.

#### *Sporothrix schenckii* în turba și sol

Prezența microorganismului *Sporothrix schenckii*, cauza sporotrichozei, a fost raportată de mai multe ori în SUA și Canada. S-a izolat *S. schenckii* în două din 12 (17%) firme producătoare de amelioratori pentru refacerea terenurilor degradate pe bază de turbă roșie (testul fiind făcut inițial pentru determinarea incidenței speciilor de *Aspergillus*). Probabilitatea prezenței lui *Sporothrix schenckii* în mușchi *Sphagnum* este ridicată, existând numeroase semnalări ale unei incidențe ridicate a acestui microorganism patogen pentru om pe mușchiul *Sphanum* (care stă la originea turbei roșii).

### **8.5. Măsurile de limitare a riscurilor biologice directe**

Toate materialele organice folosite după compostare ca amelioratori de sol sunt potențial cu risc, dar cel mai mare pericol vine fără îndoială din materialele compostate provenite din deșeurile urbane sau de la abatoare, care pot conține virusuri și bacterii patogene sau, dacă a intervenit o etapă de încălzire, actinomicete termofile din abundență și *Aspergillus fumigatus*.

Este puțin evidentă creșterea *A. fumigatus* în turbă, dar mucegaiurile alergene pot apărea în produse provenite din lemn.

De asemenea se consideră că riscul (probabilitatea apariției pericolului) este semnificativ mai mare în timpul producției amelioratorilor de sol decât în timpul utilizării finale. Pentru ca acest risc biologic să fie redus produsul trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să fie lipsit de *Salmonella* (absentă în 25 g produs);
- să fie lipsite de enterobacterii, < 1000 ufc/g (numărarea bacteriilor aerobe);
- să prezinte un nivel redus de bacterii sporogene și potențial formatoare de toxine.

În plus, sunt recomandate o serie de măsuri necesare în timpul depozitării pentru a preveni reinfecția (de ex. sigilarea containerelor).

Pentru a se preveni riscurile biologice în timpul manipulării deșeurilor organice (și în special a celor urbane și a celor provenind de la abatoare) sunt prezăvute norme de tehnica muncii specifice.

Pentru ca să se reducă pericolele / riscurile biologice la utilizarea amelioratorilor de sol sunt prevăzute limite stricte privind prezența agenților biologici dăunători. Aceste limite sunt adoptate prin Hotărârea de Guvern nr. 176/2004 privind stabilirea criteriilor de acordare a etichetei ecologice pentru grupul de produse amelioratori de sol și substraturi de cultură (M. Of. nr. 169 / 26 feb. 2004), care transpune în totalitate Decizia Consiliului nr. 688/2001/EEC referitoare la stabilirea criteriilor de acordare a etichetei ecologice comunitare amelioratorilor pentru sol și substraturilor de cultură (Jurnalul Oficial L 242 din 12.09.2001).

Indicații înrudite pot fi găsite în:

Directiva 79/869/EEC (ape de suprafață pentru evacuarea apei potabile), care cere determinarea:

- coliformelor totale; coliformelor fecale; streptococilor fecali; *Salmonella*.

Directiva 80/778/EEC (calitatea apei pentru consum uman) care stabilește parametri microbieni.

Directiva 90/667/EEC (norme veterinare pentru resturile animale exceptând excrețiile) care stabilește regulile de evitare a pericolelor biologice în procesarea/eliminarea deșeurilor animale.

Codurile de Practică ale Asociațiilor Profesionale prescriu de asemenea absența bacteriilor din genul *Salmonella* în 25 g produs, *E. coli* în 5 determinări nici una cu > 1000 ufc/g, cel puțin 3 cu < 100 ufc/g.

