GUIDE

DE PRODUCTION DURABLE

COLEAD

HARICOT VERT (*PHASEOLUS VULGARIS*)

Financé par l'Union européenne

Le contenu et la conception de ce document ont été préparés par COLEAD dans le cadre du programme Fit for Market et Fit for Market plus financé par l'Union européenne (Fonds européen de développement - FED) et l'Organisation des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OEACP). Le COLEAD est seul responsable du contenu de cette publication, qui ne peut en aucun cas être considérée comme représentant la position officielle de l'Union européenne ou de l'OEACP. L'accès à ce guide de production agricole se fait à vos propres risques. Vous comprenez et acceptez que le guide vous est fourni « tel quel » et « tel que disponible ». Le COLEAD ou les donateurs ne font aucune déclaration ni garantie de quelque nature que ce soit concernant le contenu. Toute utilisation du contenu se fait aux propres risques des utilisateurs, qui sont seuls responsables de l'interprétation et de l'utilisation des informations fournies. Aucun conseil ni aucune information, qu'ils soient oraux ou écrits, obtenus du COLEAD, ne créeront de garantie non expressément formulée dans le présent document. Vous acceptez et reconnaissez que le COLEAD a le droit de modifier, d'améliorer ou d'interrompre tout ou partie de ce document à sa seule discrétion et sans préavis.

Le COLEAD est le détenteur des droits de propriété intellectuelle de cette publication. Son contenu peut être récupéré et téléchargé uniquement pour un usage personnel et ne peut être copié, modifié, publié, diffusé ou distribué de toute autre manière sans l'autorisation écrite préalable du COLEAD. Ces informations étant compilées à des fins éducatives uniquement, la publication peut contenir des éléments protégés par des droits d'auteur dont l'utilisation ultérieure n'est pas toujours expressément autorisée par le détenteur des droits d'auteur.

En termes de contenu technique, le présent document est destiné à être utilisé comme un guide uniquement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour fournir des informations complètes et précises au moment de la production, le rédacteur et l'éditeur n'acceptent aucune responsabilité en cas d'erreur, d'omission, d'inexactitude ou d'information périmée incluse dans le contenu, ou en cas de perte, dommage ou tout autre accident résultant de l'utilisation des informations et des produits qui y sont répertoriés. Les informations contenues dans le présent document sont celles disponibles au moment de la production. Il pourrait être nécessaire d'adapter ou de reconsidérer les informations présentées pour répondre aux conditions agro-écologiques locales spécifiques. Lors de l'utilisation, de la manipulation ou du stockage de tout produit agrochimique approuvé, il est essentiel de toujours lire et suivre les instructions figurant sur l'étiquette du produit. Toutefois, le COLEAD peut recommander des BPA pour les produits phytosanitaires qui diffèrent de l'étiquette du produit et qui ont été développées sur la base d'essais réalisés dans des conditions locales. Notez également que les recommandations de ce guide peuvent parfois être données en utilisant des unités de mesure différentes de celles utilisées sur l'étiquette d'un produit donné. Il faudra donc faire attention au calcul des doses.

CONTRIBUTIONS À CETTE PUBLICATION

Coordination/rédacteurs (COLEAD) : Alice Jacques, Edouard Lehmann, Pieterjan De Bauw
Auteurs (Hordesia) : Gilles Delhove, Simon Dioh
Mise en page et conception graphique : Géraldine Meeus (ALL STARK's PRODUCTION SRL)

COMMENT CITER

G. Delhove, S. Dioh, A. Jacques, E. Lehmann, P. De Bauw, 2023, Guide de Production Durable du Haricot Vert, COLEAD, Fit For Market Plus, Bruxelles, Belgique, 376p

Lien permanent pour citer ou partager cet article : https://resources.colead.link/fr/e-bibliotheque/guide-production-durable-lharicot-vert

Financé par l'Union européenne

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION À LA CULTURE DU HARICOT VERT . . . 1

1.1. DESCRIPTION DE LA PLANTE . . . 2
1.2. CLASSIFICATION DES HARICOTS . . . 4
1.3. CYCLE DE CULTURE . . . 6

2. EXIGENCES DE LA CULTURE . . . 9

2.1. CLIMAT . . . 10
2.1.1. TEMPÉRATURE DE L'AIR . . . 10
2.1.2. HUMIDITÉ RELATIVE . . . 11
2.1.3. VENT . . . 11
2.1.4. LUMIÈRE . . . 12
2.1.5. PLUIE . . . 12
2.2. EAU . . . 13
2.2.1. LES BESOINS QUANTITATIFS . . . 13
2.2.2. QUALITÉ DE L'EAU . . . 13
2.3. SOL . . . 15
2.3.1. TEXTURE . . . 15
2.3.2. STRUCTURE . . . 16
2.3.3. PROFONDEUR . . . 16
2.3.4. PH . . . 16
2.3.5. SALINITÉ . . . 16
2.3.6. ÉLÉMENTS TOXIQUES . . . 17
2.3.7. HUMIDITÉ DU SOL . . . 17
2.3.8. MATIÈRE ORGANIQUE . . . 17
2.4. NUTRITION . . . 18
2.4.1. BESOINS EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET OLIGO-ÉLÉMENTS . . . 19

3. CHOIX PRÉALABLES À LA PLANTATION . . . 27

3.1. CHOIX DE LA PARCELLE . . . 28
3.1.1. TYPE DE SOL . . . 28
3.1.2. TOPOGRAPHIE . . . 28
3.1.3. LOCALISATION . . . 28
3.1.4. PRÉCÉDENT CULTURAL . . . 28

3.2. MATÉRIEL VÉGÉTAL . . . 29
3.3. PÉRIODE DE CULTURE . . . 31
3.4. MODES DE SEMIS . . . 31
3.5. IRRIGATION . . . 33
3.5.1. LA SOURCE D'EAU . . . 33
3.5.2. L'EXHAURE DE L'EAU . . . 33
3.5.3. LE STOCKAGE DE L'EAU . . . 35
3.5.4. L'IRRIGATION PROPREMENT DITE . . . 35
3.6. ASSOCIATIONS DE CULTURES . . . 43
3.7. LA ROTATION DES CULTURES . . . 44

4. PRÉPARATION DE LA PARCELLE . . . 49

4.1. AMÉNAGEMENT DU TERRAIN . . . 50
4.2. GESTION DES ADVENTICES . . . 54
4.3. AMENDEMENTS ET FUMURES DE FOND . . . 55
4.4. TRAVAIL DU SOL . . . 58
4.5. STRUCTURES SPÉCIFIQUES . . . 59

5. PLANTATION . . . 63

5.1. PÉRIODE DE SEMIS . . . 64
5.2. DISPOSITIF DE SEMIS . . . 64
5.3. BESOIN EN SEMENCES . . . 69

6. ENTRETIEN DE LA CULTURE . . . 73

6.1. L'EAU . . . 74
6.1.1. L'IRRIGATION . . . 74
6.1.2. LE DRAINAGE . . . 76
6.2. TRAVAIL DU SOL . . . 76
6.3. GESTION DES ADVENTICES . . . 77
6.4. COUVERTURE VÉGÉTALE . . . 78
6.5. FERTILISATION . . . 78
6.6. POLLINISATION . . . 85
6.7. GESTION POST-RÉCOLTE DE LA PARCELLE . . . 85

7. GESTION DES RAVAGEURS ET MALADIES . . . 89

7.1. LA GESTION INTÉGRÉE DES BIOAGRESSEURS . . . 93

7.1.1. PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS DE L'ENVIRONNEMENT . . . 93
7.1.2. IDENTIFICATION DES BIOAGRESSEURS ET SURVEILLANCE . . . 93
7.1.3. UTILISATION ET PROMOTION DES ENNEMIS NATURELS DES BIOAGRESSEURS 99
7.1.4. PRATIQUES DE CULTURES ADAPTÉES . . . 100
7.1.5. UTILISATION RATIONNELLE DES PPPs . . . 107

7.2. PRINCIPAUX RAVAGEURS ET MALADIES . . . 113

7.2.1. RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RAVAGEURS ET MALADIES AFFECTANT LA CULTURE . . . 114
7.2.2. LES INSECTES . . . 117

7.2.2.1. MOUCHE DU HARICOT . . . 117
7.2.2.2. MOUCHE DES SEMIS . . . 125
7.2.2.3. PUCERONS . . . 134
7.2.2.4. MOUCHES BLANCHES (OU ALEURODES) . . . 144
7.2.2.5. MINEUSE DES FEUILLES . . . 157
7.2.2.6. THRIPS . . . 167
7.2.2.7. NOCTUELLE DE LA TOMATE . . . 178
7.2.2.8. FOREUSE DES GOUSSES OU PYRALE DU HARICOT . . . 189
7.2.2.9. CHENILLES LÉGIONNAIRES . . . 195
7.2.2.10. FAUSSE ARPENTEUSE DU CHOU . . . 208
7.2.2.11. ESPÈCES DU GENRE *MYLABRIS* . . . 212

7.2.3. LES ACARIENS . . . 215

7.2.3.1. ARAIGNÉES ROUGES OU TÉTRANYQUES TISSERANDS . . . 215

7.2.4. LES NÉMATODES . . . 228

7.2.4.1. NÉMATODES À GALLES . . . 228
7.2.4.2. NÉMATODES ENDOPARASITES MIGRATEURS . . . 242

7.2.5. LES MALADIES FONGIQUES . . . 246

7.2.5.1. FUSARIOSE DU COLLET, FUSARIOSE BASALE DU HARICOT, POURRIDIÉ SEC DU HARICOT, POURRITURE DES RACINES DU HARICOT . . . 246
7.2.5.2. NÉCROSE DES TIGES OU POURRITURE DE LA RACINE DU HARICOT . . . 254
7.2.5.3. FONTE DES SEMIS OU PIED NOIR OU POURRIDIÉ PYTHIEN . . . 260
7.2.5.4. FONTE DES SEMIS OU RHIZOCTONE BRUN . . . 266
7.2.5.5. POURRITURE DU COLLET, NÉCROSE DU COLLET . . . 274
7.2.5.6. ALTERNARIOSE . . . 280
7.2.5.7. *ANTHRACNOSE* DU HARICOT . . . 285
7.2.5.8. MALADIE DES TACHES ANGULAIRES DES FEUILLES . . . 292
7.2.5.9. ROUILLE BRUNE DU HARICOT . . . 298

7.2.6. LES MALADIES BACTÉRIENNES . . . 305

7.2.6.1. GRAISSE DU HARICOT OU BACTÉRIOSE À HALO . . . 305
7.2.6.2. BACTÉRIOSE COMMUNE . . . 312

7.3. PRINCIPAUX POINTS À RETENIR . . . 316
7.3.1. PRINCIPAUX BIOAGRESSEURS PAR STADE DE LA CULTURE . . . 316
7.3.2. RAPPEL DES PRINCIPALES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES FAVORABLES AUX ENNEMIS DES CULTURES . . . 321
7.3.2.1. LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES . . . 322
7.3.2.2. LE SOL . . . 323
7.3.3. LES PRINCIPALES BONNES PRATIQUES DE CULTURE CONTRIBUANT AU CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS . . . 324
7.3.3.1. LES CHOIX PRÉALABLES . . . 325
7.3.3.2. PRÉPARATION DE LA PARCELLE . . . 326
7.3.3.3. PLANTATION . . . 327
7.3.3.4. ENTRETIEN DE LA CULTURE . . . 328
7.3.4. LES STRATÉGIES D'APPLICATION DES PPPs . . . 330
7.3.5. LES PRINCIPAUX PRODUITS DE BIOCONTRÔLE . . . 332

8. RÉCOLTE . . . 335

9. POST-RÉCOLTE . . . 339

10. BIBLIOGRAPHIE . . . 343

11. ANNEXES . . . 347

ANNEXE 1 : ÉCHELLE BBCH COMPLÈTE . . . 348
ANNEXE 2 : EXEMPLES DE FICHES HEBDOMADAIRES ET DE SYNTHÈSE POUR LE SUIVI PHYTOSANITAIRE . . . 350
ANNEXE 3 : SUBSTANCES ACTIVES ET ARTHROPODES AUXILIAIRES RECOMMANDÉS . . . 352
ANNEXE 4 : TABLEAUX CONCERNANT LA SENSIBILITÉ DES AUXILIAIRES AUX PESTICIDES . . . 359
ANNEXE 5 : COMPLÉMENT D'INFORMATION SUR *ENCARSIA* . . . 370

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 — SCHÉMA D'UNE PLANTE DE HARICOT VERT NAIN . . . 2
FIGURE 2 — CYCLE DE CULTURE DU HARICOT VERT NAIN . . . 6
FIGURE 3 — SYNGENTA (2015). ILLUSTRATION DE L'ÉCHELLE BBCH POUR LES HARICOTS . . . 7
FIGURE 4 — SYMPTÔMES DE CARENCE EN POTASSE . . . 20
FIGURE 5 — SYMPTÔMES DE CARENCE EN MAGNÉSIUM . . . 21
FIGURE 6 — SYMPTÔMES DE COLORATION BRONZÉE . . . 22
FIGURE 7 — HARICOT SUR COUVERTURE VIVE DE KIKUYU (*PENNISETUM CLANDESTINUM*) . . . 32
FIGURE 8 — IRRIGATION À LA RAIE . . . 36
FIGURE 9 — IRRIGATION PAR ASPERSION . . . 37
FIGURE 10 — FRENCH BEAN RESIDUE TRIAL, NAIVASHA, KENYA. PLOT LAYOUT WITH MAIZE BORDER ROWS AND DRIP IRRIGATION LINES . . . 38
FIGURE 11 — SYSTÈME D'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE POUR PETIT PRODUCTEUR . . . 40
FIGURE 12 — CULTURE DE HARICOT VERT ALTERNÉE AVEC DES BANDES DE MAÏS SERVANT DE BRISE-VENT . . . 43
FIGURE 13 — DEUX MODES DE TUTEURAGE D'HARICOT GRIMPANT . . . 59
FIGURE 14 — SCHÉMA DE DISPOSITIF DE SEMIS EN IRRIGATION PAR GRAVITÉ . . . 65
FIGURE 15 — SCHÉMA DE DISPOSITIF DE SEMIS EN IRRIGATION PAR ASPERSION . . . 66
FIGURE 16 — SCHÉMA D'UN DISPOSITIF DE SEMIS EN IRRIGATION AU GOUTTE À GOUTTE . . . 67
FIGURE 17 — SCHÉMA DE SURVEILLANCE POUR LE HARICOT VERT . . . 96
FIGURE 18 — LARVE DANS UNE TIGE . . . 118
FIGURE 19 — ADULTE SUR UNE FEUILLE . . . 118
FIGURE 20 — TIGE DU HAUT ATTAQUÉE PAR LA LARVE DE LA MOUCHE DU HARICOT . . . 119
FIGURE 21 — CYCLE VITAL DE *DELIA PLATURA* SUR UNE ANNÉE AVEC LES DURÉES MOYENNES DE CHAQUE STADE DE DÉVELOPPEMENT . . . 126
FIGURE 22 — LES DIFFÉRENTS STADES DE L'INSECTE ET DES SYMPTÔMES . . . 127
FIGURE 23 — DOMMAGES CAUSÉS À UNE PLANTULE SUITE À L'ATTAQUE DE LA GRAINE 128
FIGURE 24 — DÉGÂTS SUR UNE JEUNE PLANTE DE HARICOT . . . 129
FIGURE 25 — COLONIE D'*APHIS FABAE* . . . 135
FIGURE 26 — COLONIE D'*APHIS CRACCIVORA* . . . 135
FIGURE 27 — FORTE ATTAQUE DU PUCERON NOIR DU HARICOT (*APHIS FABAE*) . . . 137
FIGURE 28 — *APHIDIUS SP.* . . . 141
FIGURE 29 — PUCERONS MOMIFIÉS . . . 142
FIGURE 30 — DURÉE DES STADES DE DÉVELOPPEMENT DE *BEMISIA TABACI* SUR TOMATE À 20°C . . . 145
FIGURE 31 — ŒUFS DE *TRIALEURODES* . . . 146
FIGURE 33 — PUPARIUM DE *BEMISIA TABACI* . . . 147
FIGURE 34 — *TRIALEURODES* . . . 147

