PATHOLOGIE FORESTIÈRE

3è Année

Option

OPTION AGRICOLE / FORESTERIE

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

0.1. Introduction Générale au Cours 1
- 0.1.1. Objectif Pédagogique Fondamental 1
- 0.1.2. Approche Didactique Pragmatique 1

0.2. Compétences Visées 1
- 0.2.1. Maîtrise du diagnostic phytosanitaire 1
- 0.2.2. Compréhension des cycles étiologiques et épidémiologiques 2
- 0.2.3. Application des stratégies de lutte intégrée 2

0.3. Approche Pédagogique 2
- 0.3.1. Articulation Théorie-Pratique 2
- 0.3.2. Ancrage Écosystémique Congolais 2
- 0.3.3. Compétence Diagnostique et Décisionnelle 3

0.4. Matrice d'Évaluation 3
- 0.4.1. Finalités Pédagogiques 3
- 0.4.2. Axes et Pondération 3

PARTIE 1. DIAGNOSTIC ET ÉPIDÉMIOLOGIE APPLIQUÉE **5**

a. L'art de l'enquête pathologique 5

b. Lire les signes sur l'arbre 5

c. De l'arbre à la forêt : la science de la contagion 5

d. L'objectif final : protéger et prévoir 5

CHAPITRE 1. LE DIAGNOSTIC APPROFONDI EN SANTÉ DES FORÊTS **6**

1.1. La Démarche du Diagnostic Différentiel 6
- a. L'esprit de l'enquêteur forestier 6
- A. Les Causes Possibles : Biotiques contre Abiotiques 6
- B. Le Processus Logique d'Élimination 7

1.2. Les Techniques de Laboratoire pour l'Identification des Pathogènes 9
- a. Du terrain au microscope 9
- A. L'Examen Microscopique Direct 9

FIGURE 1 : RÉF. IMG (0116-4515-3741) **12**

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Observation de spores de champignon pathogène au microscope optique.....12
- B. L'Isolement et la Mise en Culture.....12

FIGURE 2 : RÉF. IMG (9125-4501-5789).....15

Culture pure d'un champignon pathogène sur une boîte de Petri.....15
- b. Scénarios et Exercices.....15

1.3. L'Évaluation de la Sévérité et de l'Incidence.....17
- a. Les deux questions du pathologiste.....17
- A. L'Incidence : Compter les Malades.....17
- B. La Sévérité : Mesurer l'Intensité du Mal.....17

FIGURE 3 : RÉF. IMG (9154-8924-4206).....20

Échelle visuelle de sévérité de la rouille sur feuille d'eucalyptus.....20
- Anecdote du technicien de Lisala.....20

1.4. Le Diagnostic à l'Échelle du Paysage.....22
- a. De l'arbre à la carte.....22
- A. Les Outils du Diagnostic Paysager.....22
- B. L'Interprétation des Patrons Spatiaux.....22

FIGURE 4 : RÉF. IMG (5380-9551-7508).....24

Carte d'un dépérissement forestier dans une vallée de la Province Orientale.....24
- Anecdote du technicien forestier.....24

CHAPITRE 2. L'ÉPIDÉMIOLOGIE FORESTIÈRE ET LA MODÉLISATION.....27

2.1. Les Courbes de Progression des Épidémies.....27
- a. L'invisible prend de la vitesse.....27
- A. La courbe en "S" ou sigmoïde : le modèle classique.....27

FIGURE 5 : RÉF. IMG (6845-8622-2057).....29

Courbe de progression sigmoïde d'une maladie dans une plantation.....29
- B. La courbe monomoléculaire : le modèle du "réservoir qui se vide".....29

2.2. La Dispersion Spatiale des Pathogènes et des Ravageurs.....31
- a. Les voyageurs invisibles de nos forêts.....31
- A. La Dispersion Continue (ou par Contiguïté).....32
- B. La Dispersion Discontinue (ou par Sauts).....32

FIGURE 6 : RÉF. IMG (7582-5873-7078).....34

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Modèles de dispersion d'une maladie forestière : contiguïté et sauts....34
- b. Scénarios et Exercices....34

2.3. Modélisation prédictive et conception de réseaux de surveillance....36
- a. L'art de voir l'invisible....36
- A. La modélisation prédictive : Lire l'avenir de la forêt....36

FIGURE 7 : RÉF. IMG (2706-1433-5893)....39

Carte de risque prédictif pour une maladie fongique au Congo....39
- B. Le réseau de surveillance : Les yeux et les oreilles de l'agronome....39

FIGURE 8 : RÉF. IMG (0240-0356-4906)....42

Schéma d'un réseau de surveillance forestière basé sur la modélisation....42
- Leçon de la rouille du caféier dans le Kivu....42

CHAPITRE 3. L'ANALYSE DE RISQUE PHYTOSANITAIRE....45

3.1. Le Cadre International de l'Analyse de Risque (NIMP)....45
- a. Du cageot de mangues à la norme mondiale....45
- A. La Convention Internationale pour la Protection des Végétaux (CIPV)....45

FIGURE 9 : RÉF. IMG (1331-2144-0968)....47

Schéma simplifié du processus d'Analyse de Risque Phytosanitaire (ARP) selon 47
- B. Les trois étapes fondamentales de l'ARP....47

FIGURE 10 : RÉF. IMG (7616-4766-8332)....50

Carte des voies commerciales mondiales de produits forestiers et agricoles....50
- L'anecdote de la pomme de terre du Kivu....50

3.2. L'Évaluation du Risque d'Introduction....52
- a. Le passager clandestin....52
- A. La Double Probabilité : Entrée et Établissement....52
- B. Les Facteurs Clés de l'Évaluation....53

FIGURE 11 : RÉF. IMG (0596-1476-5753)....55

Schéma du processus d'introduction d'un pathogène exotique en RDC....55
- C. Le Résultat : La Qualification du Risque....55

3.3. Évaluation du risque d'établissement, de dispersion et des impacts....57
- a. Le passager clandestin....57

- A. Le risque d'établissement : l'épreuve de l'acclimatation.....58
- B. Le risque de dispersion : comment l'envahisseur voyage.....58

FIGURE 12 : RÉF. IMG (6119-3579-2586).....60

Carte de dispersion simulée d'un charançon depuis le port de Boma.....60

- C. L'évaluation des impacts : la facture finale.....60

PARTIE 2. STRATÉGIES DE GESTION INTÉGRÉE DES BIOAGRESSEURS.....63

a. Le constat d'échec initial.....63

b. La philosophie de la gestion intégrée.....63

c. Les piliers de l'intervention.....63

d. L'objectif : un équilibre durable.....63

CHAPITRE 4. LA LUTTE SYLVICOLE.....64

4.1. L'Adéquation Station-Essence.....64

- a. Le bon arbre au bon endroit.....64
- A. Définition de la Station Forestière.....64
- B. Le Stress Physiologique, Porte Ouverte aux Pathogènes.....64