### **8.6. Plantele modificate genetic și impactul lor asupra solului**

Plantele modificate genetic au fost aduse în România de către firma americană Monsanto. Încercând să spargă embargoul european, americanii au venit în România cu intenția declarată de a organiza cel mai performant sistem de multiplicare a semințelor din Europa. Acest obiectiv este pe cale de a fi ratat, din cauza lipsei de decizie a autorităților române, care, pentru a nu intra în conflict cu UE, au acceptat în mod tacit embargoul impus plantelor modificate genetic. Fapt este că, din cele trei culturi testate în România, în perioada 1998- 2000, s-a optat în final doar pentru o singură plantă, respectiv soia. Ea a fost extinsă de la câteva zeci de hectare la începutul anului 1998 la 58.100 hectare în 2004, România fiind la această dată singura țară europeană care cultivă soia transgenică la nivel industrial.

În anul 2004, plantele modificate genetic au fost cultivate pe 81 milioane ha, în 17 țări de pe 6 continente. Pe parcursul celor 9 ani de la introducerea în cultură a plantelor transgenice, suprafața a crescut de 47 de ori - de la 1,7 milioane ha în anul 1996, la 81 milioane ha în anul 2005. Este vorba de un ritm de creștere nemaîntâlnit în domeniul tehnologiilor agricole. În anul 2004, șase țări au cultivat 98% din suprafața mondială de plante modificate genetic. Pe primul loc

se situează SUA, cu 47,6 milioane ha (59% din total), urmate de Argentina - 16,2 milioane ha, Canada - 5,4 milioane ha, Brazilia - 5 milioane ha, China - 3,7 milioane ha și Paraguay - 1,2 milioane ha. Restul de 1,9 milioane hectare din suprafață a fost cultivată de unsprezece țări: India, Africa de Sud, Uruguay, Australia, România, Mexic, Spania, Filipine, Honduras, Columbia, Germania.

Spania, țară membră a Uniunii Europene, cultivă încă din anul 1998 porumb modificat genetic (rezistent la atacul de sfredelitorul porumbului *Ostrinia nubilalis*) pe suprafețe semnificative (60 mii ha în anul 2004). Este de precizat că mai mult de jumătate din populația lumii trăiește în țări în care este aprobată oficial cultivarea plantelor modificate genetic. Principalele specii de plante modificate genetic cultivate pe plan mondial în anul 2004 au fost: soia - 48,4 milioane ha (60% din suprafața totală cultivată cu plante transgenice), urmată de porumb - 19,3 milioane ha (23%), bumbac - 9 milioane ha (11%), rapiță canola - 4,3 milioane ha (6%). Alte specii de plante (cartof, dovlecel, papaya) se cultivă pe suprafețe foarte mici. Soia modificată genetic a reprezentat 56% din cele 86 milioane ha cultivate pe plan mondial cu această plantă. Bumbacul transgenic a ocupat 28% (din totalul de 32 milioane ha), rapița (canola) modificată genetic a reprezentat 19% (din 23 milioane ha), iar porumbul modificat genetic a ocupat 14% (din totalul de 140 milioane ha).

Pe plan mondial SUA sunt promotoarele plantelor modificate genetic, iar țările UE sunt principalul opozant (fiind rămase în urmă în domeniul producerii de plante modificate genetic, având o clasă de fermieri extrem de conservatori și cu consumatori sofisticati ca sunt extrem de reticenti la consumul de plante modificate genetic).

Singurul impact (potențial) negativ al cultivării plantelor modificate genetic asupra solului este rizodepunerea de proteine modificate genetic. Proteinele eliminate de plante în sol sunt protejate față de biodegradare, atât fizic (prin legare la coloizii minerali sau organici din sol) cât și biochimic (prin policondensarea în complexe humice). Acest proces de protejare a compușilor organici este ilustrat și în fig. 1. Datorită acestui proces de protejare a proteinelor rizodepuse de plantele modificate genetic, proteina cristalului endoproteic de *Bacillus thuringiensis* (toxică pentru insecte) persistă în sol și ar putea determina modificări ale evoluției meso- și macro-faunei din sol. Studiile sunt însă numai la început, iar extinderea mare a plantelor modificate genetic face ca deja impactul (dacă există) să nu fie foarte semnificativ pentru echilibrele biologice din sol.