FIGURE 35 — *BEMISIA* 148
FIGURE 36 — MOUCHE BLANCHE (*BEMISIA TABACI*) SUR FEUILLE DE HARICOT VERT . 149
FIGURE 37 — ADULTE D'*ENCARSIA* PONDANT UN ŒUF DANS UNE LARVE DE MOUCHE BLANCHE 154
FIGURE 38 — LES LARVES DE MOUCHE BLANCHE DEVIENNENT NOIRES QUAND ELLES SONT PARASITÉES PAR *ENCARSIA* 154
FIGURE 39 — CYCLE DE VIE DE LA MINEUSE DES FEUILLES 157
FIGURE 40 — LARVE DE *LIRIOMYZA TRIFOLII* 158
FIGURE 41 — PUPE DE *LIRIOMYZA* SP. 159
FIGURE 42 — ADULTE DE *LIRIOMYZA TRIFOLII* 159
FIGURE 43 — GALERIES SUR UNE FEUILLE DE HARICOT 160
FIGURE 44 — *DIGLYPUS* ADULTE 165
FIGURE 45 — CYCLE DE VIE DES THRIPS 167
FIGURE 46 — LARVE DE THRIPS *TABACI* 168
FIGURE 47 — ADULTES DE *FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS*: UN MÂLE (LE PLUS PETIT) ET DEUX FEMELLES 169
FIGURE 48 — DÉGÂTS DE PRISE DE NOURRITURE PAR LES THRIPS 170
FIGURE 49 — THRIPS SUR UNE FLEUR 170
FIGURE 50 — GOUSSES AVEC FORTE ATTAQUE 171
FIGURE 51 — *ORIUS* ADULTE SE NOURRISSANT DE JEUNES LARVES DE THRIPS 174
FIGURE 52 — CYCLE DE DÉVELOPPEMENT D'*HELICOVERPA ARMIGERA* 179
FIGURE 53 — CHENILLE D'*HELICOVERPA ARMIGERA* 180
FIGURE 54 — CHRYSALIDE D'*HELICOVERPA ARMIGERA* 181
FIGURE 55 — PAPILLON 181
FIGURE 56 — DÉGÂT SUR GOUSSE. PRÉSENCE DE DÉJECTIONS PRÈS DE LA CHENILLE 182
FIGURE 59 — CHENILLE SUR UNE FLEUR 191
FIGURE 60 — CYCLE DE DÉVELOPPEMENT DE *SPODOPTERA EXIGUA* 196
FIGURE 61 — AMAS D'ŒUFS 198
FIGURE 62 — CHENILLE 199
FIGURE 63 — PAPILLON 199
FIGURE 64 — AMAS D'ŒUFS 200
FIGURE 65 — CHENILLE 201
FIGURE 66 — PAPILLON 201
FIGURE 67 — DÉGÂTS MODÉRÉS SUR FEUILLE 202
FIGURE 68 — DÉGÂTS INTENSES SUR FEUILLE 203
FIGURE 69 — CHENILLE 209
FIGURE 70 — MYLABRE S'ATTAQUANT À UNE FLEUR 213
FIGURE 71 — CYCLE DE DÉVELOPPEMENT DE *TETRANYCHUS URTICAE* À 25°C, HR DE 55 À 85%, EN CULTURE DE ROSE 216
FIGURE 72 — ŒUFS, LARVES ET ADULTES 217
FIGURE 73 — SYMPTÔMES À LA FACE SUPÉRIEURE D'UNE FEUILLE 218
FIGURE 74 — TOILE TISSÉE PAR LES TÉTRANYQUES 219
FIGURE 75 — *PHYTOSEIULUS PERSIMILIS*. BIOBEST 223
FIGURE 76 — CYCLE DE VIE DES NÉMATODES À GALLES. 229
FIGURE 77 — GALLES DE *MELOIDOGYNE* SPP. SUR HARICOT TAMYA 231

FIGURE 78 — NODOSITÉ DE *RHIZOBIUM* SUR HARICOT 231
FIGURE 79 — FAIBLE CROISSANCE DE PLANTS ATTAQUÉS 232
FIGURE 80 — DÉGÂT DE *MELOIDOGYNE* SPP. DANS UNE PARCELLE DE HARICOT TAMYA ; SOCAS SÉNÉGAL. CHRISTIAN CHABRIER 232
FIGURE 81 — ECHELLE DE ZECK INDEXANT LES ATTAQUES DE NÉMATODES *MELOIDOGYNE* SUR LES RACINES DE PLANTES 234
FIGURE 82 — CYCLE INFECTIEUX DE *FUSARIUM SOLANI* 247
FIGURE 83 — JEUNE PLANT FLÉTRI ET DESSÉCHÉ 248
FIGURE 84 — SYMPTÔMES SUR JEUNES PLANTS 249
FIGURE 85 — PLANTULES DE HARICOT PRÉSENTANT DES LESIONS NOIRATRE SUR LA TIGE 256
FIGURE 86 — NÉCROSE SUR TIGE 256
FIGURE 87 — PLANTULES AVEC SYMPTÔMES 261
FIGURE 88 — MASSES BLANCHES ET DUVETEUSES SUR GOUSSES ATTEINTES DE POURRITURE AQUEUSE 262
FIGURE 89 — POURRITURE DU COLLET DE PLANTULES DE HARICOT CAUSÉE PAR CORTICIUM *ROLFSII* (À GAUCHE), ET PAR *RHIZOCTONIA SOLANI* (À DROITE) 267
FIGURE 90 — SYMPTÔMES SUR JEUNES PLANTS 268
FIGURE 91 — MALADIE DE LA TOILE SUR FEUILLES 268
FIGURE 92 — MALADIE DE LA TOILE SUR GOUSSES 269
FIGURE 93 — PLANTS PRÉSENTANT DES SCLÉROTES BRUNS SUR LA TIGE 275
FIGURE 94 — FLÉTRISSEMENT DE PLANTS 276
FIGURE 95 — SYMPTÔMES SUR FEUILLES ET GOUSSES 281
FIGURE 96 — SYMPTÔME SUR PÉTIOLE 286
FIGURE 97 — SYMPTÔME SUR NERVURES D'UNE FEUILLE 287
FIGURE 98 — SYMPTÔME SUR GOUSSE 287
FIGURE 99 — TACHES ANGULAIRES SUR FEUILLE (SOURCE IT DE BASE) 293
FIGURE 100 — TACHE SUR GOUSSE 294
FIGURE 101 — TACHES À LA FACE INFÉRIEURE ET SUPÉRIEURE DE FEUILLES 299
FIGURE 102 — FEUILLAGE FORTEMENT ATTAQUÉ 300
FIGURE 103 — TACHES DE ROUILLE SUR GOUSSE 300
FIGURE 104 — CHLOROSE ET LÉSIONS ISOLÉES 307
FIGURE 105 — SYMPÔMES SUR JEUNES FEUILLES 307
FIGURE 106 — TACHES GRAISSEUSES SUR GOUSSE 308
FIGURE 107 — DÉCOLORATION DE GRAINES ATTAQUÉES 313
FIGURE 108 — SYMPTÔMES SUR FEUILLE 314

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 — CLASSIFICATION DES HARICOTS 5
TABLEAU 2 — FACILITÉ DE LA CULTURE DU HARICOT VERT EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE 10
TABLEAU 3 — BILAN MOYEN DES EXPORTATIONS DU HARICOT VERT 18
TABLEAU 4 — LES PRINCIPALES VARIÉTÉS D'HARICOTS VERTS D'EXPORTATION AU KENYA ET AU SÉNÉGAL (CETTE LISTE N'EST PAS EXHAUSTIVE ET EST ÉVOLUTIVE CAR IL EST POSSIBLE QUE LES EXPORTATEURS UTILISENT D'AUTRES NOUVELLES VARIÉTÉS) 29
TABLEAU 5 — EXEMPLES DE PÉRIODES DE CULTURE DU HARICOT VERT DANS 3 PAYS . . 31
TABLEAU 6 — IMPACTS DU MODE D'IRRIGATION SUR LA CULTURE DU HARICOT 41
TABLEAU 7 — INFLUENCE DES MODES D'IRRIGATION SUR QUELQUES ENNEMIS DES CULTURES 42
TABLEAU 8 — POSITIONNEMENT DU HARICOT VERT DANS LE CADRE D'UNE ROTATION AVEC D'AUTRES CULTURES 44
TABLEAU 9 — ESSENCES UTILISÉES POUR LA RÉALISATION DE HAIES DE BRISE-VENTS ET DE PROTECTION 51
TABLEAU 10 — DOSES ET FRÉQUENCE D'IRRIGATION PAR ASPERSION EN LITRES/M² PAR JOUR SUIVANT LES DIFFÉRENTES PHASES DE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE DU HARICOT NAIN SUR SOL SABLONNEUX (CDH, SENEGAL) . . . 76
TABLEAU 11 — EXEMPLES DES PRINCIPES SCIENTIFIQUES CLEFS DU 4B (BONNES) ET PRATIQUES ASSOCIÉES 80
TABLEAU 12 — POSSIBILITÉS DE CORRECTION DES PRINCIPALES CARENCES 83
TABLEAU 13 — EXEMPLES DE FERTILISATION 84
TABLEAU 14 — TABLEAU SYNOPTIQUE DES MÉTHODES DE LUTTE CONTRE 10 BIOAGRESSEURS 91
TABLEAU 15 — BIOAGRESSEURS ET ENNEMIS NATURELS MENTIONNÉS DANS LA MÉTHODOLOGIE DE SURVEILLANCE 94
TABLEAU 1 — PRINCIPAUX BIOAGRESSEURS ET NIVEAUX D'IMPACT AUX DIFFÉRENTS STADES DE LA CULTURE 115
TABLEAU 17 — PRINCIPAUX BIOAGRESSEURS ET TYPES D'IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ DE LA RÉCOLTE 116
TABLEAU 18 — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES PUCERONS AU SÉNÉGAL - RADHORT (2012) 138
TABLEAU 19 — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE *BEMISIA TABACI* AU SÉNÉGAL - RADHORT (2012) 151
TABLEAU 20 — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE SPODOPETRA *EXIGUA* SU R CULTURES MARAICHÈRES AU SÉNÉGAL DANS LA ZONE DES NIAYES - RADHORT (2012) 204
TABLEAU 21 — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DES TÉTRANYQUES AU SÉNÉGAL SUR CULTURES MARAÎCHÈRES - RADHORT (2012) 220

TABLEAU 22 — DESCRIPTION DE L'ÉCHELLE DE ZECK ET REGROUPEMENT EN CLASSE SUITE AUX TRAVAUX DE GEDUBAT. (GIS PICLÉG - GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE POUR LA PRODUCTION INTÉGRÉE EN CULTURES LÉGUMIÈRES, 2018) . . 235
TABLEAU 23 — CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAVORABLES 322
TABLEAU 24 — CARACTÉRISTIQUES DU SOL FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DES BIOAGRESSEURS 323
TABLEAU 25 — PRATIQUES CULTURALES POUR LE CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS, À PRENDRE EN COMPTE LORS DES CHOIS PRÉALABLES 325
TABLEAU 26 — PRATIQUES CULTURALES POUR LE CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS ; À PRENDRE EN COMPTE LORS DE LA PRÉPARATION DE LA PARCELLE . . 326
TABLEAU 27 — PRATIQUES CULTURALES POUR LE CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS ; À PRENDRE EN COMPTE LORS DE LA PLANTATION 327
TABLEAU 28 — PRATIQUES CULTURALES POUR LE CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS ; À PRENDRE EN COMPTE PENDANT L'ENTRETIEN DE LA CULTURE 328
TABLEAU 29 — PÉRIODES DE CONTRÔLE CONTRE INSECTES ET ACARIENS 330
TABLEAU 30 — PÉRIODES DE CONTRÔLE CONTRE NÉMATODES, CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES 331
TABLEAU 31 — PRINCIPAUX PRODUITS DE BIOCONTRÔLE CONTRE LES INSECTES ET ACARIENS 332
TABLEAU 32 — PRINCIPAUX PRODUITS DE BIOCONTRÔLE CONTRE NÉMATODES, CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES 333
TABLEAU 33 — CLASSIFICATION DES CALIBRES EN FONCTION DU TYPE DE HARICOT VERT SOUHAITÉ 337

DIAGRAMME DU PROCESSUS DE PRODUCTION

ÉTAPES	INPUTS DU GUIDE	
CONNAÎTRE LES CARACTÉRISTIQUES DE LA PLANTE ET SON CYCLE DE DÉVELOPPEMENT	Description de la plante	
	Classification des haricots	
	Cycle de culture	
CONNAÎTRE LES EXIGENCES DE LA CULTURE	Climat	Température, humidité, vent, lumière, pluie
	Eau	Quantité et qualité
	Sol	Texture, structure, profondeur, pH, salinité, éléments toxiques, humidité, matière organique
	Nutrition	Fumure minérale
FAIRE DES CHOIX PRÉALABLES	Choix de la parcelle	Type de sol, topographie, localisation, précédent cultural
	Matériel végétal	
	Période de culture	
	Mode de semis	
	Irrigation	Source, exhaure, stockage de l'eau et irrigation
	Associations	
	Rotations	
PRÉPARER LA PARCELLE	Aménagement	
	Gestion des adventices	
	Amendements	
	Travail du sol	
	Structures spécifiques	
SEMER LA CULTURE	Période	
	Dispositif	
	Besoin en semences	
ENTRETENIR LA CULTURE	Gestion de l'eau	Irrigation et drainage
	Travail du sol	
	Gestion des adventices	
	Couverture végétale	
	Fertilisation	
	Pollinisation	
	Gestion des déchets post-récolte	

GÉRER LES BIOAGRESSEURS	Conditions favorables d'infestation	Pour chaque bioagresseur
		• Nom scientifique
		• Cycle de vie
		• Description/identification
		  • Autres plantes hôtes
		  • Description de l'organisme bioagresseur
		  • Stades de la culture affectés
		  • Symptômes et dégâts
		  • Impact sur le rendement et la qualité
		• Organisme de quarantaine
		• Conditions favorables à l'infestation
		• Surveillance
		• Contrôle par les bonnes pratiques de culture
		• Contrôle biologique
		• Contrôle à l'aide de Produits de Protection des Plantes
		• Autres méthodes de contrôle

	Identification et surveillance	
	Utilisation et promotion des ennemis naturels	
	Pratiques culturales adaptées	
	Utilisation rationnelle des PPPs	
RÉCOLTER	Qualité commerciale ; période et mode de récolte ; main d'œuvre	
GÉRER LA POST-RÉCOLTE AVANT CONDITIONNEMENT	Manipulation au champ et transport	

1

INTRODUCTION À LA CULTURE DU HARICOT VERT

1.1. DESCRIPTION DE LA PLANTE

Le haricot vert (ou haricot mangetout) est une plante annuelle dicotylédone, *Phaseolus vulgaris*, originaire de l'Amérique du Sud et appartenant à la famille botanique des Fabaceae (légumineuse ou papilionacée). La partie consommée est le fruit (gousse) au stade non encore mûr.

