

UNIVERSITATEA “ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI

**FACULTATEA DE CHIMIE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE CHIMIE**

**Dezvoltarea unor metode de analiză pentru
caracterizarea chimică a bioaerosolilor
primari din materia particulată ambientală**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**Conducător de doctorat,
Prof. univ. dr. habil. Cecilia ARSENE**

**Student doctorand,
Chimist Cristina IANCU**

Septembrie 2025

Mulțumiri

În primul rând, îi sunt profund recunoscătoare doamnei Prof. univ. dr. habil. Cecilia ARSENE, pentru viziunea științifică, exigența binevoitoare și încrederea constantă cu care mi-a ghidat parcursul doctoral. Îi sunt recunoscătoare pentru timpul acordat lecturii repetate a fiecărui raport, pentru observațiile punctuale și pentru standardele etice de care a dat mereu dovadă. De asemenea, sprijinul domniei sale în facilitarea accesului la infrastructura de cercetare și la colaborări de specialitate, precum și în încurajarea diseminării rezultatelor, a fost esențial pentru finalizarea acestui demers academic. Fără această îndrumare, rigoare și generozitate, teza de față nu ar fi atins coerența și consistența prezentate.

Adresez mulțumiri deosebite membrilor comisiei de îndrumare și integritate academică: domnului Prof. univ. dr. habil. Romeo-Iulian OLARIU, domnului Conf. univ. dr. Iustinian-Gabriel BEJAN, doamnei Conf. univ. dr. Naela COSTICĂ și doamnului Prof. univ. dr. habil. Cezar Florin CATRINESCU. Le mulțumesc pentru sfaturile valoroase, pentru sprijinul oferit, pentru sugestiile făcute și pentru timpul acordat în vederea formării mele. Le sunt recunoscătoare pentru observațiile metodologice, pentru discuțiile constructive și pentru sprijinul constant acordat în toate etapele acestei cercetări.

În mod special doresc să le mulțumesc doamnelor dr. Cornelia NIȚĂ și CS dr. Alina Giorgiana NEGRU și domnului CS dr. Laurențiu Valentin ȘOROAGĂ care nu au fost doar colegi, ci și îndrumători și m-au ajutat enorm în fiecare etapă a cercetării mele. Mulțumesc pentru colegialitatea și sfaturile oferite de CS dr. Claudiu ROMAN, CS dr. Tiberiu ROMAN, drd. Ana – Maria RUSU (VASILACHE) și drd. Ciprian MĂIREAN.

Mulțumiri alese aduc domnișoarei CS III dr. Gabriela MIHALACHE pentru îndrumarea și sprijinul constant în realizarea primelor investigații microbiologice.

Mulțumiri călduroase se îndreaptă către familie, prieteni și mai ales către mama mea care nu au încetat să creadă în mine atunci când eu îmi pierdusem orice speranță. Sprijinul lor a fost una dintre cele mai puternice ancoră pe parcursul acestor ani.

Sincere mulțumiri aduc Centrelor de cercetare RECENT AIR și CERNESIM pentru infrastructura oferită în realizarea cercetării prezente.

Cuprins

Lista contribuțiilor personale din teză	a
Introducere și argumentare temă de doctorat	1
Partea I: STUDIUL DE LITERATURĂ	9
I.1 Particulele de aerosoli biologici primari din atmosfera ambientală	9
I.2 Categoriile de microorganisme prezente în particulele de aerosoli biologici primari	10
I.2.1 Bacteriile	10
I.2.2 Fungii	11
I.2.3 Granulele de polen	14
I.2.4 Virusurile	14
I.2.5 Algele și cianobacteriile	15
I.2.6 Lichenii sau crustele biologice	16
I.3 Surse și efecte ale bioaerosolilor asupra mediului și sănătății umane	16
I.3.1 Surse naturale și antropogene	16
I.3.2 Efecte ale bioaerosolilor	18
I.4 Difuzia și transportul bioaerosolilor	20
I.4.1 Procesele de difuzie și transport	20
I.4.2 Modele de difuzie și transport	21
I.5 Metode de prelevare a particulelor de aerosoli biologici primari	25
I.6 Culturabilitatea bioaerosolilor	27
I.7 Metode de investigare a bioaerosolilor	28
I.7.1 Metode de analiză bazate pe culturabilitatea microorganismelor	28
I.7.2 Metode de analiză ce nu implică culturabilitatea microorganismelor	33
I.8 Observații finale asupra studiului de literatură	35
Partea II: CONTRIBUȚII PERSONALE	37
II.1 Materia particulată ambientală din zona urbană Iași și conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice (PAHs) dintr-o nouă perspectivă	37
II.1.1 Prelevarea activă a particulelor de aerosoli prin impactare la presiune scăzută	38
II.1.2 Determinarea concentrațiilor masice ale materie particulate colectate din zona urbană Iași	39
II.1.3 Determinarea concentrațiilor de PAHs-uri din materia particulată ambientală din zona urbană Iași cu potențial impact în interacțiile fungico-bacteriene din fracția de bioaerosoli potențial existentă	42
II.1.4 Concluzii asupra încărcăturii atmosferice cu materie particulată de diferite dimensiuni și a abundenței hidrocarburilor aromatice policiclice din zona urbană Iași	48
II.2 Bioaerosolii din materia particulată ambientală din zona urbană Iași, nord-estul României. Caracterizarea microbiologică	51
II.2.1 Prelevarea pasivă a bioaerosolilor din zona urbană Iași	53
II.2.2 Prepararea probelor de bioaerosoli	56
II.2.3 Caracterizarea microbiologică a bioaerosolilor din materia particulată ambientală din zona urbană Iași	57
II.2.3.1 Caracterizarea morfo-structurală a bioaerosolilor	59
II.2.3.2 Identificarea microorganismelor izolate din probele de bioaerosoli existenți în atmosfera urbană Iași	70

II.2.4 Concluzii asupra încărcăturii microbiologice din bioaerosolii aeropurtați de materia particulată ambientală din zona urbană Iași.....	73
II.3 Caracterizarea la nivel molecular și elemental a bioaerosolilor atmosferici din zona urbană Iași.....	75
II.3.1 Analiza la nivel molecular a unor bioaerosoli din aerul ambiental din zona urbană Iași prin utilizarea tehnicii MALDI-Orbitrap MS pentru identificarea markerilor peptidici ai bacteriilor.....	77
II.3.1.1 Probele de bioaerosoli.....	77
II.3.1.2 Condițiile optime de operare la utilizarea tehnicii MALDI-Orbitrap MS în investigarea bioaerosolilor	77
II.3.1.3 Spectrele de masă pentru bacterii și fungi izolați din bioaerosoli ambientali.....	79
II.3.2 Determinarea concentrațiilor elementale în microorganisme izolate din materia particulată ambientală utilizând tehnica ICP-MS	91
II.3.2.1 Procedura preparativă utilizată pentru transferul cantitativ în soluție al microorganismelor izolate din bioaerosolii asociați materiei particulate ambientale din zona urbană Iași.....	91
II.3.2.2. Parametrii de operare a instrumentului ICP-MS și parametrii de performanță a metodei de analiză	93
II.3.2.3 Concentrațiile totale ale speciilor metalice analizate în microorganismele izolate din bioaerosoli asociați materie particulate ambientale.....	95
II.3.3 Concluzii asupra caracteristicilor chimice la nivel molecular și elemental pentru microorganisme izolate din bioaerosoli aeropurtați.....	99
II.4 Analiza compușilor gazoși emiși de microorganismele izolate din bioaerosolii asociați materiei particulate ambientale utilizând spectrometria de masă cu flux selectiv de ioni (SIFT-MS)	101
II.4.1 Pregătirea probelor și realizarea măsurătorilor	101
II.4.2 Studiul compușilor volatili emiși în procesul de dezvoltare a microorganismelor izolate din bioaerosolii aeropurtați în zona urbană Iași	104
II.4.3 Concluzii asupra emisiilor de compuși volatili pe parcursul procesului de creștere și dezvoltare a microorganismelor izolate din bioaerosoli urbani aeropurtați	115
III CONCLUZII FINALE.....	117
III.1. Principalele răspunsuri la obiectivele tezei de doctorat.....	117
III.2. Aspecte critice și limitări.....	120
III.3. Perspective	121
Referințe bibliografice.....	123
ANEXA 1	141
Profilul microbiologic al bioaerosolilor, colectați în regim activ prin impactare, din materia particulată ambientală din zona urbană Iași	141

I. INTRODUCERE

Bioaerosolii, sau aerosolii biologici din atmosferă, includ o gamă largă de fracțiuni aeropurtate de origine biologică (Manibusan and Mainelis, 2022). Bacteriile, virusurile, fungii și fragmentele acestora, precum și granulele de polen sunt recunoscute ca agenți biologici cu potențial de a genera probleme de sănătate la nivel global (Haig et al., 2016; Buiarelli et al., 2019; Uddin et al., 2023; Xue et al., 2023). Particulele de aerosoli biologici primari (Primary Biological Aerosol Particle, PBAP), reprezintă particule solide de aerosoli de natură biologică cu dimensiuni cuprinse între aproximativ 10 nm la 100 μm (Gollakota et al., 2021). Acestea includ materiale eliberate de organisme sub formă de spori, polen, metaboliți organici volatili, endotoxine, microorganisme vii și moarte, dar și fragmente celulare (Ferguson et al., 2019).

Interesul științific pentru bioaerosoli datează din secolul al XIX-lea (Figura 1) și a crescut semnificativ în ultimele decenii, odată cu dezvoltarea unor metode tot mai inovatoare de măsurare și analiză.

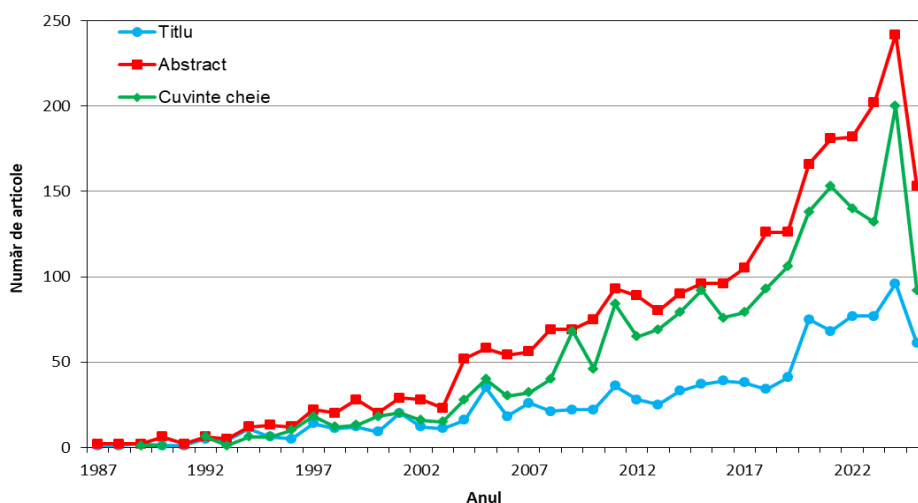


Figura 1: Variația numărului de articole care conțin sintagma „bioaerosol” în titlu, abstract sau cuvinte cheie, publicate anual (conform bazei de date Scopus).

Obiectivele tezei de doctorat au vizat:

- Elaborarea și validarea unor protocoale optimizate pentru prelevarea și caracterizarea chimică a bioaerosolilor primari prezenți în materia particulată ambientală, cu scopul de a asigura reproductibilitatea și acuratețea analizelor;
- Caracterizarea detaliată a materiei particulare din zona urbană Iași, cu focalizare asupra conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (PAHs), analizate ca potențial mediu favorabil pentru dezvoltarea și persistența comunităților microbiene;
- Generarea și integrarea de informații relevante privind componenta biologică a particulelor atmosferice, contribuind atât la îmbogățirea bazelor de date existente, cât și la dezvoltarea unei perspective mai cuprinzătoare asupra rolului bioaerosolilor în sănătatea umană și în calitatea mediului;
- Identificarea și cuantificarea compușilor chimici specifici (biomarkeri moleculari și elemente chimice) asociați fracțiunii biologice din particulele atmosferice (PM), cu scopul de a defini semnături chimice relevante pentru caracterizarea bioaerosolilor;
- Evaluarea prin tehnici *state-of-the-art* a comportamentului unor markeri caracteristici microorganismelor izolate din materia particulată ambientală, urmărind dinamica acestora pe parcursul procesului de dezvoltare – de la inoculare până la stadiul de maturitate.

PARTEA II: CONTRIBUȚII PERSONALE

II.1 MATERIA PARTICULATĂ AMBIENTALĂ DIN ZONA URBANĂ IAȘI ȘI CONȚINUTUL DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (PAHS) DINTR-O NOUĂ PERSPECTIVĂ

II.1.1 Prelevarea activă a particulelor de aerosoli prin impactare la presiune scăzută

Probele de materie particulată au fost colectate la Stația de Monitorizare a Calității Aerului (AMOS) a Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, situată în nord-estul orașului, pe acoperișul celei mai înalte clădiri universitare (Corp C), la ~35 m deasupra solului (47°9' N, 27°35' E). Locația este reprezentativă pentru un receptor urban influențat de mase de aer bine amestecate. Configurația sitului este ilustrată în **Figura II.1.1**. O caracterizare detaliată a locației de măsurare este prezentată în studii anterioare (Arsene et al., 2007, 2011; Galon-Negru et al., 2019).

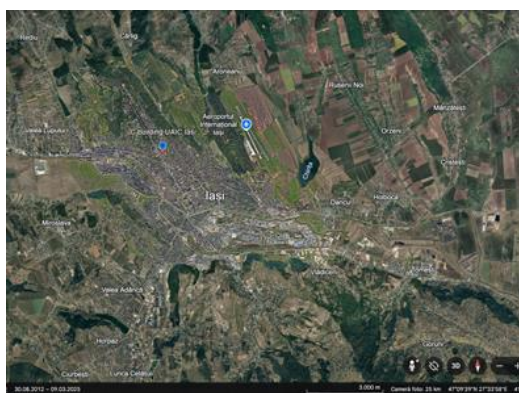


Figura II.1.1: Locația de prelevare a probelor de aerosoli în Iași, nord-estul României.

Prelevarea activă a particulelor de aerosoli s-a efectuat cu impactorul în cascadă operabil la presiune joasă Dekati Low Pressure Impactor (DLPI), la un debit de 30 L min⁻¹ conform producătorului. Dispozitivul are 13 stagii și clasifică aerosolii pe dimensiunea particulelor în intervalul de 0,0276–9,94 μm. Conform certificatului de calibrare, diametrele aerodinamice la 50% cut-point au fost determinate la 21,7 °C, cu 1013,3 mbar la intrare și 100 mbar la ieșire. **Figura II.1.2** prezintă etapele procedurii de prelevare și valorile diametrelor aerodinamice pentru fiecare stagi.

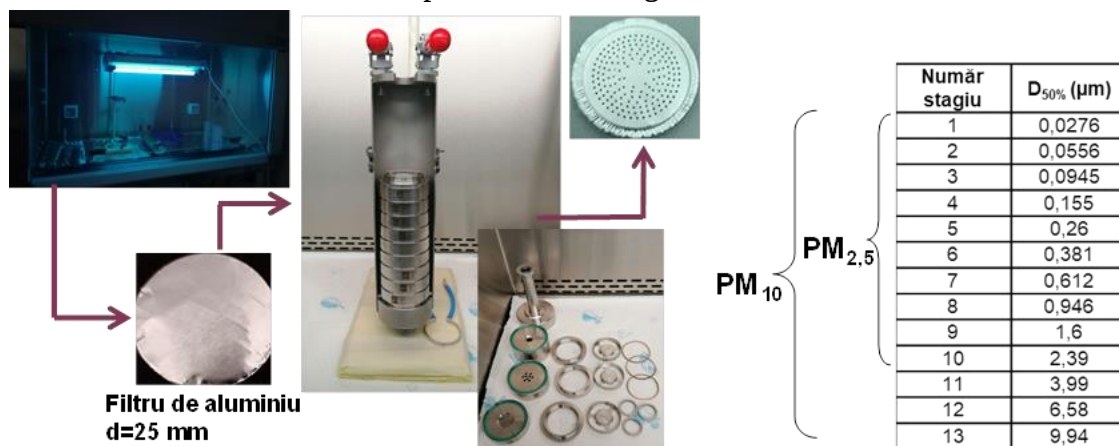


Figura II.1.2: Etape specifice procesului de prelevare activă a particulelor de aerosoli cu impactorul în cascadă operabil la presiune joasă Dekati (DLPI).

II.1.2 Determinarea concentrațiilor masice ale materie particulare colectate din zona urbană Iași

Tabelul II.1.1 prezintă parametri statistici de bază (medie, deviație standard, minim, maxim) asociați concentrațiilor masice ale fracțiilor $PM_{2,5}$ și PM_{10} colectate în perioada decembrie 2015 – aprilie 2025, în cadrul stagiului doctoral fiind aduse contribuții din aprilie 2021 până în aprilie 2025. Toate probele au fost colectate cu ajutorul impactorului DLPI la stația AMOS pe parcursul perioadelor de timp evidențiate.

Table II.1.1: Parametrii statistici privind concentrațiile masice ale fracțiilor $PM_{2,5}$ și PM_{10} colectate cu ajutorul impactorului DLPI la stația AMOS.

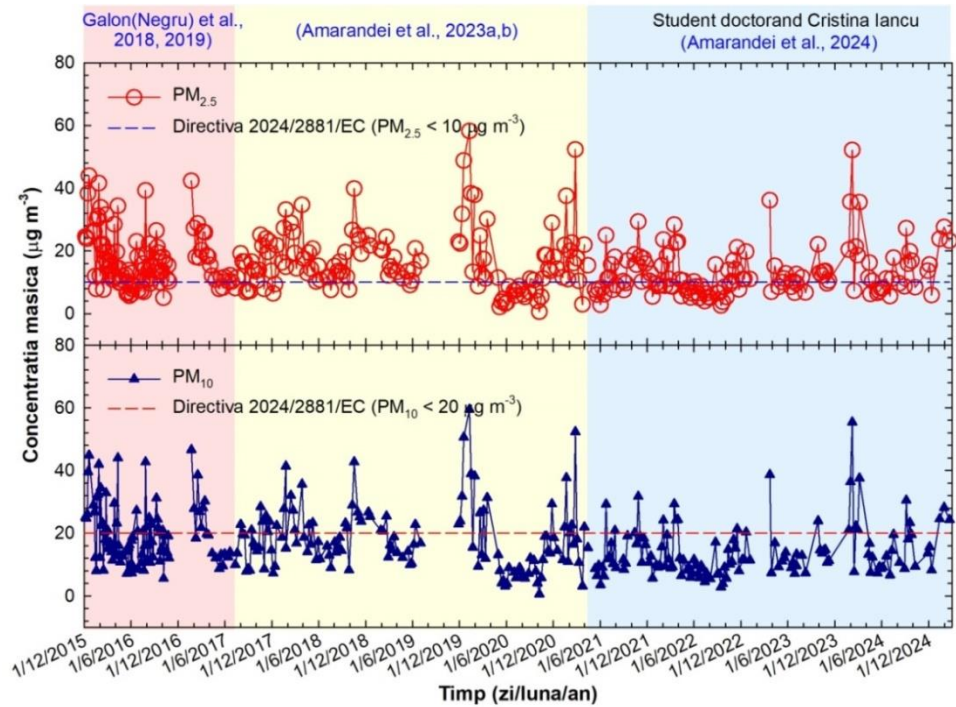
a) Perioada de prelevare decembrie 2015 – aprilie 2025		
	Concentrația masică $PM_{2,5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	Concentrația masică PM_{10} ($\mu g\ m^{-3}$)
Media	15,0	16,5
Deviația stand.	9,7	10,3
Minim	0,6	0,6
Maxim	74,7	76,8
b) Perioada de prelevare aprilie 2021 –aprilie 2025		
	Concentrația masică $PM_{2,5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	Concentrația masică PM_{10} ($\mu g\ m^{-3}$)
Media	11,8	12,7
Deviația stand.	8,0	8,5
Minim	1,5	1,4
Maxim	52,1	55,4

Distribuțiile concentrațiilor masice sunt prezentate în **Figura II.1.3**. Datele din decembrie 2015–martie 2021 provin din grupul de cercetare al stagiului doctoral. Valorile estimate sunt comparate cu limitele din Directiva 2024/2881/EC: $<10\ \mu g\ m^{-3}$ pentru $PM_{2,5}$ și $<20\ \mu g\ m^{-3}$ pentru PM_{10} .

În **Figura II.1.3.a**, pentru decembrie 2015–mai 2021, numeroase evenimente depășesc limita pentru $PM_{2,5}$, unele atingând $>40\ \mu g\ m^{-3}$.

Figura II.1.3.b include distribuțiile actualizate până în aprilie 2025, marcând perioadele de prelevare și campaniile pasive pentru bioaerosoli, realizate în paralel cu prelevarea activă cu impactorul Dekati.

(a)



(b)

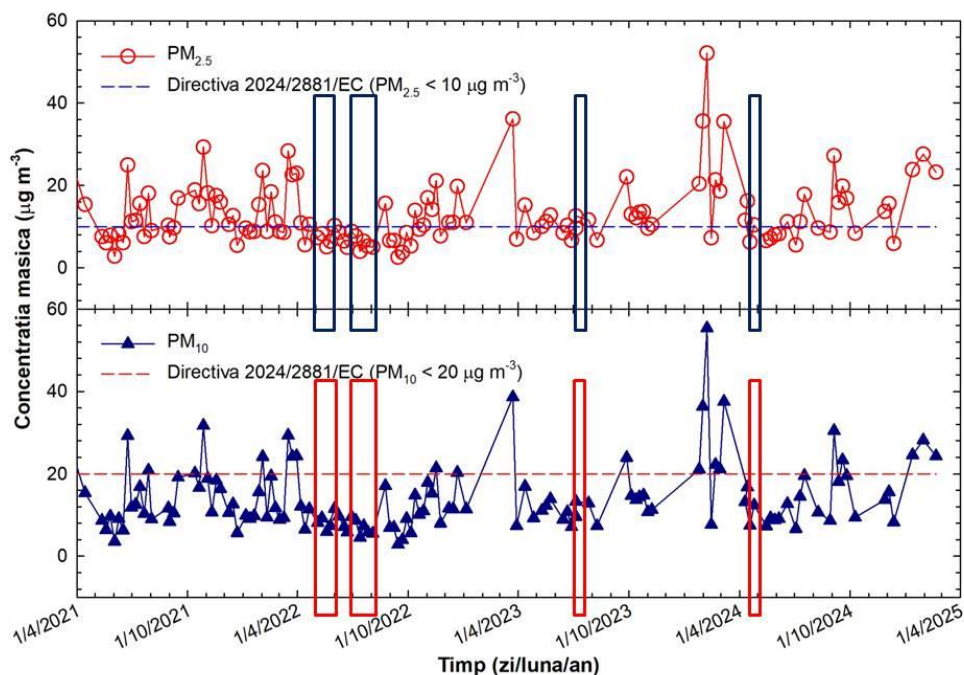


Figura II.1.3: Concentrația masică a materiei particulare colectate în perioada 2015-2024 (a), respectiv concentrația masică a materiei particulare mediate, în suprapunere cu evenimentele de prelevare ale particulelor de bioaerosoli (b).

Pentru zona urbană Iași, distribuțiile sezonale ale concentrațiilor masice ale particulelor de aerosoli separate după dimensiune sunt prezentate în **Figura II.1.4**.

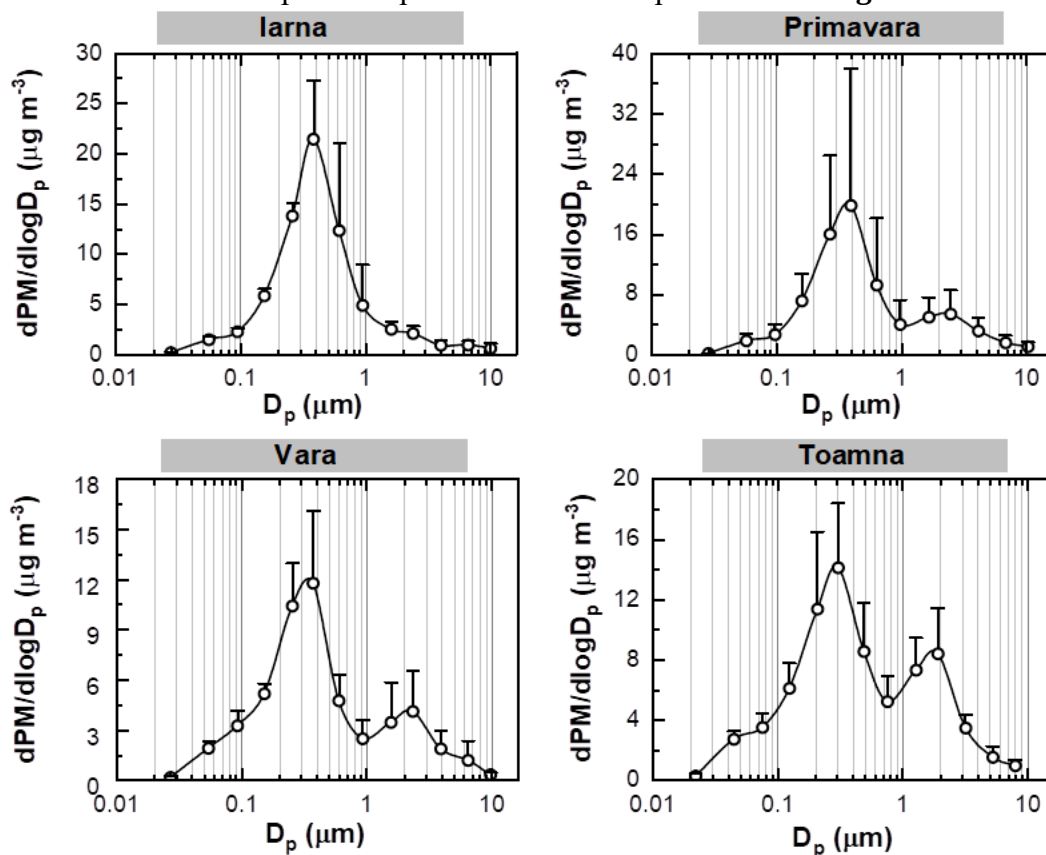


Figura II.1.4: Distribuțiile după dimensiune (media și deviație standard) ale concentrației masice de materie particulată în zona urbană Iași.