FIGURE 13 : RÉF. IMG (6978-9056-3898).....66

Arbre sain en station idéale versus arbre stressé en station inadaptée.....66

- C. L'Autoécologie des Essences.....66

4.2. La Diversification des Peuplements.....68

- a. Le piège de l'uniformité.....68
- A. Le Principe de la Barrière Sanitaire Naturelle.....69
- B. L'Effet de Dilution et la Rupture des Cycles.....69

FIGURE 14 : RÉF. IMG (3179-1587-8127).....71

Schéma comparatif : monoculture vulnérable versus peuplement forestier divers.....71

- Un café amer dans le Kivu.....71

4.3. Gestion de la densité, des éclaircies et des rémanents.....73

- a. Une leçon du champ de manioc.....73
- A. La densité du peuplement : un facteur de contagion.....73
- B. L'éclaircie : une intervention chirurgicale préventive.....74

FIGURE 15 : RÉF. IMG (0546-8206-1021).....76

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Comparaison visuelle entre une parcelle non éclaircie et une parcelle éclaircie....76
- C. La gestion des rémanents : nettoyer après l'opération....76

CHAPITRE 5. LA LUTTE BIOLOGIQUE ET BIOTECHNOLOGIQUE....79

5.1. Lutte biologique par introduction, inondation et conservation....79
- a. L'approche fondamentale....79
- A. La lutte par introduction (ou classique)....79
- B. La lutte par inondation (ou augmentation)....79

FIGURE 16 : RÉF. IMG (2897-8647-3715)....82

Les trois stratégies de lutte biologique contre un ravageur forestier....82
- C. La lutte par conservation....82

5.2. L'Utilisation de Bio-pesticides (Micro-organismes et Extraits)....84
- a. Le laboratoire vivant de la forêt....84
- A. Les bio-pesticides microbiens....84

FIGURE 17 : RÉF. IMG (8290-7973-9858)....87

Action du Bacillus thuringiensis (Bt) sur une chenille phytophage....87
- B. Les extraits botaniques (pesticides botaniques)....87

5.3. La Sélection pour la Résistance Génétique....89
- a. Une sagesse paysanne devenue science....89
- A. Sélection Classique : Phénotype et Descendance....90

FIGURE 18 : RÉF. IMG (2772-1884-6156)....92

Schéma comparatif de la sélection massale et de la sélection généalogique....92
- B. Sélection Assistée par Marqueurs (SAM)....92

FIGURE 19 : RÉF. IMG (2514-1278-3788)....94

Identification d'un gène de résistance grâce aux marqueurs moléculaires....94
- L'héritage inattendu des caféiers d'Isiro....94

CHAPITRE 6. LA LUTTE CHIMIQUE RAISONNÉE....97

6.1. Les Familles de Pesticides et leurs Modes d'Action....97
- a. Une science de précision née d'une pratique ancestrale....97
- A. Classification selon la cible biologique....97
- B. Classification selon le mode d'action....97

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 20 : RÉF. IMG (3135-1062-8698)..... 100

Modes d'action des pesticides : contact, ingestion et systémique..... 100

- L'anecdote du technicien forestier de la Garamba..... 100

6.2. Les Techniques d'Application en Forêt..... 102

- a. Le paradoxe de l'efficacité..... 102
- A. Les méthodes terrestres : Précision et limitation..... 102
- B. Les méthodes aériennes : Couverture et dérive..... 103

FIGURE 21 : RÉF. IMG (5651-6448-7620)..... 105

Schéma comparatif de la pulvérisation par vent calme et par vent fort..... 105

- a. Une histoire de timing dans le Kasaï..... 105

6.3. Utilisation sécuritaire : calcul des doses, préparation et gestion des r..... 107

- a. Le paradoxe du "remède" qui tue..... 107
- A. Calcul de la dose : la rigueur avant la pulvérisation..... 108
- B. Préparation de la bouillie et gestion des risques..... 108

FIGURE 22 : RÉF. IMG (3959-0528-4289)..... 110

Schéma d'un technicien forestier préparant une bouillie phytosanitaire sécuri..... 110

- C. Application et précautions post-traitement..... 110

CHAPITRE 7. L'ÉLABORATION D'UN PLAN DE GESTION INTÉGRÉE..... 113

7.1. Principes et étapes de la conception d'un plan de GIR..... 113

- a. La logique avant la force..... 113
- A. Les Principes Fondamentaux de la GIR..... 113

FIGURE 23 : RÉF. IMG (1568-2770-6837)..... 115

Les quatre phases séquentielles pour construire un plan de gestion intégrée..... 115

- B. Les Étapes Clés de la Conception..... 115
- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 116

7.2. L'Analyse Coût-Bénéfice des Stratégies de Lutte..... 118

- a. Le dilemme du planteur..... 118
- A. Quantification des Coûts : Le Prix de l'Action..... 118

FIGURE 24 : RÉF. IMG (0186-9213-4594)..... 120

Tableau synthétique des coûts directs et indirects en gestion forestière..... 120

- B. Évaluation des Bénéfices : Le Gain de la Protection..... 120

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 25 : RÉF. IMG (1206-8503-5504)..... 123

Comparaison de rendement entre une parcelle traitée et une parcelle témoin..... 123

- b. L'anecdote du chef de plantation à Kisangani..... 123

7.3. Étude de Cas : Plan de GIR pour une Plantation Industrielle..... 125

- a. La logique du général d'armée..... 125
- A. Diagnostic et Objectifs Économiques..... 125
- B. Les Piliers de l'Intervention Hiérarchisée..... 126

FIGURE 26 : RÉF. IMG (1689-7051-8026)..... 128

La pyramide d'intervention en Gestion Intégrée des Ravageurs (GIR)..... 128

- C. Suivi et Ajustement du Plan..... 128

FIGURE 27 : RÉF. IMG (0030-3159-2225)..... 130

Technicien forestier effectuant un suivi phytosanitaire dans une parcelle..... 130

- b. L'anecdote du gestionnaire de la Tshopo..... 130

PARTIE 3. GESTION DES PROBLÉMATIQUES SANITAIRES SPÉCIFIQUES..... 133

a. Du symptôme à l'écosystème..... 133

b. La spécificité des agents pathogènes..... 133

c. L'arsenal des stratégies de gestion..... 133

d. L'impact économique et social..... 133

CHAPITRE 8. LA GESTION SANITAIRE EN PÉPINIÈRE..... 134

8.1. Prévention des maladies : désinfection des substrats et gestion de la fo..... 134

- a. L'ennemi invisible du pépiniériste..... 134
- A. La désinfection du substrat : une assurance-vie pour les plantules..... 134
- B. La gestion de la fonte des semis : une course contre la montre..... 135