### **8.7. Dezechilibrele microbiocenozelor din sol și producerea de toxine microbiene**

În urma producerii a unor dezechilibre microbiologice în sol (și) ca urmare a impactului antropic se produc o serie de metaboliți toxici microbieni foarte periculoși.

Un prim exemplu de astfel de metaboliți toxici microbieni sunt aflatoxinele. Aflatoxinele (*A. flavus toxin*) sunt metaboliți secundari toxici, puternic cancerigeni, produși de câteva specii care aparțin grupului *Aspergillus* section *flavi* (*A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. bombycis* și *A. pseudotamarii*). În 1960, aflatoxinele au explodat literalmente, atunci când peste 100.000 de pui de curcă au murit după ce consumaseră șrot de arahide braziliene contaminat cu aflatoxine. Timp de mulți ani s-a crezut că aflatoxinele sunt produse doar în condiții de depozitare necorespunzătoare. Studii efectuate în Carolina de Sud la începutul anilor '70, au demonstrat însă clar că aflatoxinele din porumb se produc în timpul vegetației porumbului. În ultimile trei decenii s-a stabilit clar că nivelele de aflatoxine din porumb sunt cele mai ridicate în verile calde și secetoase. Temperatura ridicată favorizează dezvoltarea aspergiliilor toxigene în timpul înfloritului/polenizării/formării bobului, iar seceta (stresul hidric) induce biosinteza aflatoxinelor în fungii infectanți.

Este de menționat că aceste ciuperci nu prezintă ciclul sexual și că deci populațiile dintr-o anumită regiune sunt de fapt clone ale aceleiași tulpini inițial colonizatoare.

Poluarea cu zinc favorizează formarea aflatoxinelor, datorită faptului că Zn este un cofactor esențial pentru biosinteza aflatoxinelor. Poluarea cu fluor de asemenea favorizează contaminarea porumbului cu aflatoxine, dar în acest caz sunt afectate în principal mecanismele de apărare din plante.

Impactul cel mai mare îl au însă schimbările climatice asupra contaminării porumbului cu aflatoxine. Așa cum s-a arătat deja temperaturile ridicate favorizează dezvoltarea aspergiliilor toxigene în timpul înfloritului/polenizării/formării bobului, iar seceta (stresul hidric) induce biosinteza aflatoxinelor în fungii infectanți în bobul de porumb în curs de formare.

Acest efect secundar al modificărilor climatice (mediat de sol, pentru că aspergiliile toxigene sunt ciuperci microscopice de sol!) este relevant pentru complexitatea și inter-relațiile multiple din biosferă.

Aspectele socio-politice accentuează această problemă a aflatoxinelor. Nivelul de acțiune pentru aflatoxine (nivelul maxim admis) în porumb a fost și continuă să fie principala problemă în comerțul mondial. În SUA, Administrația Alimentului și Medicamentului (FDA) a stabilit un „nivel de acțiune” de 20 ppb (20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) pentru aflatoxinele din porumb în comerțul între statele americane. Acesta este nivelul la care agențiile federale pot lua măsuri, inclusiv confiscarea porumbului sau interzicerea vânzării sale. În Europa, nivelul maxim a fost stabilit la 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  = 2 ppb pentru aflatoxina B<sub>1</sub> și 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  = 4 ppb pentru aflatoxinele totale (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) prin Regulamentul Comisiei Europene (CE) Nr. 466/2001 din 8 martie 2001; acest regulament a fost introdus în România printr-un Ordin comun a Ministerului Sănătății și Familiei și a Ministerului Agriculturii, Alimentației și Pădurilor (MSF 84/2002 –MAAP 91/2002).