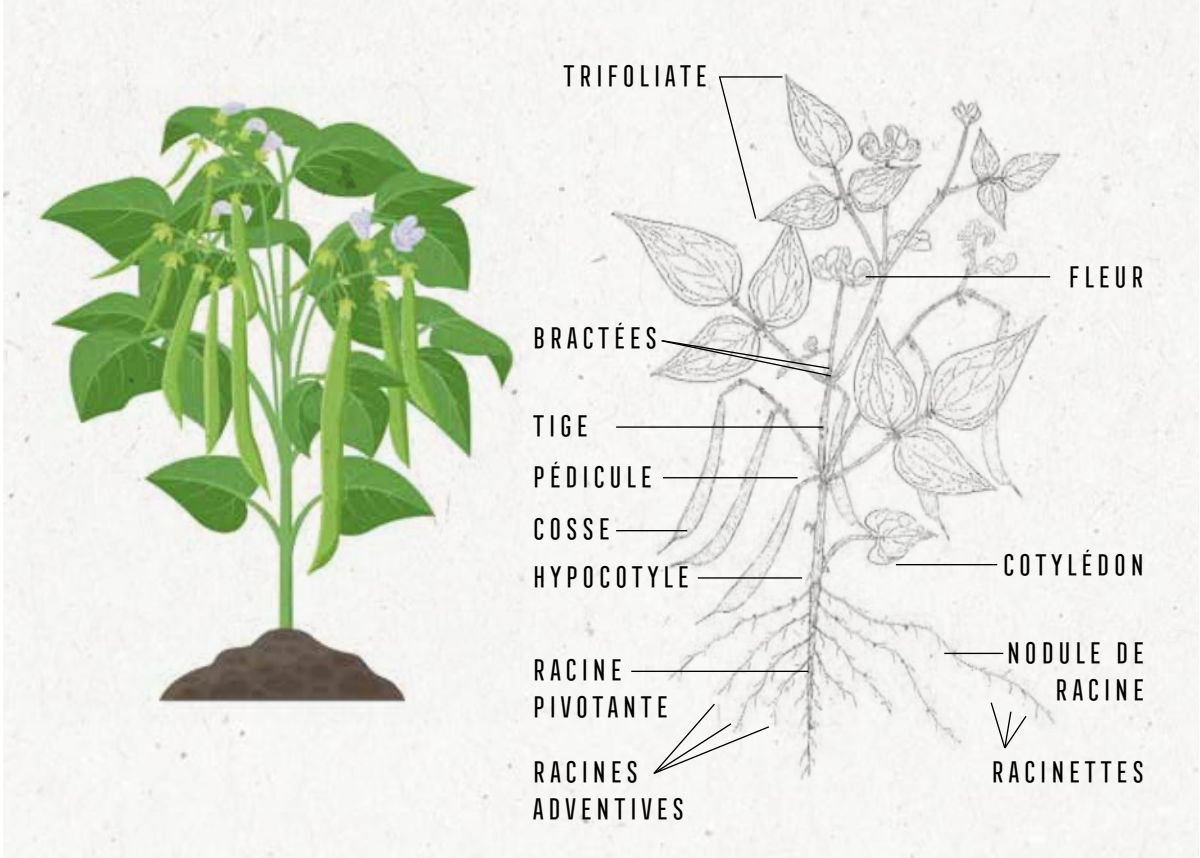


Figure 1 — Schéma d'une plante de haricot vert nain
http://34.250.91.188:8080/xmlui/handle/123456789/665

SYSTÈME RACINAIRE

La racine principale, racine pivot atteignant de 40 à 80 cm à maturité, est bien développée, avec de nombreuses racines latérales et adventives de 20 à 40 cm. Le système racinaire cesse de croitre lorsque les plantes atteignent le stade de la floraison et de formation des gousses. Sur les racines se forment dès les premières semaines de croissance des nodules (à ne pas confondre avec les galles de nématodes) contenant des bactéries *Rhizobium* fixatrices d'azote.

FEUILLAGE

Les feuilles sont alternes et trifoliées, après la première qui est simple ; les stipules triangulaires, petites ; les folioles ovales, basales asymétriques, apicales symétriques, entières, légèrement pubescentes, à trois nervures à partir de la base.

INFLORESCENCE

Elle est constituée de racèmes axillaires ou terminaux.

Les fleurs bisexuées, sont des papilionacées avec un pédicelle jusqu'à 1 cm de long, fin, avec des bractéoles ovales ; le calice campanulé avec un tube d'environ 3 mm de long, des lobes triangulaires, 2-3 mm de long ; la corolle blanche à pourpre pâle ou rouge-violet. Les fleurs de la partie inférieure se développent en premier, suivies de celles de la partie médiane et de celles de la partie supérieure.

FRUIT

Le fruit est une gousse verte linéaire de 12 à 16 cm de long, avec un diamètre de 4 à 8 mm selon les variétés, droite ou plus souvent courbée avec un bec proéminent, charnu et des graines à l'état immature.

1.2. CLASSIFICATION DES HARICOTS

La classification des types de haricot repose sur les éléments suivants.

LE MODE DE CROISSANCE

Sur la base des caractéristiques botaniques, les haricots sont classés en groupes selon la forme, les paramètres de croissance, le nombre de nœuds après la floraison, la hauteur et la forme de la plante :

- plante courte et déterminée ;
- plante courte indéterminée ;
- plante décombrante indéterminée ;
- plante grimpante indéterminée.

Le haricot nain présente une croissance déterminée, avec des entre-nœuds courts. Il atteint 40 à 60 cm de hauteur. Il est plus ou moins érigé et buissonnant, légèrement pubescent.

LA STRUCTURE DE LA GOUSSE

Elle dépend de la présence ou non de 2 éléments fibreux de la gousse, le fil et le parchemin. Le fil est constitué d'un cordon de fibres longitudinales se formant dans la zone des faisceaux conducteurs en situation ventrale et dorsale. Le parchemin est constitué de 3 à 4 lames scléreuses obliques tapissant la face interne de chaque valve de la gousse. Le fil et le parchemin apparaissent et se développent à un stade plus ou moins avancé du développement de la gousse, selon le type variétal.

Ces 2 éléments de la structure de la gousse interviennent dans le mécanisme de déhiscence des gousses à maturité complète.

LA COULEUR DE LA GOUSSE

La couleur de la gousse est soit verte (avec nuances) ou jaune (haricots beurres). Il existe aussi des variétés à gousses violettes, panachées ou marbrées de rouge.

LA FORME DE LA GOUSSE

Elle peut être plate (haricots plats), à section cylindrique ou ovale.

LA COULEUR DES GRAINES

Blanche, noire, brune, panachée, etc.

Ainsi sont identifiés différents types de haricots.

- Haricot filet : gousses avec fil et parchemin peuvent être consommées fraîche mais uniquement à un stade jeune, immature.
- Haricots mangetout (ou bobby) : gousses sans fil et à parchemin réduit pouvant être consommées à un stade plus avancé correspondant au début du développement des graines.
- Haricot à écosser : gousses avec fil et parchemin ne pouvant être consommées qu'en graine. Gousses de différentes couleurs avec graines matures sèches.

Tableau 1 — classification des haricots

CARACTÉRISTIQUES	TYPE VARIÉTAL	GOUSSE
FILET ET PARCHEMIN	Haricot filet classique	verte, parfois panachée violet
	Haricot à écosser	plate
PAS DE FIL ET PARCHEMIN RÉDUIT	Haricot filet mangetout (ou faux filet ou filet sans fil) Haricot plat beurre	type filet classique mais plus clair

1.3. CYCLE DE CULTURE

La durée entre le semis et la floraison ou la récolte varie beaucoup selon les variétés, les saisons ou les zones de production.

Grâce aux différentes altitudes et saisons des zones de production au Kenya, le haricot vert y est produit toute l'année. Par contre en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Burkina) particulièrement au Sénégal, sa production se situe durant la contre saison froide (mi-novembre à début mars en Senegal / de décembre à février a Burkina). Le climat doux qui sévit à cette période au Sénégal est marqué par des alizés marins en provenance de Sainte-Hélène, avec des températures autour de 25-30°C et une bonne humidité relative de l'air.

Les jeunes gousses issues de la floraison peuvent être récoltées 15-20 jours après la nouaison.

La récolte advient 48 à 55 jours après semis au Sénégal, par contre au Kenya, du fait de sa production possible sur différentes altitudes, les récoltes se font à partir de :

- semis + 60 jours à 1 500 m pour haricot fin ;
- semis + 40 jours à 1 500 m pour extra fin ;
- semis + 80 jours à 2 000 m.

La durée de la période de récolte dépend de la zone de production, de la variété et du type d'haricot (fin ou extra fin). La période de récolte peut durer de 10-15 jours à 20-30 jours respectivement pour les cultivars en buisson et grimpant. La récolte des gousses immatures induit une floraison prolongée.

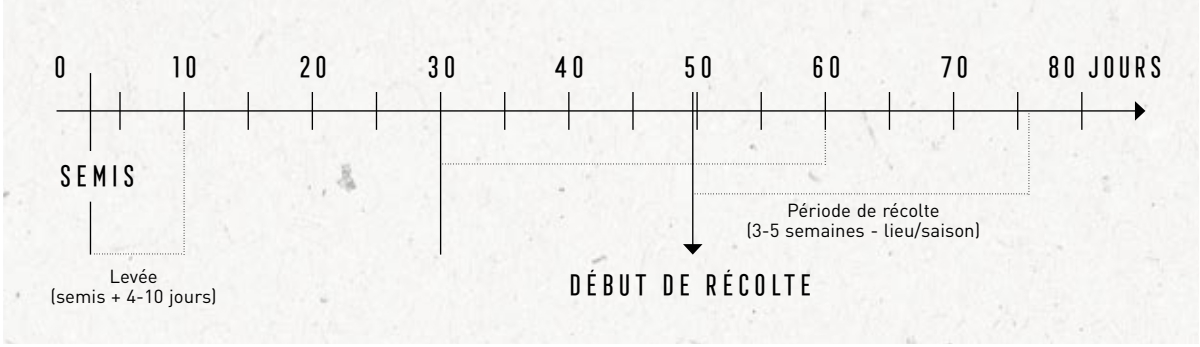


Figure 2 — COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert. Cycle de culture du haricot vert nain

Pour une harmonisation internationale de la caractérisation des stades phénologiques définissant les phases d'évolution du cycle du haricot, on se réfère à l'échelle BBCH.

Figure 3 — Syngenta (2015). Illustration de l'échelle BBCH pour les haricots.
https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/reglementation/dossier-bbch/article/echelle-bbch-haricot

Le BBCH permet de définir une échelle de repères universels correspondant aux stades phénologiques de la plante. Il permet de planifier sur une échelle de repères internationalement reconnus, les stades d'interventions pour des traitements et soins à apporter à la culture. Cette échelle de deux chiffres est basée sur quelques principes de base. Les stades principaux décrits sur une échelle qui va de 0 à 9, sont complétés par les stades secondaires qui s'échelonnent de 0 à 9 à l'intérieur d'un stade principal (Voir en annexe 1).

2

EXIGENCES DE LA CULTURE

Le haricot vert a plusieurs exigences pour un bon développement et une production optimale. Entre autres au niveau du climat, de l'eau, du sol et de sa nutrition.

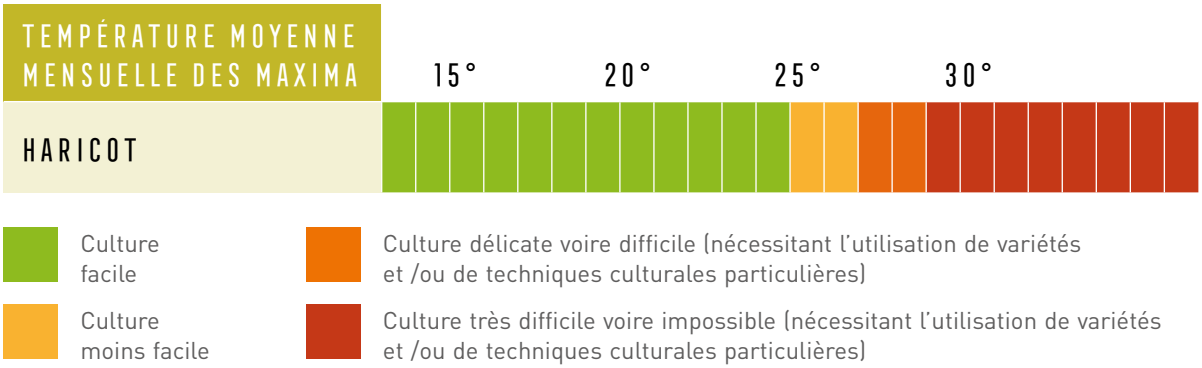
2.1. CLIMAT

Les facteurs climatiques favorables à la culture du haricot vert doivent correspondre à des exigences pour le meilleur déroulement du cycle de production. Les éléments du climat qui exercent une influence sur la production du haricot sont : la température, la lumière, le vent, les pluies et l'humidité de l'air et du sol.

2.1.1. TEMPÉRATURE DE L'AIR

La température de l'air joue un rôle très important dans les différentes phases de développement de la culture. Elle se manifeste par une croissance optimale, sinon difficile voire par l'arrêt de développement de la culture. Cela explique que la culture du haricot vert ne soit pas conseillée dans les zones dépassant des températures moyennes mensuelles maximales de 30°C durant les principales phases du cycle de production. Le haricot vert ne supporte pas les températures inférieures à 10°C et encore moins le gel.

Tableau 2 — Facilité de la culture du haricot vert en fonction de la température



Les températures optimales en fonction du stade du cycle de culture sont les suivantes.

TEMPÉRATURE À LA GERMINATION

- optimale entre 20°C et 25°C ;
- entre 25°C et 35°C, elle souffre de difficultés ;
- au-dessus de 35°C, arrêt.

TEMPÉRATURE LORS DU DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF

- optimale entre 15°C et 25°C ;
- au-dessus de 25°C, elle souffre de difficultés

TEMPÉRATURE À LA FLORAISON

— optimale entre 15°C et 25°C ;
— au-dessus de 30°C, le haricot est exposé à une coulure de fleurs et avortements.

TEMPÉRATURE À LA FRUCTIFICATION

— optimale entre 15°C et 30°C ;
— au-dessus de 30°C :
  - sur filet, il y a la formation précoce fil et parchemin
  - sur mangetout, la chute de jeunes gousses, l'apparition précoce du grain, la baisse de qualité, la perturbation des planifications de récolte.

2.1.2. HUMIDITÉ RELATIVE

L'humidité relative de l'air, et celle du sol, peuvent impacter sur les conditions de production pouvant favoriser des stress physiologiques, et le développement de certaines maladies.

— Si trop élevée (⩾90% jusqu'à 100% ou rosées), conditions favorables de transmission et développement de certaines maladies, liées à une gamme de température :
  - la rouille (16°C à 25°C et 10 à 18 h d'humectation) ;
  - la graisse (16°C à 24°C / 25°C) : le *Pseudomonas* sous humidité saturante (ne pas traverser les champs humides sous peine de dissémination).

— L'humidité de l'air a une influence sur l'efficacité du traitement de certaines maladies (soufre micronisé contre les acariens, plus elle est élevée, plus le produit est efficace).

2.1.3. VENT

Le haricot est une culture extrêmement sensible au vent.

Les dégâts mécaniques par frottements des organes végétatifs sur les gousses se traduisent par une baisse de qualité, constituent une porte d'entrée pour les maladies, ou donnent un feuillage abîmé qui affecte la photosynthèse.

Si le vent est chaud et s'il est porteur d'embruns salés, il y a une baisse de rendement.

Le vent impacte aussi négativement la qualité commerciale de la production. Les gousses en formation sont très sensibles au vent. Sous son effet, elles sont recourbées et crochues, et sont triées en écart ne répondant pas aux qualités commerciales définies par les importateurs et distributeurs. D'où une perte de produits commercialisables et de revenus.

Cependant une bonne aération du champ avec une bonne densité d'implantation et l'installation de brise-vents, une ventilation modérée et contrôlée sont nécessaires pour un bon développement du haricot vert. Elles permettent d'éviter des conditions d'humidité favorables à certaines maladies, et des dégâts mécaniques affectant la floraison et la qualité commerciale des gousses.

2.1.4. LUMIÈRE

En général, les cultures maraîchères, dont le haricot vert sont des cultures qui préfèrent le plein soleil.

Un éclairement insuffisant, lié à un ombrage excessif ou à une densité de semis inadaptée, est une condition favorisant un développement non optimal de la culture.