FIGURE 28 : RÉF. IMG (9646-4092-7775)..... 137

Symptômes de la fonte des semis sur de jeunes plants d'acacia..... 137

- b. L'anecdote du pépiniériste de Mbandaka..... 137
- c. Scénarios et Exercices..... 138

8.2. Le Contrôle des Ravageurs en Pépinière..... 139

- a. L'illusion de la sécurité..... 139
- A. La Lutte Préventive : L'art d'éviter les problèmes..... 140
- B. La Lutte Curative : Agir face à l'infestation..... 140

8.3. La Certification Sanitaire des Plants....142
- a. Le cachet qui sauve la forêt....142
- A. Définition et Objectifs du Passeport Phytosanitaire....142
- B. Les Critères Clés de l'Inspection....143
- C. Le Processus de Certification en Pratique....143

CHAPITRE 9. LA PATHOLOGIE DES PLANTATIONS FORESTIÈRES....146

9.1. Risques liés aux monocultures et analyse des dépérissements....146
- a. L'œil du Mfumu....146
- A. La monoculture : un pari à haut risque....146
- B. Le dépérissement : une mort à petit feu....147

FIGURE 29 : RÉF. IMG (6900-4279-7753)....149

Schéma simplifié du complexe de dépérissement d'un arbre forestier....149
- C. Le diagnostic du dépérissement....149

9.2. La Gestion des Maladies Raciculaires (Pourridiés)....152
- a. L'ennemi souterrain....152
- A. Identification des Symptômes du Pourridié....152

FIGURE 30 : RÉF. IMG (4325-8576-8419)....154

Mycélium en éventail de l'armillaire sous l'écorce d'une racine infectée....154
- B. Méthodes de Lutte et de Prévention....154

FIGURE 31 : RÉF. IMG (9096-5657-9540)....156

Tranchée d'isolement creusée dans une plantation pour contenir un foyer de po....156
- SCÉNARIOS ET EXERCICES....156

9.3. La Gestion des Pullulations de Défoliateurs....158
- a. L'équilibre fragile des forêts....158
- A. Anatomie d'une crise : Identifier la pullulation....158

FIGURE 32 : RÉF. IMG (5816-4967-9848)....160

Comparaison visuelle d'un arbre sain et d'un arbre défolié....160
- B. La riposte graduée : La lutte intégrée....160

FIGURE 33 : RÉF. IMG (9960-8993-2102)....162

Pyramide de la stratégie de lutte intégrée en foresterie....162
- Une saison sans feuilles à Mbandaka....162

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

CHAPITRE 10. LA PATHOLOGIE EN FORÊT NATURELLE.....165

10.1. Le Rôle Écologique des Pathogènes et des Ravageurs.....165

- a. La maladie, un moteur de la forêt.....165
- A. La régulation des populations d'arbres.....165
- B. La création de micro-habitats et de ressources.....165

FIGURE 34 : RÉF. IMG (3445-8504-4715).....167

Un chablis créé par un pathogène dans la forêt de l'Équateur.....167

- C. La sélection naturelle et l'amélioration génétique.....167

10.2. L'Impact de l'Exploitation sur la Santé des Forêts.....169

- a. L'arbre qui tombe et la forêt qui tousse.....169
- A. Les Blessures d'Exploitation : Portes d'Entrée pour les Pathogènes.....170
- B. La Modification du Microclimat Forestier.....170

FIGURE 35 : RÉF. IMG (8071-0492-8091).....172

Un arbre blessé par l'exploitation, porte ouverte aux maladies fongiques.....172

- C. Le Transport et la Dissémination des Inoculums.....172

10.3. Suivi et gestion sanitaire en forêt naturelle et aires protégées.....175

- a. L'œil du gardien et la santé de la forêt.....175
- A. Les principes du suivi sanitaire.....175

FIGURE 36 : RÉF. IMG (7390-8961-0094).....177

Outils de diagnostic pour le suivi sanitaire en parc national congolais.....177

- B. Les stratégies de gestion adaptées.....177

CHAPITRE 11. LA GESTION DES ESPÈCES ENVAHISSANTES.....181

11.1. Les Processus et Impacts de l'Invasion Biologique.....181

- a. De l'ornement au désastre.....181
- A. Les étapes du processus d'invasion.....181
- B. Les impacts sur l'écosystème forestier.....182

FIGURE 37 : RÉF. IMG (3273-8272-9588).....184

Les trois phases séquentielles d'une invasion biologique dans un écosystème.....184

- Scénarios et Exercices.....184

11.2. Stratégies de Prévention (Quarantaine).....186

- a. Le principe de la barrière biologique.....186

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- A. Le Principe de la Quarantaine Phytosanitaire.....186
- B. Les Niveaux d'Action de la Quarantaine.....186

FIGURE 38 : RÉF. IMG (8910-9838-0030).....189

Schéma d'un poste de contrôle de quarantaine végétale à une frontière.....189

- C. Outils et Méthodes.....189

11.3. Les Méthodes de Lutte contre les Espèces Établies.....192

- a. L'accroche scientifique.....192
- A. La Lutte Mécanique et Manuelle.....192
- B. La Lutte Chimique.....193

FIGURE 39 : RÉF. IMG (0533-3728-7572).....195

Comparaison visuelle des trois principales méthodes de lutte contre les envah.....195

- C. La Lutte Biologique.....195

PARTIE 4. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET VEILLE SANITAIRE.....199

a. Les forêts : un patrimoine à protéger par la loi.....199

b. L'utilité du contrôle phytosanitaire.....199

c. De l'observation à l'alerte : la veille sanitaire.....199

d. La réponse coordonnée : une affaire de tous.....199

CHAPITRE 12. LA RÉGLEMENTATION PHYTOSANITAIRE.....200

12.1. Cadre institutionnel national et contrôle des échanges.....200

- a. L'enjeu stratégique du contrôle.....200
- A. Le Service National de Quarantaine Végétale (SNQV).....200
- B. Les Instruments Juridiques du Contrôle.....200

FIGURE 40 : RÉF. IMG (5632-7504-1643).....203

Spécimen de certificat phytosanitaire pour l'importation de semences forestières.....203

- C. Les Mesures de Quarantaine à la Frontière.....203

12.2. La Réglementation sur l'Homologation et l'Utilisation des Pesticides.....205

- a. Une question de survie et de responsabilité.....205
- A. Le Processus d'Homologation : Le "Passeport" du Pesticide.....206

FIGURE 41 : RÉF. IMG (2014-1230-0211).....208

Schéma simplifié du parcours d'homologation d'un produit phytosanitaire en RDC.....208

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Les Règles d'Or de l'Utilisation.....208