Figura II.1.4 arată un profil monomodal iarna și bimodal primăvara, vara și toamna, cu un modul dominant în domeniul fin (381 nm) și un al doilea în domeniul grosier (2,39 μm). Distribuțiile pot fi explicate de compoziția chimică complexă a particulelor.

II.1.3 Determinarea concentrațiilor de PAHs-uri din materia particulată ambientală din zona urbană Iași cu potențial impact în interacțiile fungico-bacteriene din fracția de bioaerosoli potențial existentă

Determinarea PAH-urilor din probele de materie particulată urbană Iași s-a realizat prin UHPLC–FLD (Agilent 1290 Infinity UHPLC cu Agilent 1260 Infinity FLD). Cuantificarea s-a bazat pe un standard mixt de 18 PAH-uri în concentrație de 10 μg mL⁻¹, în ciclohexan (Dr. Ehrenstorfer). Pentru 17 PAH-uri, abrevierile și structurile sunt prezentate în **Tabelul II.1.2**.

Tabelul II.1.2: Structurile PAHs-urilor analizate în probele de aerosoli din zona urbană Iași.

PAHs	Abreviere	Număr de cicluri	Structura
naftalen	Nap	2	
1-metilnaftalen	1MNap		
2- metilnaftalen	2MNap		
acenaften	Ace	3	
fluoren	Flu		
fenantren	Phe		
antracen	Ant		
fluoranten	Flt	4	
piren	Pyr		
crisen	Chr		
benzo[a]antracen	BaA		
benzo[b]fluoranten	BbF	5	
benzo[k]fluoranten	BkF		
benzo[a]piren	BaP		
dibenzo[a,h]antracen	DBA		
benzo[g,h,i]perilen	BghiP	6	
indeno[1,2,3-cd]piren	InP		

Figura II.1.5 redă etapele importante urmate la analiza PAHs-urilor folosind tehnica UHPLC-FLD.

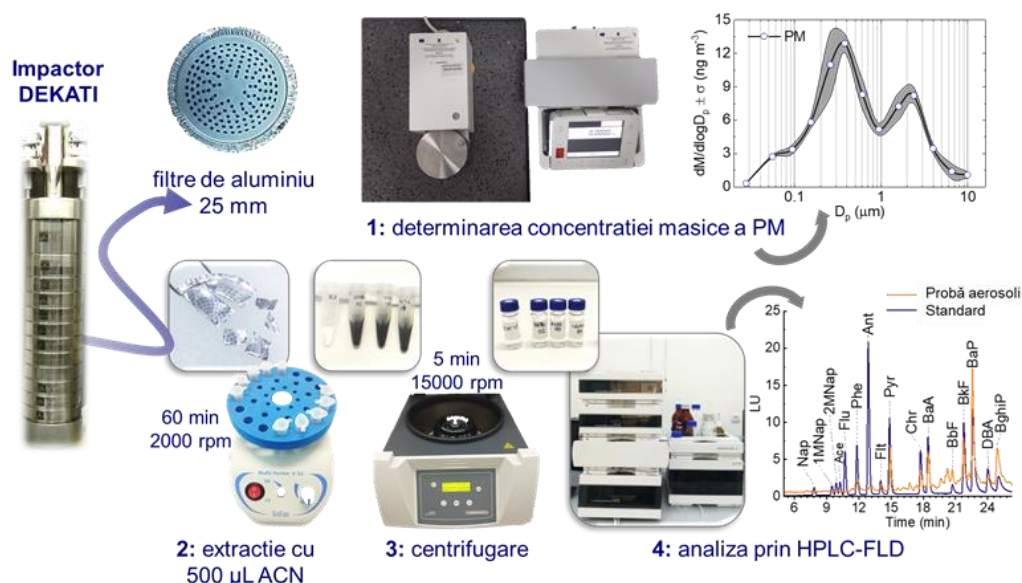


Figura II.1.5: Etape experimentale implicate în determinarea concentrației masice a PM și a concentrațiilor de PAHs-uri în aerosolii atmosferici din zona urbană Iași.

Figura II.1.6 prezintă distribuțiile concentrațiilor masice pentru PAHs-urile analizate pe domenii de dimensiune. Din datele prezentate în **Figura II.1.6** se observă o variație sezonală bine definită pentru concentrațiile aferente fracțiunii de aerosoli descriși de diametrul particulelor $D_p < 0,1 \mu\text{m}$ (**Figura II.1.6a**) și $0,1-1,0 \mu\text{m}$ (**Figura II.1.6b**), cu valori ale concentrațiilor mai mici în sezonul cald față de cel rece. În cazul fracțiunilor de particule cu D_p cuprins între $1,0$ și $2,5 \mu\text{m}$ (**Figura II.1.6c**) și, respectiv $2,5 - 10 \mu\text{m}$ (**Figura II.1.6d**), se observă existența unor concentrații mari de PAHs-uri și materie particulată pentru lunile noiembrie-ianuarie și martie.

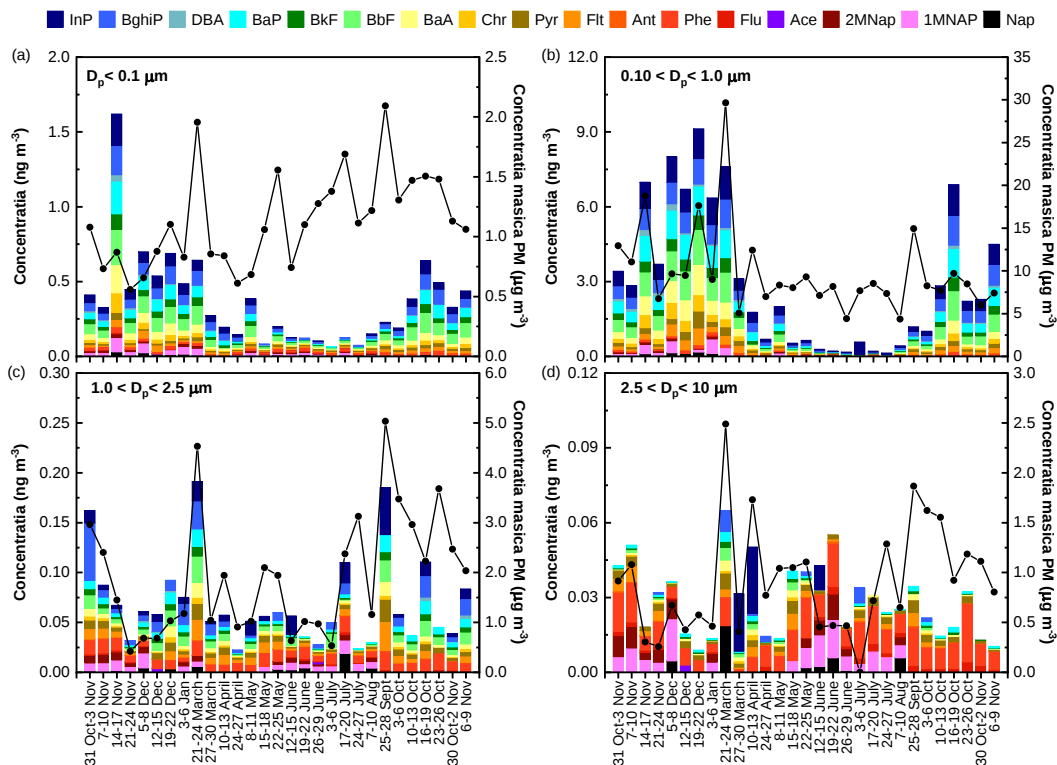


Figura II.1.6: Variabilitatea în timp a concentrației masice a materiei particulare (PM) ambientale (linia solidă) și a PAHs-urilor identificate și cuantificate în cele 4 fracții de aerosoli $D_p < 0,1 \mu\text{m}$ (a), $0,1 < D_p < 1,0 \mu\text{m}$ (b) $1,0 < D_p < 2,5 \mu\text{m}$ (c) și $2,5 < D_p < 10 \mu\text{m}$ (d).

Figura II.1.7 prezintă distribuțiile pe dimensiuni ale concentrațiilor masice pentru PAH-urile selectate (Phe, Flt, BaP). Majoritatea speciilor analizate au profil monomodal, cu vârful în modul de acumulare ($0,1-1,0 \mu\text{m}$) și maxime la 381 nm.

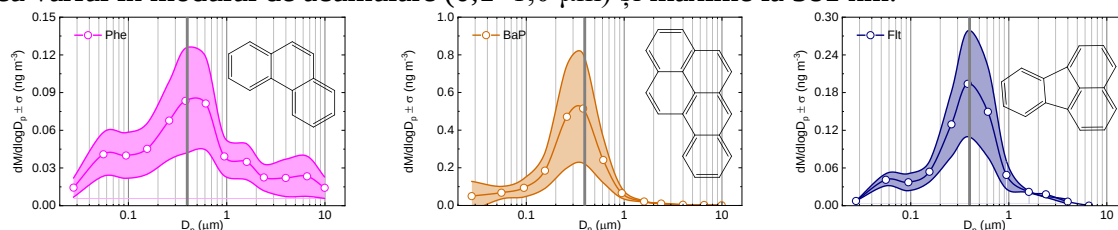


Figura II.1.7: Distribuții dimensionale ale concentrațiilor de masă pentru Phe (a), Flt (b) și BaP (c) în aerosolii atmosferici colectați din zona urbană Iași.

Au fost aplicați doi algoritmi pentru atribuirea surselor de PAH-uri: PMF (positive matrix factorization) și CWT (concentration weighted trajectory). **Figura II.1.8** prezintă rezultatele CWT pentru sursele PAH-urilor din fracția PM_{10} , folosind contribuțiile medii ale factorilor PMF la PM_{10} total. Traectoriile inverse ale maselor de aer pe 48 ore la 500 m altitudine (**Figura II.1.8a**) au fundamentat analiza CWT ulterioară. Distribuțiile din **Figura II.1.8.b–d** indică hotspot-uri, inclusiv în zonele de coastă ale Mării Negre, sugerând posibile depozite de PAH-uri în particule de sedimente antrenate de acțiunea valurilor și a vânturilor puternice.

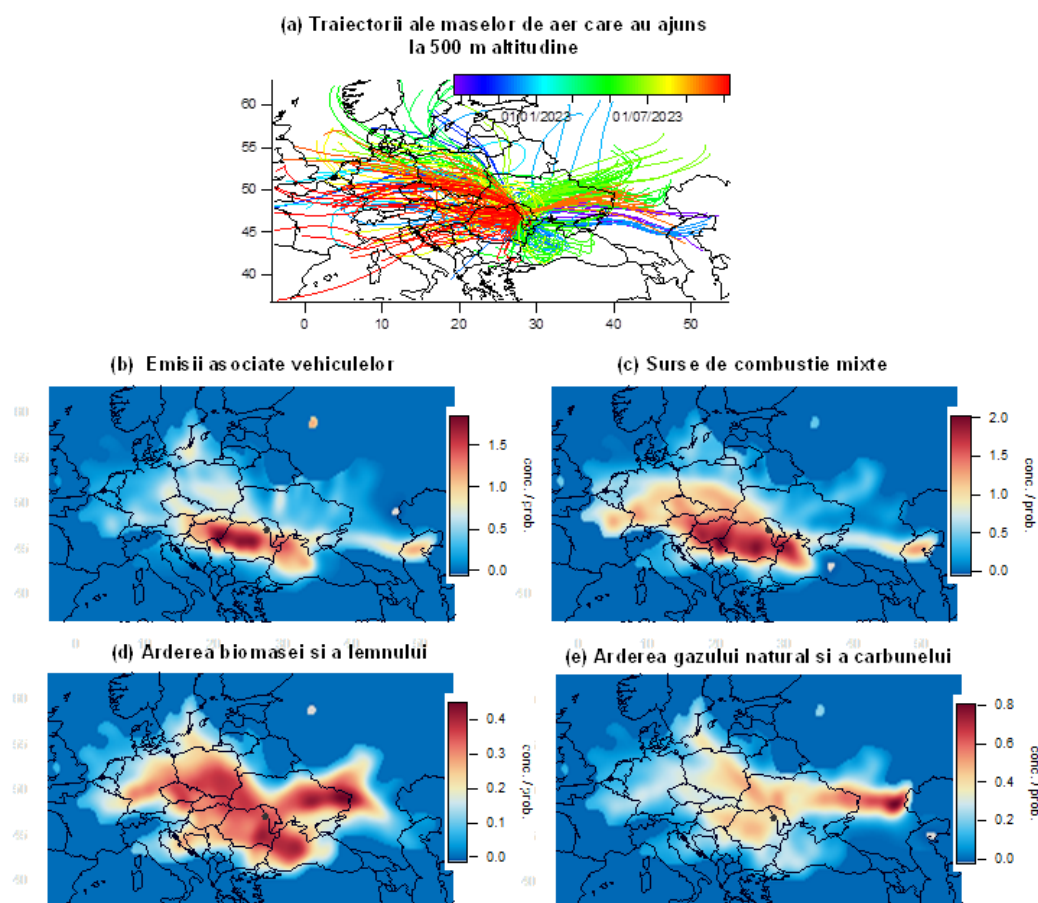


Figura II.1.8: Hărțile de distribuție după algoritmul matematic CWT, obținute folosind traectoriile inverse ale maselor de aer ce au ajuns la locația de interes după 48 de ore, la 500 m altitudine (a), și pentru sursele de emisie a PAHs-urilor; (b) emisii provenite din trafic; (c) surse mixte de combustie, (d) arderea biomasei și a lemnului și (e) arderea cărbunelui și a gazelor naturale.

La locația de interes descrisă în Capitolul II.2 a fost identificată *Alternaria destruens*, specie cu potențial de a transloca populații bacteriene cu mecanisme diferite de absorbție a PAH-urilor (Alvarez-Barragan et al., 2023). PAH-urile par distribuite relativ omogen în celulele fungice, probabil prin difuzie; o suprafață celulară hidrofobă ar putea favoriza interacția și selecția bacteriilor în prezența PAH-urilor.

În Capitolul II.2 sunt prezentate dovezi pentru prezența bacteriei *Priestia aryabhatai*, capabilă de creștere aerobă și anaerobă. Epuizarea oxigenului în timpul dezvoltării hifelor lui *A. destruens* poate genera nișe anoxice care facilitează dispersia bacteriilor facultative/anaerobe prin rețeaua de translocatie fungică. De asemenea, *P. aryabhatai* ar putea fi translocată prin zone hidrofobe (particule hidrofobe contaminate cu PAH-uri) de-a lungul rețelelor fungice. Aceste observații au relevanță ecologică: bacterii aerobe și anaerobe pot fi dispersate – în special translocate prin zone hidrofobe – de-a lungul rețelelor fungice, favorizând colonizarea unor nișe noi (Alvarez-Barragan et al., 2023).

II.2 BIOAEROSOLII DIN MATERIA PARTICULATĂ AMBIENTALĂ DIN ZONA URBANĂ IAȘI, NORD-ESTUL ROMÂNIEI. CARACTERIZAREA MICROBIOLOGICĂ

II.2.1 Prelevarea pasivă a bioaerosolilor din zona urbană Iași

Probele de bioaerosoli au fost colectate în Iași, nord-estul României, la Stația de Monitorizare a Calității Aerului (AMOS, latitudine 47°9' N și longitudine 27°35' E) din cadrul Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași.

Prelevare de probe în regim pasiv (prin depunere gravitațională) s-a realizat în datele de 06 iulie 2023 și 24 aprilie 2024. Strategia de prelevare a probelor din 06 iulie 2023 a vizat realizarea unui studiu de comparare a microbiotei de la nivelul solului (1 m), în proximitatea Corpului A al Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, cu cea specifică unei altitudini de 35 m deasupra nivelului solului, la stația AMOS de pe acoperișul Corpului C (**Figura II.2.1.a**). Pe parcursul evenimentului din 24 aprilie 2024 s-a realizat simultan și prelevare în regim dinamic folosind un ansamblu format din unități fixe de susținere (stacked filter units, SFU) a filtrelor și pompe (**Figura II.2.1.b**).

La stația AMOS, parametrii meteorologici (temperatura aerului ambiental, umiditatea relativă (RH), radiația solară totală, viteza și direcția vântului) sunt măsurati cu o stație meteo Hawk GSM-240 (Weather Hawk, Logan, SUA). Valorile medii ale parametrilor meteorologici asociați celor două evenimente de prelevare sunt prezentate în **Tabelul II.2.1**.

Tabel II.2.1: Valorile medii ale parametrilor meteorologici pentru evenimentele de prelevare pasivă.

Eveniment prelevare	Temperatură (°C)	Umiditate (%)	Radiație solară (W m^{-2})	Viteza vântului (m s^{-1})
2023	28,2	42,2	835	5,7
2024	19,2	49,9	381	5,8

În prelevarea pasivă s-au utilizat plăci Petri (Ø 100 mm) cu medii nutritive Luria-Bertani (LB) și Sabouraud (SAB), expuse pe mese la ~1 m înălțime și departe de obstacole, pentru evitarea contaminării încrucișate. Expunerea standard a fost de 1 oră, iar pentru evaluarea efectului timpului s-au realizat și expuneri de 2, 3 și 4 ore. Toate componentele au fost sterilizate anterior într-o hotă de siguranță microbiologică (SafeFast Premium, advecție verticală), iar sticlăria (vasele Petri) a fost autoclavată (Prestige Medical, Podioclave).

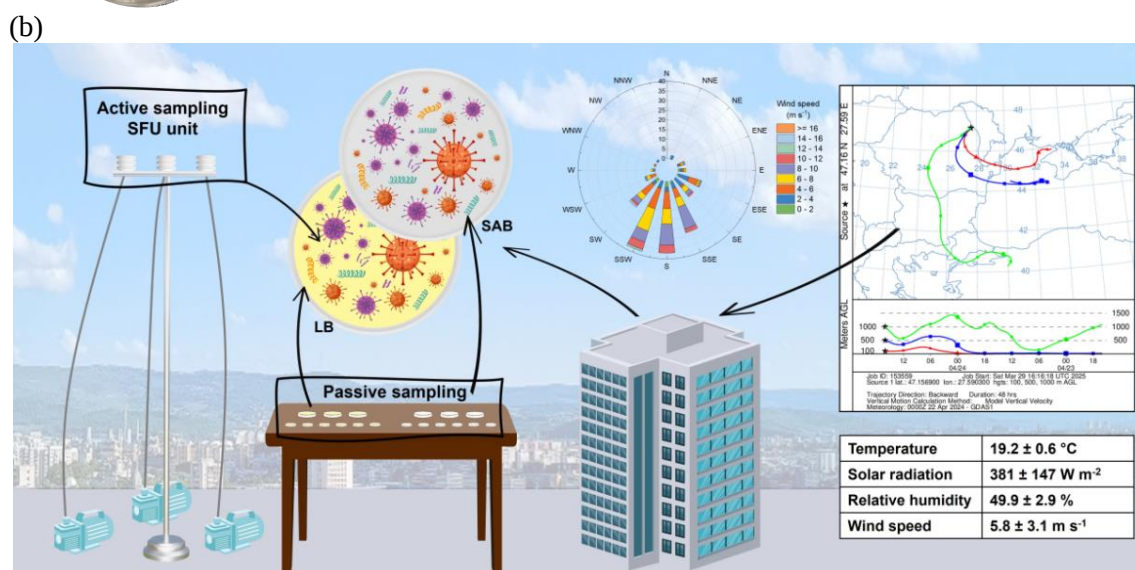
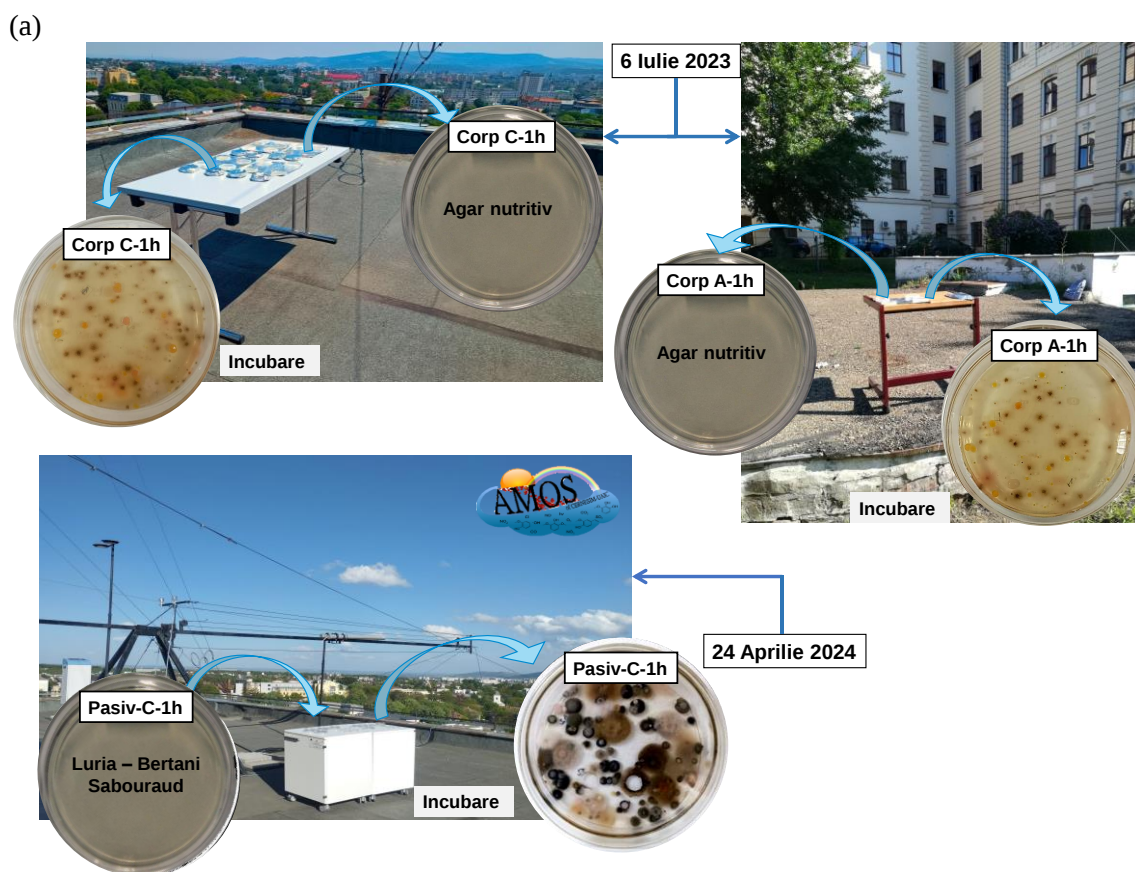


Figura II.2.1: Strategia de prelevare pasivă aplicată pentru colectarea probelor de bioaerosoli din materia particulată ambientală din zona urbană Iași pentru evenimentele din 06 iulie 2023 și 24 aprilie 2024 (**Figura II.2.1.a**), cu detalii pentru prelevarea activă regăsite în **Figura II.2.1.b**.

Pentru prelevarea pasivă, componentele SFU au fost curățate cu etanol 70% și ulterior sterilizate UV; fiecare SFU a fost conectat la o pompă și un debitmetru, volumul de aer prelevat fiind de 1,78 m³ h⁻¹. Pentru ambele evenimente s-au folosit probe martor pentru a verifica potențiala contaminare încrucișată. Traiectoriile maselor de aer care au ajuns la punctul de prelevare (**Figura II.2.2**) au fost generate cu HYSPLIT 4 (ARL/NOAA) pe platforma [READY](#) (Stein et al., 2015; Rolph et al., 2017) pentru un parcurs de 48 ore. În 2023, aerul a sosit preponderent din NE și SE (Ucraina și Republica

Moldova) – **Figura II.2.2.a**; în 2024, traiectoriile rulate la 100, 500 și 1000 m indică o origine dominant sud-estică (zona Mării Negre) – **Figura II.2.2.b**.