Le haricot a des besoins importants en lumière, pour une meilleure photosynthèse, pour éviter l'étiolement des plantes et la prolifération de certains ravageurs, comme la mouche mineuse, qui pullulent en zone ombragée. Il ne faut donc pas semer sous la frondaison des arbres.

La longueur du jour n'a pas d'impact sur la culture du haricot vert.

2.1.5. PLUIE

En Afrique de l'Est, au Kenya, la pluie et les températures des différentes altitudes permettent la production du haricot pendant toute l'année. Les pluies modérées et bien étalées dans le temps constituent des conditions favorables à la culture du haricot vert.

En Afrique subsaharienne, le haricot vert est produit durant la saison non pluvieuse particulièrement durant la contre saison froide où les températures sont favorables. Cette saison de production étant caractérisée par l'absence de pluie, par contre l'utilisation de l'irrigation pour satisfaire aux besoins en eau des cultures s'impose.

Les fortes pluies (l'irrigation par aspersion, pouvant être assimilée aux pluies) favorisent la dissémination de plusieurs maladies fongiques et bactériennes.

2.2. EAU

C'est un facteur limitant très important pour la production du haricot vert, spécialement en Afrique de l'Ouest, en zone soudano-sahélienne. Cela rend nécessaire l'irrigation du haricot vert cultivé en contre saison. En Afrique de l'Est (Kenya) la culture s'adapte grâce à l'étalement de la saison des pluies aux différentes conditions du climat, à différentes altitudes et dans les différentes zones du pays.

La quantité d'eau et la fréquence d'irrigation sont variables en fonction du type de sol (sablonneux, argileux, limoneux etc.), du stade de développement du haricot et des conditions climatiques de la zone de production.

Très souvent, la tendance des maraîchers est de trop arroser le haricot avec pour conséquence un gaspillage de l'eau et le développement important de plusieurs maladies.

2.2.1. LES BESOINS QUANTITATIFS

La production du haricot vert exige des quantités d'eau importantes.

Les besoins en eau du haricot vert se situent de façon croissante entre 3000 à 8000 m^3 par ha réel de culture selon le type de sol (argileux, argilo-limoneux, sablonneux). Le système d'irrigation influe beaucoup sur les consommation d'eau, Dans le cadre de la gestion des ressources naturelles, les systèmes d'irrigation les plus efficients (goutte à goutte) permettent de moindres consommations d'eau, une opportunité d'extension des superficies emblavées, une moindre pression liée aux soins culturaux.

Il est conseillé en culture irriguée de faire des apports réguliers d'eau.

À partir de la levée, il est indispensable de ne jamais mettre la plante en condition de stress hydrique. Les stades de levée et de floraison/formation des gousses sont particulièrement sensibles.

2.2.2. QUALITÉ DE L'EAU

L'eau d'irrigation doit être de bonne qualité.

LA SALINITÉ

Les cultures maraîchères réagissent différemment à la présence de sels dans l'eau d'irrigation ou dans le sol.

Le haricot vert est une culture très sensible au sel surtout en phase de germination et d'émergence. La salinité perturbe la nutrition et l'absorption d'eau par la plante. D'autre part, la salinité favorise des maladies telles que le *Rhizoctonia solani* et le *Fusarium* et cause des pertes de rendement.

La salinité de l'eau pose des sérieux problèmes dans plusieurs régions de production et plus particulièrement celles proches du littoral maritime.

Il est possible de reconnaître un problème de salinité de l'eau ou du sol, si, malgré l'apport des doses d'arrosage nécessaire et le respect des autres techniques culturales, les plantes poussent mal, restent chétives, flétrissent, montrent des brûlures des feuilles, produisent peu et donnent, éventuellement, de petites gousses.

En cas de doute, sur la qualité de l'eau d'irrigation en ce qui concerne la présence de sels, il faut faire analyser l'eau (mesure de la conductivité électrique). Pour cela, il faut prendre un échantillon représentatif de l'eau d'irrigation dans un récipient (bouteille) très propre, lavé soigneusement avec de l'eau douce et séché, avant utilisation.

Si la salinité de l'eau est due à la présence de sels de sodium, on risque des problèmes de perméabilité du sol, surtout dans les sols plus lourds. Un apport de phosphogypse (15 à 20 tonnes/ha) ou de thiosufate de calcium pourra améliorer la situation car, comme ils favorisent la lixiviation et le remplacement des sels indésirables.

Si on a un léger problème de salinité de l'eau d'irrigation, on observera les règles suivantes :

- Assurer une copieuse pré-irrigation du sol avant le semis ;
- Arroser plus souvent avec des petites doses et augmenter la dose totale d'irrigation sans créer des conditions d'asphyxie pour les racines ;
- Lutter contre l'évaporation de l'eau par les binages, le paillage, les brise-vent, etc. ;
- Améliorer la rétention de l'eau par le sol en apportant des matières organiques ;
- Choisir un système d'irrigation mieux adapté comme l'irrigation par aspersion ou par goutte à goutte (en assurant une irrigation régulière) au lieu de l'irrigation à la raie ;
- Assurer un bon lessivage du terrain (pluies, arrosage à l'eau douce) ;
- Mélanger, dans la mesure du possible, l'eau légèrement salée avec une eau douce (stockage des eaux des pluies de l'hivernage) ;

AUTRES CRITÈRES DE QUALITÉ

L'eau ne doit pas avoir non plus une trop forte teneur en Ca, Fe en Cl (le haricot est très sensible à la présence de chlore). Le passage de l'eau par un bassin de stockage ou de transit permettra d'obtenir une eau à température ambiante, déchlorée quand on utilise l'eau traitée des villes (cas du Sénégal pour certaines zones des Niayes).

Au point de vue phytosanitaire, les eaux les plus fiables sont les eaux souterraines à condition qu'il n'y ait pas de pollution par infiltration ou ruissellement. Les eaux de surface peuvent être contaminées par des germes bactériens ou fongiques pouvant causer des maladies aux plantes, et des contaminations aux récoltes.

2.3. SOL

Certaines conditions liées au sol (édaphiques) doivent être remplies pour obtenir un bon rendement.

2.3.1. TEXTURE

La texture du sol correspond à la répartition dans ce sol des minéraux par catégorie de grosseur (taille) indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Elle interagit sur la rétention ou la perméabilité des fluides dans un sol. La texture du sol impacte fortement sur la rétention, la distribution et la circulation de l'eau, de l'air et des éléments nutritifs. Elle a donc des répercussions sur la gestion de l'eau et de la fertilisation.

Le haricot vert s'accommode à des textures de sol très diverses. Il peut donner de bons résultats économiques mais préfère les terres fortes avec un bon pourcentage d'argile et de matières organiques. Les sols sablo-argileux et limono-sableux lui conviennent aussi.

Sont reprises ci-après les principales incidences de la texture du sol sur les conditions de production du haricot vert.

TEXTURE ARGILEUSE

- Ce type de sol, dit lourd, favorise par la faible perméabilité, un excès d'humidité provoquant le développement de maladies et réduisant la résistance des plantes.
- Par contre, il diminue le développement des nématodes ou d'autres parasites en limitant leur déplacement.
- Les *Fusarium* sont également défavorisé dans ces sols car il y a abondance d'antagonistes.
- Il favorise une plus grande fixation des éléments minéraux nutritifs dans le sol avec une moindre perte par lessivage ou percolation.

TEXTURE LIMONEUSE

- Un sol franchement limoneux, battant et asphyxiant est très défavorable à la germination (manque d'oxygène) et à la levée. En outre bien que riche en éléments nutritifs, la disponibilité de ces derniers peut être hypothéquée par différents types de blocage, la compaction empêchant la circulation des fluides.

TEXTURE SABLEUSE

- Elle est très favorable à la prolifération des nématodes et de la fusariose ; et aussi à des pertes d'éléments nutritifs, par les eaux de pluie, d'irrigation via la percolation, le lessivage.

TEXTURE ARGILO-SABLEUSE

- Elle est souvent caractérisée par des risques de contamination par le *Rhizoctonia*.

2.3.2. STRUCTURE

Le haricot demande un sol à structure homogène, stable et non soufflé (sol non creux) qui doit permettre un ressuyage rapide ; l'excès d'eau mène aux risques de pourriture des racines et du collet, et d'asphyxie lors de la germination.

La présence de sels dans le sol peut mener à la destruction de la structure de sol bien qu'aéré et suffisamment drainé.

2.3.3. PROFONDEUR

La profondeur du sol doit être suffisante (40 à 50 cm) afin de permettre un bon enracinement et le stockage des fluides du sol (eau et air), la mobilisation du stock d'éléments minéraux disponibles et nécessaire au développement de la plante.

2.3.4. PH

Le haricot est sensible à l'acidité du sol. L'acidité d'un sol, qui a une action sur la plante et l'assimilation des éléments nutritifs, est exprimée par le pH.

L'optimum du pH (H_2O) est entre 6,0 et 7,5.

- si pH < 6,0 : la culture du haricot est déconseillée car il induit une forte baisse de rendement, Il est possible d'améliorer les sols acides par un amendement calcaire, en apportant de la chaux (chaux magnésienne, chaux agricole, dolomie). Ceci s'appelle le chaulage.
- si pH > 7,5 il y a une lente baisse de rendement quand l'alcalinité augmente. Il est suggéré d'utiliser des engrais acidifiants, de tamponner le pH par incorporation de matière organique compostée.

2.3.5. SALINITÉ

Le haricot est sensible à la salinité dans le sol. Il est déjà sensible à partir d'une conductivité de 1 ms/cm, et subit alors une baisse de rendement.

Il est impératif d'éviter des sols salés et des eaux salines ; pour se faire fractionner les fertilisations sur des sols à faible Capacité d'Échange Cationique (CEC) pour éviter l'excès de sels.

Si on a un léger problème de salinité du sol, on pourra y remédier en observant les conseils suivants :

- ne pas utiliser des engrais qui contribuent à la salinité du sol (chlorure de potasse, nitrate d'ammoniaque) ;
- éviter les doses excessives d'engrais ainsi qu'un apport trop localisé sur les bandes de plantation et autour des pieds des plantes...) ;

— assurer un bon lessivage des sels du sol avec de l'eau douce (pluies, irrigation copieuse de lessivage avec une eau non salée) ;
— utiliser des matières organiques bien décomposées et pas trop fraîches.

2.3.6. ÉLÉMENTS TOXIQUES

Un excès de bore ou d'aluminium dans le sol est néfaste pour la culture du haricot.

2.3.7. HUMIDITÉ DU SOL

Si trop forte, elle devient un facteur favorable à certaines maladies telluriques, la pourriture des racines et du collet. Il faut que la parcelle de production ne soit pas sujette à inondation ou submersion, d'où l'attention particulière à apporter aux sols très argileux ou limono-argileux.

2.3.8. MATIÈRE ORGANIQUE

Outre leur apport en différents éléments nutritifs (éléments majeurs et mineurs), les matières organiques jouent un rôle très important dans l'amélioration de la structure du sol et sa capacité à retenir l'eau de l'irrigation et les engrais minéraux.

Un taux de matières organiques idéal se situe autour de 3 à 6%, dans un sol minéral, bien qu'il n'y ait pas de règle absolue. Un sable aura un taux plus faible, entre 3-4% alors qu'une argile peut maintenir un pourcentage plus élevé de l'ordre de 5 à 6%. La matière organique doit « tourner », c'est-à-dire se créer puis se décomposer pour bien jouer son rôle. (Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation, 2018).

2.4. NUTRITION

La nutrition du haricot durant son cycle de production est assurée par la fertilité du sol et la fertilisation conduite en vue de restituer les éléments du bilan des exportations en éléments majeurs (kg/ha) et micro éléments de la culture.

Tableau 3 — Bilan moyen des exportations du haricot vert

ÉLÉMENTS NUTRITIFS	AZOTE N	PHOSPHORE P_2O_5	POTASSE K_2O	CaO	MgO
QUANTITÉ EN KG/HA	50-100	50 à 100	100-200	130	10-30

Source : La culture du haricot nain au Sénégal. RADHORT. (2012).

Il faut prendre en considération les points suivants.

- La culture étant à cycle court, le haricot vert a besoin d'apports d'éléments nutritifs sous forme facilement assimilable.
- Le haricot vert peut développer des nodosités fixatrices d'azote (à ne pas confondre avec des galles dues aux nématodes) ce qui est un apport intéressant mais ne remplace pas la fertilisation minérale azotée.
- Il faut provisionner les éléments nutritifs minéraux compte tenu du bilan des exportations de la culture du haricot et de l'analyse du sol. Ceux-ci nous édifient sur les besoins de la culture en fonction des objectifs de rendements visés.
- L'excès ou la carence en certains éléments nutritifs influence le développement du haricot et de plusieurs ennemis de la culture.

Le haricot vert a besoin **d'éléments majeurs** (grandes quantités) comme le carbone (C), l'oxygène (O), l'hydrogène (H), l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le soufre (S), et **d'éléments mineurs** (petites quantités) **ou d'oligo-éléments** comme le bore (B), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le chlore (Cl), le zinc (Zn), etc.

La plante utilise le carbone, l'oxygène et l'hydrogène de l'air et de l'eau du sol mais les autres éléments doivent se trouver en solution dans le sol pour qu'elle puisse les utiliser. La présence et la disponibilité de ces éléments dans le sol en déterminent la richesse naturelle. Malheureusement la plupart des sols sont très pauvres en plusieurs de ces éléments. Il faut donc les apporter en quantités suffisantes pour permettre une bonne croissance et donc une bonne production des cultures.

Cet apport en éléments nutritifs ou la fumure des sols se fait avec des matières organiques et avec des engrais chimiques. Force est de constater que l'efficience d'une fertilisation minérale, est liée à la présence de la matière organique qui permet par les microorganismes qu'elle contient de favoriser la minéralisation et optimiser la fixation des éléments nutritifs minéraux. Pour la fertilisation de la culture, voir les points 4.3 et 6.5.

2.4.1. BESOINS EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET OLIGO-ÉLÉMENTS

AZOTE (N)

Il est un élément essentiel pour une bonne croissance des tiges et des feuilles, des plantes et leur donne une couleur vert foncé. Le manque de cet élément donne, des plantes peu développées avec un feuillage réduit de couleur pâle ou vert jaune.

Cependant, il faut éviter les excès d'azote car :

- cela induit à une moindre efficience de l'association symbiotique plante et bactéries azoto fixatrices ;
- cela provoque non seulement des accumulations en nitrates (toxique pour l'homme à trop forte concentration) dans les légumes, mais provoque aussi la coulure des fleurs, un retard de maturité et des problèmes de conservation ;
- cela rend la plante plus turgescente et plus attractive aux insectes et aux acariens, et plus sensible à la majorité des maladies foliaires.

PHOSPHORE (P_2O_5)

Il assure un bon développement des plantes, surtout de leurs racines, et agit sur la maturité et la précocité des récoltes. Une carence en phosphore provoque un développement tardif, des feuilles vert-pâle, violacées ou bronzées, une maturation lente ainsi qu'un mauvais développement des gousses. Le phosphore améliore le goût des légumes-fruits ainsi que leur fermeté ; il améliore dans ce sens la tenue des gousses en post-récolte. Le magnésium est également souvent cité pour son effet sur la fermeté.

Le phosphore, bien que nécessaire en plus petites quantités, est capital pour la croissance de la plante. Les carences se manifestent par des colorations vert-foncé du limbe, un port érigé et le brunissement des feuilles âgées suivies de leur chute.

POTASSE (K_2O)

Elle conditionne la qualité de la gousse, favorise le transport des matières de réserve dans la plante, ainsi que le développement des racines. Elle accroît la résistance aux maladies et la tolérance à la sécheresse. C'est un élément d'équilibre et de santé.

La carence en cet élément s'observe d'abord sur les vieilles feuilles qui développent des taches brunes ou grises près de leur bord. Parfois on observe aussi des brûlures sur la bordure des feuilles.