FIGURE 42 : RÉF. IMG (8067-7460-1919).....209

Agriculteur appliquant un pesticide en respectant les équipements de protecti.....209

- L'affaire du manguier de Mbandaka.....209

12.3. La Lutte Obligatoire et la Gestion des Organismes de Quarantaine.....211

- a. La souveraineté phytosanitaire.....211
- A. Le Principe de la Lutte Obligatoire.....211

FIGURE 43 : RÉF. IMG (4275-0267-8906).....214

Inspection phytosanitaire au port de Matadi, première ligne de défense nationale.....214

- B. L'Organisme de Quarantaine : Une Menace Prioritaire.....214

FIGURE 44 : RÉF. IMG (6553-9223-0615).....217

Carte de délimitation d'une zone de lutte contre un pathogène forestier.....217

- b. Scénarios et Exercices.....217

CHAPITRE 13. LA VEILLE SANITAIRE ET LA COMMUNICATION.....220

13.1. Les Systèmes de Veille Sanitaire et les Bulletins de Santé (BSV).....220

- a. Le principe de la sentinelle.....220
- A. Le Réseau de Veille : Observer pour anticiper.....220

FIGURE 45 : RÉF. IMG (6560-0542-0501).....223

Schéma simplifié d'un réseau de veille sanitaire forestière en RDC.....223

- B. Le Bulletin de Santé Végétale (BSV) : L'Outil de Communication.....223

FIGURE 46 : RÉF. IMG (3717-2142-7089).....226

Maquette d'un Bulletin de Santé Végétale pour une plantation d'eucalyptus.....226

- Scénarios et Exercices.....226

13.2. La Communication de Crise en Cas d'Épidémie.....228

- a. Le poids des mots.....228
- A. Objectifs : Informer, Rassurer, Guider.....228

FIGURE 47 : RÉF. IMG (6285-8969-7387).....231

Affiche de sensibilisation sur la gestion d'une maladie des arbres.....231

- B. Le Triangle de la Communication : Source, Message, Cible.....231

FIGURE 48 : RÉF. IMG (7416-5442-5085)..... 234

Un agent technique anime une émission radio sur la lutte phytosanitaire..... 234

- Scénarios et Exercices..... 234
- Anecdote : La "Maladie du Bois Maudit" du Kasaï..... 234

13.3. Le Rôle et l'organisation du Conseil Phytosanitaire..... 236

- a. L'effet papillon phytosanitaire..... 236
- A. Les Missions Stratégiques..... 237
- B. Une Organisation Collégiale..... 237

FIGURE 49 : RÉF. IMG (4584-1939-7554)..... 239

Schéma organisationnel simplifié d'un Conseil Phytosanitaire national congolais..... 239

- SCÉNARIOS ET EXERCICES..... 239

ANNEXES..... 242

1. Guide de Diagnostic de Terrain..... 242
   - A. Protocole d'Examen Systématique..... 242
   - B. Classification des Symptômes Visuels..... 243
   - C. Identification des Signes Pathogènes..... 244
   - D. Méthodologie de Prélèvement d'Échantillons..... 245
2. Fiches Techniques sur les Pesticides Homologués..... 246
   - A. Cyperméthrine..... 246
   - B. Mancozèbe..... 247
3. Modèles de Plan de Gestion Intégrée (GIR)..... 249
   - A. Fondements du Plan de GIR en Pathologie Forestière..... 249
   - B. Structure Type d'un Plan de GIR..... 250
   - C. Axes Stratégiques Opérationnels..... 251
4. Glossaire de la Pathologie Appliquée et de la Réglementation..... 252
   - A. Concepts Pathologiques Fondamentaux..... 252
   - B. Stratégies de Lutte et de Gestion Sanitaire..... 254
   - C. Terminologie Réglementaire (Contexte RDC)..... 255

PRÉLIMINAIRES

0.1. Introduction Générale au Cours

0.1.1. Objectif Pédagogique Fondamental

La pathologie forestière, en tant que discipline, dépasse le simple inventaire descriptif des maladies arboricoles. Elle vise à forger une compétence diagnostique systémique chez l'apprenant. L'étudiant doit acquérir la capacité d'analyser un écosystème forestier comme un ensemble complexe et interdépendant. Cette démarche scientifique articule l'observation rigoureuse des symptômes, l'identification précise des agents pathogènes et la compréhension des facteurs environnementaux prédisposants. Le but est de former un technicien capable d'interpréter les signes de faiblesse d'un peuplement avant même l'apparition d'une épidémie déclarée.

0.1.2. Approche Didactique Pragmatique

L'enseignement de ce cours privilégie une progression allant du symptôme visible à la cause sous-jacente. Chaque concept théorique est immédiatement ancré dans des cas concrets, observables depuis les forêts denses du bassin du Congo jusqu'aux savanes arborées du Kasaï. La finalité est de rendre l'étudiant opérationnel sur le terrain. Il doit être en mesure non seulement de nommer une maladie, mais surtout de proposer une stratégie de gestion phytosanitaire adaptée et durable. La mémorisation est subordonnée au raisonnement et à la capacité de prise de décision en contexte réel.

0.2. Compétences Visées

0.2.1. Maîtrise du diagnostic phytosanitaire

La formation vise à développer chez l'apprenant une capacité rigoureuse d'observation et de diagnostic. Au terme du cursus, celui-ci doit pouvoir différencier avec précision un symptôme (réaction de l'hôte, ex: chancre, flétrissement) d'un signe (structure visible du pathogène, ex: mycélium, fructification). Cette compétence fondamentale s'applique sur le terrain, depuis les pépinières du Kongo Central jusqu'aux plantations d'eucalyptus du Haut-Katanga, et constitue le prérequis à toute intervention.

0.2.2. Compréhension des cycles étiologiques et épidémiologiques

Au-delà du simple constat, l'élève doit analyser les interactions complexes du triptyque hôte-pathogène-environnement. Il expliquera la biologie des agents pathogènes majeurs (champignons, bactéries, nématodes) et modélisera leur dynamique de dissémination (épidémiologie) au sein d'un peuplement forestier ou d'une agroforêt. Cette analyse lui permettra de prédire les risques et d'identifier les points de rupture dans le cycle de la maladie.

0.2.3. Application des stratégies de lutte intégrée

L'objectif final est opérationnel. L'apprenant sélectionne et justifie les méthodes de gestion prophylactiques, culturales, biologiques et, en dernier recours, chimiques. Sa démarche privilégie systématiquement la durabilité économique et écologique. Il est capable d'élaborer un plan de gestion phytosanitaire pour une concession dans la Tshopo ou une coopérative agricole du Kasaï, en évaluant l'impact de chaque intervention.