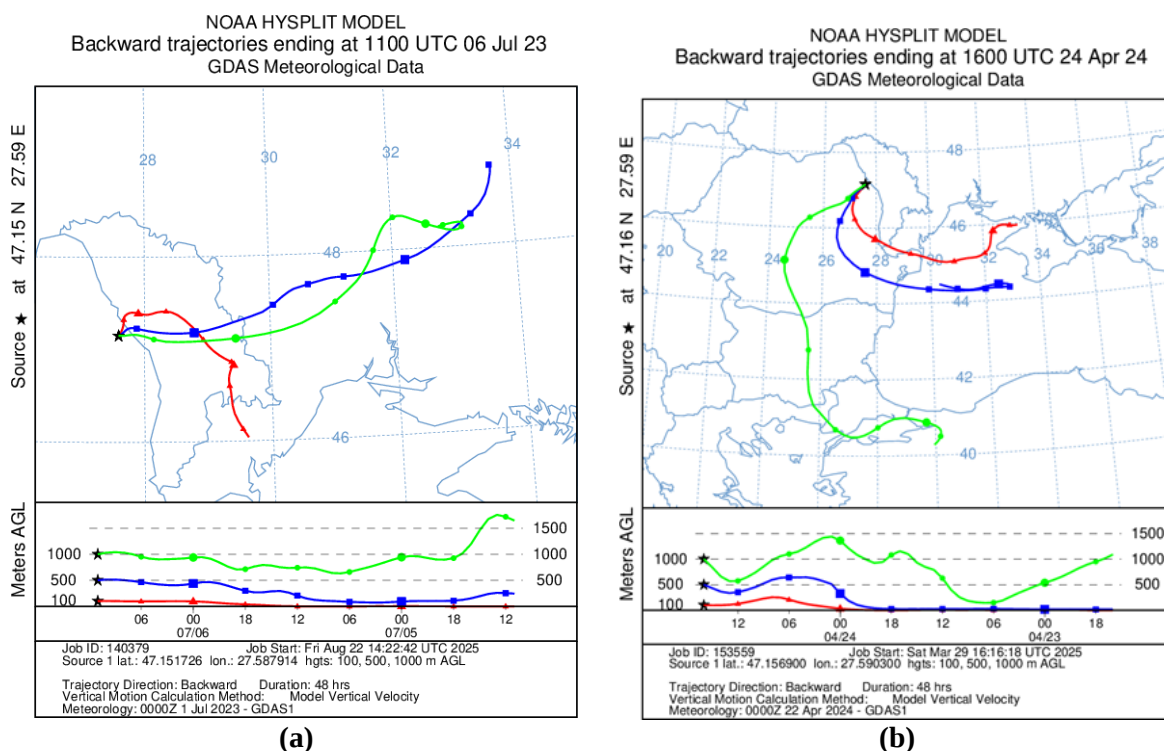


Figura II.2.2: Traiectoriile maselor de aer care au ajuns la locațiile de interes pentru evenimentul din 6 Iulie 2023 (a) și respectiv 24 Aprilie 2024 (b).

II.2.2 Prepararea probelor de bioaerosoli

Probele colectate prin eșantionare pasivă, odată ajunse în laborator, au fost incubate direct. Pentru probele prelevate în regim dinamic s-au folosit două tehnici de însămânțare prezentate schematic în **Figura II.2.3**.

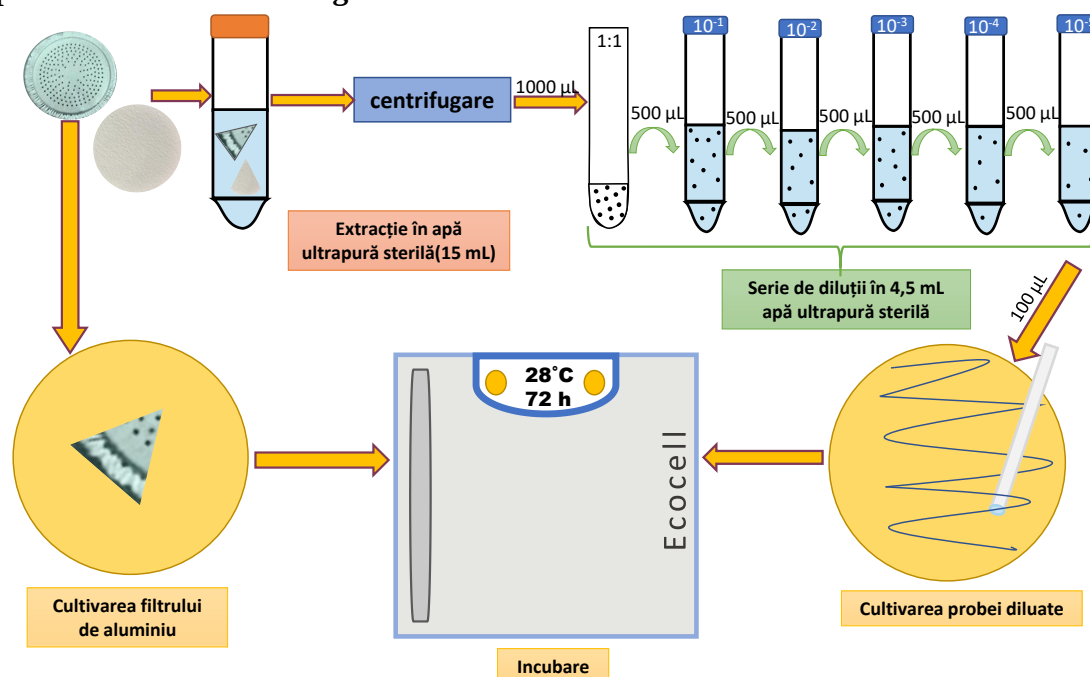


Figura II.2.3: Etape urmate la realizarea însămânțărilor pentru probele de bioaerosoli prelevați în regim dinamic.

Pentru prima metodă, filtrele încărcate cu probe de bioaerosoli prelevați sau filtrele blank au fost puse direct pe plăci Petri pregătite în prealabil cu medii de creștere (LB sau SAB) bogate în nutrienți. Pentru cea de-a doua variantă s-a realizat extracția bioaerosolilor prelevați, extractele fiind ulterior folosite pentru inoculare pe plăci Petri pregătite în prealabil cu medii nutritive specifice (LB sau SAB). Pentru extracție, filtrele expuse și probele blank au fost transferate în tuburi Eppendorf sterile preumplute cu mediile LB sau SAB bogate în nutrienți, extracția realizându-se cu un sistem vortex la 2000 rpm timp de 1 minut. Volume de 100 μ L de probe extrase au fost pipetate și distribuite uniform cu o buclă de inoculare pe suprafața plăcilor Petri LB sau SAB pregătite în prealabil. Probele blank de control din cuarț au fost supuse unei proceduri de preparare similară. Pentru probele extrase au fost realizate diluții de 10^{-3} chiar până la 10^{-5} . Plăcile Petri obținute din eșantionarea pasivă și activă, inclusiv blankurile, au fost incubate la 28 °C într-un cuptor cu circulație naturală (Ecocell, Germania), cu monitorizare continuă în primele 24 ore și ulterior la fiecare 24 ore pe o perioadă extinsă. După incubare, culturile microbiene au fost păstrate la 2–4 °C într-un frigider de laborator Infrico Medcare LTUF258.

II.2.3 Caracterizarea microbiologică a bioaerosolilor din materia particulată ambientală din zona urbană Iași

Figurile II.2.4 și II.2.5 arată detalii ale plăcilor Petri în etape diferite de incubare pentru probele din 06 iulie 2023 și 24 aprilie 2024. Microorganismele vizibile au fost ulterior izolate și purificate pentru menținerea culturilor viabile și identificare gen/specie, folosind anse sterile (1 μ L) pe plăci Petri cu medii nutritive (LB sau SAB). În **Figura II.2.4**, săgețile roșii marchează bacterii (B), iar albastrele – fungi (F); în **Figura II.2.5**, roșu – bacterii (B), albastru – colonii fungice (F), verde – drojdii (D)

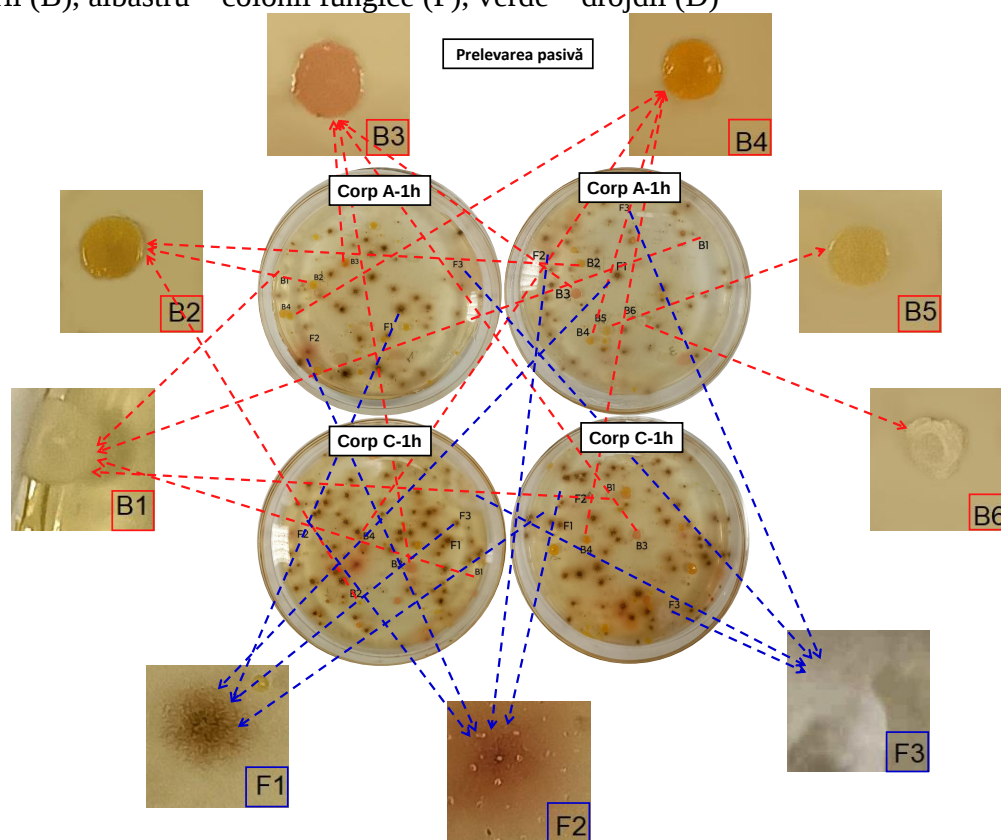


Figura II.2.4: Aspectul plăcilor Petri pentru probe prelevate în data de 06 iulie 2023, în regim pasiv, de la ~1 m deasupra nivelului solului (Corp A) și de la 35 m față de nivelul solului (Corp C), după incubare la 28°C pentru perioade specifice de timp.

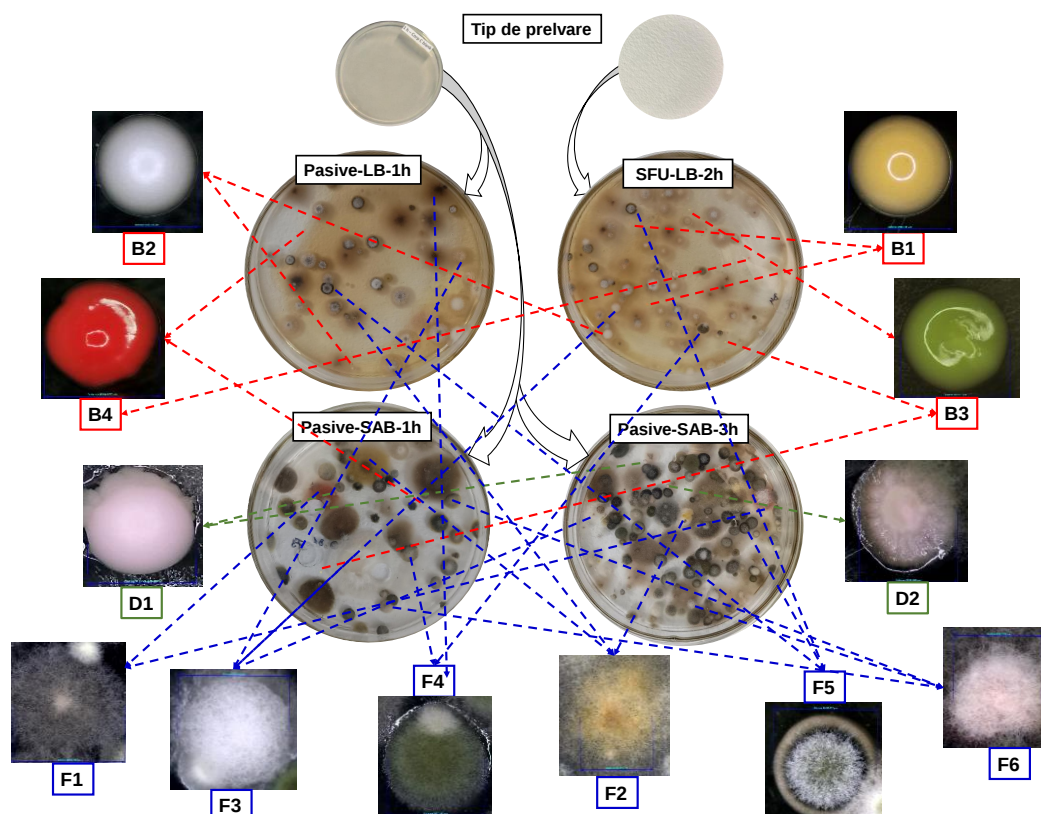


Figura II.2.5: Aspectul plăcilor Petri pentru probe prelevate în data de 23 aprilie 2024, în regim pasiv sau dinamic, de la 35 m față de nivelul solului (Corp C), după incubare la 28°C pentru perioade specifice de timp.

Coloniile microbiene izolate și purificate din probe de materie particulată au fost investigate la RECENT AIR (România), preponderent prin microscopie optică clasică. Identificarea la nivel de gen și specie a fost realizată ca serviciu externalizat la Eurofins BIOMI Ltd. (Gödöllő, Ungaria).

Pentru evenimentul din 24 aprilie 2024 în primele 24 ore au apărut coloniile de microorganisme B1, B2 și fungice F1, F3, cu inflorescență puternică pentru bacteria B2 după 12 ore; B3 și B4 se dezvoltă după 48 ore; drojdiile Y1, Y2 și colonia fungică F2 după 72 ore; F4 și F5 după 10 zile. Colonia F6 apare la 24 ore, dar moare ulterior în depozitare la 2–4 °C. Coloniile D1 și D2, roz și cu morfologie aparent bacteriană, au fost confirmate ca levuri (drojdii) doar după examinare microscopică sau secvențiere.

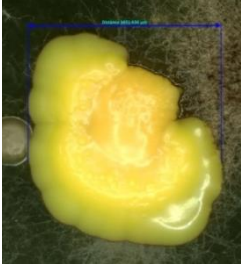
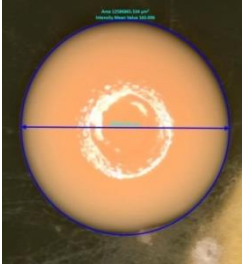
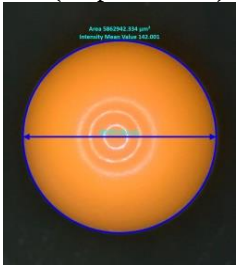
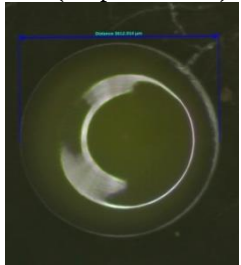
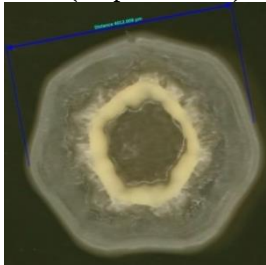
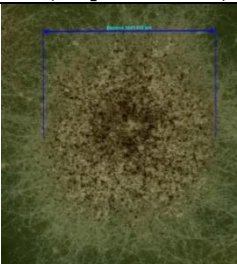
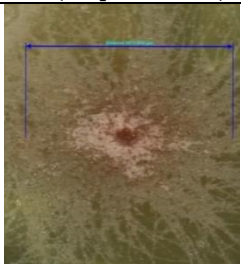
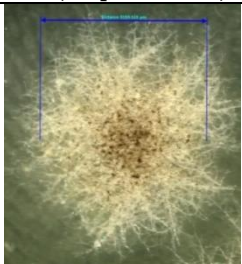
II.2.3.1 Caracterizarea morfo-structurală a bioaerosolilor

Pentru caracterizarea morfologică a bioaerosolilor din particulele ambientale din Iași, după pregătirea probelor s-a utilizat stereomicroscopul Stemi 508 KMAT (Carl Zeiss GmbH, Germania), care a permis observarea și încadrarea la nivel de colonii a bacteriilor, fungilor și drojdiilor crescute pe medii de cultură.

Tabelul II.2.2 prezintă detalii morfologice pentru colonii bacteriene și fungice selectate de pe plăci ale evenimentului din 6 iulie 2023, iar **Tabelul II.2.3** oferă informații similare pentru evenimentul din 24 aprilie 2024. Suplimentar, a fost aplicată și tehnica de colorare Gram pentru a obține informații mult mai specifice în privința tipurilor de bacterii prezente în probă. Pașii experimentali urmați la aplicarea tehnicii colorației Gram sunt prezentați în **Figura II.2.6**.

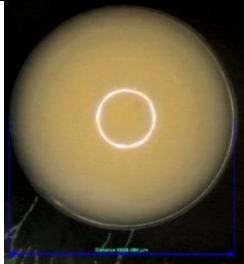
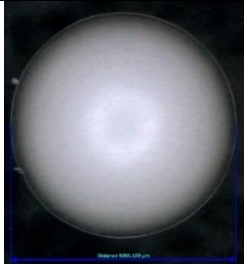
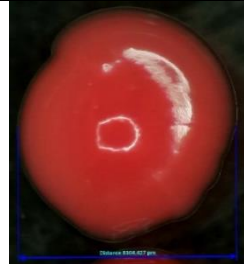
Colorația Gram s-a realizat prin aplicarea coloranților violet de gențiană și fucsină în vederea clasificării bacteriilor în Gram pozitive – celule de culoare mov, și Gram negative – celule de culoare roz.

Tabelul II.2.2: Detalii morfologice prezentate electiv pentru colonii bacteriene și fungice izolate din materia particulată prelevată în cadrul evenimentului din 6 iulie 2023.

B1 (corp A, ~ 1 m)	B2 (corp C, ~ 35 m)	B3 (corp A, ~ 1 m)
		
Colonie bacteriană albă, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 2,63 mm	Colonie bacteriană galbenă, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 3,65 mm	Colonie bacteriană roz, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 4,00 mm
B4 (corp A, ~ 1 m)	B5 (corp A, ~ 1 m)	B6 (corp A, ~ 1 m)
		
Colonie bacteriană portocalie, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 2,73 mm	Colonie bacteriană gălbuie, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 3,61 mm	Colonie bacteriană albicioasă, netedă cu suprafață și margine regulată, Ø = 4,01 mm
F1 (corp C, ~ 35 m)	F2 (corp A, ~ 1 m)	F3 (corp A, ~ 1 m)
		
Colonie fungică maro, Ø = 3,24 mm	Colonie fungică roz, Ø = 3,67 mm	Colonie fungică albă, Ø = 3,13 mm

Tabelul II.2.3: Detalii morfologice pentru coloniile bacteriene, fungice sau de tip drojdie izolate din materia particulată prelevată în cadrul evenimentului din 24 aprilie 2025 (corp C, ~ 35 m deasupra nivelului solului).

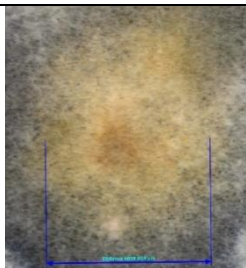
Bacterii (B)

			
B₁ – Colonie bacteriană portocalie, netedă, lucioasă, cu suprafață și margine regulată, Ø = 9,04 mm	B₂ – Colonie bacteriană albă, netedă, lucioasă, cu suprafață și margine regulată, Ø = 9,20 mm	B₃ – Colonie bacteriană galbenă, netedă, lucioasă, cu suprafață și margine regulată, Ø = 11,35 mm	B₄ – Colonie bacteriană roșie, netedă, lucioasă, cu suprafață și margine regulate, Ø = 8,30 mm

Fungi (F) și Drojdii (D)



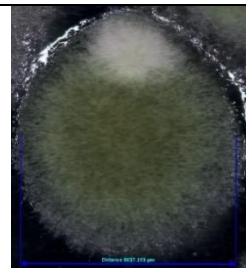
F₁ – Colonie fungică, roz-deschis, Ø = 11,40 mm



F₂ – Colonie fungică maro, Ø = 6,66 mm



F₃ – Colonie fungică albă, Ø = 11,22 mm



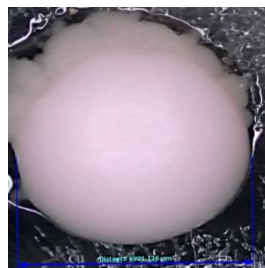
F₄ – Colonie fungică verzuie, Ø = 8,63 mm



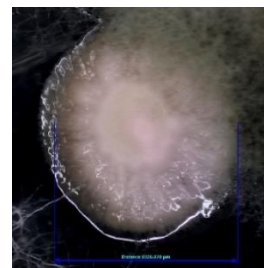
F₅ – Colonie fungică verde, Ø = 8,64 mm



F₆ – Colonie fungică roz, Ø = 8,17 mm



D₁ – Colonie fungică levuriformă roz-pal, netdă, lucioasă, cu suprafață și margine regulată, Ø = 6,90 mm.



D₂ – Colonie fungică levuriformă roz închis, rugoasă, lucioasă, cu suprafață și margine regulată, Ø = 8,03 mm.