Rațiunile unor asemenea diferențe între nivelele maxime de aflatoxine din alimente între SUA și UE sunt evident comerciale (invocându-se principiul precauției). Contaminarea porumbului cu aflatoxine este o problemă cronică în Sudul SUA, serioase „epidemii” având loc din timp în timp în Centura porumbului din Midwest (situată mai înspre Nord, și cu un climat asemănător Câmpiei Române). Deci totalitatea recoltei de porumb din SUA este potențial contaminabilă cu aflatoxine! În Europa, riscul (contaminării porumbului cu aflatoxine în timpul vegetației) este mult mai scăzut. Condițiile climatice diferite (temperat oceanic în Europa de Vest, subtropical uscat în sudul SUA, temperat continental în jumătatea vestică a SUA) sunt responsabile de asemenea diferențe în riscul de contaminare cu aflatoxine. În Europa, temperatura este mai scăzută în timpul înfloritului (mătăsării) porumbului, iar seceta este o excepție (climatul oceanic este caracterizat prin precipitații mari – din acest motiv, Irlanda este „o insulă verde”). În sudul SUA, temperatura este ridicată în timpul înfloritului porumbului, iar climatul este arid, oferind cele mai bune condiții pentru contaminarea cu aflatoxine a porumbului în timpul vegetației. În Centura porumbului din Midwest există ani când o serie de condiții climatice (temperatura ridicată și seceta) favorizează serioase episoade de contaminare a porumbului cu aflatoxine.

Pentru o mai bună înțelegere a acestor importante diferențe între nivelul maxim de aflatoxine din SUA și din UE, trebuie menționat aici că adoptarea unui standard uniform pentru aflatoxine bazat pe un ghid internațional recunoscut (Codex Alimentarius) (practic identic cu standardul SUA) ar amplifica comerțul internațional cu cereale (inclusiv porumb) și arahide cu peste 6 miliarde \$ (peste 50%), comparativ cu standardele divergente. Potențialul export de porumb al SUA către UE care este limitat de nivelul de aflatoxine se ridică la 400 milioane \$!

A treia Conferință Internațională referitoare la Micotoxine a *joint*-ului FAO/OMS/UNEP (MYC-CONF/99/8a, martie 1999) a recomandat încă o dată un nivel standardizat al aflatoxinelor de 20 ppb în zonele cu risc scăzut (care reprezintă zonele în care incidența virusurilor hepatice B și non-A non-B este redusă, deoarece aflatoxina B<sub>1</sub> sinergizează oncogenitatea acestor virusuri

prin mutația codonului care codifică pentru *p53*, unul dintre principalii gardieni ai normalității celulare, care protejează celula hepatică de cancer/ciroză induse de aceste virusuri hepatice) și de 10 ppb în zonele cu risc ridicat (zonele în care incidența virusurilor hepatice B și non-A non-B este ridicată). Sub această presiune internațională, UE a eliberat o altă reglementare (Regulamentul Comisiei Europene (CE) Nr. 2174/2003 din 12 decembrie 2003 care amendează Regulamentul (CE) Nr. 466/2001 cu privire la aflatoxine) care crește nivelul maxim din porumbul brut la 5 ppb pentru aflatoxina B<sub>1</sub> și 10 ppb pentru aflatoxinele totale. Dar, această ultimă reglementare EC a fost pusă în aplicare în România doar în decembrie 2004 (Norma Sanitar-Veterinară din 23 decembrie 2004 cu privire la unii contaminanți alimentari). Timp de peste un an, România a fost țara în care standardele referitoare la contaminarea cu aflatoxine a porumbului brut au fost cele mai restrictive (2 ppb pentru aflatoxina B<sub>1</sub>) din întreaga lume! Pentru ilustrarea unui tablou complet, ar trebui adăugat aici faptul că riscul contaminării porumbului în timpul vegetației cu aflatoxine în România, în special în zonele de sud și est (în care sunt foarte probabile temperaturi ridicate și secetă în timpul înfloritului la porumb) este foarte semnificativ.