0.3. Approche Pédagogique

La structure de ce manuel suit une logique pédagogique précise. Elle vise la maîtrise de compétences directement opérationnelles sur le terrain. L'enseignement de la pathologie forestière y est conçu comme une science de la décision, non comme une simple énumération taxinomique.

0.3.1. Articulation Théorie-Pratique

Chaque concept théorique est systématiquement couplé à ses implications pratiques. La description d'un agent pathogène, par exemple, s'accompagne de l'analyse de sa gestion sylvicole. Cette dualité prépare l'étudiant à transformer la connaissance scientifique en une action de gestionnaire efficace, capable de répondre aux défis concrets rencontrés en plantation ou en forêt naturelle.

0.3.2. Ancrage Écosystémique Congolais

L'ensemble des cas d'étude et des exemples est puisé dans les réalités biogéographiques de la RDC. Les problématiques des forêts claires du Grand Katanga, des peuplements de Mayumbe au Kongo Central ou des forêts denses humides du bassin (Équateur, Tshopo) sont traitées avec une spécificité locale. L'approche favorise l'identification des syndromes pathologiques propres à ces écosystèmes variés.

0.3.3. Compétence Diagnostique et Décisionnelle

Le parcours didactique est construit sur la résolution de problèmes. Il privilégie le raisonnement hypothético-déductif, de l'observation des symptômes à la formulation d'un diagnostic et à la recommandation d'une stratégie d'intervention. La finalité est de former des praticiens autonomes, capables d'établir un diagnostic phytosanitaire fiable et de proposer des solutions de gestion adaptées et durables.

0.4. Matrice d'Évaluation

0.4.1. Finalités Pédagogiques

La compétence terminale visée est la capacité de l'apprenant à poser un diagnostic phytosanitaire complet et à proposer une stratégie de gestion viable. L'évaluation transcende la simple restitution des connaissances. Elle mesure l'aptitude à mobiliser un raisonnement hypothético-déductif en situation réelle ou simulée, propre au contexte forestier congolais. Chaque évaluation, qu'elle soit formative ou sommative, est donc construite pour vérifier l'intégration des savoirs théoriques dans une démarche pratique et analytique. La réussite atteste d'une autonomie professionnelle dans l'identification et la gestion des pathologies forestières.

0.4.2. Axes et Pondération

L'évaluation des compétences s'organise selon trois axes pondérés, reflétant les exigences du métier de technicien supérieur en agroforesterie.

- **Axe 1 : Maîtrise des savoirs fondamentaux (40%).** Cet axe vérifie la connaissance précise de l'étiologie des maladies, la symptomatologie, les cycles de développement des agents pathogènes (champignons, bactéries, virus, nématodes) et les facteurs environnementaux favorisants.
- **Axe 2 : Compétences techniques et procédurales (30%).** Il s'agit ici d'évaluer la maîtrise des protocoles de prélèvement sur le terrain (échantillons de sol, de feuilles, de bois), l'utilisation correcte du matériel de laboratoire de base et l'application des clés de détermination.
- **Axe 3 : Capacité d'analyse et de synthèse (30%).** Cet axe mesure l'aptitude à interpréter un ensemble de symptômes, à

formuler des hypothèses diagnostiques, à justifier le choix d'une méthode de lutte (prophylactique, chimique, biologique) et à estimer son impact socio-économique et environnemental.

Partie 1. Diagnostic et Épidémiologie Appliquée

a. L'art de l'enquête pathologique

Le diagnostic forestier est une véritable enquête scientifique. Son but est d'identifier avec certitude la cause d'une maladie. Un agent pathogène, un insecte ou une carence du sol peut être le coupable. Cette identification précise est la première étape indispensable avant toute intervention. Sans un bon diagnostic, un traitement appliqué à l'aveugle peut aggraver la situation ou simplement coûter cher pour rien.

b. Lire les signes sur l'arbre

Un arbre malade communique sa souffrance par des symptômes visibles. Des feuilles qui jaunissent prématurément dans une plantation du Kwilu, des taches anormales sur l'écorce d'un limba, ou des chancres qui suintent sont des messages clairs. L'œil de l'agroforestier apprend à décoder ces signes. Chaque symptôme est un indice qui oriente le diagnostic et permet de distinguer une attaque fongique d'un stress hydrique.

c. De l'arbre à la forêt : la science de la contagion

L'épidémiologie forestière change ensuite d'échelle. Elle ne s'intéresse plus à un seul arbre malade, mais à la dynamique de la maladie dans toute la population. Son étude analyse la vitesse de propagation, les facteurs favorisant la contagion (vent, pluie, insectes) et la distribution des arbres touchés. Comprendre cette dynamique est vital pour anticiper une catastrophe dans une concession de la Province Orientale.

d. L'objectif final : protéger et prévoir

Le diagnostic et l'épidémiologie ne sont pas des disciplines théoriques. Leurs applications sont directes, pratiques et économiques. Elles permettent de bâtir des stratégies de lutte efficaces : mise en quarantaine, traitements ciblés ou sélection d'essences plus résistantes. L'enjeu est de sécuriser les ressources forestières, de la plantation d'eucalyptus au Kongo Central à la gestion durable des forêts naturelles du pays.

Chapitre 1. Le Diagnostic Approfondi en Santé des Forêts

1.1. La Démarche du Diagnostic Différentiel

a. L'esprit de l'enquêteur forestier

Pendant des siècles, dans les villages du Kasaï comme sur les plateaux du Bateke, les anciens observaient un arbre malade. Ils savaient qu'un jaunissement des feuilles pouvait signifier un manque d'eau, une attaque d'insectes ou un sol appauvri. Ils éliminaient les causes les moins probables pour identifier la véritable raison du mal.

Cette approche logique est l'ancêtre du diagnostic différentiel. La méthode est devenue scientifique, mais le principe reste identique. Il s'agit d'une enquête méthodique pour identifier un coupable parmi plusieurs suspects, en se basant sur des preuves et non sur une première impression.

A. Les Causes Possibles : Biotiques contre Abiotiques

Un symptôme unique peut avoir de multiples origines. Le travail du pathologiste commence par lister toutes les causes potentielles. Ces dernières se classent en deux grandes familles.

- **Les agents biotiques** : Ce sont les causes vivantes.
  - Champignons pathogènes
  - Bactéries
  - Virus
  - Insectes ravageurs
  - Nématodes
- **Les facteurs abiotiques** : Ce sont les causes non-vivantes, liées à l'environnement.
  - Carences ou excès en nutriments
  - Sécheresse ou inondation
  - Températures extrêmes (gel, canicule)
  - Compaction du sol
  - Pollution de l'air ou du sol (phytotoxicité)

La démarche différentielle exige de ne privilégier aucune piste au départ. Une chlorose (jaunissement) peut être une carence en fer (abiotique) ou l'attaque d'un champignon racinaire (biotique) qui empêche l'absorption du fer.