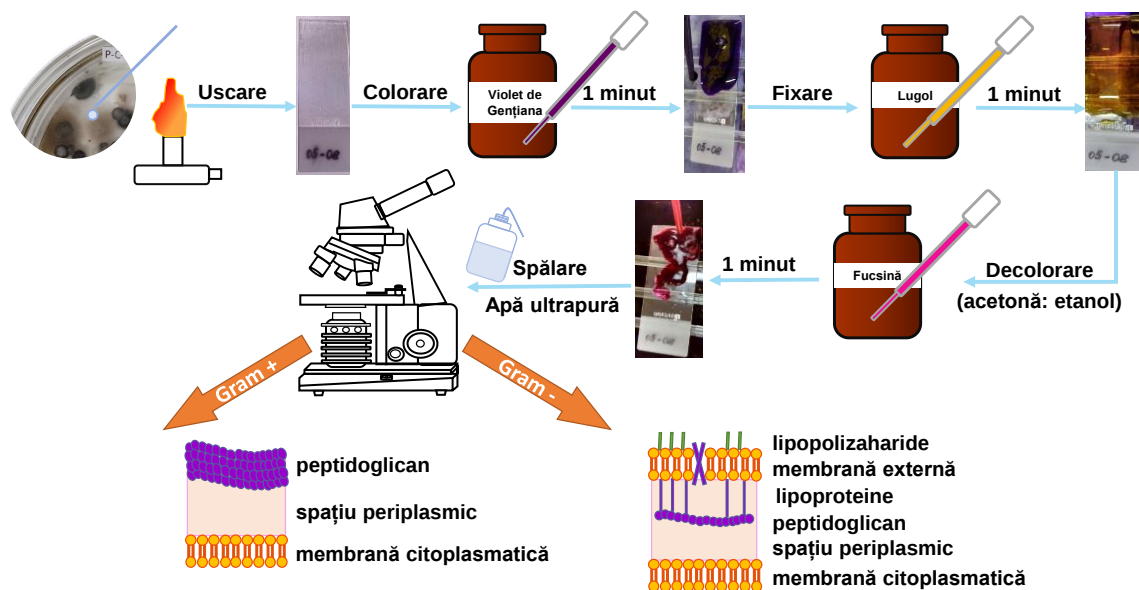
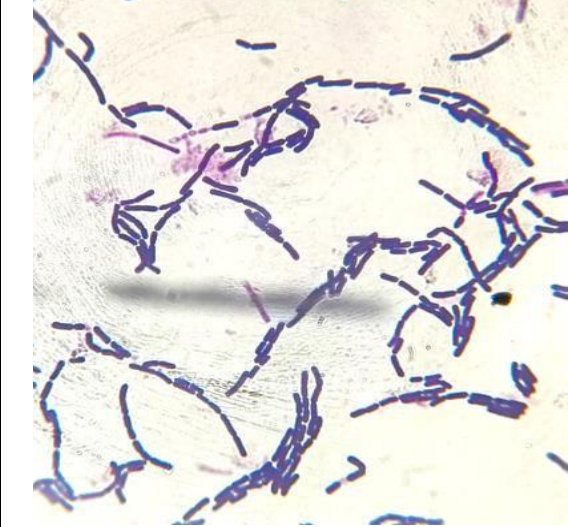
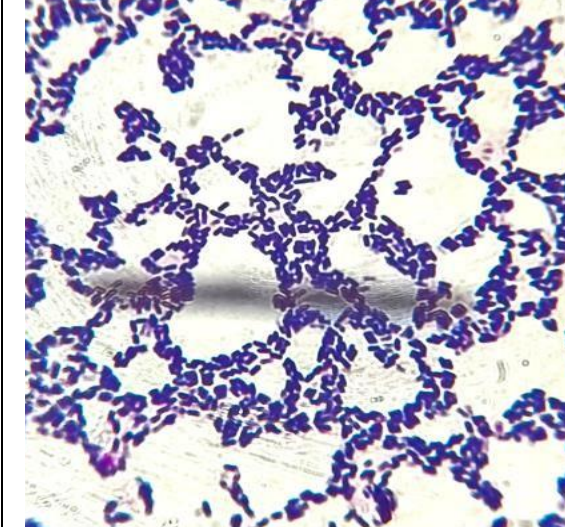
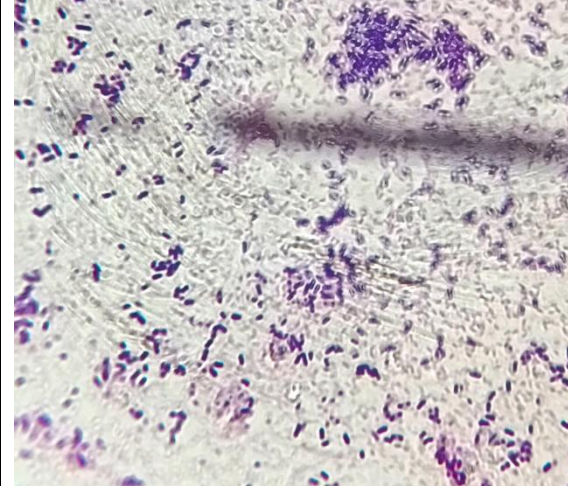
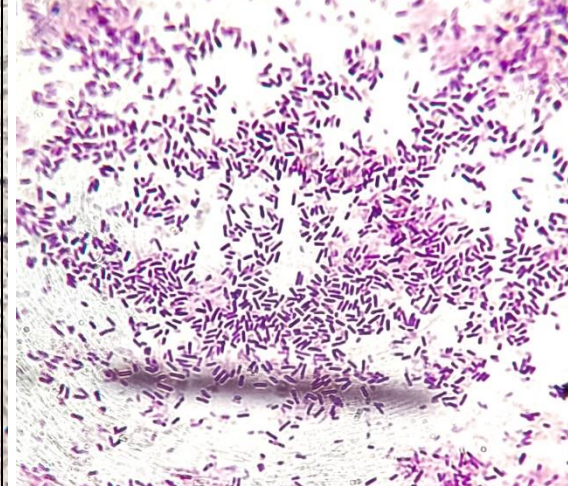
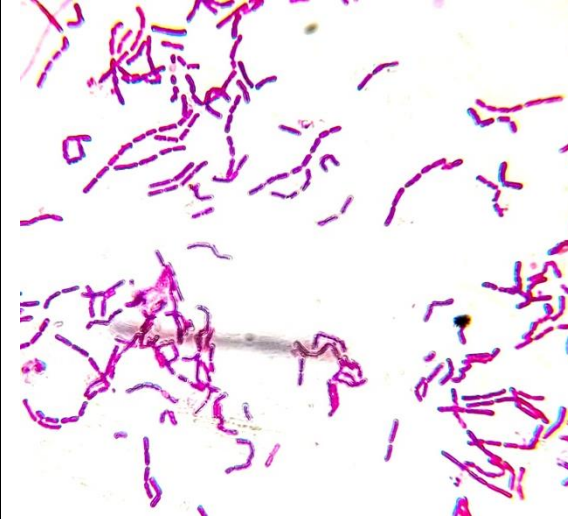
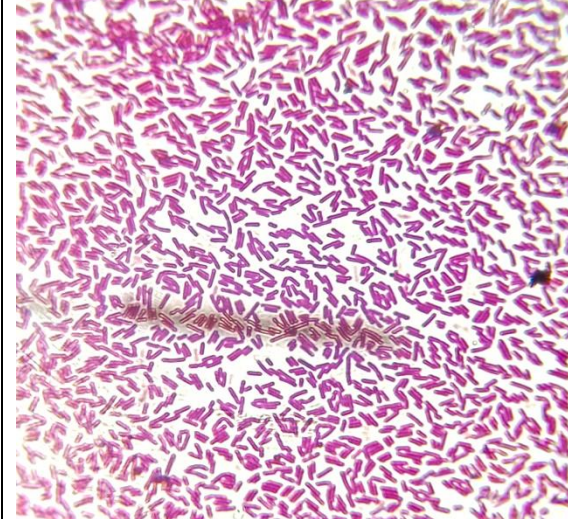


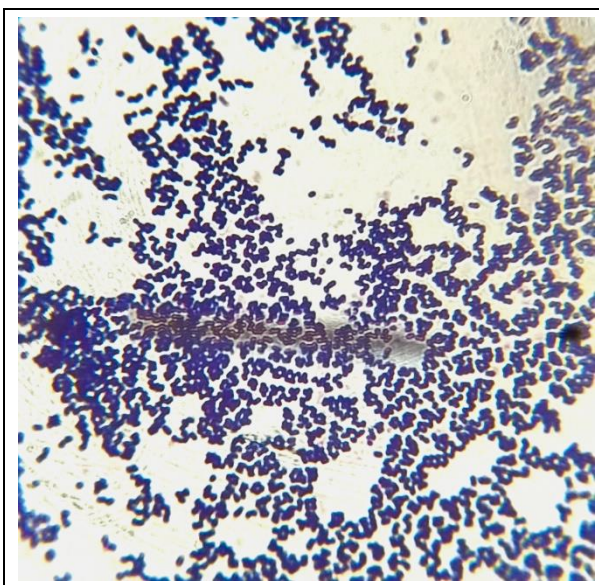
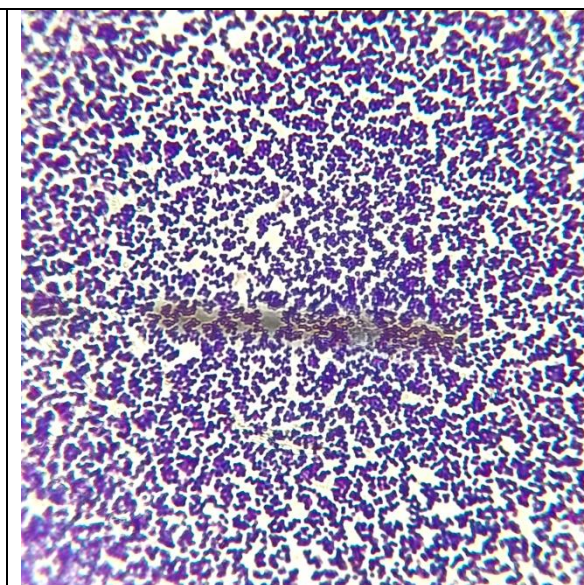
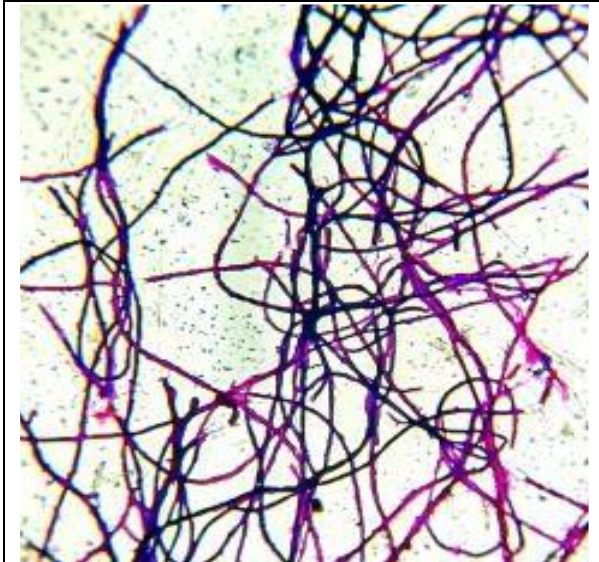
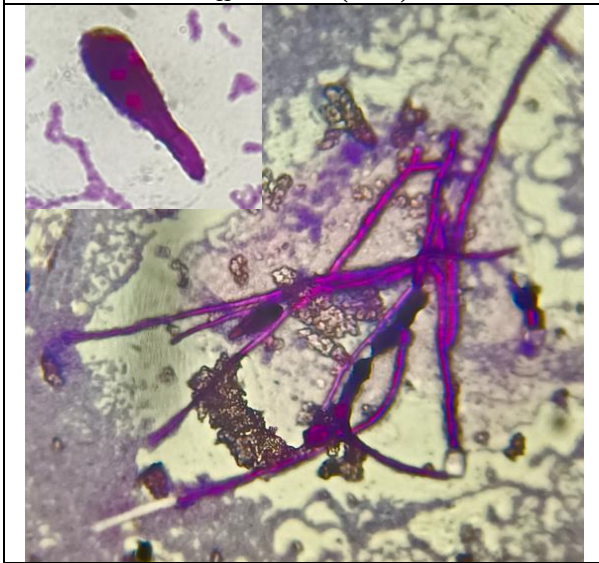
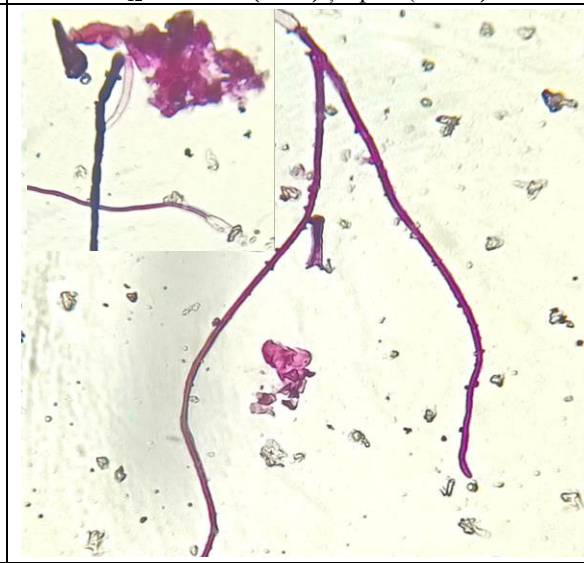
Figura II.2.6: Etape experimentale urmate în aplicarea tehnicii colorației Gram.

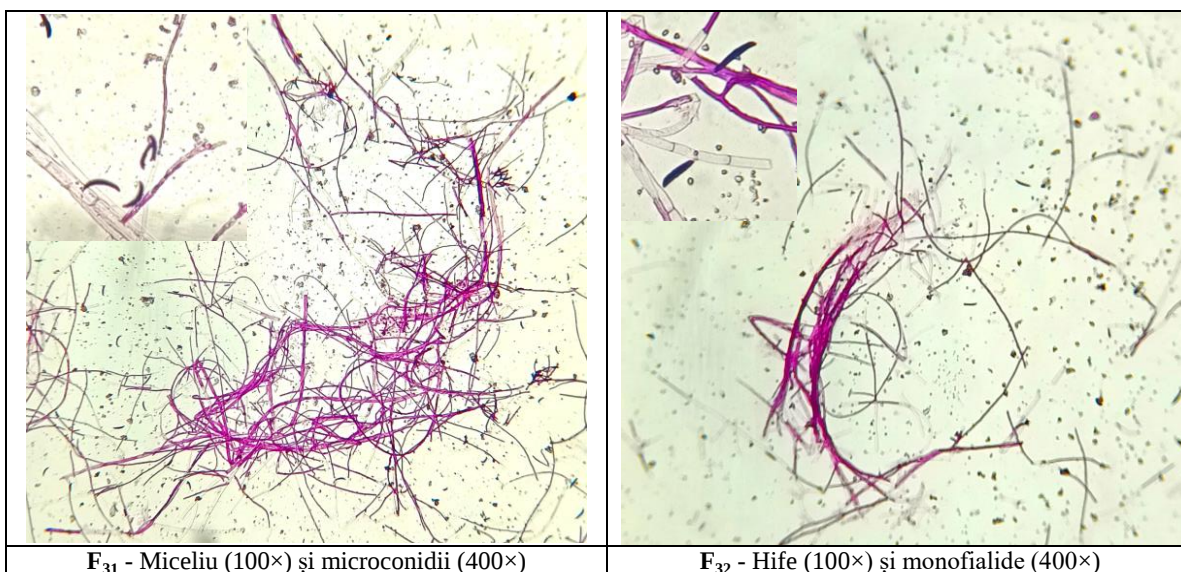
Rezultatele obținute prin aplicarea tehnicii colorației Gram și a investigării caracteristicilor frotiurilor la nivel microscopic sunt prezentate în **Tabelul II.2.4** pentru evenimentul de prelevare din 6 iulie 2023 și în **Tabelul II.2.5** pentru evenimentul din 24 aprilie 2024.

Microorganismele D1 și D2 din **Tabelul II.2.5** au fost inițial presupuse drept drojdii, pe baza blastosporilor evidențiați prin colorare Gram. În probele evenimentului analizat s-au observat colonii fungice levuriforme, în care au fost identificate conidii asexuate formate prin înmugurirea celulelor levuriforme (blastospori).

Tabelul II.2.4: Detalii anatomo-structurale obținute prin aplicarea tehnicii colorației Gram pentru microorganisme izolate din materia particulată ambientală asociată evenimentului din 6 iulie 2023.

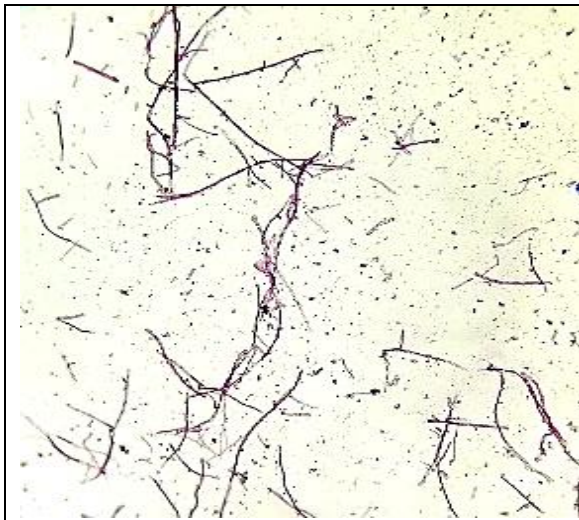
Bacterii (B)	
Corp A, ~ 1 m deasupra nivelului solului	Corp C, ~ 35 m deasupra nivelului solului
	
B₁₁ – Bacterii Gram+, bacili – mono- și diplobacili (1000×), bacterie albă	B₁₂ – Bacterii Gram+, bacili – mono- și diplobacili (1000×), bacterie translucidă
	
B₁₃ – Bacterii Gram+, cocobacili (1000×), bacterie albicioasă	B₁₄ – Bacterii Gram+, , bacili – mono- și diplobacili (1000×), bacterie albicioasă
	
B₃₃ – Bacterii Gram-, bacili – mono-, diplo- și streptobacili (1000×), bacterii portocaliu somonat	B₃₄ – Bacterii Gram-, bacili – mono- și diplobacili (1000×), bacterii portocaliu somonat

	
B₄₁ – Bacterii Gram+, coci – mono- și diplococi, tetradă (1000×), bacterii portocaliu intens	B₄₂ – Bacterii Gram+, coci – mono- și diplococi, tetradă (1000×), bacterii portocaliu intens
Fungi (F)	
	
F₁₁ – Miceliu (400×)	F₁₂ – Miceliu (400×) și spori (1000×)
	
F₁₃ – Hife și dictiospor (400×)	F₁₄ – Hife și dictiospor (400×)



Tabelul II.2.5: Detalii anatomo-structurale obținute prin aplicarea tehnicii colorației Gram pentru microorganisme izolate din materia particulată ambientală asociată evenimentului din data de 24 aprilie 2024 (Corp C, 35 m deasupra nivelului solului).

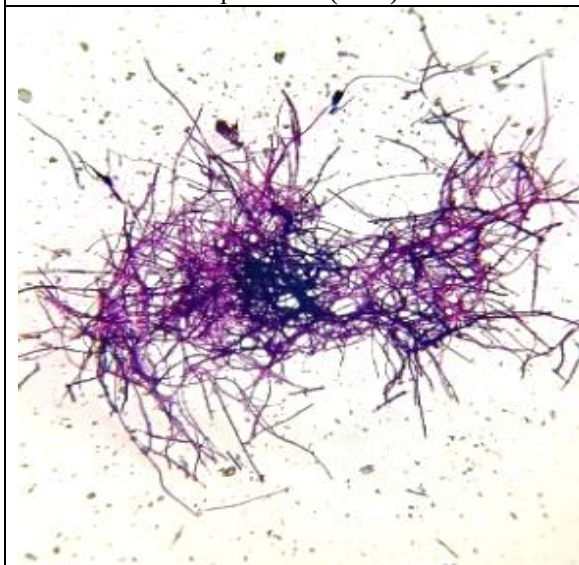
Bacterii (B)	
B₁ – Bacterii Gram+, coci (1000×), bacterie gălbuie	B₂ – Bacterii Gram+, bacili (1000×), bacterie albă
B₃ – Bacterie Gram+, coci (1000×), bacterie verde crud	B₄ – Bacterie Gram+, cocobacili (1000×), bacterie roșie
Fungi (F)	



F₁ –Miceliu (100×)



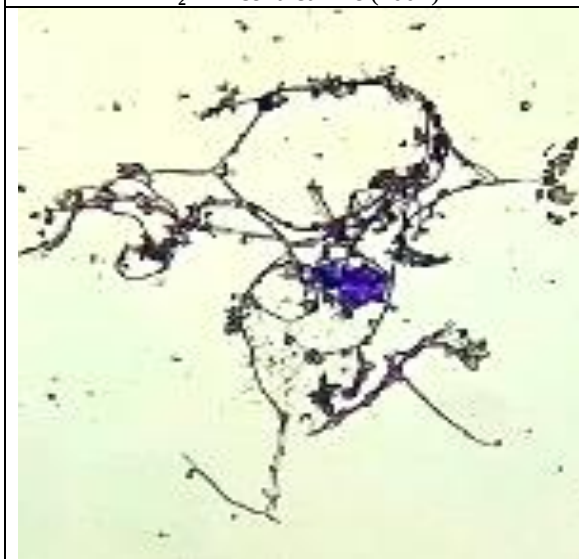
F₁ –Miceliu (400×)



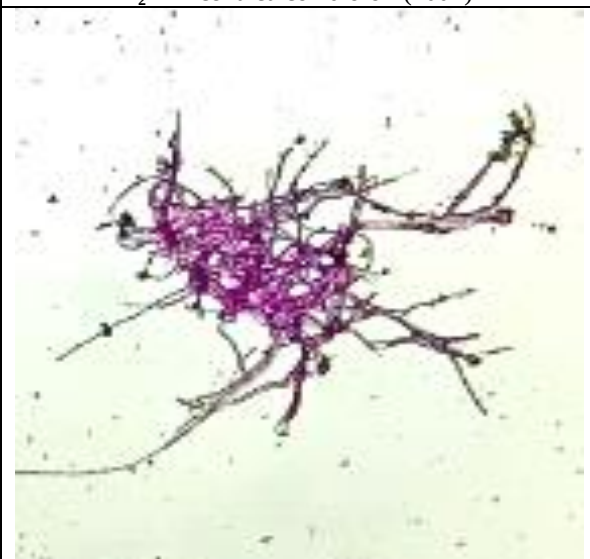
F₂ – Miceliu cu hife (100×)



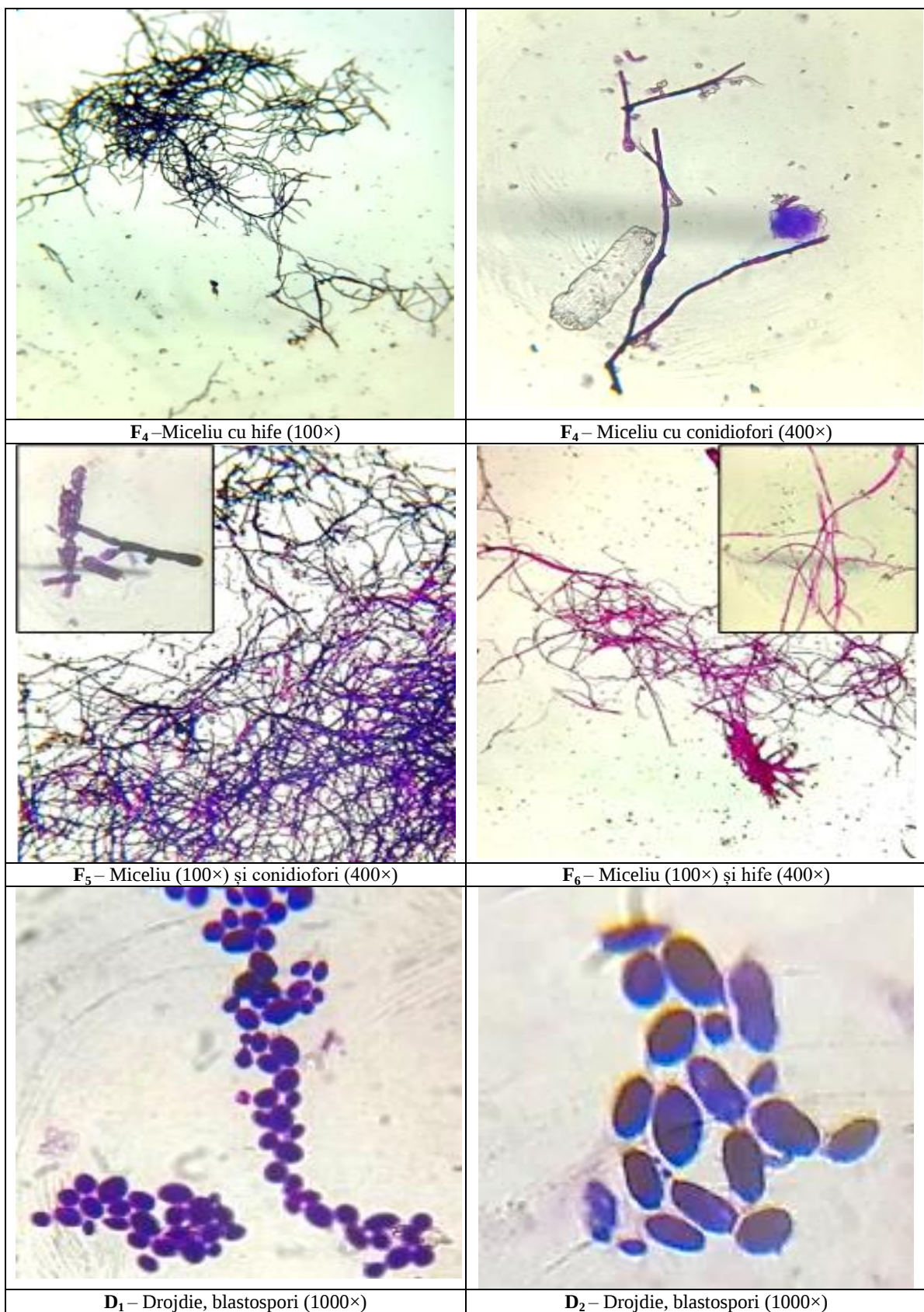
F₂ – Miceliu cu conidiofori (400×)



F₃ – Hife (100×)



F₃ – Hife (400×)



II.2.3.2 Identificarea microorganismelor izolate din probele de bioaerosoli existenți în atmosfera urbană Iași

Rezultatele privind identificarea genului și speciei microorganismelor izolate din bioaerosolii asociați materiei particulare urbane din Iași (evenimentul din 24 aprilie 2024) sunt prezentate în **Tabelul II.2.6**, chiar dacă analizele nu au fost efectuate în laboratoare din România.

Identificarea (până la nivel de gen/specie) a fost realizată ca serviciu externalizat la Eurofins BIOMI Ltd. (Gödöllő, Ungaria), fiind esențială pentru investigațiile ulterioare. Pentru bacterii s-a secvențiat regiunea 16S rRNA, iar pentru fungi și drojdii regiunea ITS1–2, utilizând tehnici standard PCR și qPCR.

Tabelul II.2.6: Specii microbiene identificate sau detectate în microorganisme izolate din particulele din zona urbană Iași.