Figure 4 — Symptômes de carence en potasse
https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/html/images/screenshot2018-09-26at33246pm.png

Cependant, utilisée sous forme de chlorure de potasse (KCl), elle a des effets négatifs sur les plantes sensibles au chlore tel le haricot. La potasse sous la forme de sulfate ou nitrate est plus appropriée pour le haricot, cependant ces formulations reviennent plus chers dans le budget de culture.

Si l'analyse de terre révèle une valeur très élevée en potasse, il faut en modérer les apports, voire les supprimer pour éviter une végétation exagérée du haricot. Il est à noter que 20% de l'engrais minéral se trouve dans les gousses.

Il ne faut donc pas en abuser sinon un développement trop vigoureux du feuillage entraînera des risques de maladies et de réduction de la production des gousses.

CALCIUM (CaO)

Il est très important pour la majorité des fruits et des légumes-fruits car il est un élément constitutif des parois membranaires des tissus et la survie du produit après-récolte est très souvent liée à sa teneur.

MAGNÉSIUM (MgO)

Les carences en MgO peuvent apparaître en sols acides, lessivés et sableux.

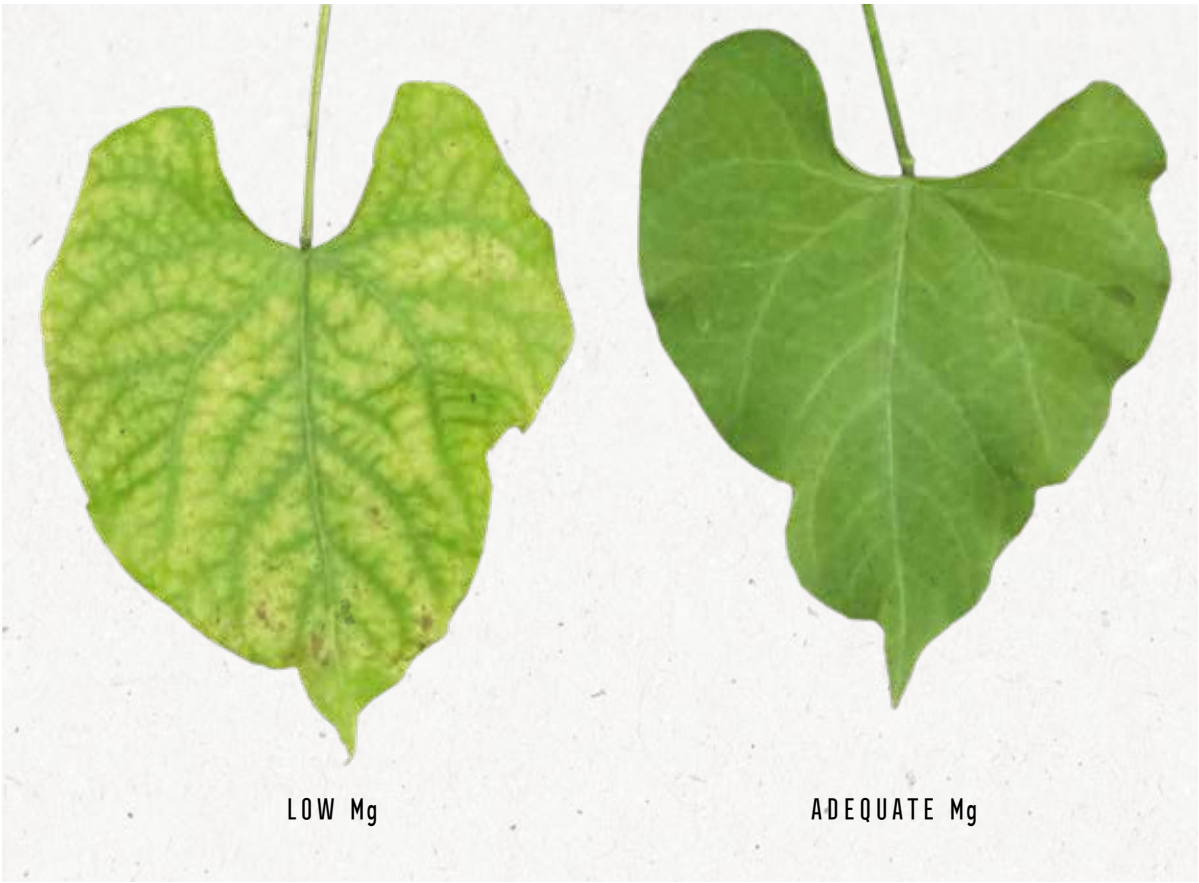


Figure 5 — Symptômes de carence en magnésium
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR1_W5Fbuek0sCklhXRFM8tZ8Ct3GS-nse_JOhH6dMaiBCbpoeJB4wZk_vWgC4VzdqSUiY&usqp=CAU

Un bas taux de Mg peut s'identifier par la déformation des feuilles, une coloration rouge bronzée, une décoloration des nervures.

Figure 6 — Symptômes de coloration bronzée
https://www.haifa-group.com/online-expert/deficiency-pro/mg-magnesium

OLIGO-ÉLÉMENTS

Pratiquement tous les oligo-éléments nécessaires à la croissance des plantes sont apportés par le fumier en quantités suffisantes. Cependant, dans des cas particuliers, il peut apparaître des carences induites par un blocage chimique ou microbiologique.

EXIGENCES DE LA CULTURE

À RETENIR POUR LES EXIGENCES DE LA CULTURE

CLIMAT

— **Température de l'air**

- Les moyennes mensuelles des maxima ne doivent pas dépasser 30°C
- À la germination les températures optimales sont de 20 à 25°C
- 15 à 25°C sont les températures optimales en phase végétative jusqu'à la floraison
- Au-dessus de 30°C la qualité des gousses devient moins bonne

— **Humidité**

- Une humidité relative ⩾90% n'est pas favorable à la culture du haricot vert

— **Vent**

- Le haricot est une culture extrêmement sensible au vent et particulièrement aux vents chauds et secs

— **Lumière**

- C'est une culture qui a besoin de beaucoup de lumière

— **Pluie**

- Les fortes pluies ne sont pas favorables à la culture du haricot vert

EAU

— **Besoins quantitatifs**

- La culture demande des quantités importantes d'eau (3000 à 8000 m^3 par hectare selon le type de sol et le climat)

— **Qualité de l'eau**

- Le haricot vert est une culture très sensible au sel surtout en phase de germination et d'émergence
- L'eau ne doit pas avoir non plus une trop forte teneur en Ca, Fe, Cl (le haricot est très sensible à la présence de chlore)

EXIGENCES DE LA CULTURE

SOL

- **Texture**
  - Le haricot vert s'accommode à des textures de sol très diverses du sol. Les sols sablo-argileux et limono-sableux lui convienne mieux
- **Structure**
  - Le haricot demande un sol à structure homogène, stable et non soufflé (sol non creux) qui doit permettre un ressuyage rapide
- **Profondeur**
  - Au moins 40 à 50 cm
- **pH**
  - L'optimum du pH (H_2O) est entre 6,0 et 7,5
- **Salinité**
  - Le haricot est sensible à la salinité dans le sol
- **Éléments toxiques**
  - Un excès de bore ou d'aluminium dans le sol est néfaste
- **Humidité du sol**
  - La parcelle de production ne doit pas être sujette à inondation ou submersion prolongée
- **Matière organique**
  - Un taux de matières organiques idéal se situe autour de 3 à 6%

EXIGENCES DE LA CULTURE

NUTRITION

- La culture étant à cycle court, le haricot vert a besoin d'apports d'éléments nutritifs sous forme facilement assimilable.
- Le haricot vert peut développer des nodosités fixatrices d'azote ce qui est un apport intéressant mais ne remplace pas la fertilisation minérale azotée.
- Il faut provisionner les éléments nutritifs minéraux compte tenu du bilan des exportations de la culture du haricot et de l'analyse du sol.
- L'excès ou la carence en certains éléments nutritifs influence le développement du haricot et de plusieurs ennemis de la culture.
- Éléménts minéraux
  - Azote : élément essentiel pour le développement végétatif,mais éviter les excès
  - Phosphore : important pour la croissance de la plante et la qualité des gousses
  - Potasse : donne vigueur au feuillage, aux racines et conditionne la qualité des gousses
  - Une bonne disponibilité en calcium, magnésium et oligo-éléments est également indispensable
- Cet apport en éléments nutritifs ou la fumure des sols se fait avec des matières organiques et avec des engrais chimiques.

3

CHOIX PRÉALABLES À LA PLANTATION

3.1. CHOIX DE LA PARCELLE

Le choix de la parcelle de culture constitue une étape importante pour une culture réussie du haricot.

Les principaux critères à prendre en compte pour le choix sont : le sol, la localisation et la topographie du site et le précédent cultural.

La surface de la parcelle sera fonction de la quantité d'eau dont on dispose, de la main-d'œuvre disponible et de l'investissement que l'on veut faire pour l'achat des moyens de production.

3.1.1. TYPE DE SOL

La parcelle doit posséder une bonne homogénéité quant à la nature du sol et au profil pédologique pour obtenir un stade de maturité identique au moment de la récolte.

Bien qu'il soit possible de cultiver le haricot vert sur plusieurs types de sols, il faut choisir, dans la mesure du possible, un sol qui réponde au mieux aux exigences de la culture.

3.1.2. TOPOGRAPHIE

Pour éviter l'érosion par le ruissellement de la pluie et des arrosages, le relief du terrain doit être le plus plat possible voir bien nivelé.

3.1.3. LOCALISATION

Les parcelles de culture doivent être bien exposées au soleil et protégées des vents forts, surtout de l'harmattan, vent chaud, sec et fort.

L'emplacement de la parcelle doit être pourvu, en Afrique occidentale, en zone soudano-sahélienne, d'une source d'eau pour l'irrigation, du fait de la longue saison sèche de la période de production du haricot.

En Afrique de l'Est (Kenya), les saisons du pays permettent une production profitant du climat (fraicheur et pluviométrie) durant toute l'année au regard de la variabilité du climat selon les localités et les altitudes.

3.1.4. PRÉCÉDENT CULTURAL

La rotation des cultures joue un rôle important dans la santé de la culture du haricot, qui est prédisposé au *Fusarium*, aux nématodes à galles, à d'autres ravageurs et maladies transmis par le sol. Les haricots ne doivent pas succéder à des cultures qui sont susceptibles d'abriter des ravageurs et des maladies qui attaquent les haricots (voir point 3.7. sur les rotations). Il importe en particulier d'éviter les cultures d'autres légumineuses.

3.2. MATÉRIEL VÉGÉTAL

Généralement les variétés commerciales exploitées, que ce soit au Kenya ou en Afrique de l'Ouest sont décidées ou fournies par les partenaires (exportateurs, importateurs).

Ces derniers, en fonction de l'attente des consommateurs, exigent des haricots avec des caractéristiques précises. Les exportateurs selon leurs marchés de destination et la période de production planifient la production avec des variétés testées et vulgarisées par l'encadrement de la culture.

Les pays de l'Afrique de l'Ouest (Sénégal, Burkina) se sont positionnés sur les variétés de type fins et Bobby pour leur meilleure adaptation aux conditions climatiques et une disponibilité de main d'œuvre formée. Par contre le Kenya se positionne sur le haricot extra fin, fin et filet avec un système d'encadrement, de récolte rapprochée et des délais d'évacuation très courts.

Certaines variétés (extra fin et très fin) exigent des passages de récolte toutes les vingt-quatre heures, d'où la nécessité d'une main d'œuvre nombreuse, disponible et bien formée.

Ces variétés sont très sensibles aux conditions climatiques (températures élevées), aux manipulations (le triage des gousses est pratiquement fait au niveau des champs) et les récoltes sont évacuées dans les plus brefs délais au niveau des stations de conditionnement.

Tableau 4 — Les principales variétés d'haricots verts d'exportation au Kenya et au Sénégal (cette liste n'est pas exhaustive et est évolutive car il est possible que les exportateurs utilisent d'autres nouvelles variétés)

TYPE/ VARIÉTÉ	MATURITÉ NB JOURS APPROX	RÉSISTANCE	POURCENTAGES DES CALIBRES			LONG CM
			6-8MM	8-9MM	9-10.5MM	
BOBBY						
Paulista		*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot *Pseudomonas* *Xathomonas* Thrips (tolérance)	30	60	10	13-14
Xera		*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot	40	60		13-14
Olivia		Mosaïque commune du haricot	20	60	20	13-14
RS1391		Mosaïque commune du haricot Rouille du haricot	10	50	40	13-14
RS1389		Mosaïque commune du haricot Rouille du haricot	20	60	20	13-14

TYPE/ VARIÉTÉ	MATURITÉ NB JOURS APPROX	RÉSISTANCE	POURCENTAGES DES CALIBRES			LONG CM
			6-8MM	8-9MM	9-10.5MM	
HARICOT FIN						
Amy	60	*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot Sensible à la rouille	70	30		10-12
Tanya	60	*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot *Pseudomonas* (tolérance)	60	40		11-12
Samantha	60	*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot	60-70	30-40		12-13
Teresa	60	*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot Rouille du haricot	60	40		13-14
RS1518	59	*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot	70	30		10.5-12.5
EXTRA FIN			**5-6.5 MM**	**6.5-8 MM**		
Julia		*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot	85	15		10-11
Lausanne		*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot	70	30		11-12
TYPE ROMANO					**LARGEUR**	
Emelia		*Anthracnose* Mosaïque commune du haricot *Pseudomonas*			18-22mm	Gousses plates 12-16 mm

Source : COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert

3.3. PÉRIODE DE CULTURE

En Afrique occidentale, le haricot vert est cultivé du mois d'octobre au mois de mars-avril, compte tenu la saison fraiche qui sévit à cette période.

En Afrique de l'Est, la production se fait toute l'année durant au regard des opportunités offertes par le climat

Tableau 5 — Exemples de périodes de culture du haricot vert dans 3 pays

MOIS N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SÉNÉGAL												
BURKINA												
KENYA												

(1à 12, étant les mois de janvier à décembre)

3.4. MODES DE SEMIS

Différents modes de semis sont utilisés selon les pays, le semis manuel n'est pratiquement plus adopté. Il y a une forte évolution vers la mécanisation du semis à travers des semoirs tractés par des animaux et des engins (motoculteurs et tracteurs) ; la motorisation des équipements augmente les possibilités et les étendues de production.

Le haricot vert est généralement semé en ACP sur un sol labouré et hersé. Le semis direct sans travail du sol sous couverture végétale (SCV) n'est pratiquement jamais pratiqué pour les cultures export. Cette technique présente pourtant plusieurs atouts :

- Beaucoup moins énergivore.
- Favorise le rétablissement des qualités biologiques, physiques voir même chimiques du sol, puisque celui-ci n'est pas remué.
- Les vers de terre, les champignons et les bactéries colonisent le sol, créant des réseaux et des canaux qui améliorent, à moyen terme, la structure du sol.
- Elle crée un sol en bonne santé : structure aérée, infiltration efficace de l'eau, bon taux de matières organiques.

L'implantation du semis direct en SCV nécessite cependant beaucoup de patience, puisque quelques années d'ajustements (de 3 à 5 ans) sont de rigueur. Il faut un peu de temps avant que l'activité microbienne fonctionne à son plein potentiel et que le sol s'aère un peu.

Le système SCV réduit de façon significative les opérations culturales. Cela se concrétise par une réduction majeure de la taille du parc de machinerie et du poids des équipements utilisés. Il est donc possible de réaliser des économies importantes.