B. Le Processus Logique d'Élimination

Appliquer la méthode différentielle suit une séquence d'étapes rigoureuses. Sauter une étape conduit souvent à une erreur de diagnostic coûteuse.

1. **Observation et Identification** : L'examen initial identifie l'espèce de l'arbre et décrit précisément les symptômes. Où sont-ils ? (feuilles, tronc, racines). Comment sont-ils répartis sur l'arbre et dans la parcelle ? Une répartition uniforme suggère un facteur abiotique (ex: carence du sol). Une répartition en foyers suggère un agent biotique contagieux.

2. **Anamnèse du Site** : Il s'agit de reconstituer l'historique du lieu. Quelles ont été les conditions météo récentes ? Y a-t-il eu des travaux de terrassement ? Des produits chimiques ont-ils été appliqués ? L'historique du site fournit des indices cruciaux.

3. **Formulation des Hypothèses** : Sur la base des points 1 et 2, une liste d'agents pathogènes et/ou de facteurs abiotiques probables est dressée. Ce sont les "suspects".

4. **Tests et Élimination** : Chaque hypothèse est confrontée à la réalité. On cherche des signes spécifiques pour confirmer ou infirmer une piste. L'absence de mycélium sur les racines peut écarter l'hypothèse d'un Armillaire. La présence de galeries sous l'écorce confirme une attaque de scolytes. Parfois, une analyse en laboratoire est nécessaire.

5. **Conclusion du Diagnostic** : L'hypothèse qui résiste à toutes les tentatives d'élimination et qui explique le mieux l'ensemble des symptômes et des signes est retenue comme la cause la plus probable.

---

b. Scénarios et Exercices

Papa Mbuyi, gestionnaire d'une jeune plantation de tecks près de Kikwit dans la province du Kwilu, était désespéré. Ses arbres perdaient leurs feuilles et présentaient des signes de dépérissement. Persuadé qu'il s'agissait d'une carence en nutriments, il a investi massivement dans l'achat d'engrais azoté. Contre toute attente, l'état de la plantation a empiré rapidement. Un jeune technicien forestier, fraîchement sorti de l'IFA de Yangambi, est venu évaluer la situation. Au lieu de regarder uniquement le feuillage, il a examiné le collet et

les racines des plants. Le diagnostic fut sans appel : une pourriture racinaire causée par un champignon, favorisée par un mauvais drainage du sol. L'engrais avait simplement "poussé" les arbres malades vers une mort plus rapide.

Exercice 1 : Le Manguier Triste du Kongo Central

Énoncé : Mama Ngalula, qui vit à Boma, observe que son manguier planté en bordure de parcelle dépérit. Les feuilles situées du côté de la route goudronnée sont jaunes et semblent brûlées sur les bords. Les feuilles du côté opposé, tournées vers l'intérieur de sa cour, sont parfaitement vertes et saines. Hypothèses : 1. Une maladie fongique (un champignon). 2. Une phytotoxicité due à la pollution routière.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser la distribution des symptômes** Les symptômes sont strictement localisés sur une seule face de l'arbre, celle qui est exposée à la route. Le reste de l'arbre est sain.
2. **Étape 2 : Évaluer les hypothèses** Une maladie fongique (agent biotique) a tendance à se propager. Elle apparaîtrait d'abord en foyers, puis s'étendrait de manière plus ou moins aléatoire sur l'ensemble de la couronne. La distribution très asymétrique des symptômes ne correspond pas à ce modèle. En revanche, un facteur abiotique comme la pollution (gaz d'échappement, poussières) affecte directement la partie exposée.
3. **Étape 3 : Conclure le diagnostic différentiel** La pollution routière (facteur abiotique) est la cause la plus probable du dépérissement. L'hypothèse de la maladie fongique est écartée en raison de la répartition très spécifique des dégâts.

Exercice 2 : Le Mystère des Eucalyptus du Kasaï

Énoncé : Un technicien forestier inspecte une parcelle de reboisement d'eucalyptus près de Kananga. Il note une croissance faible sur de nombreux arbres et une coloration pourpre anormale des feuilles. Le sol de la région est connu pour être pauvre. Le technicien hésite entre deux causes : 1. Une carence sévère en phosphore (facteur abiotique, cause classique des feuilles pourpres). 2. Une infestation de psylles de l'eucalyptus (agent biotique), des insectes piqueurs-suceurs qui affaiblissent l'arbre.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Rechercher des signes spécifiques pour chaque hypothèse** Pour l'hypothèse de la carence, le symptôme (feuilles pourpres) est déjà un signe. Pour l'hypothèse des insectes, il faut activement rechercher les psylles ou leurs traces (miellat, fumagine, larves cireuses) sur la face inférieure des feuilles.
2. **Étape 2 : Confronter les hypothèses au contexte** Le contexte (anamnèse du site) est un sol pauvre. Cela rend l'hypothèse de la carence en phosphore très crédible. Cependant, un arbre affaibli par une carence est aussi plus susceptible d'être attaqué par des ravageurs. Les deux problèmes peuvent coexister.
3. **Étape 3 : Définir une action de vérification pour trancher** L'action la plus simple et immédiate est l'inspection minutieuse des feuilles à la recherche d'insectes.
   - Si des psylles sont massivement présents, ils sont au moins une cause contributive majeure.
   - Si aucun insecte n'est trouvé après un examen attentif de plusieurs arbres, l'hypothèse de la carence en phosphore devient quasi-certaine. L'étape suivante serait alors de confirmer par une analyse foliaire en laboratoire.

1.2. Les Techniques de Laboratoire pour l'Identification des Pathogènes

a. Du terrain au microscope

Même si l'œil d'un technicien forestier du Kwilu est aiguisé, certains ennemis de l'arbre restent invisibles. Un forestier expérimenté reconnaît une nécrose sur une feuille de *Terminalia superba*, mais il ne peut nommer le champignon exact sans aide technologique. Le diagnostic visuel atteint vite ses limites.

Le passage au laboratoire confirme les hypothèses du terrain. Cette étape transforme une suspicion en une identification formelle de l'agent pathogène. La précision est la clé d'un traitement efficace et ciblé, évitant l'usage inutile de produits chimiques.

A. L'Examen Microscopique Direct

L'observation au microscope est la première étape fondamentale. Elle offre une réponse rapide sur la nature du micro-organisme présent. Une coupe très fine

de tissu végétal malade (feuille, écorce, racine) est réalisée. Cette coupe est ensuite déposée sur une lame de verre.