Cod	Taxon	Gen	Specii identificate	Cod probă		Detaliu experiment
				Analiză	Discuții	
B ₁	Bacterii	<i>Planococcus</i>	<i>Planococcus wigleyi</i>	B ₁ -Pla _{i=1-3}	B _{Pla. wig.}	
B ₂		<i>Priestia</i>	<i>Priestia aryabhatai</i>	B ₂ -Pri _{i=1-2}	B _{Pri. ary.}	
B ₃		<i>Agrococcus</i>	<i>Agrococcus citreus</i>	B ₃ -Agr _{i=1-3}	B _{Agr. cit.}	
B ₄		<i>Arthrobacter</i>	<i>Arthrobacter sp.</i>	B ₄ -Arh	B _{Arh. sp.}	
F ₁	Fungi	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium</i>	F ₁ -Fus _{i=1-3}	F _{Fus.}	
F ₂		<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria destruens</i>	F ₂ -Alt _{i=1-2}	F _{Alt. des.}	
F ₃		<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria sp.</i>	F ₃ -Alt _{i=1-2}	F _{Alt. sp.}	
F ₄		<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium sp.</i>	F ₄ -Cla _{i=1-2}	F _{Cla. sp. 1}	
F ₅				F ₅ -Cla _{i=1-2}	F _{Cla. sp. 2}	
F ₆		-	-	-	-	
D ₁	Drojdii	<i>Aureobasidium</i>	<i>Aureobasidium sp.</i>	D ₁ -Aur _{i=1-3}	D _{Aur. sp. 1}	
D ₂				D ₂ -Aur _{i=1-3}	D _{Aur. sp. 2}	

Planococcus wigleyi (B1) este izolată frecvent din fecale de pui (Pallen, 2024). *Priestia aryabhatai* (B2), membru al genului *Priestia* și fost *Bacillus* (Gupta et al., 2020), provine din sol, ape uzate și deșeuri electronice; are potențial pentru degradarea e-polimerilor/pesticidelor (Hanano et al., 2025; Chakraborty et al., 2023) și pentru remedierea metalelor (Nithyashree and Subramanian, 2025); descompunerea plasticului poate genera VOC și alți produși secundari (Chakraborty et al., 2023). *Agrococcus citreus* (B3) este larg răspândită în ecosisteme terestre și acvatice, asociată cu plante, ciuperci, animale și specimene clinice (Evtushenko and Takeuchi, 2006). *Arthrobacter sp.* (B4) este

raportată din soluri deșertice (Liu et al., 2018; Guo et al., 2019). Conform Eurofins BIOMI Ltd., izolatul *Fusarium* (F1) din particulele urbane din Iași pare un nou candidat pentru genul *Fusarium*. *Alternaria destruens* (F2) a fost izolată din sedimente marine contaminate și poate crește în prezența PAH-urilor sau transloca bacterii în medii hidrofobe (Alvarez-Barragan et al., 2023). Variabilitatea sezonieră a 17 PAH-urilor în aerosoli urbani din Iași a fost raportată (Amarandei et al., 2024), iar detectarea lui *A. destruens* sugerează un rol în chimismul particulelor. *Alternaria spp.* (F3) au surse principale culturile de cereale/pășunile, iar alergenul *Alternaria* este abundent în aer, în principal din fragmente de spori și hife (Alberto et al., 2024; Apangu et al., 2023). *Cladosporium spp.* (F4, F5) sunt comune pe material vegetal viu și mort și au potențial alergen ridicat (Sindt et al., 2016). *Aureobasidium spp.* (D1, D2) sunt prezente preponderent în sol și pe plante.

II.3 CARACTERIZAREA LA NIVEL MOLECULAR ȘI ELEMENTAL A BIOAEROSOLILOR ATMOSFERICI DIN ZONA URBANĂ IAȘI

II.3.1 Analiza la nivel molecular a unor bioaerosoli din aerul ambiental din zona urbană Iași prin utilizarea tehnicii maldi-orbitrap ms pentru identificarea markerilor peptidici ai bacteriilor

Pentru microorganismele izolate din bioaerosolii aeropurtați de materia particulată, prelevați la stația AMOS în 6 iulie 2023, s-au efectuat investigații moleculare cu un Orbitrap Exploris 240 (Thermo Scientific, SUA) cuplat la o sursă MALDI (MassTech, SUA), echipament aflat în laboratoarele RECENT AIR ale Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași.

II.3.1.1 Probele de bioaerosoli

Probele analizate prin MALDI–Orbitrap MS au provenit din prelevare pasivă pe mediu Luria–Bertani (LB). Pentru evenimentul din 6 iulie 2023, masele de aer care au ajuns la sit la 07:00 UTC au avut origine sud-estică (zona Mării Negre), iar la 11:00 UTC au provenit preponderent din transectul nord-estic; la 100 m altitudine, masa de aer a fost în principal locală și puternic afectată de inversia termică (**Figura II.2.2.b**). Locațiile de prelevare au fost Corp A (~1 m deasupra solului) și Corp C/AMOS (~35 m), iar procedurile de prelevare și pregătire (incubare directă, extracție, inoculare, creștere etc.) sunt descrise în Capitolele II.2.1 și II.2.2.

II.3.1.2 Condițiile optime de operare la utilizarea tehnicii maldi-orbitrap ms în investigarea bioaerosolilor

Pentru investigarea coloniilor selectate de bacterii și fungi s-a utilizat Orbitrap Exploris 240 (Thermo Scientific) cu sursă MALDI (MassTech) din cadrul RECENT AIR, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași. Protocolul MALDI–Orbitrap MS a inclus: transfer cu ansă de pe mediul de cultură într-un tub Eppendorf cu 10 μ L acid formic 70%, vortex 3 min, adăugare 10 μ L acetonitril, vortex 3 min, apoi depunere 0,5 μ L supernatant pe placa țintă MALDI și aplicarea matricei CHCA (Freiwald and Sauer, 2009).

II.3.1.3 Spectrele de masă pentru bacterii și fungi izolați din bioaerosoli ambientali

Contribuțiile matricei de ionizare și ale probelor martor (artefacte din operarea în condiții sterile) au fost sustrate din spectrele de masă ale probelor bacteriene/fungice de interes. Spectrele au fost achiziționate în domeniul 400–6000 m/z. **Figura II.3.1** prezintă: (a) spectrul matricei CHCA; (b) spectrul probei martor; (c) spectrul unei probe bacteriene izolate din bioaerosolii materiei particulare ambientale; (d) același spectru bacterian după sustragerea semnalelor matricei și martorului; (e) varianta din (d) restrânsă la 400–1500 m/z. Pentru proba bacteriană având codul B₁₁ s-a realizat o evaluare a spectrului de masă

prezentat în **Figura II.3.1.e**, cu atribuirea unor compuși sau clase de compuși utilizând bazele de date ECMDB, MiMeDB și LIPID MAPS. Pentru ioni moleculari selectați au fost generate și spectrele de masă MS/MS. Spectrele MS/MS sunt prezentate în **Figura II.3.2** pentru cele mai intense 10 semnale din spectrul de masă integral achiziționat în domeniul 400-6000 m/z.

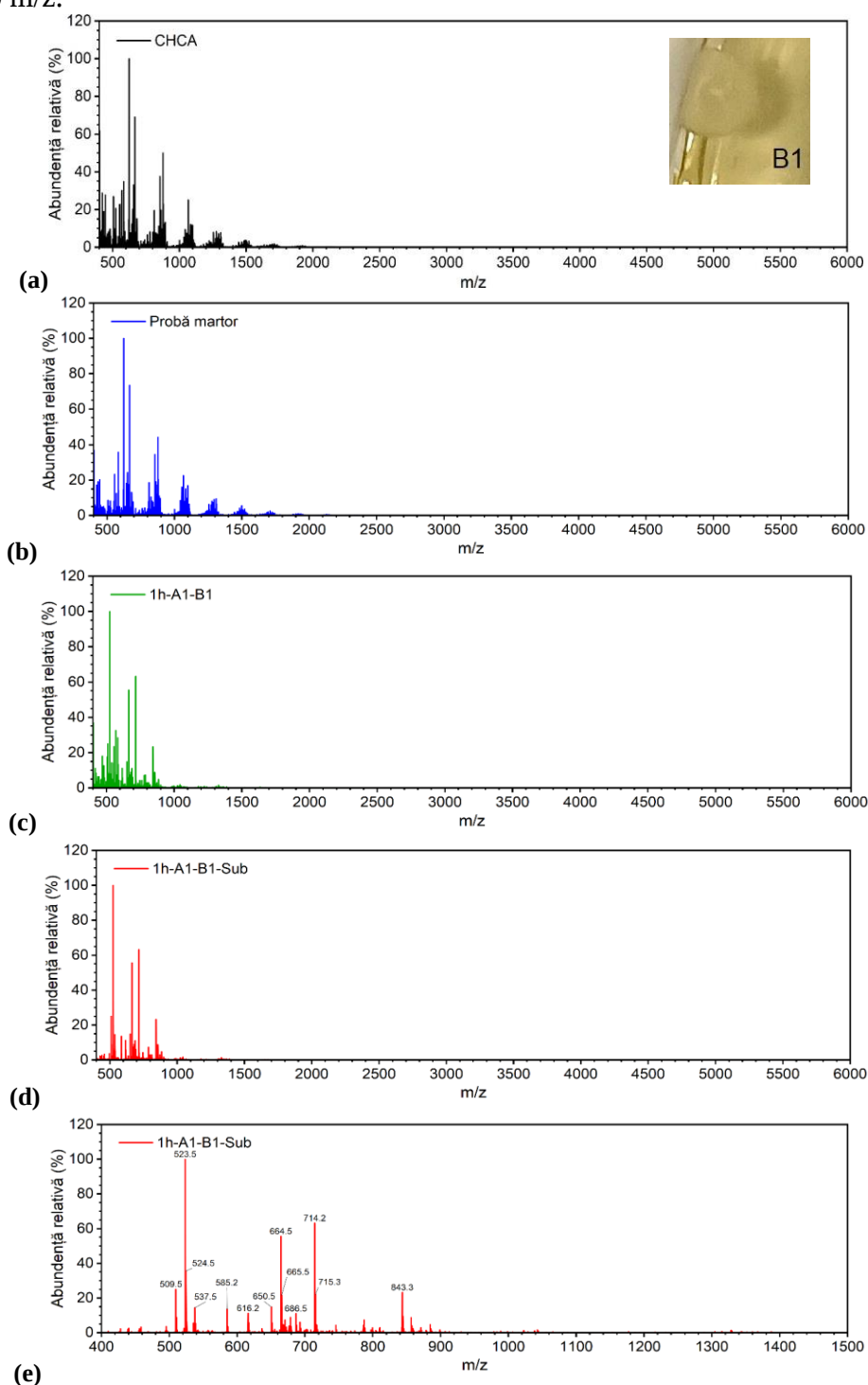


Figura II.3.1: Spectrele de masă în domeniul 400-6000 m/z pentru acidul α - ciano-4- hidroxicinamic (CHCA) utilizat pentru ionizare **(a)**, proba martor **(b)**, proba bacteriană având B₁₁ **(c)**, proba bacteriană din care a fost substras semnalul pentru matricea de lucru și a martorului **(d)**, respectiv, spectrul de masă în domeniul 400- 1500 m/z al probei bacteriene după substragere **(e)**.

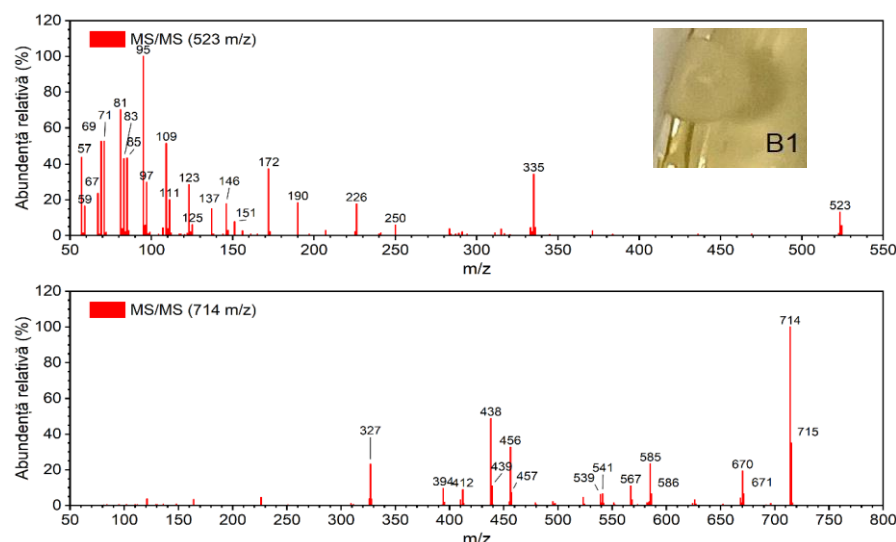
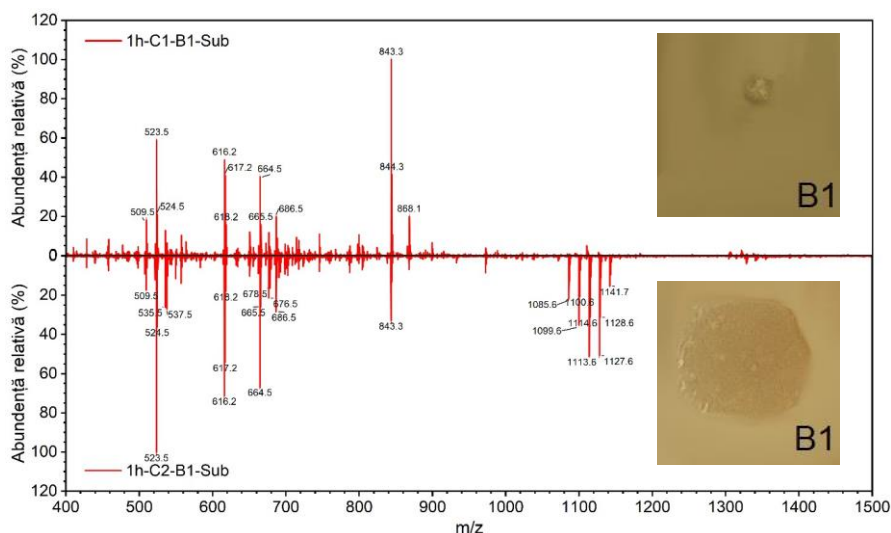
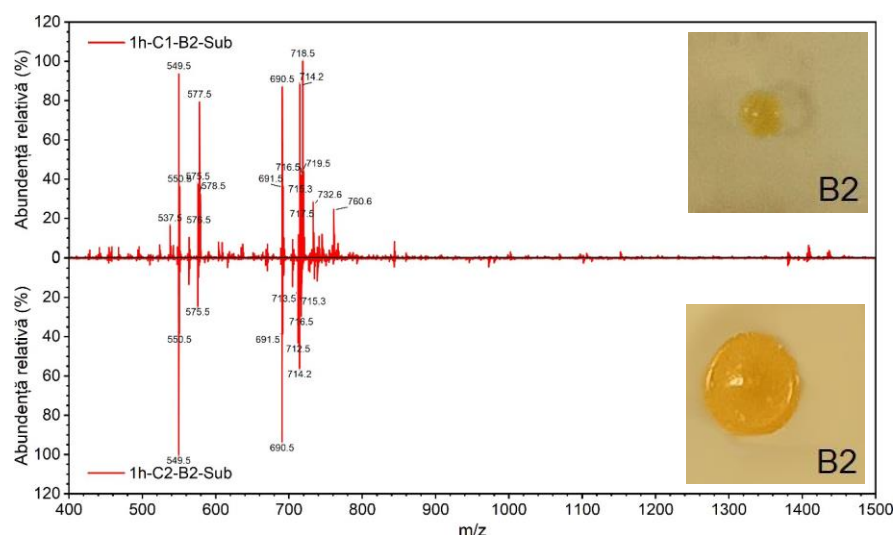


Figura II.3.2: Spectrele de masă MS/MS pentru două semnale din spectrul de masă integral achiziționat în domeniul 400-6000 m/z pentru colonia bacteriană B₁₁.

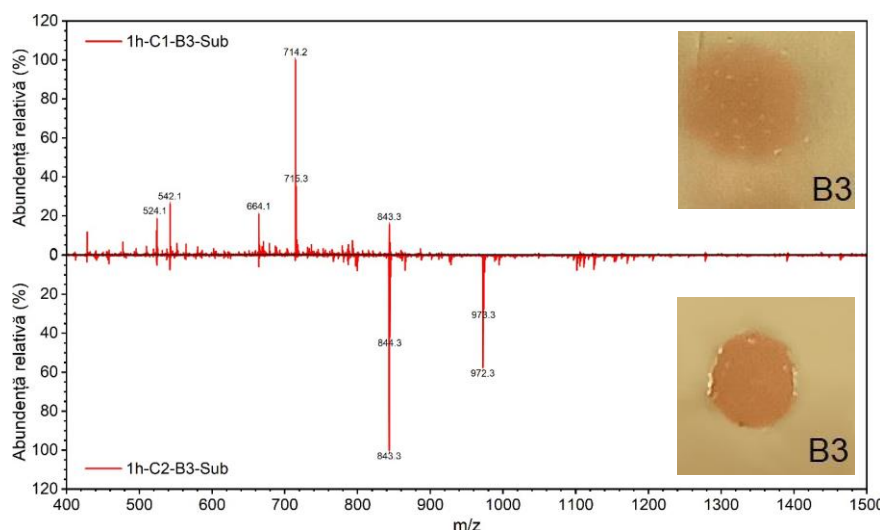
Spectrele MS/MS au evidențiat semnale caracteristice în domeniul m/z 50–850, unele concordante cu profilurile tulpinilor *Bacillus cereus* și *Bacillus thuringiensis*. Un ion la m/z 714,2485 poate corespunde unui biomarker raportat pentru identificarea *B. cereus* și discriminarea față de *B. thuringiensis* (acesta din urmă fiind asociat cu un semnal caracteristic la m/z 906,5) (Ha et al., 2019; Manzulli et al., 2021). În ceea ce privește procesările aferente replicatelor investigate pentru izolatele bacteriene, spectrele de masă înregistrate reflectă faptul că cel mai probabil, de foarte multe ori, avem de-a face poate cu tulpini diferite ale aceleași specii (exemple prezentate în **Figura II.3.4**). Investigațiile detaliate asupra coloniei bacteriene albe B11 (prelevată la Corpul A, ~1 m deasupra nivelului solului) au evidențiat semnale specifice surfactinei C și surfactinei D. **Figura II.3.6** prezintă spectre MS și MS/MS achiziționate în modul pozitiv pentru tandemul MALDI–Orbitrap MS. Pentru precursorul 1036,7 m/z, spectrul MS/MS a fost înregistrat cu 30% energie de coliziune și fereastră de izolare 3 m/z.



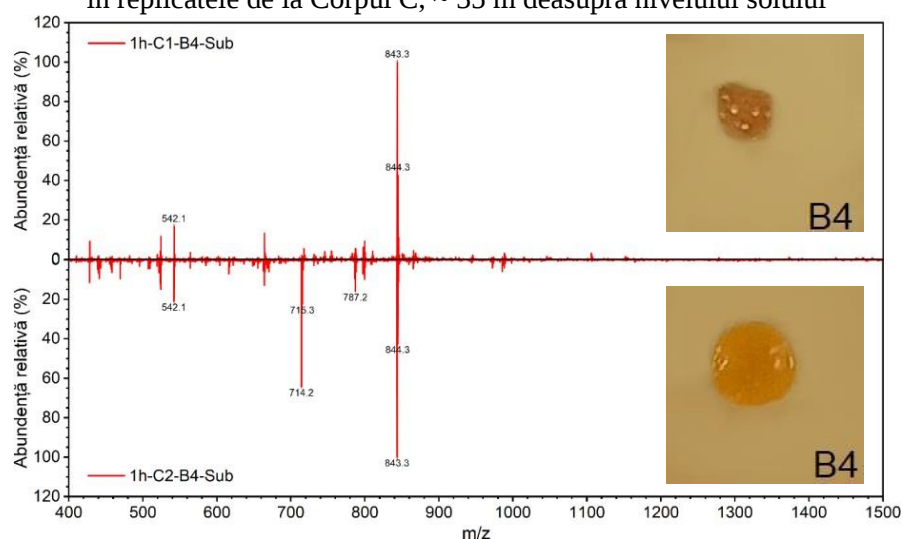
Similaritate moderată pentru colonii bacteriene de culoare albă (B₁₂ și B₁₄) identificate în replicatele de la Corpul C, ~ 35 m deasupra nivelului solului



Similaritate bună pentru colonii bacteriene de culoare galbenă (B₂₂ și B₂₄) identificate în replicatele de la Corpul C, ~ 35 m deasupra nivelului solului



Similaritate redusă pentru colonii bacteriene de culoare galbenă (B₃₂ și B₃₄) identificate în replicatele de la Corpul C, ~ 35 m deasupra nivelului solului



Similaritate bună pentru colonii bacteriene de culoare galbenă (B₄₂ și B₄₄) identificate în replicatele de la Corpul C, ~ 35 m deasupra nivelului solului

Figura II.3.4: Spectrele de masă în domeniul 400-1500 m/z pentru replicatele probelor de bacterii din care au fost subtrase semnalele pentru matricea de lucru și martor.

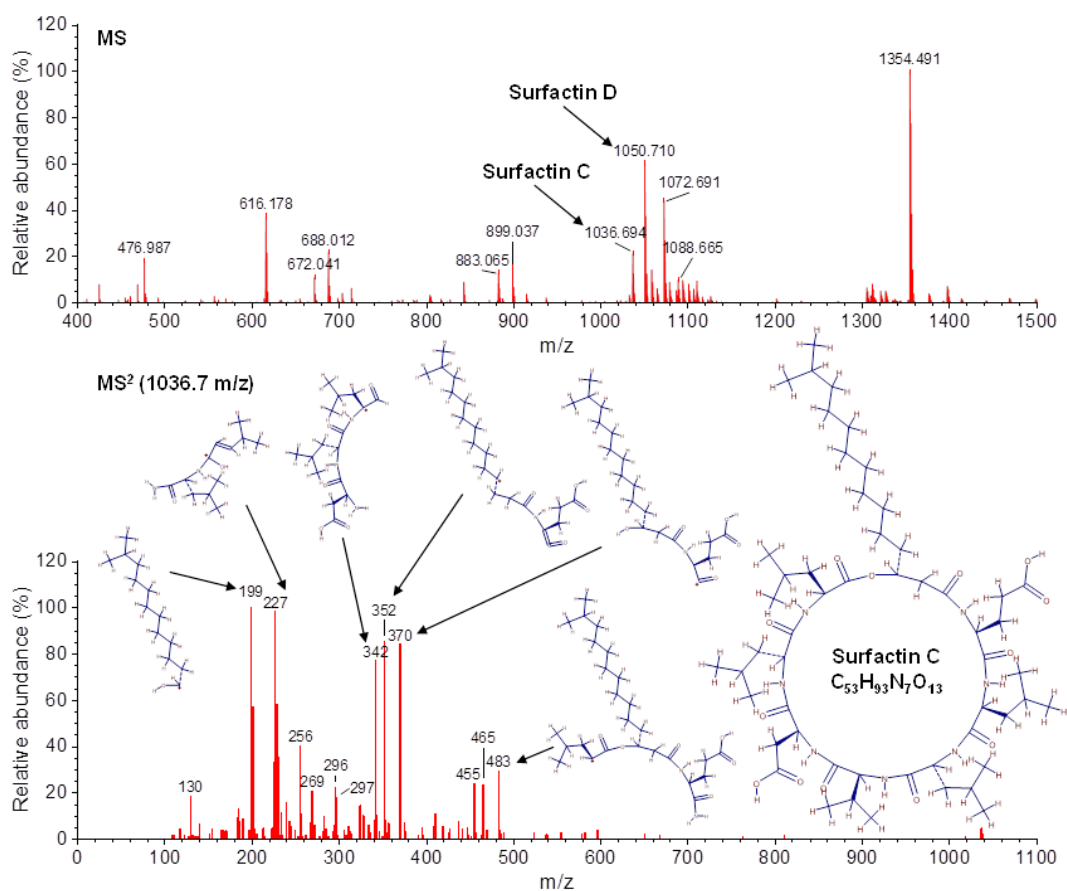
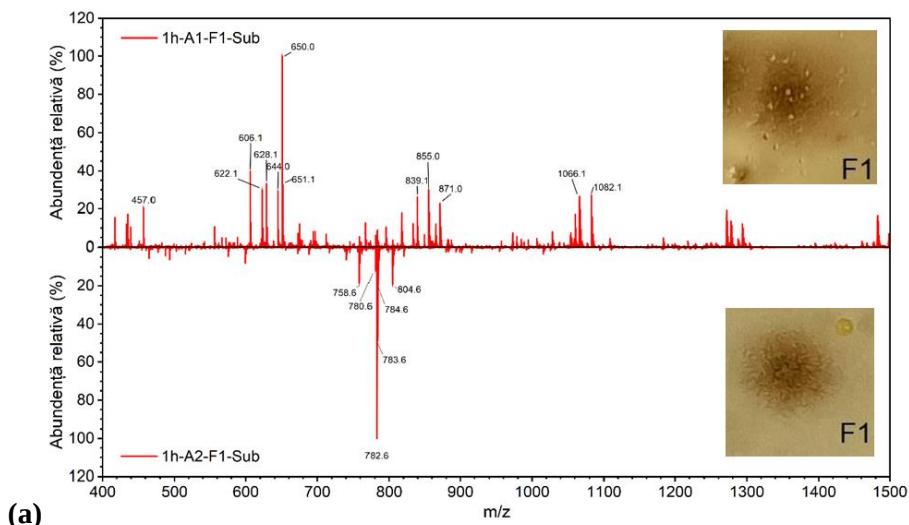


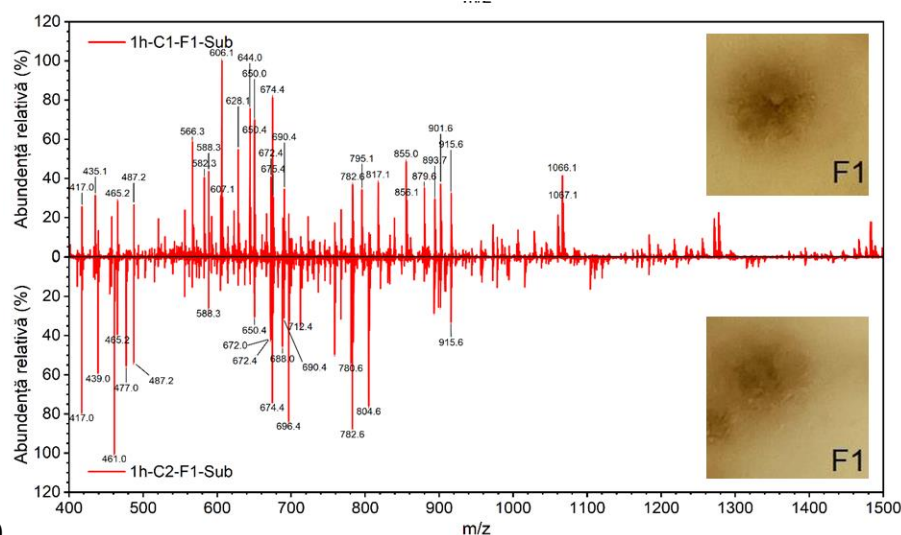
Figura II.3.6: Spectrele MS și MS/MS achiziționate în modul pozitiv de operare al MALDI-Orbitrap MS pentru surfactina C și surfactina D.