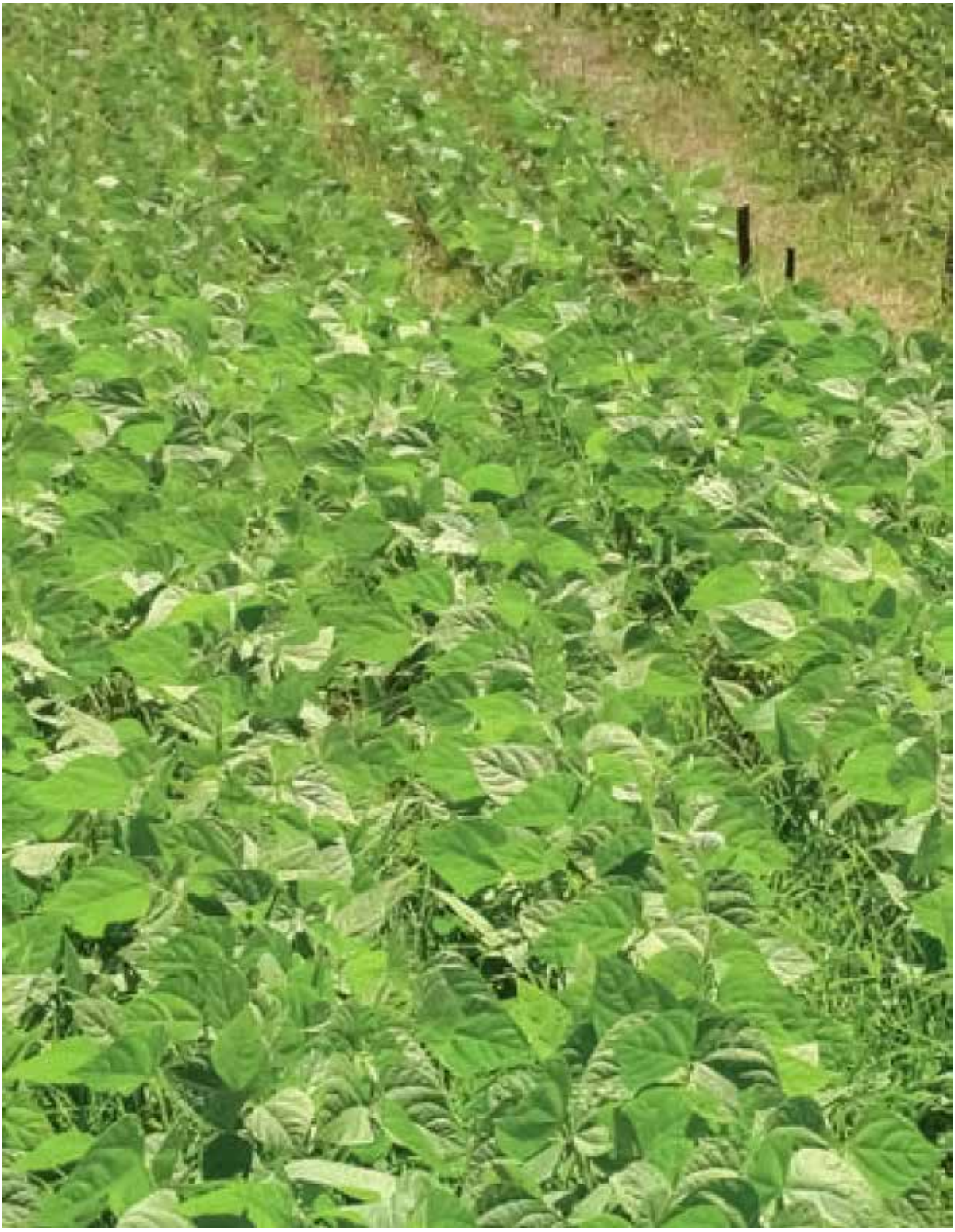


Figure 7 — Haricot sur couverture vive de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*).
Husson O, Séguy L, Charpentier H, Rakotondramanana, Michellon R, Raharison T *et al.* (2013).
Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV)

3.5. IRRIGATION

L'étendue des surfaces emblavées dépend de la source d'eau, du mode d'exhaure et du mode de distribution. Dans certaines zones, les périodes à faible humidité (pluviométrie) étant les plus favorables à la culture du haricot vert, il est souvent nécessaire d'avoir recours à l'irrigation pour obtenir de bons rendements et des gousses de qualité. Si la culture se fait pendant une saison des pluies, l'irrigation apportera les compléments en eau nécessaire pendant les périodes où il y a un déficit pluviométrique.

3.5.1. LA SOURCE D'EAU

L'eau d'irrigation peut provenir de l'eau de surface (lacs, fleuves, marigots,...) ou de l'eau souterraine (nappes aquifères superficielles ou profondes).

Dans certains pays, l'eau d'irrigation provient des bassins de rétention (Burkina, Sénégal). Au Sénégal par exemple, une partie des producteurs sont approvisionnés à partir d'un branchement sur la conduite du réseau national de distribution d'eau. Souvent, il existe alors un tarif maraîcher de cette eau avec des quotas pour son utilisation dans le maraîchage. De plus en plus, ces derniers sont déconnectés face à la forte demande hydrique des populations urbaines.

Dans le choix de la source d'eau, il faudra aussi vérifier que l'eau ne contient pas d'éléments minéraux toxiques pour le haricot, des germes pathogènes pour l'homme et qu'elle ne soit pas polluée par des éléments ou produits chimiques toxiques pour l'homme (métaux lourds (Pb,...), pesticides...). La pollution peut parvenir dans la source d'eau par infiltration ou ruissellement et est fréquente dans les grandes villes africaines sous-équipées en système d'épuration des eaux usées.

3.5.2. L'EXHAURE DE L'EAU

Il existe plusieurs systèmes pour l'exhaure de l'eau d'irrigation.

L'EXHAURE MANUELLE

Le plus souvent, il s'agit de l'exhaure manuelle avec des arrosoirs ou avec seau, corde et éventuellement poulie. Ce système d'exhaure demande beaucoup de travail de la part des paysans et donne des quantités d'eau relativement faibles qui ne permettent donc que de cultiver des surfaces limitées.

Parfois l'exhaure animale (âne, cheval, bœuf) permet d'augmenter les quantités d'eau puisées.

Ainsi l'approvisionnement pour les besoins d'eau dans les cuvettes maraichères se fait de moins en moins à partir de « céanes » (cuvettes de récupération des eaux des bas-fonds, de la nappe phréatique par excavation (3 à 7 mètres de profondeur).

Aujourd'hui dans la quasi-totalité des Niayes (au Sénégal, zones de dépressions dunaires), on s'approvisionne en eau à partir de points filtrants (10 à 15 m de profondeur) par fonçage manuel de tuyaux de pompage de 160 à 200 mm de diamètre) dans les sables de sédimentation.

Mais force est de reconnaître, avec l'évolution des conditions de travail, des exigences des BPA, des référentiels des importateurs, dans les zones périurbaines où se cultive le haricot, la tendance est à l'utilisation de la mécanisation et de la motorisation de l'irrigation pour alléger la main d'œuvre et emblaver de plus grandes superficies.

L'EXHAURE MÉCANIQUE

Elle se fait à l'aide de pompes. Il existe un très grand nombre de types de pompes et certaines caractéristiques comme le débit exprimé en m^3/heure et la hauteur d'élévation souhaités, etc., seront déterminantes lors du choix d'une pompe.

Les pompes peuvent être entraînées par traction manuelle ou animale (faibles débits), mais le plus souvent elles seront entraînées par des moteurs électriques ou à combustion interne (essence, gasoil). Il existe aussi des possibilités d'utilisation de l'énergie du vent (éolienne) et solaire pour le pompage.

L'exhaure mécanique nécessite des investissements de base parfois très importants et un bon entretien du matériel. Les risques de panne peuvent mener à l'échec d'une production maraîchère. En exhaure mécanique, il ne faut pas oublier que la plupart de ces systèmes de pompage demandent une gestion de charges récurrentes (carburant, pièces de rechange, amortissement) et un entretien rigoureux.

Pompe à pédales

La pompe à pédale mise au point par l'ONG ATI (Appropriate Technology International) est utilisée par les maraîchers du Sénégal et dans d'autres pays. Elle permet d'aspirer l'eau jusqu'à 7,5 m de profondeur. Pour une hauteur d'aspiration de 6 m, de 50 m de refoulement par un tuyau de 50 mm de diamètre. Selon la hauteur d'aspiration, cette pompe peut fournir un débit de 5000 à 7000 litres d'eau par heure.

Dans le maraîchage, l'énergie éolienne ou solaire pose parfois le risque de ne pas être disponible quand les plantes ont le plus besoin d'être irriguées (journées chaudes sans vent, temps couvert, poussière).

L'énergie solaire

L'énergie solaire présente un certain nombre d'atouts pour couvrir les besoins d'énergie et de services ; avec l'ensoleillement journalier nous avons la possibilité de pomper en moyenne sur six heures de temps en continu.

Le gisement solaire des pays de l'Afrique soudano-sahélienne est de très bonne qualité et la ressource correspondante est accessible partout. De plus, il y a une corrélation saisonnière « naturelle » entre les besoins d'irrigation et l'intensité du rayonnement solaire au sol.

Par rapport à une solution basée uniquement sur une ou des motopompes thermiques, le recours à une pompe solaire au fil du soleil pour assurer les besoins totaux en eau de la journée présente un certain nombre d'avantages.

— Économie de carburant et réduction des émissions de gaz à effet de serre.
— Meilleure utilisation de la ressource en eau que dans le cas de plusieurs petits groupes motopompes.
— Familiarisation par étape des pouvoirs publics, des décideurs locaux et des usagers potentiels à la technologie et aux modes d'utilisation et de gestion des pompes photovoltaïques, et ce, dans une configuration (pompage au fil du soleil, gestion collective) déjà largement éprouvée en Afrique de l'Ouest.

Afin de minimiser au maximum le coût du pompage photovoltaïque par unité de surface cultivée, on choisira des procédés d'irrigation économes en eau et en énergie de distribution. Il existe aussi des systèmes d'irrigation localisée hybrides : pompage collectif au fil du soleil et reprise par des groupes motopompes thermiques individuelles.

3.5.3. LE STOCKAGE DE L'EAU

Dans le cas de l'irrigation à l'arrosoir, les distances entre le point d'eau (céanes ou bassins de rétention) et certaines parcelles de culture deviennent trop grandes ; il est alors utile de stocker, l'eau destinée à l'irrigation. Ceci peut se faire dans des bassins, éventuellement reliés entre eux et à un bassin central à côté du puit, dispersés sur le terrain afin de réduire les déplacements pour l'arrosage.

Le stockage de quantités plus importantes d'eau se fait dans des châteaux d'eau ou grands réservoirs en géomembranes.

3.5.4. L'IRRIGATION PROPREMENT DITE

Il existe différents modes d'arrosage utilisés selon les disponibilités hydriques et le type de sol pour la culture du haricot vert.

À L'ARROSOIR

Cela exige beaucoup de travail et limite donc aussi les surfaces à cultiver, il est pratiquement abandonné.

À LA LANCE

Sous pression par motopompe ou pompe immergée, moins contraignant, elle permet d'arroser de plus grandes superficies. Il faut éviter un jet trop fort car ceci risque de détruire la structure de la couche superficielle du sol, de malmener les plantes et de créer des conditions d'asphyxie.

PAR GRAVITÉ OU À LA RAIE

Elle constitue la méthode d'irrigation qui nécessite le plus de réserves d'eau. Des quantités d'eau plus importantes sont nécessaires pour une superficie donnée et l'évaporation a lieu au niveau de la surface de l'eau. Bien que cette méthode présente l'avantage de n'exiger qu'un faible investissement initial de capitaux, elle limite les rendements potentiels par surface de terrain à cause de la nécessité de sillons, canaux (qui ne sont pas cultivés), qui s'ajoutent aux chemins.

Figure 8 — Irrigation à la raie
https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.h0Fu5G_uehtxIfCRqZknTwHaEK&pid=Api&P=0&w=300&h=300

Elle se pratique par la distribution de l'eau dans des canaux via des syphons ou par l'ouverture ou la fermeture de canaux ou raies à la pelle. L'efficience de ce type d'irrigation est autour de 40-50%.

La qualité de haricots est diminuée par les éclaboussures de boue sur les gousses récoltées. Ces éclaboussures, qui proviennent des sillons trop irrigués ou qui recouvrent les haricots qui pendent dans les sillons, peuvent être un problème pour les cultures irriguées par gravité (particulièrement lors de la saison des pluies).

L'aménagement du terrain (canalisation, nivellement) est important et se pratique sur des sols plus lourds. Elle permet de ne pas mouiller le feuillage et se pratique surtout avec un écartement plus espacé des lignes de semis.

Au Sénégal où la culture du haricot s'est fortement modernisée pour optimiser le coût de l'eau et augmenter les superficies emblavées, l'irrigation à la raie est pratiquement remplacée par les deux autres systèmes ci-après.

PAR ASPERSION

Cette irrigation demande des investissements de base assez importants (pompes, tuyaux, rampes, asperseurs...) mais permet d'irriguer des superficies plus grandes. L'efficience de l'irrigation par aspersion est meilleure que la précédente avec un niveau entre 50-70%. Il faudra cependant consulter des spécialistes de l'irrigation si l'on décide d'adopter ce système d'irrigation.

Figure 9 — Irrigation par aspersion.
https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.r6ir4LBRTUSdEtsIA08g7QHaCO&pid=Api&P=0

LOCALISÉE (GOUTTE A GOUTTE)

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, de plus en plus adoptée pour la culture du haricot vert, est une technique qui consiste à apporter l'eau au pied des plantes au moyen de canalisations et de distributeurs d'eau. Il est donc clair que seule une proportion du sol reçoit l'eau d'arrosage. En principe, il s'agit de la zone colonisée par les racines. Son efficience autour de 80-90%, est désormais admise par tous producteurs (économie et optimisation de l'irrigation), il en est de même pour la main d'œuvre (plus grande surface exploitable par unité de travail/homme), une efficience aussi de la fertilisation (fertigation) et de certains traitements phytosanitaires (Chemigation).

Figure 10 — French bean residue trial, Naivasha, Kenya. Plot layout with maize border rows and drip irrigation lines Report COLEAD – PIP French bean residue trial Kenya by Susanne Michalik. International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE) February 2005

Cette méthode est adaptée aux cultures en lignes. Les avantages de la micro-irrigation sont mis en évidence depuis des décennies. Nécessitant des investissements importants au départ, le système d'irrigation localisée s'avère intéressant à plusieurs niveaux.

- Il est fortement conseillé dans les régions où la pénurie d'eau est chronique. En effet, ce système engendre une efficience autour de 90% par rapport aux types d'irrigation par aspersion et gravitaire.
- Il est d'une grande utilité lorsque les eaux d'irrigation sont de qualité médiocre, (chargée en sel) puisque le sol constamment humide présente un potentiel hydrique faible, donc une eau de qualité est disponible aux plantes.
- L'alimentation hydrique des cultures est régulière car le système utilise des doses faibles et des fréquences élevées d'apports d'eau. De plus, l'efficience de l'utilisation de l'eau par les plantes est meilleure, étant donné que les pertes dans les canaux d'adduction sont minimes. Les pertes d'eau par évaporation sont également très faibles.
- L'irriguant gère les tours d'eau d'une façon relativement aisée en matière de vitesse d'exécution des apports. La main d'œuvre est optimisée et utilisée à d'autres tâches.

- L'alimentation minérale des cultures peut être maîtrisée car le système s'adapte facilement à ce qu'il est convenu d'appeler par « fertigation » et selon laquelle les engrais minéraux sont injectés directement dans l'eau d'irrigation.
- Les arrosages sont complètement indépendants vis-à-vis des autres techniques culturales telles que les soins d'entretiens culturaux, ou la récolte par exemple.
- Les risques de certaines maladies sont fortement réduits car le feuillage n'est pas mouillé, d'où la diminution de l'impact des problèmes cryptogamiques.
- L'enherbement de la parcelle est moindre puisque seule une partie du sol est mouillée.
- La dépense énergétique pour la distribution de l'eau est faible puisque qu'elle fonctionne à basse pression.

Cependant, il faut dire que l'irrigation localisée est une technologie plutôt qu'une simple technique. Toutes les qualités énoncées ci-dessus peuvent s'avérer inexactes dans le cas de :

- mauvaise conception du réseau d'irrigation,
- gestion médiocre des arrosages,
- maintenance défectueuse du matériel.