Un colorant, comme le bleu de coton en lactophénol, est souvent ajouté. Le colorant met en évidence les structures fongiques (mycélium, spores) en les colorant en bleu vif. L'analyste peut alors déterminer si l'agent est un champignon, une bactérie ou un nématode, et parfois même identifier son genre.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 1 : Réf. IMG (0116-4515-3741)

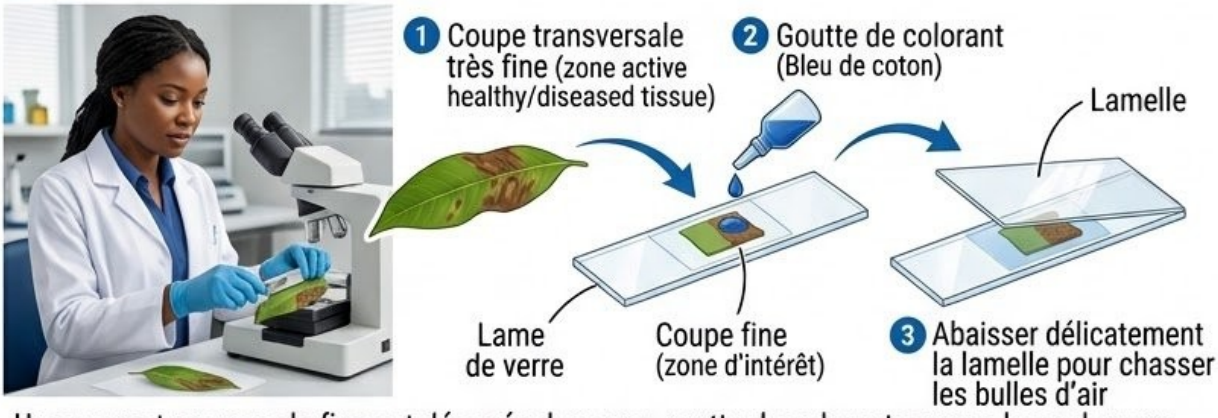
Observation de spores de champignon pathogène au microscope optique

a Le prélèvement



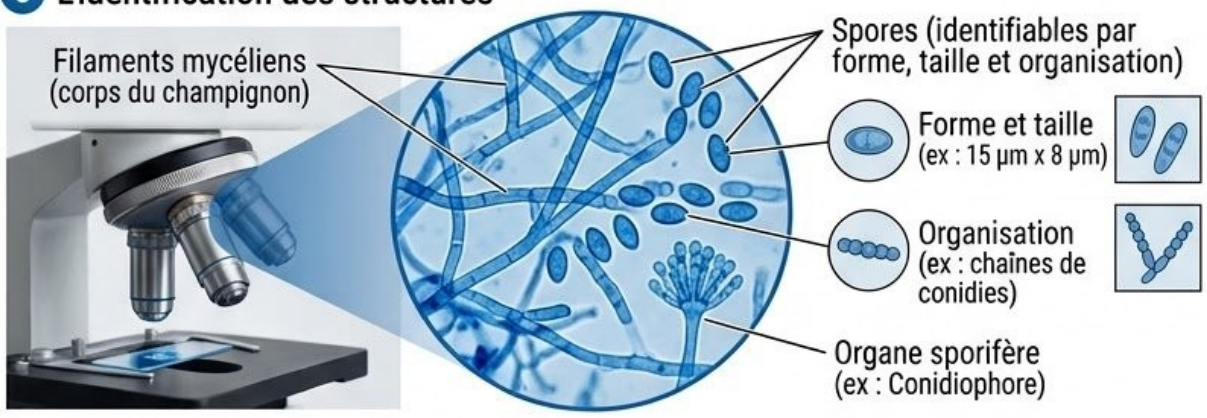
Un échantillon symptomatique est prélevé directement sur l'arbre.

b La préparation de la lame



Une coupe transversale fine est déposée dans une goutte de colorant sur une lame de verre.

c L'identification des structures



L'observation sous l'objectif révèle les structures microscopiques déterminantes.

Figure 1 : Réf. IMG (0116-4515-3741)

Observation de spores de champignon pathogène au microscope optique

a. Le prélèvement

Un échantillon symptomatique est prélevé directement sur l'arbre. Pour une maladie foliaire, on choisit une feuille présentant des taches ou des nécroses caractéristiques. L'échantillon est placé dans un sachet propre et étiqueté avec soin : date, lieu, espèce de l'arbre. Cette rigueur garantit la traçabilité et la pertinence de l'analyse. La fraîcheur de l'échantillon est cruciale pour la survie du pathogène.

b. La préparation de la lame

Au laboratoire, une coupe transversale très fine est effectuée à la frontière entre le tissu sain et le tissu malade. Cette zone est la plus active pour le pathogène. La coupe est déposée dans une goutte de colorant (bleu de coton) sur une lame de verre. Une lamelle est ensuite posée délicatement par-dessus pour chasser les bulles d'air.

c. L'identification des structures

L'observation sous l'objectif du microscope révèle les structures invisibles à l'œil nu. Le technicien recherche la présence de filaments mycéliens, qui forment le "corps" du champignon. Il identifie aussi la forme, la taille et l'organisation des spores, qui sont les "graines" du champignon. Ces éléments sont des indices déterminants pour l'identification de la famille ou du genre du pathogène.

B. L'Isolement et la Mise en Culture

Parfois, l'examen direct ne suffit pas. L'isolement du pathogène devient alors nécessaire. Cette technique consiste à faire pousser le micro-organisme seul, en dehors de son hôte, sur un milieu nutritif stérile. L'objectif est d'obtenir une "culture pure".

Des fragments de tissu malade sont désinfectés en surface pour éliminer les contaminants. Ils sont ensuite déposés dans une boîte de Petri contenant un milieu gélosé, souvent à base de pomme de terre et de dextrose (gélose PDA). La boîte est placée dans une étuve à température contrôlée. Après

quelques jours, le pathogène se développe sous la forme d'une colonie identifiable.