Rezultatele evaluării izotopice prezentate confirmă formula moleculară a surfactinei C (ion molecular $[C_{53}H_{93}N_7O_{13}+H]^+$) și surfactinei D (ion molecular $[C_{54}H_{95}N_7O_{13}+H]^+$) în colonia bacteriană B₁₁ prezentă în probele colectate la 1 m deasupra solului. În cazul probelor de fungi, pentru specia notată F1 au fost observate spectre distincte ca profil între replicatele de la Corpul A, în timp ce replicatele de la corpul C au fost caracterizate de spectre cu profile relativ asemănătoare (Figura II.3.7).



(a)

Similaritate extrem de redusă pentru colonii fungice identificate în replicatele de la Corpul A, ~ 1 m deasupra nivelului solului (fungi de culoare brună)



(b)

Similaritate moderată pentru colonii fungice identificate în replicatele de la Corpul C, ~ 35 m deasupra nivelului solului (funghi de culoare brună)

Figura II.3.7: Spectrele de masă (400-1500 m/z) pentru probele de funghi din care au fost subtrase semnalele pentru matricea probei și proba martor.

Spectre foarte asemănătoare au fost observate pentru colonia fungică notată F3, atât între replicate, cât și între coloniile provenite de la cele două locații de prelevare (**Figura II.3.7**). În acest studiu, analizele MALDI–Orbitrap MS au evidențiat trăsături relevante ale microorganismelor izolate din materia particulată urbană din Iași, deși atribuiri structurale au fost posibile doar pentru un număr limitat de compuși. O evaluare mai profundă rămâne obiectul unor cercetări viitoare. Tehnica este rapidă și, în general, fiabilă pentru identificare fenotipică, însă prezintă anumite limitări.

II.3.2 Determinarea concentrațiilor elementale în microorganisme izolate din materia particulată ambientală utilizând tehnica ICP-MS

Compoziția elementală a bioaerosolilor aeropurtați de materia particulată ambientală din Iași a fost determinată prin ICP-MS, pentru elemente esențiale și toxice. Analizele au vizat microorganismele izolate și purificate din bioaerosolii aferenți evenimentului din 24 aprilie 2024. Izolatele (bacterii, funghi, drojdii) obținute prin prelevare pasivă au fost identificate taxonomic la nivel de gen/specie în laboratoarele Eurofins BIOM Ltd, Ungaria, înaintea determinărilor ICP-MS. Pentru cele 4 bacterii, 5 funghi și 2 drojdii, codurile folosite aici coincid cu cele din **Tabelul II.2.7**.

II.3.2.1 Procedura preparativă utilizată pentru transferul cantitativ în soluție al microorganismelor izolate din bioaerosolii asociați materiei particulate ambientale din zona urbană Iași

Pentru analiza ICP-MS s-au folosit izolate bacteriene, fungice și de drojdii cultivate până la obținerea unei biomase suficiente pentru determinări cantitative. Pentru fiecare microorganism s-au pregătit triplicate prin creștere ≥ 24 ore pe mediu Luria – Bertani (bacterii, drojdii) și Sabouraud (funghi). Din fiecare cultură s-au colectat cu grijă 24–173 mg material, minimizând aportul mediului, apoi probele au fost mineralizate. Pentru microorganismele B_{Pri. ary.}, F_{Alt. des.}, F_{Alt. sp.}, F_{Cla. sp. 1}, F_{Cla. sp. 2}, un replicat din trei a fost exclus din cauza dezvoltării masice limitate. Transferul analiților în soluție s-a realizat prin mineralizare asistată de microunde, folosind SpeedWave Xpert cu rotor DAP40 (24 vase, două rânduri; Analytik Jena, Germania). Programul, rapid și simplu, a derivat din EPA 3052 (U.S. EPA, 1996). După digestie, probele au fost filtrate pe hârtie Whatman® Grade

41 (Merck) și completate la 10 mL cu apă ultrapură obținută pe OmniaPure UV/UF-TOC (StakPure, Germania). Dizolvarea totală a fost confirmată vizual în etapa de filtrare ilustrată în **Figura II.3.8**, care prezintă succesiunea etapelor preparative și de analiză.



Figura II.3.8: Etapele preparative ce includ mineralizarea asistată de microunde înainte de evaluarea conținutului de metale prin tehnica ICP-MS.

II.3.2.3 Concentrațiile totale ale speciilor metalice analizate în microorganisme izolate din bioaerosoli asociați materie particulate ambientale

Abundența medie a elementelor în probe urmează ordinea: Ca > Mg > Al > Zn > Fe > Mn > Sr > B > Rb > Ba > Cu > Cr > V > Pb > Tl > Mo > Li > Ni > Co > Cd > Bi > U. **Tabelul II.3.5** prezintă mediile concentrațiilor ($\pm$ incertitudine absolută) pentru elemente la nivel de $\mu\text{g g}^{-1}$ (**Tabelul II.3.5.a**) și ng g^{-1} (**Tabelul II.3.5.b**). **Figura II.3.10** redă, în grafice radiale, elementele cu rol celular potențial (Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Mn, V), alături de suma concentrațiilor Ca, Mg, Al, B, Rb, Sr, Ba și de elementele la nivel de ultra-urme (suma Cr, Pb, Tl, Li, Cd, Bi, U). Conform **Tabelului II.3.5**, Ca și Mg sunt cele mai abundente; Ca are cea mai mare valoare în colonia B_{Pri. ary.}, care a prezentat și cea mai pronunțată inflorescență în primele 12 ore de incubare. Mg și Cr ating valorile cele mai ridicate în toate coloniile bacteriene, fără un tipar clar la fungi și drojdii. Al, Zn, Fe, Mn, Ba, Cr, V, Ni, Mo, Li, Cd, Co arată abundențe mai mari B_{Pla. wig.} și B_{Pri. ary.} decât în B_{Agr. cit.}, fără un model specific în izolatele fungice/drojdii.

Deși **Tabelul II.3.5** prezintă concentrațiile totale, o parte importantă poate proveni din forme ionice ușor disponibile, implicate în semnalizare, cataliză sau roluri structurale. **Figura II.3.10** evidențiază metale de tranziție esențiale (Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co) la niveluri mici, cu funcții catalitice cheie în metabolismul microbial ([Pernil and Schleiff, 2019](#)).

Multe elemente (Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Mo, Co, V) sunt utilizate curent de microorganisme, iar prezența unor specii toxice precum Cr, Pb și U în izolatele din particule urbane din Iași este probabil legată de expunerea la poluare în timpul transportului maselor de aer.

Tabelul II.3.5: Concentrațiile estimate ale elementelor identificate în bacteriile (B), fungii (F) și drojdiile (D) izolate din PM ambiental în zona urbană Iași.

a elemente în urme ($\mu\text{g g}^{-1}$)											
Probă	Ca	Mg	Al	Zn	Fe	Mn	B	Sr	Rb	Ba	Cu
B _{Pla. wig}	376 ± 8	197 ± 5	27.6 ± 1.1	15.9 ± 0.5	27.6 ± 2	5.51 ± 0.20	0.30 ± 0.02	1.64 ± 0.07	1.59 ± 0.05	1.32 ± 0.04	0.18 ± 0.01
B _{Pri. ary.}	2031 ± 27	190 ± 3	59.7 ± 1.4	20.7 ± 0.4	19.8 ± 0.4	4.53 ± 0.13	0.40 ± 0.01	4.41 ± 0.09	0.71 ± 0.01	1.82 ± 0.06	0.20 ± 0.01
B _{Agr. cit.}	255 ± 5	172 ± 5	0.9 ± 0.2	8.8 ± 0.2	7.6 ± 0.6	1.78 ± 0.07	0.37 ± 0.02	1.25 ± 0.04	1.61 ± 0.05	0.77 ± 0.03	0.35 ± 0.02
F _{Fus}	191 ± 6	182 ± 9	10.5 ± 0.4	17.7 ± 0.5	7.9 ± 0.4	0.86 ± 0.03	0.53 ± 0.02	1.31 ± 0.04	0.83 ± 0.02	0.39 ± 0.04	0.41 ± 0.03
F _{Alt. des.}	100 ± 1	28 ± 1	8.0 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.3 ± 0.1	0.20 ± 0.01	3.03 ± 0.11	0.51 ± 0.02	0.51 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.29 ± 0.01
F _{Alt. sp.}	156 ± 5	142 ± 2	24.1 ± 0.6	18.4 ± 0.2	12.7 ± 0.5	0.34 ± 0.01	0.97 ± 0.03	1.10 ± 0.04	0.48 ± 0.01	0.54 ± 0.01	0.27 ± 0.01
F _{Cla. sp.1}	502 ± 13	55 ± 1	8.7 ± 0.1	4.4 ± 0.1	4.1 ± 0.9	0.52 ± 0.02	5.59 ± 0.06	2.12 ± 0.05	1.22 ± 0.03	0.64 ± 0.02	0.28 ± 0.01
F _{Cla. sp.2}	155 ± 3	20 ± 1	2.5 ± 0.1	1.1 ± 0.1	n.d.	0.14 ± 0.01	1.40 ± 0.05	0.81 ± 0.04	0.42 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.06 ± 0.01
D _{Aur. sp. 1}	247 ± 19	64 ± 1	n.d.	24.7 ± 0.6	7.3 ± 1.8	2.38 ± 0.06	0.76 ± 0.03	0.66 ± 0.03	0.74 ± 0.03	0.42 ± 0.03	n.d.
D _{Aur. sp. 2}	232 ± 4	47 ± 1	1.6 ± 0.1	8.2 ± 0.3	4.0 ± 1.0	1.33 ± 0.08	n.d.	0.72 ± 0.03	0.16 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.19 ± 0.02
b elemente în ultra-urme (ng g^{-1})											
Probă	Cr	V	Pb	Ni	Tl	Li	Mo	Cd	Co	Bi	U
B _{Pla. wig}	315 ± 13	131 ± 18	77 ± 4	30.3 ± 2.0	38.7 ± 3.0	70.8 ± 6.3	85.7 ± 7.3	28.2 ± 6.3	22.0 ± 2.8	6.4 ± 0.9	0.60 ± 0.16
B _{Pri. ary.}	288 ± 9	120 ± 8	410 ± 8	84.7 ± 0.1	102.5 ± 5.0	71.3 ± 0.5	66.5 ± 2.8	39.9 ± 10.1	34.5 ± 1.1	11.1 ± 2.1	1.19 ± 0.33
B _{Agr. cit.}	201 ± 9	92 ± 10	113 ± 5	13.1 ± 0.7	115.0 ± 2.4	26.0 ± 2.6	3.3 ± 1.7	9.9 ± 4.0	5.0 ± 0.4	4.7 ± 0.8	0.29 ± 0.02
F _{Fus}	92 ± 5	87 ± 7	11 ± 1	9.0 ± 0.3	8.3 ± 1.7	11.0 ± 1.3	41.0 ± 3.3	17.0 ± 11.9	8.3 ± 1.2		0.38 ± 0.12
F _{Alt. des.}	86 ± 3	130 ± 6	14 ± 1		6.5 ± 1.4	7.3 ± 0.9	20.0 ± 2.2		10.2 ± 1.6		2.52 ± 0.34
F _{Alt. sp.}	73 ± 1	78 ± 7	13 ± 1	12.5 ± 1.1	4.5 ± 1.4	14.3 ± 1.4	21.5 ± 1.4	25.0 ± 6.1	10.2 ± 0.4		0.79 ± 0.14
F _{Cla. sp.1}	221 ± 4	320 ± 9	47 ± 1	84.1 ± 0.1	17.0 ± 1.4	10.2 ± 1.1	42.0 ± 2.2		19.6 ± 0.5	1.7 ± 0.3	3.91 ± 0.42
F _{Cla. sp.2}		53 ± 4	22 ± 1		8.5 ± 1.4	6.7 ± 1.2	11.0 ± 1.4		30.8 ± 4.1		1.79 ± 0.39
D _{Aur. sp. 1}	85 ± 2	115 ± 13	93 ± 6		25.0 ± 3.7	78.3 ± 9.1	24.5 ± 3.2				1.55 ± 0.19
D _{Aur. sp. 2}	94 ± 3	88 ± 6	68 ± 2			44.1 ± 2.8	18.5 ± 1.4				9.72 ± 0.26

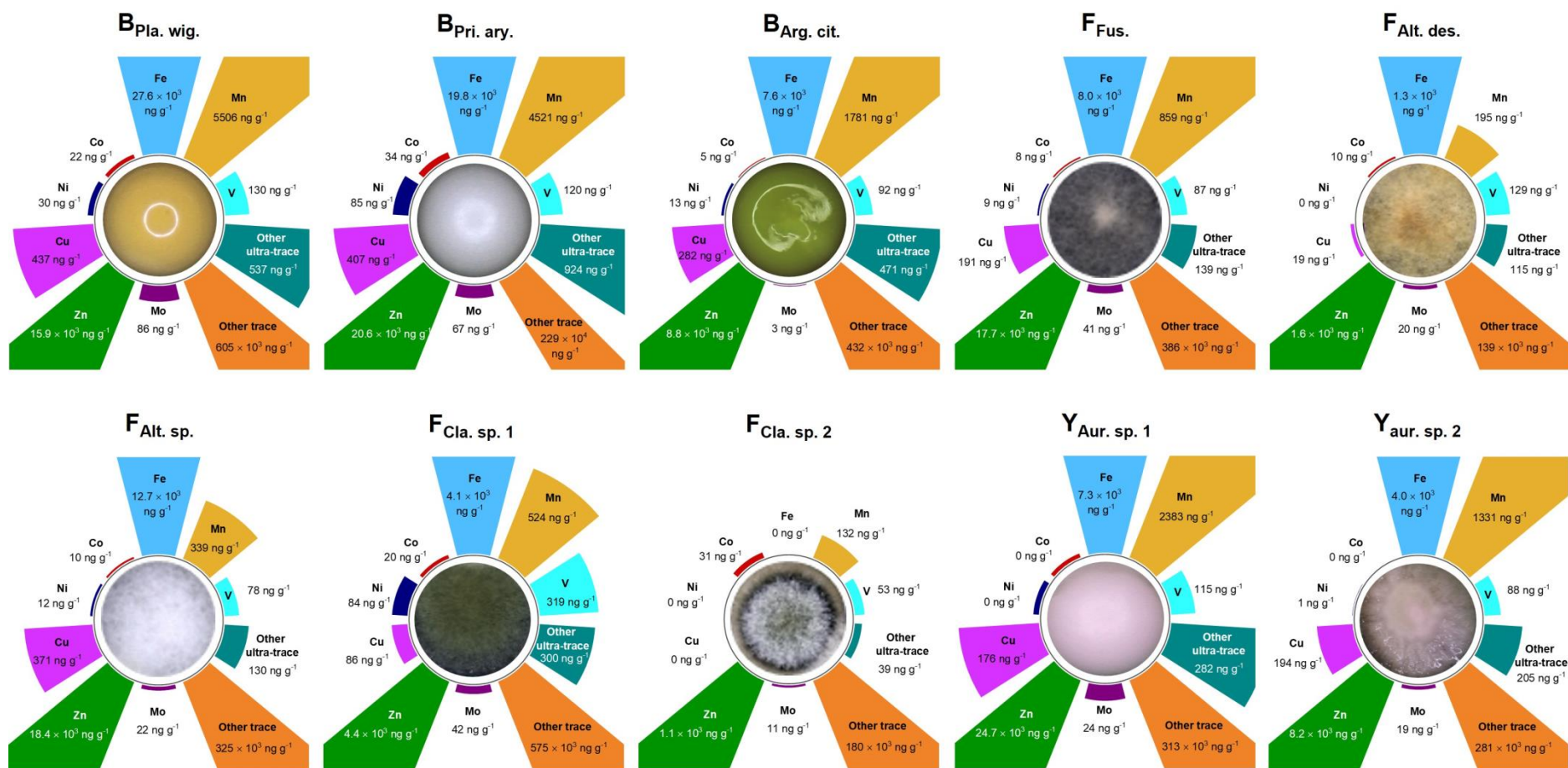


Figura II.3.10: Diagrame radiale ale distribuției elementelor esențiale, cu potențială importanță la nivel celular, alături de contribuțiile altor elemente în concentrații la nivel de urme și ultra-urme.

II.4 ANALIZA COMPUȘILOR GAZOȘI EMIȘI DE MICROORGANISMELE IZOLATE DIN BIOAEROSOLII ASOCIAȚI MATERIEI PARTICULATE AMBIENTALE UTILIZÂND SPECTROMETRIA DE MASĂ CU FLUX SELECTIV DE IONI (SIFT-MS)

II.4.1 Pregătirea probelor și realizarea măsurătorilor

Probele pentru SIFT-MS au fost colectate prin sedimentare pasivă pe plăci Petri cu agar LB și SAB, la stația AMOS în 24 aprilie 2024, între 16:00 și 19:00, conform descrierii prezentate în cadrul Capitolului II.2.1. Pentru analiza VOC emiși de microorganismele izolate (bacterii, fungi, drojdii) din fracția de bioaerosoli s-au folosit pungi de polipropilenă Restek, cu monitorizarea fluxului de aer la ieșire prin aceeași tehnologie.

După incubare, coloniile au fost izolate și purificate pe plăci Petri cu mediu nutritiv, apoi introduse în pungi Restek. Pungile au fost sigilate termic, aerul rezidual a fost îndepărtat cu pompă de vid, iar ulterior au fost umplute cu aer sintetic până la 400 mL. Strategia de lucru este ilustrată în **Figura II.4.1**.

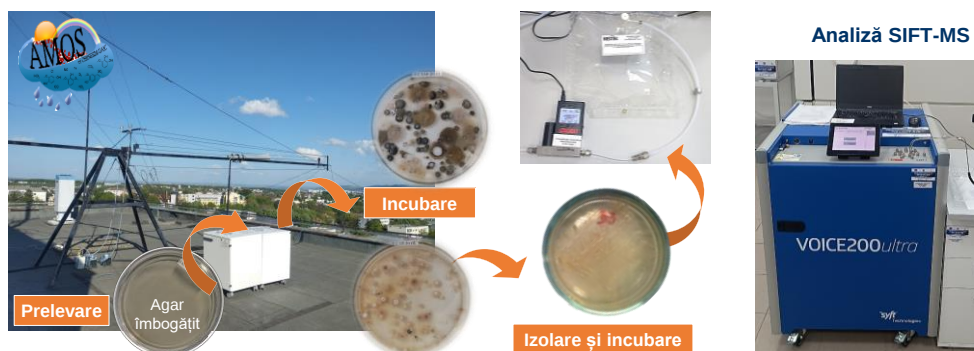


Figura II.4.1: Prezentarea schematică a etapelor urmate pentru analiza prin SIFT-MS a compușilor gazoși emiși de microorganismele izolate din bioaerosolii atmosferici.

Compoziția amestecului gazos a fost monitorizată prin SIFT-MS imediat după inoculare (timpul zero), apoi probele au fost incubate la 28 °C și analizate la 2, 4, 6, 8, 24, 26, 28 și 30 de ore; după fiecare determinare pungile au fost reumplute cu aer sintetic la același volum.

Ca martor au fost incluse pungi ce conțineau doar plăci Petri cu medii de cultură și au fost menținute în aceleași condiții; prelevarea s-a realizat la un debit constant de 24 mL min⁻¹.

Spectrele de achiziție au fost înregistrate în mod pozitiv, pe domeniul 15 la 250 m/z, cu rezoluție unitară și câte 10 cicluri per măsurare, utilizând pentru ionizare ioni de reacție H₃O⁺, NO⁺ și O₂⁺. Instrumentul SIFT-MS a fost calibrat cu un amestec gazos de referință (Syft Technologies) care conține benzen, p-

xilen, etilenă, izobutan, 1,2,3,4-tetrafluorobenzen, perfluorobenzen, toluen și octafluorotoluen.

II.4.2 Studiul compușilor volatili emiși în procesul de dezvoltare a microorganismelor izolate din bioaerosolii aeropurtați în zona urbană Iași

Compușii volatili emiși de microorganisme pot genera profiluri specifice utile pentru identificarea sau investigarea lor prin metode analitice rapide și sensibile, aplicabile unei game largi de (Garcia-Alcega et al., 2017; Roslund et al., 2020; Reese et al., 2020). Bacteriile, drojdiile și fungii eliberează diverse clase de compuși – în special alcooli, cetone, aldehide, acizi, compuși fenolici și sulfuri (El Jaddaoui et al., 2023; Ling et al., 2022; Zhang et al., 2022).

Ionii observați la m/z 37, 55 și 73 în condiții de H_3O^+ provin din asocieri H_3O^+ cu apă; la m/z 30 și 48 pentru NO^+ rezultă din asocierea NO^+ și H_2O ; iar la m/z 32, 37 și 55 în modul O_2^+ pot reflecta impurități minore de H_3O^+ apărute în procesul de formare a O_2^+ . Compușii investigați în emisiile bacteriilor, fungilor și drojdiilor izolate din bioaerosolii atmosferei urbane Iași sunt sintetizați în **Tabelul II.4.1**.

Tabelul II.4.1: Ionii produșilor primari împreună cu raportul lor m/z , inclusiv pentru aducții cu apă, utilizați pentru investigarea compușilor raportați în prezentul studiu (valorile m/z ale izotopilor care prezintă semnale semnificative în spectrele de masă sunt indicate între paranteze).