Această diferență între abordările referitoare la nivelul maxim de aflatoxine nu constituie singurul punct slab al sistemelor de reglementare. Costurile acestor sisteme sunt foarte ridicate. Numeroase rapoarte care se concentrează pe diferite țări/regiuni, produse, micotoxine și categorii de costuri (spre exemplu costuri ale reglementărilor, testărilor, pierderilor de producție, pierderilor comerciale) oferă unele indicații asupra acestor pierderi. Spre exemplu, Consiliul pentru Științe Agricole și Tehnologie (2003) a estimat că pierderile de recoltă (la porumb, grâu și arahide) datorate contaminării cu aflatoxine în SUA s-au ridicat la 932 milioane de \$ anual, în afara pierderilor atingând 466 milioane de \$ anual care reprezintă costurile acțiunilor de reglementare, testare și alte măsuri de control al calității. Pierderile ridicate, combinate cu natura administrativă a sistemelor de reglementare, favorizează determinarea oamenilor de a găsi căi de a ocoli regulile. În data de 23 februarie 1989, Wall Street Journal dădea o știre de 4 pagini fără precedent într-un editorial de primă pagină. Titlul de pe prima pagină suna: „Răspândirea unei otrăvi: ciuperca microscopică în recolta de porumb, un puternic agent cancerigen care ne invadează produsele alimentare; forurile de reglementare nu reușesc să oprească vânzările ultimei recolte încărcate cu aflatoxine”. În scopul de a îndeplini cerințele FDA, intermediarii au amestecat porumbul depozitat din anul precedent cu recolta improprie (dar diluarea porumbului contaminat cu aflatoxine nu reduce riscul pentru sănătate al aflatoxinelor în lanțul alimentar).

Afirmația ca porumbul este cea mai importanta cultura agricolă din România necesita câteva argumente adiționale, iar aici vor fi aduse o serie de date statistice suplimentare. În cadrul Cap. 7 - Agricultură, România a negociat cu UE o suprafață de 2.894.500 ha cu porumb, care va primi subsidii directe după 2007 (2008 în cel mai rău caz). Producția de referință pentru 2007 este de 9,968,508 tone. În 2003 producția totală de porumb în UE a fost în jur de 39 milioane de tone și probabil ca se va stabiliza în viitorul apropiat la 52 de milioane de tone în Europa celor 27. Aceasta înseamnă că România este un producător major de porumb în Europa, cu aproape 30% din suprafața care primește subsidii - dar numai cu mai puțin de 20% din producția de porumb care primește subsidii.

S-a arătat deja că riscul contaminării cu porumb a aflatoxinelor în timpul vegetației este mare și datorită condițiilor climatice favorabile, inclusiv a faptului că schimbările climatice (temperaturi ridicate în timpul înfloririi porumbului) favorizează dezvoltarea în sol a ciupercilor aflatoxigene. De asemenea a fost prezentat faptul că factorii de decizie din Uniunea Europeană (politicieni și funcționarii europeni) au deja o mare capacitate de a masca interesele comerciale (de protecție a fermierilor din țările lor de origine) sub problemele de sănătate publică. Pentru o mai bună înțelegere a situației ar mai trebui adăugat aici: (i) producția de referință per ha negociată cu UE de România este de 3.5 tone; (ii) punctul de inflexiune profit-pierdere (punctul în care