Figure 2 : Réf. IMG (9125-4501-5789)

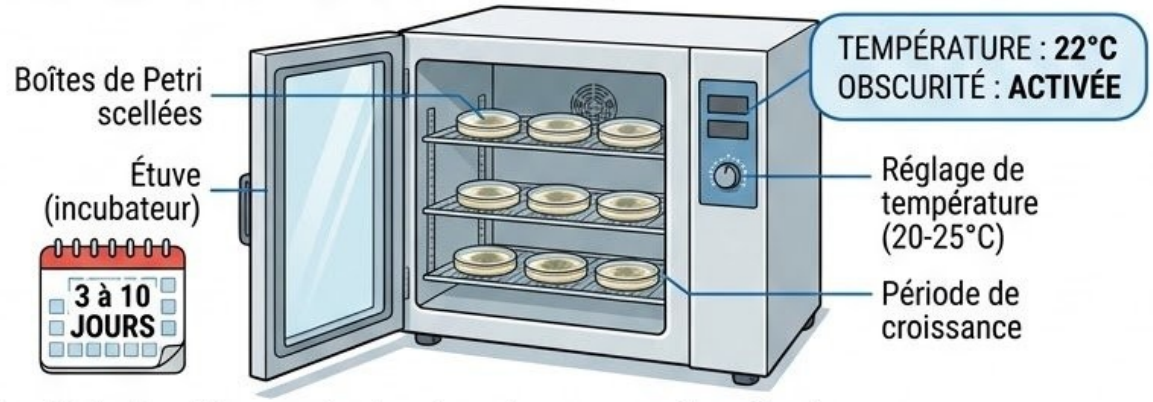
Culture pure d'un champignon pathogène sur une boîte de Petri

a. L'ensemencement stérile



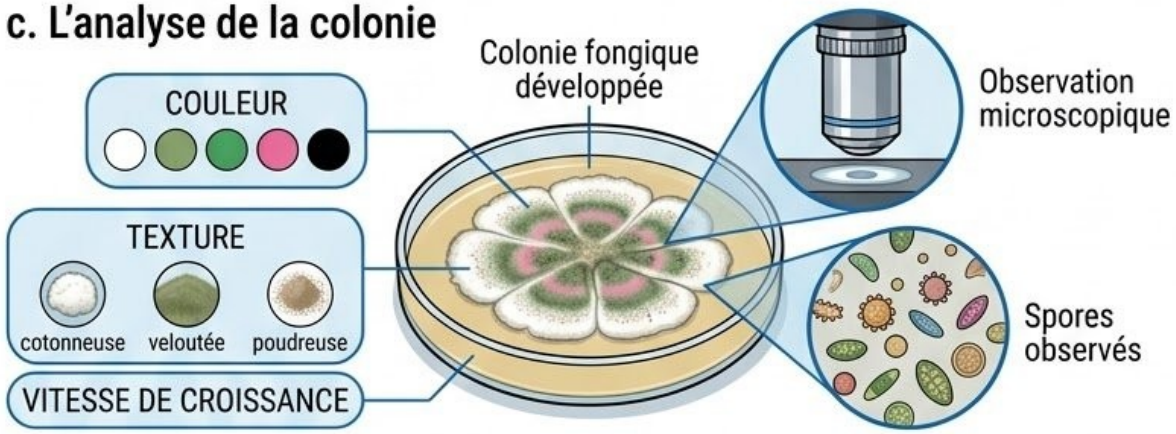
Synthèsis : Manipulation aseptique pour isoler le champignon sans contamination.

b. L'incubation contrôlée



Synthèsit : Conditions optimales de croissance pour le pathogène.

c. L'analyse de la colonie



Synthèse : Identification précise par caractéristiques macroscopiques et microscopiques.

Figure 2 : Réf. IMG (9125-4501-5789)

Culture pure d'un champignon pathogène sur une boîte de Petri

a. L'ensemencement stérile

La manipulation doit être aseptique pour éviter toute contamination par des microbes de l'air. Sous une hotte à flux laminaire ou près d'une flamme (bec Bunsen), de petits morceaux de tissu infecté sont prélevés avec une pince stérile. Ils sont ensuite délicatement déposés sur la surface de la gélose nutritive dans la boîte de Petri.

b. L'incubation contrôlée

Les boîtes de Petri sont ensuite scellées et placées dans une étuve. La température est généralement réglée entre 20 et 25°C, simulant des conditions idéales pour la croissance de nombreux champignons pathogènes forestiers. L'obscurité est aussi souvent requise. La durée d'incubation varie de 3 à 10 jours selon la vitesse de croissance de l'organisme.

c. L'analyse de la colonie

Une fois la culture développée, l'aspect de la colonie fournit des informations cruciales. Le technicien analyse sa couleur (blanche, verte, rose, noire), sa texture (cotonneuse, veloutée, poudreuse) et sa vitesse de croissance. Ces caractéristiques macroscopiques, combinées à une nouvelle observation microscopique des spores produites en culture, permettent une identification précise de l'espèce pathogène.

b. Scénarios et Exercices

Papa Bolingo, gestionnaire d'une concession forestière près de Kisangani, dans l'ancienne Province Orientale, était désespéré. Ses plus beaux arbres de Wengé (*Millettia laurentii*) perdaient leurs feuilles et présentaient des suintements sombres à la base du tronc. Les traitements habituels ne fonctionnaient pas. Il pensait à une malédiction ou à un problème de sol. Sur conseil d'un jeune ingénieur, il a envoyé des échantillons d'écorce et de racines au laboratoire de la faculté d'agronomie de l'UNIKIS. L'analyse a été sans appel. La mise en culture a révélé la présence d'un champignon racinaire agressif, *Armillaria mellea*, invisible en surface. Le diagnostic a permis de

changer de stratégie : abattage sanitaire des arbres atteints et isolement des zones infectées, sauvant ainsi le reste de la parcelle.

Exercice 1 : Le mystère des taches foliaires du Kasaï

Énoncé : Maman Hélène, une agroforestière près de Mbuji-Mayi, constate que ses manguiers sont couverts de taches noires qui s'agrandissent. Elle ne sait pas s'il s'agit d'un champignon ou d'une simple carence. Quelles sont les deux premières étapes logiques qu'un laboratoire effectuerait pour identifier la cause ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Examen microscopique direct** Une coupe de feuille au niveau d'une tache sera observée au microscope. L'objectif est de chercher la présence de structures fongiques (spores, conidiophores) pour confirmer ou infirmer rapidement l'hypothèse d'une maladie cryptogamique comme l'anthracnose.
2. **Étape 2 : Isolement et mise en culture** Des fragments de la lésion seront placés sur un milieu de culture PDA. Si un champignon est la cause, il se développera en une colonie pure après quelques jours d'incubation, permettant son identification formelle (par exemple, le genre *Colletotrichum*).

Exercice 2 : L'eucalyptus malade du Kongo Central

Énoncé : Jean, technicien dans une plantation d'eucalyptus près de Boma, prélève un échantillon d'écorce sur un chancre qui ronge le tronc d'un arbre. Le laboratoire lui retourne un rapport indiquant "Culture positive pour un champignon du genre *Botryosphaeria*". Quel était l'objectif principal de la mise en culture dans ce cas précis ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Isoler l'agent pathogène** Le but premier était de séparer le micro-organisme responsable du chancre de tous les autres microbes (bactéries, autres champignons) présents naturellement sur l'écorce. La mise en culture permet de faire "sortir" le coupable de la foule.
2. **Étape 2 : Confirmer la pathogénicité et permettre l'identification** En obtenant une culture pure, le laboratoire a pu confirmer que le champignon était bien l'agent causal de la maladie.