Compus	Formula moleculară	Ionul precursor		
		H_3O^+	NO^+	O_2^+
acetaldehidă	C_2H_4O	45, 63, 81	43, 74, 61	43, 44
acetat de etil	$C_4H_8O_2$	89, 107	118	
acetona	C_3H_6O	59, 77, 95, 117	88	43, 58
acetonitril	C_2H_3N	42, 60, 78, 96, 83	71 (72)	
acid acetic	$C_2H_4O_2$	61, 79, 97	90, 108	43, 60
acid lactic	$C_3H_6O_3$	91		
amoniac	NH_3	18, 36, 54	-	17, 35
butanonă	C_4H_8O	73*, 91, 145	102	43, 57, 72, 73
butirat de etil	$C_6H_{12}O_2$	117		
acid cianhidric	HCN	28, 46, 64		
dimetilsulfură	C_2H_6S	63 (65)	62	
dimetildisulfură	$C_2H_6S_2$	95 (97)	94 (96)	94 (96)
dimetiltrisulfură	$C_2H_6S_3$	127 (129)		
etanol	C_2H_5OH	47, 65, 83, 93, 111	45, 63, 81	
etil-pirazină	$C_6H_8N_2$	109		
hidrogen sulfurat	H_2S	35, 53	-	-
indol	C_8H_7N	118	117	
izopren	C_5H_8	69	68	
metanol	CH_3OH	33, 51, 69, 83	62	31, 32
metanotiol	CH_4S	49, 67, 85	-	
metil-pirazină	C_5H_6N	95		
metiltioacetat	C_3H_7OS	91		
propanol	C_3H_7OH	43, 61, 79, 97	59, 77, 119	31,42,59

trimetilamină	C_3H_9N	60	59	58, 59
1-(metiltio)-3-pentanonă	$C_6H_{12}OS$	133		
2-amino-acetofenonă	C_8H_9NO	136		
2-feniletanol	$C_8H_{10}O$	123		

Pentru verificarea atribuirii corespunzătoare a speciilor chimice au fost utilizate mai multe semnale din spectrele de masă care pot fi atribuite acelulași compus și care au fost tratate ca variabile de interes. De exemplu, pentru amoniac pot fi utilizate semnalele de la m/z 18 și 36, care corespund formelor NH_4^+ și $NH_3^+(H_2O)$ în modul de ionizare ce utilizează ionul precursor H_3O^+ (**Figura II.4.4.a**).

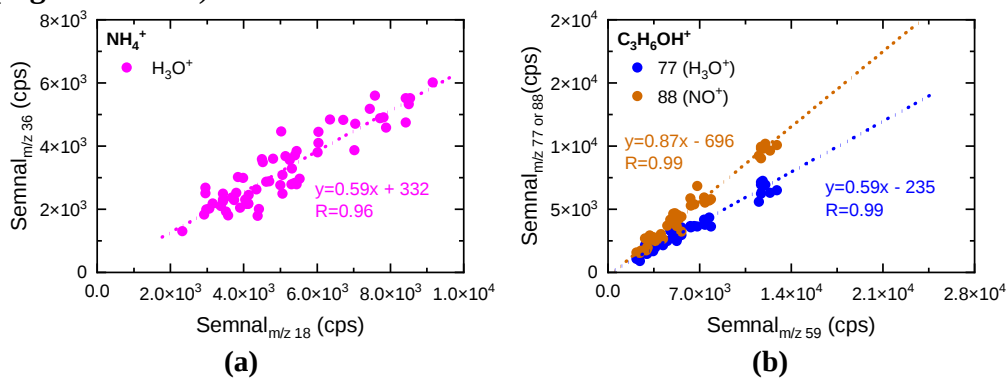
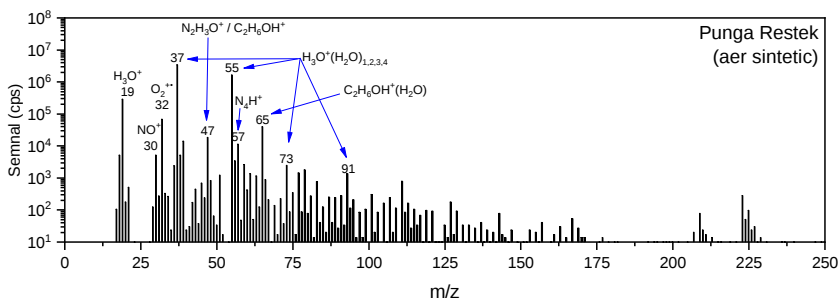


Figura II.4.4: Evaluarea atribuirii semnalelor utilizând analiza prin regresie a semnalelor multiple pentru amoniac **(a)** și acetonă **(b)** în cazul utilizării ionilor precursori H_3O^+ și NO^+ pentru un singur set de date.

Pentru acetonă au fost urmărite semnalele la m/z 59, 77 și 88: ionul produs primar, respectiv produsul secundar hidratat în modul H_3O^+ , și ionul primar în modul NO^+ (**Figura II.4.4.b**).

Pentru a distinge semnalele specifice emisiilor bacteriilor, fungilor și drojdiilor, s-au analizat compoziția atmosferei din aerul sintetic folosit pentru controlul condițiilor de dezvoltare și contribuțiile provenite din mediile nutritive; spectre de masă reprezentative pentru aceste măsurători sunt prezentate în **Figura II.4.5**.



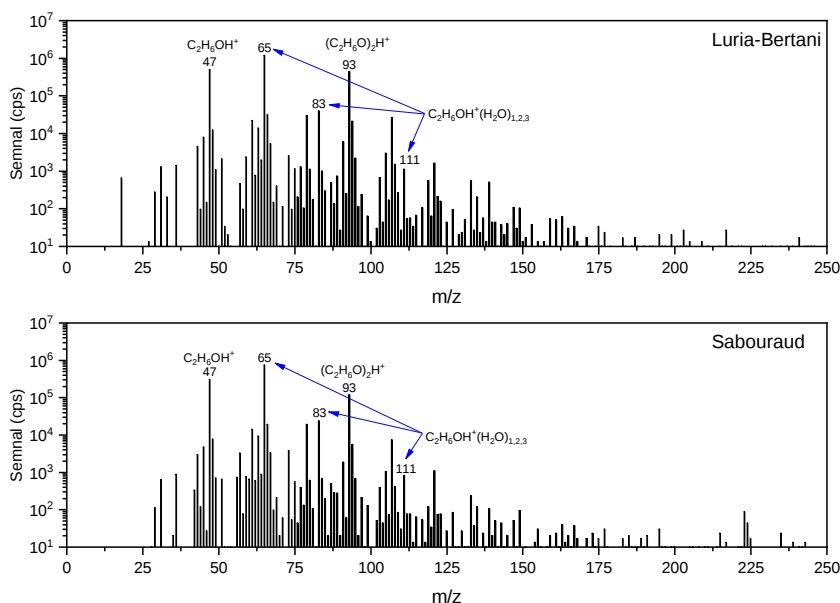


Figura II.4.5: Spectre de masă reprezentative achiziționate în modul de ionizare ce utilizează ionul precursor H_3O^+ pentru aerul sintetic și mediile nutritive utilizate pentru dezvoltarea microorganismelor, Luria Bertani și Sabouraud.

Procesul de creștere a microorganismelor a fost monitorizat inițial la intervale de 2 ore pe durata primelor 8 ore de incubare, iar după 30 de ore s-au obținut abundențe satisfăcătoare în spectrele de masă pentru speciile investigate; în consecință, datele prezentate pentru bacterii, fungi și drojdii corespund acestui moment. **Figura II.4.6** ilustrează spectrele SIFT-MS obținute cu ioni precursori H_3O^+ pentru emisiile bacteriilor izolate după 30 de ore de incubare; pentru fungii izolați, rezultatele corespunzătoare sunt prezentate în **Figura II.4.7**.

În cazul izolatelor bacteriene s-au evidențiat: amoniacul la m/z 18 și 36 pentru speciile *Planococcus wiggleyi* și *Agrococcus citreus*; acetaldehida la m/z 45 pentru *P. aryabhattai*; acetona la m/z 59 și 77 pentru *P. wiggleyi* și *P. aryabhattai*; 2-butanona la m/z 91 (aduct cu apă) pentru *P. aryabhattai*; precum și semnale slabe de p-xilen la m/z 106 pentru *P. aryabhattai* și *A. citreus*. Pentru fungi, *Cladosporium sp.* și *Alternaria destruens* au prezentat semnale de acetonă la m/z 77, iar izolatul *Fusarium sp.* a generat semnale intense pentru acetaldehidă (m/z 63), etanol (m/z 93) și butanonă (m/z 73 și 91). În detaliu, ionii la m/z 135/137 și 151/153 pot fi asociați cu monoterpene, iar acidul acetic și acetona au fost identificați prin ionii produși la m/z 61 și 59. Ionii la m/z 117, 77 și 81 pot proveni din fragmentarea monoterpenele în tubul de ionizare.

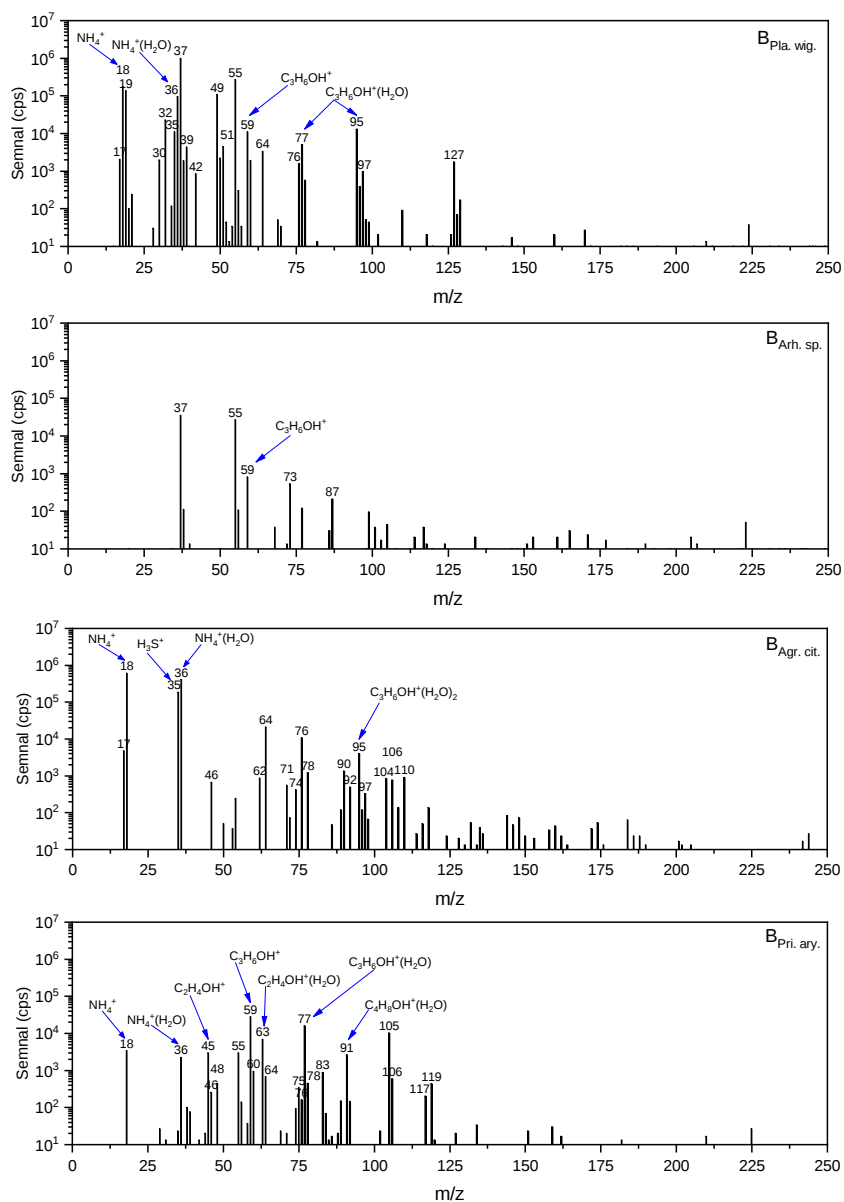


Figura II.4.6: Spectre de masă reprezentative achiziționate în modul de ionizare ce utilizează ionul precursor H_3O^+ pentru bacteriile (*Planococcus wigleyi*, *Priestia aryabhattai*, *Agrococcus citreus*, *Arthrobacter sp.*) izolate și incubate pentru 30 de ore.

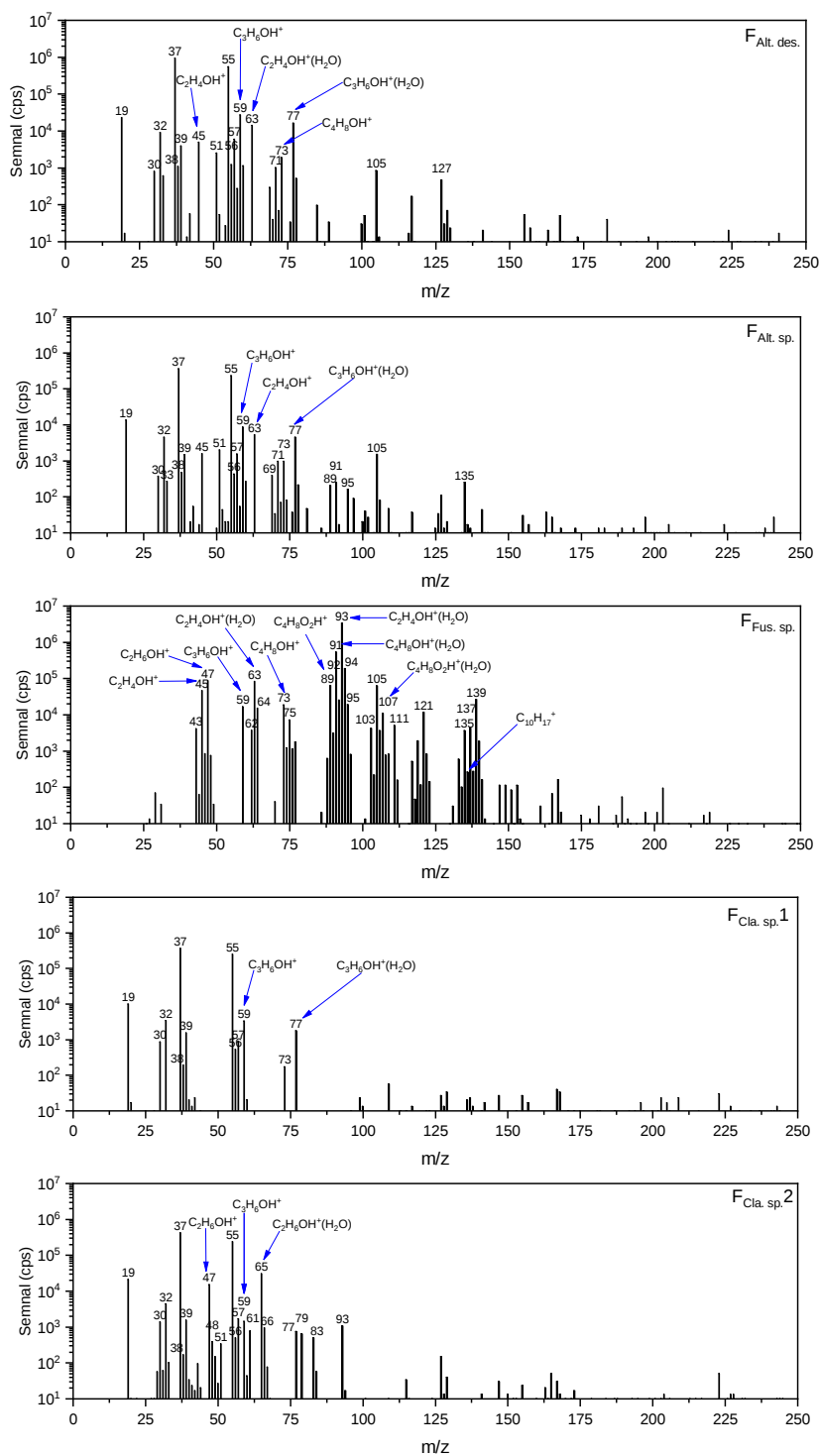
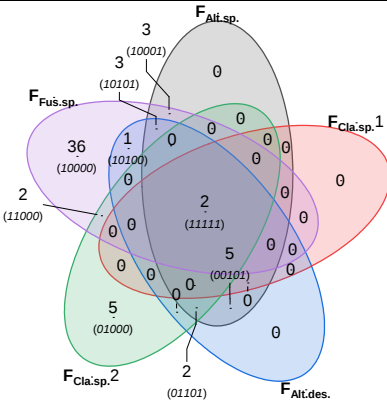


Figura II.4.7: Spectre de masă reprezentative achiziționate în modul de ionizare ce utilizează ionul precursor H_3O^+ pentru fungii (*Fusarium*, *Alternaria destruens*, *Cladosporium sp.*) izolați și incubati pentru 30 de ore.

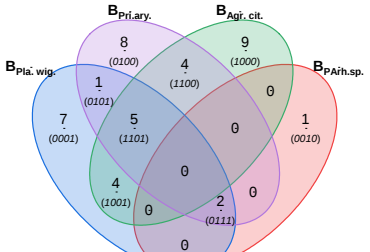
În **Tabelul II.4.2** sunt prezentate rezultatele asociate analizei prin diagrama Venn operaționalizată utilizând datele corespunzătoare spectrelor de masa medii ale probelor din care au fost substrase contribuțiile probelor martor. Au fost utilizate semnalele care după substragere au avut o intensitate mai mare de 100 cps. Probele au fost grupate în funcție de specie deoarece numărul maxim de cazuri ce poate fi inclus în această analiză este 6. Astfel, au rezultate trei grupe, după cum este prezentat în **Tabelul II.4.2**.

Tabelul II.4.2: Rezultatele analizei datelor spectrale prin diagrama Venn pentru fungii, bacteriile și drojdiile izolate din bioarosolii asociați materiei particulare din atmosfera zonei urbane Iași.

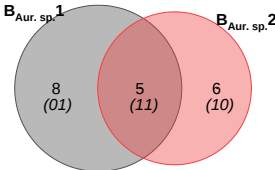
Fungi									
00101	01000	01101	01111	10000	10001	10100	10101	11000	11111
33	49	51	38	43	111	89	117	45	48
60	61	127	39	46	112	95	63	93	77
69	66		56	62	119	135	105		
71	79			64	120				
78	83			74	121				
				75	122				
				76	123				
				88	133				
				90	136				
				92	137				
				94	138				
				96	139				
				103	140				
				104	141				
				106	147				
				107	149				
				108	153				
				109	167				



Bacterii								
0001	0010	0100	0101	0111	1000	1001	1100	1101
34	87	45	60	59	54	35	46	18
42		48		77	62	95	89	36
49		63			71	96	92	64
50		75			74	97	106	76
51		83			90			78
127		105			104			
129		117			108			
		119			110			
					118			



Drojii		
01	10	11
35	45	18
42	48	36
59	63	46
76	83	60
77	87	74
78	127	
110		
117		



Analiza comparativă arată că toate bacteriile, cu excepția *A. citreus*, au emis acetonă (m/z 59, 77); *P. wigleyi* și *P. aryabhattai* au avut în comun trimetilamina (m/z 60); iar toate bacteriile, exceptând *Arthrobacter sp.*, au emis amoniac (m/z 18, 36). Pentru speciile cu sulf, H_2S (m/z 35) și dimetilsulfura (m/z 95, 96, 97) au fost identificate la *P. wigleyi* și *A. citreus*. Distinct pentru *P. aryabhattai* s-au observat acetaldehida (m/z 45, 63), iar pentru *P. wigleyi* acetonitril (m/z 42), metantol (m/z 49) și dimetiltrisulfură (m/z 127, 129). La fungi, emisia de compuși volatili este în general mai redusă decât la bacterii și drojdii, dar *Fusarium sp.* prezintă un număr considerabil de semnale (36 valori m/z), iar *Cladosporium sp.* are de asemenea semnale distincte (5 valori m/z). La drojdii, acetaldehida (m/z 45, 63) este comună; pentru *Aureobasidium sp.* sunt distinctive acetona (m/z 59, 77) și H_2S (m/z 35), iar pentru *Aureobasidium sp.* amoniacul (m/z 18, 36). Analiza factorială a condus la obținerea unei soluții cu 4 factori (**Figura II.4.9**) care explică o varianță cumulativă de 93 %, primii factori explicând 72.5 % din varianța totală.

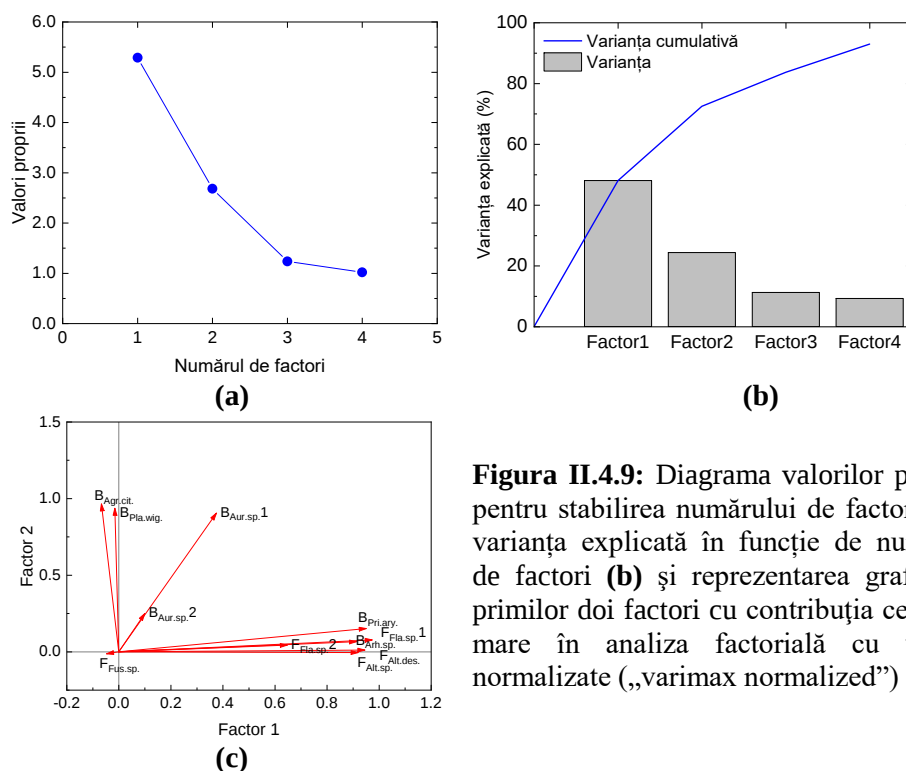


Figura II.4.9: Diagrama valorilor proprii pentru stabilirea numărului de factori (a), varianța explicată în funcție de numărul de factori (b) și reprezentarea grafică a primilor doi factori cu contribuția cea mai mare în analiza factorială cu valori normalizate („varimax normalized”) (c) .

Pentru analiza factorială s-au utilizat spectrele medii, obținute după 30 de ore de incubare, din care au fost sustrate semnalele probelor martor. Factorul 1 asociază fungi împreună cu bacteriile *Arthrobacter sp.* ($B_{Arh.sp.}$) și *P. aryabhattai* ($B_{Pri.ary.}$), în timp ce specia *Fusarium sp.* ($F_{Fus.sp.}$) este separat în factorul 3. Factorul 2 este reprezentat de *Aureobasidium sp.1* ($B_{Aur. sp.1}$), *P.*

wigleyi ($B_{Pla. wig.}$) și *A. citreus* ($B_{Agr. cit.}$), iar *Aureobasidium sp.1* ($B_{Aur. sp.2}$) este separată în factorul 4.

Conform **Figurii II.4.10**, profilurile variației acetonei emise de fungi indică o creștere mai pronunțată la *A. destruens* ($F_{Alt.des.}$) și *Fusarium sp.* ($F_{Fus.sp.}$), cu un salt al concentrațiilor după circa 6 ore de incubare.

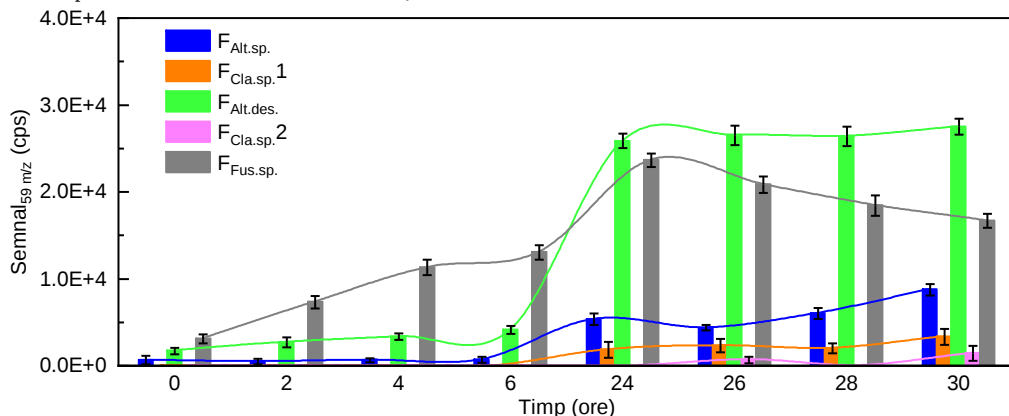


Figura II.4.10: Profilul variației în timp a semnalului pentru acetonă (m/z 59) măsurat în emisiile celor cinci fungi izolați din bioaerosolii asociați materiei particulare ambientale din orașul Iași.