cheltuielile sunt egale cu veniturile) pentru cultura de porumb în România este de 5 tone/ha (considerând nivelul actual al rentei agricole și al impozitului pe terenurile agricole). Este evident că producția medie negociată de România cu EU este mai mică decât potențialul de producție. Aceste date sugerează faptul că un scenariu în care UE va invoca contaminarea cu aflatoxine a porumbului din România pentru a opri subvenția agricolă sau pentru a interzice importurile de porumb din România (în scopul protejării pieței porumbului de supraproducție) este foarte posibil (Aici ar trebui reamintit faptul că principala dispută în UE a fost, este și va fi contribuția financiară – iar cheltuielile pentru Politica Agricolă Comună, respectiv subvențiile pe culturi sunt cele mai mari din UE, atingând aproape 50% din buget). O situație de contaminare masivă a porumbului cu aflatoxine (asemănătoare cu cea care a fost în cursul anilor '80 ai secolului trecut, când o serie de crescătorii de pui și de porci din sudul și estul României au înregistrat pierderi semnificative datorită contaminării cu aflatoxine) poate genera pierderi masive agriculturii României. (O problemă de sănătate publică, ESB/BSE – encefalopatia spongiformă bovină, a distrus activitatea de creștere a vitelor în Regatul Unit al Marii Britanii!). Acest proiect oferă posibilitatea pentru România de a realiza un sistem care ar permite un management eficient al riscului de contaminare a porumbului cu aflatoxine în timpul vegetației. Alte situații punctuale sunt relevante pentru această problemă a aflatoxinelor, care va fi cert influențată în viitor de efectele schimbărilor climatice asupra microflorei din sol și a proliferării ciupercilor microscopice aflatoxigene (xerofile = optim de dezvoltare la valori mici ale umidității solului și mezofile = optim de dezvoltare la temperaturi medii, de 40.. 45 °C). România este una din regiunile lumii cu o incidență mare a virusurilor hepatice oncogene (virusul hepatic B, virusurile hepatice non-A non-B). Acest fapt a fost deja prezentat pe larg în media din România în mai 2005). Așa cum s-a arătat deja aflatoxinele sinergizează oncogenitatea virusurilor hepatice – iar acest aspect este un alt argument serios referitor la relevanța problemelor contaminării porumbului cu aflatoxine (inclusiv ca risc biologic mediat, rezultat din impactul antropoc asupra solurilor).

Exemplele prezentate mai sus ilustrează riscurile multiple inclusiv și mai ales biologice care rezultă mediat (datorită conexiunilor multiple) din diferitele impacturi antropice asupra solului (și mai ales datorită schimbărilor de climă induse de efectul de seră generat artificial de poluarea produsă de dezvoltarea societății umane).

### **8.8. Poluarea apelor cu nutrienți din sol și producerea de cianotoxine**

Tehnologiile agricole nu sunt adaptate pentru limitarea poluării apelor de suprafață cu fosfați. Mai mult, tehnologiile agricole urmăresc creșterea cantității de fosfor solubil în sol. În contextul schimbărilor climatice solul va pierde prin spălare în apele de suprafață cantități semnificative de fosfor. Aceste cantități suplimentare de fosfor vor favoriza dezvoltarea cianobacteriilor, microorganisme fotosintetizante puțin competitive în apă în condiții normale (pentru că au o fotosinteză primitivă, puțin productivă), dar care au un avantaj competitiv în cazul unui exces de fosfor (pentru că sunt singurele microorganisme fotosintetizante care au capacitatea de a fixa azotul molecular, asigurându-și astfel necesarul de macro-elemente).

Cianobacteriile sunt o componentă a comunității fitoplanctonului (producători primari liber-plutitori) și a organismelor care trăiesc pe suprafața sedimentelor din majoritatea rezervoarelor acvatice. O combinație corectă a condițiilor de mediu, în special a concentrațiilor ridicate de nutrienți, poate determina creșterea lor excesivă (*înflorirea*) care duce la colorarea în albastru, brun sau verde a apei datorată densității mari a populației de celule suspendate și la formarea de mazăgă la suprafața apei. Aceste acumulări de celule pot conduce la concentrații ridicate de toxine.