Avec ce système d'irrigation, Il n'y a aucune perte d'évaporation, car l'eau est contenue dans un tuyau. Les lignes de goutteurs doivent être disposées en ligne droite, les trous vers le haut, afin de ne pas être colmatées. Il faut veiller à ce que de l'eau sale n'obstrue pas les trous des goutteurs. Dans certains cas, des filtres peuvent être nécessaires pour empêcher le bouchage des lignes de goutteurs. L'entretien des lignes de goutteurs et des filtres, afin d'éviter les bouchages physiques, chimiques, microbiologiques) est essentiel pour bénéficier totalement du potentiel de ce système. Les goutteurs peuvent être entretenus avec de l'acide, des fertilisants acidifiants.

En évitant de mouiller inutilement les parties du sol non cultivées (chemins, espace entre les plants en début de culture) on réduira la dissémination d'organismes nuisibles comme les nématodes à galles et la prolifération des mauvaises herbes.

Des systèmes simples d'irrigation goutte à goutte sont disponibles pour les petits agriculteurs (family drip systems). Ce sont des kits conçus à dessein pour des petites surfaces et compte tenu des maigres moyens des petits producteurs.

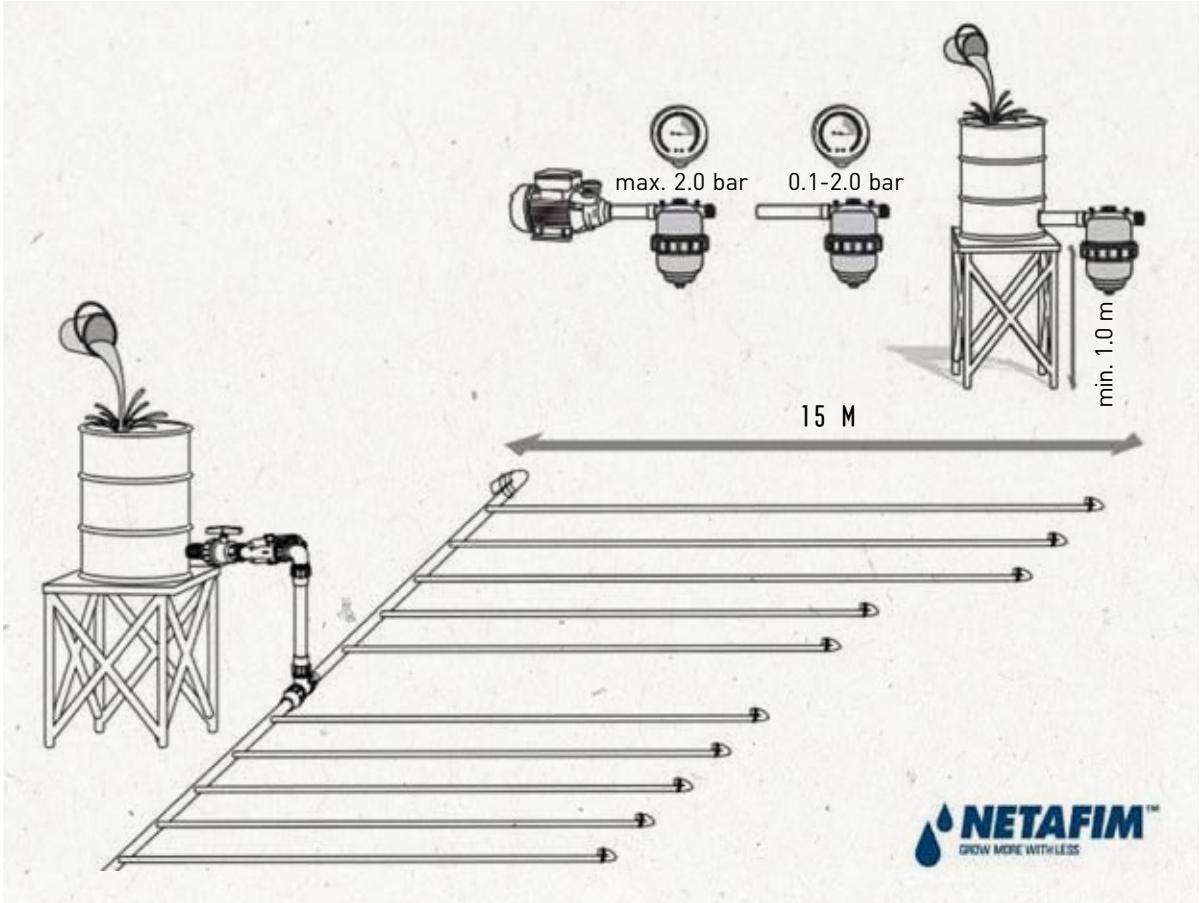


Figure 11 — Système d'irrigation goutte à goutte pour petit producteur.
Netafim familiy drip system/ www.engineeringforchange.org/solutions/product/netafim-family-drip-system/

Le mode d'irrigation utilisé exercera une grande influence sur le développement des problèmes phytosanitaires de la culture (voir tableaux ci-dessous) et il faut en tenir compte dans le choix des systèmes d'irrigation.

Tableau 6 — Impacts du mode d'irrigation sur la culture du haricot

MODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	REMARQUES
GRAVITAIRE	Le feuillage reste sec, ce qui diminue les risques de rouille, de rhizoctone foliaire et de graisse.	Le feuillage reste sec, ce qui augmente les risques de thrips et d'acariens Favorise le déplacement des nématodes Tout excès d'eau favorise le développement de la pourriture du collet et des racines	Difficile de contrôler les apports d'où excès possible Quantités utilisées : de 6 000 à 8 000 m^3/ha
ASPERSION	Limite le développement des thrips et des acariens Le feuillage et les gousses sont lavés de la poussière	Favorise les risques de dissémination de graisse, d'apparition de rouille, de rhizoctone foliaire, de *Pythium*, d'anthracnose	Utiliser des asperseurs à faible pluviométrie 5 à 6 mm/h Quantités utilisées : de 4 000 à 6 500 m^3/ha
GOUTTE À GOUTTE	Le feuillage reste sec, ce qui diminue les risques de rouille, de rhizoctone foliaire et de graisse Limite le déplacement des nématodes	Augmente les risques de thrips et d'acariens	Limite le désherbage Permet des fertilisations et des traitements via l'irrigation Quantités utilisées : de 3 000 à 3 500 m^3/ha

Source : La culture du haricot nain au Sénégal. RADHORT. (2012)

Tableau 7 — Influence des modes d'irrigation sur quelques ennemis des cultures

MODE D'IRRIGATION	MOUCHES BLANCHES	PUCERONS	THRIPS	PETITES CHENILLES	ACARIENS	*RHIZOCTONIA SOLANI*	*PYTHIUM, SCLEROTIUM*	GRAISSE BACTÉRIENNE	ALTERNARIOSE, ROUILLE, ANTHRACHNOSE	*FUSARIUM*	NÉMATODES MÉLOIDOGYNES
PAR ASPERSION	↘	↘	↘	↘	↘		↗	↗	↗		↗
À LA RAIE	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↗	↗
AU GOUTTE À GOUTTE	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘		
À L'ARROSOIR PAR LE HAUT			↘	↘				↗	↗		
À L'ARROSOIR AU GOULOT	↗	↗	↗	↗	↗			↘	↘		

↗ Favorable à la dispersion et/ou au développement de l'ennemi
↘ Défavorable à la dispersion et/ou au développement de l'ennemi
Une case vide indique qu'il n'y a pas d'effet connu ou qu'il n'y a pas d'information

3.6. ASSOCIATIONS DE CULTURES

Bien que pas très courant dans la culture du haricot vert, les associations des cultures différentes permet d'améliorer les conditions de culture, de protection et de défense des cultures par rapport aux facteurs climatiques et biologiques. Cependant il est important de bien veiller au choix des cultures, à leur synergie et complémentarité.

Les haricots sont très souvent utilisés dans les cultures mixtes, les cultures intercalaires, les cultures alternées en bandes et les cultures relais. Les cultures compagnes courantes sont : le maïs, la banane, la patate douce, le manioc, l'arachide, les pois, le taro, la pomme de terre, l'igname, le café.

Figure 12 — culture de haricot vert alternée avec des bandes de maïs servant de brise-vent.
G. Delhove

Pour plus d'information consulter le « Manuel sur la gestion de la biodiversité dans les exploitations agricoles » du COLEAD.

3.7. LA ROTATION DES CULTURES

Dans l'idéal, une même terre ne doit pas servir à la culture de haricots plus d'une fois sur trois. Entre deux cultures de haricots, un ou, de préférence, deux « précédents culturaux conseillés » devraient être cultivés dans le but de gérer activement la santé des terres et d'optimiser les récoltes de haricots. Celles-ci diminueront si aucune rotation n'est pratiquée. Un faible niveau de rotation entraînera également une augmentation du nombre de ravageurs et des maladies dans le sol, dont il pourrait être difficile de se débarrasser à l'aide de traitements chimiques. La rotation des cultures représente le moyen le plus rentable de protéger la santé des terres et de maintenir les rendements.

Tableau 8 — Positionnement du haricot vert dans le cadre d'une rotation avec d'autres cultures

PRÉCÉDENTS DÉCONSEILLÉS	PRÉCÉDENTS NON FAVORABLES	PRÉCÉDENTS CONSEILLÉS
HARICOT, POIS	Arachide	Céréales (maïs, sorgho, mil)
POMME DE TERRE	Piment, Céleri, Laitue	Choux, Navet, Pakchoi
JAXATU, AUBERGINE	Carotte	Bissap
MELON, CONCOMBRE,	Oignon, Ail, Échalote	Betterave
COURGETTE, PASTÈQUE		Manioc
LAITUE		Patate douce
GOMBO		Fraisier

Source : La culture du haricot nain au Sénégal. RADHORT. (2012).

L'incorporation de débris provenant de la culture de cruciféracées ou en précédant comme engrais vert permet une stérilisation partielle utile des sols dans la mesure où les débris se décomposent et diffusent des gaz semblables aux ingrédients actifs entrant dans la composition de certains fumigants chimiques du sol.

Attention aux herbicides qui peuvent interférer avec l'émergence et la croissance du haricot au cas où les délais et conditions avant une culture successive ne sont pas respectées. Il convient d'être attentif si des herbicides ont été utilisés sur de précédentes cultures, car les débris de culture peuvent parfois contenir des résidus d'herbicides qui contrecarrent l'émergence et le développement postérieurs de la plante (par exemple, l'atrazine dans le maïs).

Face à une infestation de nématodes à galles, il est possible d'en réduire le nombre grâce à une courte rotation avec l'estragon du Mexique (*Tagetes lucida*) ou d'autres tagètes comme *Tagetes minuta*.

L'adventice *Cyperus* a besoin d'un bon ensoleillement pour croître. Les mesures de gestion qui utilisent un couvert végétal dense, comme le maïs, les céréales ou les cultures intercalaires, les engrais verts réduisent les conditions optimales de croissance, ce qui freine son développement.

CHOIX PRÉALABLES À LA PLANTATION

À RETENIR POUR LES CHOIX PRÉALABLES À LA PLANTATION

CHOIX DE LA PARCELLE

- Le sol doit être homogène au niveau nature du sol et topographie
- Le sol doit répondre aux exigences de la culture
- Le terrain doit être le plus plat possible
- La parcelle doit être bien exposée au soleil mais pas aux vents dominants forts
- Il faut tenir compte des précédents culturaux de la parcelle

MATÉRIEL VÉGÉTAL

- La variété est généralement imposée par l'exportateur et/ou l'importateur du pays de destination
- Les variétés extra fin et fin demandent une main d'œuvre nombreuse, disponible et bien formée
- Tenir compte des résistances et tolérances des différentes variétés aux bioagresseurs

PÉRIODE DE CULTURE

- Elle dépend des conditions climatiques de la zone et des opportunités du marché

MODE DE SEMIS

- Il est manuel ou mécanisé selon les capacités de l'exploitant et l'étendue de l'exploitation
- Il est possible de semer sous couverture végétale sans labour préalable mais les connaissances pour le haricot vert sont quasi inexistante sur les systèmes de SCV à adopter en fonction des climats et type de sol

CHOIX PRÉALABLES À LA PLANTATION

IRRIGATION

- **La source d'eau**
  - L'eau souterraine est préférable à l'eau de surface
- **L'exhaure**
  - Elle peut-être manuelle ou mécanique mais à l'heure actuelle l'exhaure à l'énergie solaire est la meilleure option à condition de pouvoir investir
- **Le stockage de l'eau**
  - Plusieurs options se présentent en fonction de la source d'eau, du type d'exhaure et du type d'irrigation
- **L'irrigation proprement dite**
  - L'irrigation localisée est la meilleure option pour le haricot vert mais elle demande une certaine technicité et un investissement relativement important
  - Le mode d'irrigation choisi exercera une grande influence sur le développement des différents bioagresseurs. Il faut en tenir compte dans le choix

ASSOCIATION DE CULTURES

- Bien veiller au choix des cultures, à leur synergie et complémentarité

PÉRIODE DE CULTURE

- Elle dépend des conditions climatiques de la zone et des opportunités du marché

ROTATION DES CULTURES

- De bons précédents culturaux sont : les céréales, les brassicacées, le bissap (oseille de Guinée), le manioc, la patate douce
- Des engrais verts ou des plantes comme les Tagètes s'avèrent également utiles en précédent pour la lutte contre les nématodes ou des adventices comme les *Cyperus*

4

PRÉPARATION DE LA PARCELLE

Si les conditions de développement de la culture sont respectées, on peut commencer à produire après avoir aménagé le terrain (éventuellement pour corriger ses défauts).

4.1. AMÉNAGEMENT DU TERRAIN

NIVELLEMENT

Avant le nivellement, il faudra nettoyer le terrain. On débarrasse la parcelle de la végétation qui le couvre et éventuellement on enlève les bases des troncs et les racines des arbres à couper (dessouchage). Il faut enlever les pierres et les cailloux.

Un bon nivellement du sol (la parcelle devra être parfaitement aplanie et pas trop caillouteuse, ce qui favorisera la précision du semis et facilitera ultérieurement la récolte) permettra d'éviter l'accumulation d'eau qui peut provoquer l'asphyxie des plants ou le développement de maladies.

CLÔTURE ET SÉCURISATION DE LA PARCELLE

Les parcelles seront clôturées pour empêcher la divagation du bétail. Il est déconseillé de laisser le bétail entrer sur les parcelles pour consommer les résidus de culture (apport de graines d'adventices, dissémination des nématodes). Le fumier frais laissé par des animaux, qui paissent sur une parcelle, est une source de dissémination des bactéries *E. coli* pour les haricots qui y seraient plantés juste après. Six mois minimums doivent s'écouler entre l'application de fumier frais et le semis de haricots afin d'éviter tout risque de contamination. Il est également possible de retirer les débris de culture et de nourrir les animaux hors du site de culture. Le fumier peut alors être composté avec d'autres débris de culture avant de l'appliquer sur le lieu du semis.

Cette clôture peut parfois servir de brise-vent et peut être faite d'épineux (par exemple *Acacia mellifera*), de « crintings » (panneaux de bambou tressé au Sénégal), de tiges de mil ou de sorgho, de fil barbelé, etc. Prévoir une entrée qui puisse se fermer.

BRISE-VENTS

Le site ne doit pas être exposé aux vents violents, surtout pas l'harmattan (vent chaud et sec) très nocif pour le haricot ; il est nécessaire de mettre place des brise-vents artificiels inertes ou mieux encore des haies vives de brise-vents de protection et de sécurisation de l'exploitation, des systèmes d'enboccagement, adaptés à la culture et à la zone de production. La possibilité d'utiliser des brise-vents non vivants (tels que « crintings », tiges de mil, sorgho, maïs, etc.) et aussi des brise-vents saisonniers avec des céréales semées presque en même temps que le haricot est à retenir.

Certaines essences, outre leurs aptitudes de brise-vents, de protection contre les diverses divagations, ont la propriété d'être des fertilitaires.