În cazul *Fusarium sp.* ($F_{Fus.sp.}$), după 24 de ore a fost observată scăderea abundenței acetonei, în timp ce pentru *A. destruens* ($F_{Alt.des.}$) abundența a rămas constantă. Pentru cultura bacteriană *P. wigleyi* s-au evidențiat semnale crescute la m/z 49 (metantiol, CH_4S protonat), m/z 95 (dimetildisulfură, $C_2H_6S_2$ protonat) și m/z 127 (dimetiltrisulfură, $C_2H_4S_3$ protonat), indicând emisii de compuși sulfurați. **Figura II.4.11** descrie pentru *P. wigleyi* ($B_{Pla. wig.}$) evoluția compușilor sulfurați: semnale crescute la m/z 49 (metantiol, CH_4S protonat), m/z 95 (dimetildisulfură, $C_2H_6S_2$ protonat) și m/z 127 (dimetiltrisulfură, $C_2H_4S_3$ protonat). Maximele apar la timpi diferiți: în jur de 24 ore primul vârf major este al metantiolului (m/z 49), urmat de creșteri pentru dimetildisulfură (m/z 95) și dimetiltrisulfură (m/z 127); ulterior, dimetildisulfura are un profil distinct, cu maxim la 96 h, moment în care semnalele de metantiol și dimetiltrisulfură sunt deja reduse.

În emisiile pe parcursul creșterii bacteriei *Agrococcus citreus* ($B_{Agr.cit.}$) s-a evidențiat un profil exponențial al variației în timp pentru amoniac (**Figura II.4.12.a,b**) și pentru hidrogenul sulfurat (**Figura II.4.12.c**).

Investigarea și interpretarea unor profile precum cele din **Figura II.4.12** – efectuate atât pentru *A. citreus*, cât și pentru celelalte specii identificate și atribuite – pot aduce beneficii majore în studiile de chimie a atmosferei, din perspectivă cinetico-chimică, pentru procesele atmosferice influențate de prezența microorganismelor aeropurtate.

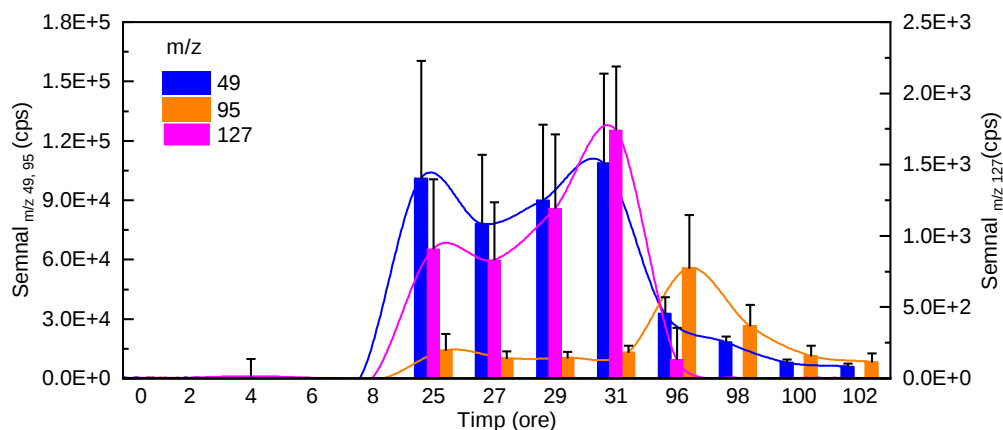


Figura II.4.11: Profilul variației în timp a compușilor metantioi (m/z 49), dimetildisulfură (m/z 95), și dimetiltrisulfură (m/z 127) măsurate în emisiile bacteriei *B_{Pla. wig.}*.

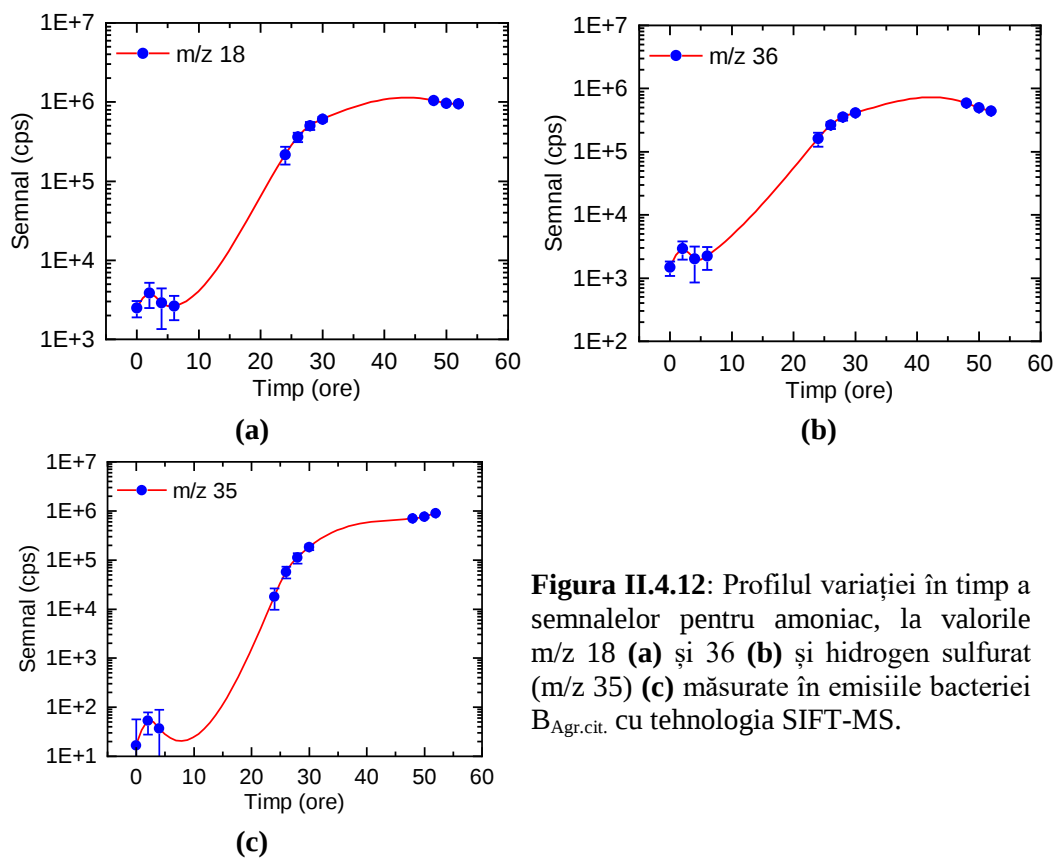


Figura II.4.12: Profilul variației în timp a semnalelor pentru amoniac, la valorile m/z 18 (a) și 36 (b) și hidrogen sulfurat (m/z 35) (c) măsurate în emisiile bacteriei *B_{Agr.cit.}* cu tehnologia SIFT-MS.

III CONCLUZII FINALE

Materia particulată (PM) și hidrocarburile aromatice policiclice (PAHs): Prelevarea activă s-a dovedit fiabilă pentru separarea fracțiilor de PM pe

dimensiuni. Concentrațiile PM_{2.5} și PM₁₀ au depășit frecvent limitele Directivei 2024/2881/EC, iar nivelurile de PAH-uri mai ales iarna au fost ridicate. Rezultatele indică faptul că interacțiunile fungico-bacteriene pot avea un rol esențial în ciclurile biogeochimice ale acestor compuși.

Caracterizarea microbiologică: Prelevarea pasivă s-a dovedit adecvată pentru evaluarea încărcăturii microbiologice a aerului ambiental. A fost documentată o diversitate complexă de microorganisme transportate de masele de aer: bacterii (*Planococcus wiggleyi*, *Priestia aryabhatai*, *Agrococcus citreus*, *Arthrobacter* sp.), fungi (*Fusarium*, *Alternaria destruens*, *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp.) și drojdii (*Aureobasidium* sp.). În bioaerosolii asociați fracției de materie particulată aeropurtată s-au identificat bacterii Gram+ și Gram-, cu morfologii variate—coci, cocobacili și bacilli—alături de fragmente fungice (micelii, hife) și spori (dicto- și blastospori), indicând coexistența unei comunități aeropurtate diverse. Analizele sugerează că *Alternaria destruens* poate facilita translocarea bacteriilor în prezența PAH-urilor, iar drojdiile din genul *Aureobasidium* pot contribui la emisia de compuși organici volatili (VOCs).

Caracterizarea moleculară și elementală: Aplicarea tehnicilor MALDI-Orbitrap MS și ICP-MS a permis elucidarea compoziției chimice a bioaerosolilor. MALDI-Orbitrap MS a facilitat identificarea unor componente membranare bacteriene (fosfatidiletanolamină, diacilglicerol) și a unor metaboliți specifici (surfactina C și D), iar evaluarea izotopică a fost esențială pentru confirmarea formulelor moleculare. Tehnologia MALDI-Orbitrap MS prezintă un potențial ridicat pentru diferențiere celulară și metabolică în investigarea profilului molecular al bioaerosolilor atmosferici. Prin ICP-MS au fost evidențiate elemente esențiale (Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Mn, V), structurale (Ca, Mg), precum și elemente în urme/ultraurme (Al, B, Rb, Sr, Ba, Cr, Pb, Tl, Li, Cd, Bi, U). Fungii și drojdiile au manifestat o rezistență superioară bacteriilor la toxicitatea unor elemente precum U și Cd, susținând ipoteza implicării lor în ciclurile biogeochimice ale metalelor toxice.

Analiza compușilor volatili (VOCs) emiși în procesul de dezvoltare a microorganismelor: Prin aplicarea SIFT-MS s-a evidențiat contribuția activă a microorganismelor aeropurtate la chimismul atmosferic, prin generarea de compuși cu relevanță atmosferică. Drojdii și bacterii au emis amoniac și hidrogen sulfurat, iar fungii au prezentat emisii de acetona. Tehnica SIFT-MS se dovedește versatilă pentru monitorizarea în timp real a emisiilor asociate încărcăturii microbiene din fracțiile de bioaerosoli aeropurtați.

Pe parcursul cercetării doctorale, toate cele cinci obiective inițiale au fost atinse complet, validând strategiile experimentale. Au fost dezvoltate și optimizate protocoale de prelevare activă și pasivă și de caracterizare chimică a bioaerosolilor, integrate cu UHPLC-FLD, MALDI-Orbitrap MS și ICP-MS, eficiente pentru investigarea materiei particulare ambientale și a componentei biologice.

Caracterizarea materiei particulare urbane din Iași a evidențiat variabilitatea sezonieră a PAH-urilor și potențiale surse de emisie, sugerând totodată rolul interacțiunilor fungico-bacteriene în procesele biogeochimice. Componenta microbiologică a fost documentată pentru prima dată în regiune, prin identificarea diversității bacteriilor, fungilor și drojdiilor din bioaerosolii urbani, cu implicații pentru sănătatea publică și dinamica atmosferică.

La nivel molecular, MALDI-Orbitrap MS și ICP-MS au permis identificarea biomarkerilor peptidici, a componentelor membranare și a metaboliților bacterieni, precum și determinarea elementelor esențiale, structurale și a celor în urme/ultraurme. Complementar, SIFT-MS a surprins profiluri de emisii volatile specifice fiecărei specii pe parcursul dezvoltării microorganismelor, evidențiind contribuția lor la chimismul atmosferic.

În ansamblu, obiectivele au fost îndeplinite prin măsurători cantitative și analize calitative/moleculare avansate, cu rezultate validate internațional. Teza consolidează cunoașterea privind bioaerosolii asociați materiei particulare din zona urbană Iași și furnizează metodologii moderne aplicabile evaluării impactului asupra mediului și sănătății publice.

Bibliografie

- Alberto, R.-F., Carlos, B.-A., Iris, A., Ana María, V.-M., Rosa María, V.-B., Chiara, S., Roberto, F., Ana Isabel, C., Paola, D. N., & Delia, F.-G. (2024, July 11). *Significance of emission sources identification for understanding the atmospheric load of Alternaria spores and Alt a 1 allergen*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-plinius18-77>
- Álvarez-Barragán, J., Cravo-Laureau, C., Xiong, B., Wick, L. Y., & Duran, R. (2023). Marine Fungi Select and Transport Aerobic and Anaerobic Bacterial Populations from Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Contaminated Sediments. *MBio*, 14(2). <https://doi.org/10.1128/mbio.02761-22>
- Amarandei, C., Negru, A. G., Iancu, C., Olariu, R. I., & Arsene, C. (2024). Seasonality, sources apportionment, human health risks assessments, and potential implications on the atmospheric chemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons in size-segregated aerosols from a Romanian metropolitan area. *Chemosphere*, 368. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143738>
- Apangu, G. P., Frisk, C. A., Adams-Groom, B., Petch, G. M., Hanson, M., & Skjøth, C. A. (2023). Using qPCR and microscopy to assess the impact of harvesting and weather conditions on the relationship between *Alternaria alternata* and *Alternaria* spp. Spores in rural and urban atmospheres. *International Journal of Biometeorology*, 67(6), 1077–1093. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02480-w>
- Arsene, C., Olariu, R. I., & Mihalopoulos, N. (2007). Chemical composition of rainwater in the northeastern Romania, Iasi region (2003–2006). *Atmospheric Environment*, 41(40). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.08.046>
- Arsene, C., Olariu, R. I., Zarpas, P., Kanakidou, M., & Mihalopoulos, N. (2011). Ion composition of coarse and fine particles in Iasi, north-eastern Romania:

- Implications for aerosols chemistry in the area. *Atmospheric Environment*, 45(4), 906–916. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.11.013>
- Buiarelli, F., Sonogo, E., Uccelletti, D., Bruni, E., Di Filippo, P., Pomata, D., Riccardi, C., Perrino, C., Marcovecchio, F., & Simonetti, G. (2019a). Determination of the main bioaerosol components using chemical markers by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 149, 103974. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103974>
- Buiarelli, F., Sonogo, E., Uccelletti, D., Bruni, E., Di Filippo, P., Pomata, D., Riccardi, C., Perrino, C., Marcovecchio, F., & Simonetti, G. (2019b). Determination of the main bioaerosol components using chemical markers by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 149, 103974. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103974>
- Chakraborty, M., Sharma, B., Ghosh, A., Sah, D., & Rai, J. P. N. (2023). Elicitation of E-waste (acrylonitrile-butadiene styrene) enriched soil bioremediation and detoxification using *Priestia aryabhattai* MGP1. *Environmental Research*, 238, 117126. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117126>
- El Jaddaoui, I., Rangel, D. E. N., & Bennett, J. W. (2023). Fungal volatiles have physiological properties. *Fungal Biology*, 127(7–8), 1231–1240. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.03.005>
- Evtushenko, L. I., & Takeuchi, M. (2006). The Family Microbacteriaceae. In M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K.-H. Schleifer, & E. Stackebrandt (Eds.), *The Prokaryotes* (pp. 1020–1098). Springer New York. https://doi.org/10.1007/0-387-30743-5_43
- Ferguson, R. M. W., Garcia-Alcega, S., Coulon, F., Dumbrell, A. J., Whitby, C., & Colbeck, I. (2019). Bioaerosol biomonitoring: Sampling optimization for molecular microbial ecology. *Molecular Ecology Resources*, 19(3), 672–690. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13002>
- Freiwald, A., & Sauer, S. (2009). Phylogenetic classification and identification of bacteria by mass spectrometry. *Nature Protocols*, 4(5), 732–742. <https://doi.org/10.1038/nprot.2009.37>
- Galon-Negru, A. G., Olariu, R. I., & Arsene, C. (2019). Size-resolved measurements of PM_{2.5} water-soluble elements in Iasi, north-eastern Romania: Seasonality, source apportionment and potential implications for human health. *Science of The Total Environment*, 695, 133839. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133839>
- Grinn-Gofron, A. (2009). The occurrence of cladosporium spores in the air and their relationships with meteorological parameters. *Acta Agrobotanica*, 62(2), 111–116. <https://doi.org/10.5586/aa.2009.032>
- Garcia-Alcega, S., Nasir, Z. A., Ferguson, R., Whitby, C., Dumbrell, A. J., Colbeck, I., Gomes, D., Tyrrel, S., & Coulon, F. (2017). Fingerprinting outdoor air environment using microbial volatile organic compounds (MVOCs) – A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 86, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.10.010>
- Gollakota, A. R. K., Gautam, S., Santosh, M., Sudan, H. A., Gandhi, R., Sam Jebadurai, V., & Shu, C.-M. (2021). Bioaerosols: Characterization, pathways, sampling strategies, and challenges to geo-environment and health. *Gondwana Research*, 99, 178–203. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.07.003>

- Guo, X., Xie, C., Wang, L., Li, Q., & Wang, Y. (2019). Biodegradation of persistent environmental pollutants by *Arthrobacter* sp. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(9), 8429–8443. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04358-0>
- Gupta, R. S., Patel, S., Saini, N., & Chen, S. (2020). Robust demarcation of 17 distinct *Bacillus* species clades, proposed as novel Bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: Description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *Bacillus* limiting it only to the members of the *Subtilis* and *Cereus* clades of species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(11), 5753–5798. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004475>
- Ha, M., Jo, H.-J., Choi, E.-K., Kim, Y., Kim, J., & Cho, H.-J. (2019). Reliable Identification of *Bacillus cereus* Group Species Using Low Mass Biomarkers by MALDI-TOF MS. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(6), 887–896. <https://doi.org/10.4014/jmb.1903.03033>
- Haig, C. W., Mackay, W. G., Walker, J. T., & Williams, C. (2016). Bioaerosol sampling: Sampling mechanisms, bioefficiency and field studies. *Journal of Hospital Infection*, 93(3), 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.03.017>
- Hanano, A., Moursel, N., & Obeid, M. H. (2025). Exploring the biodegradation activity of *Priestia aryabhattai* 1–3I, a promising chlorpyrifos-degrading strain isolated from a local phosphogypsum landfill. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 211, 106416. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2025.106416>
- Ling, L., Luo, H., Yang, C., Wang, Y., Cheng, W., Pang, M., & Jiang, K. (2022). Volatile organic compounds produced by *Bacillus velezensis* L1 as a potential biocontrol agent against postharvest diseases of wolfberry. *Frontiers in Microbiology*, 13, 987844. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.987844>
- Liu, Z., Zhang, Y., Fa, K., Zhao, H., Qin, S., Yan, R., & Wu, B. (2018). Desert soil bacteria deposit atmospheric carbon dioxide in carbonate precipitates. *CATENA*, 170, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.001>
- Manibusan, S., & Mainelis, G. (2022). Passive bioaerosol samplers: A complementary tool for bioaerosol research. A review. *Journal of Aerosol Science*, 163, 105992. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2022.105992>
- Manzulli, V., Rondinone, V., Buchicchio, A., Serrecchia, L., Cipolletta, D., Fasanella, A., Parisi, A., Difato, L., Iatarola, M., Aceti, A., Poppa, E., Tolve, F., Pace, L., Petruzzi, F., Rovere, I. D., Raele, D. A., Del Sambro, L., Giangrossi, L., & Galante, D. (2021). Discrimination of *Bacillus cereus* Group Members by MALDI-TOF Mass Spectrometry. *Microorganisms*, 9(6), 1202. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9061202>
- Nithyashree, J. K., & Subramanian, S. (2025). Biomineralization Potential of *Priestia aryabhattai*, a Freshwater Isolate for Phosphorus Recovery through Struvite Production from Municipal Wastewater. *Geomicrobiology Journal*, 42(6), 507–522. <https://doi.org/10.1080/01490451.2025.2477599>
- Pallen, M. J. (2024). Valid publication of names for bacterial species from the chicken gut. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 74(7). <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.006445>
- Pernil, R., & Schleiff, E. (2019). Metalloproteins in the Biology of Heterocysts. *Life*, 9(2), 32. <https://doi.org/10.3390/life9020032>

- Reese, K. L., Rasley, A., Avila, J. R., Jones, A. D., & Frank, M. (2020). Metabolic Profiling of Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted by the Pathogens *Francisella tularensis* and *Bacillus anthracis* in Liquid Culture. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66136-0>
- Rolph, G., Stein, A., & Stunder, B. (2017). Real-time Environmental Applications and Display sYstem: READY. *Environmental Modelling & Software*, 95, 210–228. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.025>
- Roslund, K., Lehto, M., Pussinen, P., Groop, P.-H., Halonen, L., & Metsälä, M. (2020). On-line profiling of volatile compounds produced in vitro by pathogenic oral bacteria. *Journal of Breath Research*, 14(1), 016010. <https://doi.org/10.1088/1752-7163/ab5559>
- Silvestri, E. (2014). *Evaluation of Options for Interpreting Environmental Microbiology Field Data Results having Low Spore Counts*. EPA 600/R-14/331, U.S. Environmental Protection Agency.
- Sindt, C., Besancenot, J.-P., & Thibaudon, M. (2016). Airborne Cladosporium fungal spores and climate change in France. *Aerobiologia*, 32(1), 53–68. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9422-x>
- Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J. B., Cohen, M. D., & Ngan, F. (2015). NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(12), 2059–2077. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>
- Uddin, S., Habibi, N., Fowler, S. W., Behbehani, M., Gevao, B., Faizuddin, M., & Gorgun, A. U. (2023). Aerosols as Vectors for Contaminants: A Perspective Based on Outdoor Aerosol Data from Kuwait. *Atmosphere*, 14(3), 470. <https://doi.org/10.3390/atmos14030470>
- Xue, F., Yang, Y., Lai, S., Xiao, Y., Yao, Y., Zhang, Y., & Zou, S. (2023). Airborne microbiomes at a subtropical island in southern China: Importance of the northwest and southeast monsoons. *Atmospheric Environment*, 307, 119842. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119842>
- Zhang, R., Zhang, Y., Zhang, T., Xu, M., Wang, H., Zhang, S., Zhang, T., Zhou, W., & Shi, G. (2022). Establishing a MALDI-TOF-TOF-MS method for rapid identification of three common Gram-positive bacteria (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, and *Micrococcus luteus*) associated with foodborne diseases. *Food Science and Technology*, 42, e117021. <https://doi.org/10.1590/fst.117021>

Lista contribuțiilor personale din teză

Articole științifice publicate *in extenso* în reviste cotate Web of Science și Scopus cu factor de impact

- Amarandei, C., Negru, A.G., **Iancu, C.**, Olariu, R. I., Arsene, C. Seasonality, sources Apportionment, human health risks assessments, and potential implications on the atmospheric chemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons in size-segregated aerosols from a Romanian metropolitan area. *Chemosphere*, 368, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143738>
Factor de impact: **8,10** – cvartila Q1 (zona roșie).

Iancu, C., Nita, C., Soroaga, L.V., Negru, A.G., Olariu, R.I., Arsene, C. First chemical insights into airborne microbial communities isolated from ambient particulate matter in the Iasi urban area, north-eastern Romania. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, **2025**.
<https://doi.org/10.1080/10826076.2025.2554062>
Factor de impact: **1,20** – cvartila Q4 (zona albă).

Participări la conferințe și manifestări științifice

Comunicări orale

Iancu, C., Soroaga, V.L., Negru, A.G., Olariu, R.I., Arsene, C., Elemental composition of bacteria, fungi, and yeasts isolates from airborne bioaerosol particles, The 16th Scientific Session of Undergraduate, Master and PhD Students, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 18, oral presentation, 19 June, **2025**.

Iancu, C., Nita, C., Negru, A.G., Soroaga, L.V., Olariu, R.I., Arsene, C., Research tools for the investigation of bacteria land fungal communities in bioaerosol particles, Recent Advances in Natural Sciences Yield the Future for the European Citizens and Society, Ready for Europe Conference - RARE 2024, 1st Edition, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 17, oral presentation, 12-13 December, **2024**.

Amarandei, C., **Iancu, C.**, Negru, A.G., Soroaga, L.V., Olariu, R.I., Arsene, C., Real-time analysis of gases at trace levels with selected ion flow tube mass spectrometry (SIFT-MS) technology, Recent Advances in Natural Sciences Yield the Future for the European Citizens and Society, Ready for Europe Conference - RARE 2024, 1st Edition, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 47, oral presentation, 12-13 December, **2024**.

Iancu, C., Mihalache, G., Amarandei, C., Negru, A.G., Grădinaru, R., Costică, N., Bejan, I.G., Olariu, R.I., Arsene, C., First insights into atmospheric bioaerosols from the Iasi urban area, The 13th Scientific Session of Undergraduate, Master and PhD Students, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 24, oral presentation, 28 October, **2022**.

Postere

Iancu, C., Amarandei, C., Negru, A.G., Olariu, R.I., Arsene, C., Selected ion flow tube mass spectrometry investigation of volatile compounds emitted by microorganisms of atmospheric origin, IasiCHEM 2024 Conference, 6th Edition, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 45, poster, 31 October - 01 November, **2024**.

Amarandei, C., Negru, A.G., **Iancu, C.**, Olariu, R.I., Arsene, C., Analysis of size-segregated particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in Iasi urban area, National Conference of Chemistry, XXXVII Edition, Targoviste, Romania, Book of Abstracts, poster, 25-27 September, **2024**.

Iancu, C., Amarandei, C., Costica, N., Bejan, I.G., Olariu, R.I., Arsene, C., Microscopic and molecular approaches into atmospheric bioaerosols from the Iasi urban area, IasiCHEM 2023 Conference, 5th Edition, Iasi, Romania, Book of Abstracts, p. 31, poster, 26-27 October, **2023**.