Producerea de cianotoxine de către cianobacterii pare să aibă o răspândire largă, dar neregulată de-a lungul celor cinci grupe de clasificare a cianobacteriilor bazate pe tulpini axenice. Spre exemplu, microcistinele ciclice hepatotoxice sunt produse de membri ai genurilor *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Hapalosiphon*, *Anabaenopsis*, și *Nostoc*. Spre deosebire de acestea, producerea nodularinelor pentapeptidice ciclice pare să fie limitată numai la genul *Nodularia* dintre cele cinci genuri de cianobacterii cu creștere independentă, cu indicații despre producerea nodularinei de către simbiozii cianobacterieni dintr-un burete marin. Investigațiile filogenetice au indicat o existență timpurie și larg răspândită a genelor implicate în sinteza peptidelor nonribozomale, inclusiv în sinteza microcistinei. Se pare că în cianobacteriile respective are loc o distribuție sporadică a sintezei microcistinei datorită pierderilor repetate de gene care codifică biosinteza microcistinei în liniile ulterior derivate ale acestor organisme. Acest model pare să fi apărut datorită unei dezvoltări timpurii a producerii de microcistină, urmată de pierderi repetate de gene în evoluția cianobacteriilor. Consecințele toxinelor cianobacteriene asupra sănătății umane, a industriilor care se bazează pe apă, a activităților recreative și asupra vieții sălbatice îngrijorează din ce în ce mai mult, deoarece eutrofizarea și creșterea temperaturilor globale declanșează creșteri ale răspândirii geografice, densităților populațiilor și duratei *înfloririlor* cianobacteriene în apele dulci, salmastre și marine. Otrăvirile umane ca urmare a *înfloririi* cianobacteriene pot fi serioase; în Australia, 150 de persoane care au băut apă contaminată cu cianotoxine au fost spitalizate și > 50 de pacienți dializați dintr-o clinică braziliană, care fuseseră expuși la microcistine, au murit. Deoarece cianotoxinele au fost găsite în apa potabilă, Organizația Mondială a Sănătății a propus o valoare limită de 1,0 μg/l pentru microcistină LR în cazul acestei ape. În Europa, aceste biotoxine nu au fost încă reglementate în mod clar. Directiva Cadru Europeană referitoare la ape (2000/60/EC) caracterizează cianotoxinele ca pe **prioritate** majoră în ceea ce privește poluanții apei și include dezvoltarea excesivă a cianobacteriilor (în general categoria microalgelor) ca o degradare majoră a sistemului acvatic.

Efectul înfloririi (eutrofizării) cianobacteriene periculoase pentru sănătate pare a fi mai important decât producerea de cianotoxine cu toxicitate acută. S-a constatat că β-N-methylamino-L-alanina (BMAA), un aminoacid neproteic este produs de toate cianobacteriile (Cox și colab., 2005; Diverse specii de cianobacterii produc aminoacidul neurotoxic BMAA, PNAS, 102 (14), 5047-5078). Descoperire inițială a BMAA, făcută în semințele de palmier-cicada, a sugerat că substanța este o cauză posibilă a complexului demenței parkinsoniene/ sclerozei laterale în plăci (ALS/PDC) care are o rată a incidenței ridicată la populația Chamorro din teritoriile Guam, comparativ cu ratele de incidență ale ALS din alte locuri. Cu toate că BMAA, ca o presupusă cauză a ALS/PDC, a fost inițial pus în discuție, această ipoteză a retras atenția atunci când s-a descoperit că BMAA este bioamplificată în ecosistemul din Guam. Substanța a fost găsită și în țesuturile cerebrale ale oamenilor Chamorro care au murit de ALS/PDC, dar nu la pacienții care muriseră din alte cauze decât neurodegenerescentă. De asemenea, BMAA a fost recent descoperit și în țesuturile cerebrale a nouă pacienți canadieni bolnavi de Alzheimer, dar nu a fost detectat în țesuturile cerebrale ale altor paisprezece pacienți canadieni care muriseră din cauze nelegate de neurodegenerescentă. Aceste noi descoperiri accentuează și mai mult riscul ridicat al înfloririlor cianobacteriene, deoarece acest aminoacid neurotoxic prezintă o puternică bioamplificare (acumulare crescândă de molecule bioactive, la concentrații adesea primejdioase în nivelele trofice superioare ale lanțului alimentar).