Tableau 9 — Essences utilisées pour la réalisation de haies de brise-vents et de protection

ESPÈCE (NOM LATIN)	NOM COMMUN	CARACTÉRIS-TIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
ACACIA MELLIFERA		Arbuste épineux atteignant 9 m. Préfère les sols argileux.	Employé dans les clôtures. Donne combustible et charbon.	
ACACIA NILOTICA	Gommier rouge ou Gonakier	Arbre épineux atteignant 20 m	Très résistant au sec (250 à 1 000 mm). Combustible et bois à charbon. Perches et pieux. Jeunes gousses utilisées comme légume. Fourrage.	
ACACIA SENEGAL	Gommier blanc	Arbuste ou arbre épineux de 2 à 6 m. Préfère les sols sableux.	Très résistant au sec (100 à 800 mm). Gomme arabique. Plante mellifère.	
VACHELLIA (ACACIA) *TORTILIS*	Acacia faux-gommier	Arbre épineux des terres arides d'Afrique pouvant atteindre jusqu'à 21 m de haut. *R*equiert un sol léger et bien drainé.	Est capable de supporter des températures allant de 0 °C à 50 °C et des précipitations s'étalant de 100 à 1 000 mm/an C'est une des essences utilisées pour créer la grande muraille verte Africaine.	
ANACARDIUM OCCIDENTALE	Anacardier	Buissonnant	Vigoureux et très résistant	
AZADIRACHTA INDICA	Neem	Arbre de 5 à 20 m de haut.	• Feuillage persistant • Bien adapté aux zones arides • Epargné par le bétail • Croissance rapide • Résistant à la chaleur • Feuilles et graines utilisables comme insecticide • Perches	
BAUHINIA RUFESCENS		Arbuste ou petit arbre atteignant 8 m de haut	Très frugal. Très bon fourrage. Bois de feux et matériel de clôture. Espèce recommandée pour la création de haies-vives défensives, fourragères ou ornementales	

ESPÈCE (NOM LATIN)	NOM COMMUN	CARACTÉRIS-TIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
CAJANUS CAJAN	Pois *cajan*	Arbuste		
CASSIA SIAMEA	Sindian	Arbre de 5 à 20 m de haut.	Rejette vigoureusement et résiste aux termites. Bois de feu. Perches.	
CASUARINA EQUISETIFOLIA	Filao	Arbre de 25 à 30 m de haut.	• Bien adapté à la chaleur et aux conditions d'aridité • Croissance rapide • Tolérant au sel • Enrichit le sol en azote	Besoin d'irrigation
CONOCARPUS LAURIFOLIUS			• Croissance rapide • Très tolérant au sel	Besoin d'irrigation
EUCALYPTUS CAMALDULENSIS	Eucalyptus	Arbre atteignant 20 m.	• Croissance rapide • Les feuilles peuvent servir pour la préparation d'un acaricide-insecticide • Rejette de souche facilement • Perches • Espèce mellifère	• Peut souffrir du vent • Système radiculaire très développé concurrentiel pour les cultures et donc à utiliser seulement en bordure d'exploitation
LEUCAENA GLAUCA (LEUCAENA LEUCOCEPHALA)	Faux mimosa	Arbuste atteignant 4 à 5 m	Pousse très vite avec une bonne perméabilité, comme légumineuse, elle enrichit le sol et fournit de l'aliment au bétail, et des perches, tuteurs pour l'exploitation	À maturité ses gousses déhiscentes dispersent des milliers de graines qui risquent d'envahir toute la parcelles
PENNISETUM PURPUREUM	Maralfalfa / Herbe grasse / Elephant grass	Un *Pennisetum* de la famille des Poaceae	Pousse très vite avec des feuilles abondantes, très nutritives pour le bétail, très résistante aux stress hydriques, se multiplient par bouturage	Très prisée par les herbivores
SENEGALIA LAETA		Arbuste ou petit arbre épineux. Préfère des sols sablo-argileux.	Branches utilisées pour les clôtures. Très résistant au sec (250 à 750 mm)	

Il faut laisser une certaine distance entre ces brise-vents et les cultures pour éviter qu'il y ait concurrence pour l'eau et les engrais, que les cultures soient à l'ombre et que les brise-vents vivants servent d'abri aux oiseaux, aux insectes et à certains autres ravageurs (nématodes, maladies).

Lors du choix, de l'implantation et de l'entretien des brise-vents il faudra tenir compte des indications spécifiques à chaque espèce.

Il faut savoir également que.

- Un bon brise-vent doit être perméable et protégera le terrain sur 10 à 15 fois sa hauteur. Si cela n'est pas suffisant, on pourra ajouter des petits brise-vents (maïs, graminées fourragères) à l'intérieur de la parcelle.
- Il faut éloigner les cultures de 10 à 20 m des brise-vents (selon la taille des arbres) et il faut creuser des tranchées pour couper leurs racines car celles-ci peuvent abriter des ennemis de la culture et/ou entrer en concurrence hydrique avec la culture.
- Les brise-vents augmentent l'humidité ambiante et favorisent les maladies foliaires, dans le cas où leur perméabilité est inférieure à 50%. C'est également un refuge pour certains ravageurs animaux (oiseaux,...) mais aussi un abri pour les prédateurs.
- À noter également que la mouche mineuse des feuilles se développe mieux dans une atmosphère sans vent. Aussi *Bemisia tabaci* se développe mieux dans un biotope humide et abrité.

4.2. GESTION DES ADVENTICES

Les cultures ne doivent pas nécessairement être exemptes d'adventices pendant tout le cycle cultural. En revanche, il faut qu'elles soient préservées de la concurrence pendant la période juvénile où elles sont le plus sensibles. Passée cette période, les adventices peuvent se développer sans pour autant nuire à la culture. La période sensible aux adventices varie d'une culture à l'autre et dépend surtout de sa vitesse de croissance. Pour le haricot vert, la gestion des mauvaises herbes est essentielle jusqu'à la floraison, avant que le couvert végétal ne fournisse une couverture adéquate du sol.

Lors de la préparation de la parcelle on peut procéder à la technique du « faux-semis ». Cette préparation du sol permet de limiter les levées précoces d'adventices dans la culture. Elle consiste à préparer le lit de semences 2 à 4 semaines avant le semis ou la plantation. Laisser germer les adventices sous l'effet de la pluie ou de l'irrigation, de façon répétée, à des intervalles de 7 à 10 jours, détruire les adventices avec la herse (3 à 5 cm de profondeur). À noter que chaque intervention mécanique stimule la germination de nouvelles semences, pour autant que le sol soit suffisamment humide. Afin de ne pas abîmer les sols, les machines tractées sont préférables aux machines animées par prise de force.

Cyperus rotundus, par son mode de développement très rapide et sa forte plasticité, est la mauvaise herbe la plus néfaste en culture maraîchère, plus particulièrement en sol humide drainant bien. Les moyens de lutte mécanique peuvent réduire le degré d'infestation de *Cyperus rotundus*. Au tout début de la saison sèche, les extirpations des tubercules par un travail du sol très profond favorisent leur dessèchement au soleil ; un hersage permet d'extraire les chaînes de tubercules de la parcelle. Cette opération doit être répétée plusieurs fois pour éliminer l'ensemble d 'une population de *Cyperus rotundus*.

Le cultivateur et la herse rotatifs augmentent la capacité de multiplication par les bulbes dissociés les uns des autres ; ils doivent donc être absolument évités.

4.3. AMENDEMENTS ET FUMURES DE FOND

La matière organique (très bien décomposée) et les engrais de fonds sont à incorporer comme fumure de fonds et amendements à la préparation du sol.

Cela ramène a l'application des bonnes pratiques agricoles pour une **gestion intégrée de la fertilité du sol** (GIFS) qui s'appuie sur 4 composantes principales dont :

— L'utilisation des germoplasmes améliorés

— L'utilisation des engrais minéraux

— La gestion de la matière organique

— Les adaptations aux conditions locales

Cette gestion repose sur :

- La prise en compte des conditions agro-écologiques et socio-économiques
- Des connaissances et expériences endogènes des producteurs (bonne pratiques agricoles)
- La proposition et ou le développement participative d'un ensemble de technologies de mesures organisationnellles et socio-économiques en intégrant le genre.

Elle doit aussi concourir à :

Une réduction des pertes de nutriments, se déclinant souvent à travers :

- La préparation du sol (défrichement et labour)
- L'érosion
- Le lessivage
- La volatilisation (N et S)
- L'exportation des résidus de récolte

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA GIFS ET LA GESTION DURABLE DES SOLS, CONSULTER

— https://www.cariassociation.org/Publications/Manuel-de-gestion-integree-de-la-fertilite-des-sols
— https://ifdc.org/wp-content/uploads/2019/07/FICHE-TECHNIQUE-1-GESTION-INTEGREE-DE-LA-FERTILITE-DES-SOLS-ET-PRINCIPES-DE-BASE-INTEGRATED-MANAGEMENT-OF-SOIL-FERTILITY-AND-BASIC-PRINCIPLES.pdf
— https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/76787
— https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-i-principe-de-la-gestion-integre-de-la-fertilite-des-sols-gifs-730.html
— https://eservices.coleacp.org/en/e-bibliotheque/sustainable-soil-management
— https://eservices.coleacp.org/fr/e-bibliotheque/gestion-durable-sols-0

MATIÈRE ORGANIQUE

Les matières organiques sont indispensables pour une bonne structure d'un sol. Idéalement l'objectif est d'avoir un taux de 5% de matière organique dans le sol.

La gestion de la matière organique est particulièrement importante en production intégrée pour le maintien du taux d'humus, la satisfaction des besoins des plantes, la limitation de l'érosion du sol.

Les apports de matière organique agissent non seulement sur la disponibilité en azote du sol, mais aussi sur l'évolution des micro-organismes qui y sont présents, et également dans la biodégradation des produits phytosanitaires. Les micro-organismes (pathogènes nocifs et antagonistes bénéfiques) constituent une fraction importante de la matière organique du sol. Les interrelations entre micro-organismes du sol, culture et matière organique peuvent être modifiées par les pratiques culturales.

L'amélioration d'un sol ainsi que l'application d'une fumure de fond et d'une fumure d'entretien avec des matières organiques et des engrais chimiques devraient être basées sur l'interprétation d'une analyse de sol et sur d'autres données tels que le type de culture, le stade de développement de la culture, etc.

Diverses matières organiques sont utilisables en maraîchage. Les plus utilisées sont le fumier et le compost mais attention le haricot souffre de forts apports de matières organiques non décomposées.

Il est donc important que les matières organiques soient bien décomposées et on les enfouit dans le sol par un bêchage ou par hersage en fonds après le labour ou par griffage ou durant les sarclo-binage pour la fumure de couverture. Il faut éviter d'apporter des fumures organiques trop importantes juste avant le semis car cela s'accompagne d'une sensibilité accrue aux maladies (pourritures) et aux ravageurs (nématodes, mouche des semis). D'autre part il ne faut en aucun cas appliquer du fumier frais sur les champs de haricots avant le semis en raison du risque de contamination par la bactérie *E. coli*. Le cycle de culture des haricots fins étant très court entre la plantation et la récolte. Il est généralement plus prudent de faire cet apport en fin de culture précédente. En cas de doute, on prendra soin de recouvrir le fumier d'un film de polyéthylène afin de garantir que la température du tas atteint au moins 55°C pendant trois jours avant l'application sur le champ (solarisation).

Dans le cas d'une faible disponibilité de matière organique bien décomposée, il est conseillé de l'appliquer en localisé. Dans un sol très infesté par les nématodes, il est plus utile en lieu et place d'un épandage plein champ, d'épandre le long des lignes de semis cette matière organique bien décomposée. Ceci protègera, en début de culture, la plante des nématodes.

Contrairement au pois, le haricot réagit bien à la fumure organique : 20 à 30 t/ha de fumier bien décomposé lors de l'établissement de la culture peut être bénéfique si le taux de matières organiques du sol est trop bas. Sinon, appliquer si possible une dose de 10 à 20 t/ha de fumier.

AMENDEMENT MINÉRAL

Exécuter un chaulage si l'acidité d'un sol pose des problèmes et une application de phosphogypse ou de thiosulfate de calcium s'il y a des problèmes de salinité. Pour plus d'information sur le chaulage consulter le manuel du COLEAD sur la gestion des sols.

FUMURE MINÉRALE DE FOND

Généralement, en complément à l'apport de matière organique, elle crée une réserve d'éléments et un soubassement pour la fertilité du sol. Elle est principalement constituée de la moitié ou des ¾ des besoins estimés en phosphore et d'un tiers de celui de la potasse.

4.4. TRAVAIL DU SOL

Si le terrain a une légère pente, choisir pour les travaux du sol, la direction perpendiculaire à la direction de la pente.

Les exigences de la culture du haricot vert.

- Demande un sol préparé avec un labour sur 30 à 50 cm de profondeur et affiné à structure homogène. Le lit de semis doit être finement structuré et aéré par un hersage. La préparation du sol doit permettre l'installation rapide du système radiculaire sur les 25 - 30 premiers centimètres ce qui permettra à la plante (racines traçantes très délicates) une bonne alimentation hydrique et minérale. On veillera à garder une structure grumeleuse faiblement tassée et un sol convenablement travaillé et bien ressuyé.
- Les sols limoneux qui ont tendance à être battants seront pré-irrigués abondamment (atteindre la capacité au champ), préparés juste avant semis. Ils ne seront irrigués et travaillés qu'après la levée.
- En fonction du type de sol (très argileux ou limoneux), et du système d'irrigation (à la raie) le producteur peut être amené à aménager le sol en billons.
- S'il y a risque d'excès d'eau (saison des pluies), faire des cultures sur billons ou sur planches surélevées par rapport aux passages afin d'assurer un meilleur drainage.
- Eviter le gaspillage de l'eau éventuellement par la construction d'ados autour des planches, ou de cuvettes autour des pieds des plantes.

Il est démontré que le semis sans labour sous couverture végétale (SCV) permet de préserver la structure du sol, de limiter la diffusion des adventices et des ravageurs et de protéger le sol contre les diverses érosions. Le haricot vert n'est cependant pratiquement jamais cultivé en SCV en pays ACP probablement faute de recherche en la matière. La culture du haricot (à écosser) en SCV a été étudiée, en zone tropicale, plus particulièrement à Madagascar. Des recommandations existent pour des systèmes de culture selon les conditions climatiques et le type de sol. Par exemple : semis sous couverture de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), graminée pérenne, adaptée aux zones d'altitude (entre 900 m et 1 600 m à Madagascar). Contrôle est aisé de la plante de couverture à l'herbicide, et possible par fauche et pâturage. Le kikuyu est très exigeant sur le plan de la fertilité du sol. Il n'est pas recommandé sur sols pauvres.

4.5. STRUCTURES SPÉCIFIQUES

TUTEURAGE

Le haricot à rame doit être tuteuré. Les tuteurs d'une taille minimum de 2,5 m sont installés après le semis. Les lianes seront guidées sur le tuteur en début de croissance. Un filet peut aussi être installé entre les piquets de tuteurage afin de laisser courir les lianes.

Figure 13 — deux modes de tuteurage d'haricot grimpant.
Source https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/une-10-750x410.jpg

PRÉPARATION DE LA PARCELLE

À RETENIR POUR LA PRÉPARATION DE LA PARCELLE

AMÉNAGEMENT DU TERRAIN

- Le sol doit être bien nivellé sans dépressions où l'eau pourrait s'accumuler
- Pierres et cailloux doivent être enlevés
- La parcelle doit être clôturée pour empêcher la divagation des animaux
- Des brise-vents doivent être installés autour et dans la parcelle vu la sensibilité du haricot vert mais l'air doit pouvoir circuler pour éviter un excès d'humidité

GESTION DES ADVENTICES

- Il faut éviter la présence de mauvaises herbes dès la levée du haricot. en pratiquant par exemple, 2 à 4 semaines avant le semis de la culture, la technique du « faux-semis »
- Si la parcelle est infestée de *Cyperus* il faut réduire au maximum sa population par des hersages profonds et répétés en saison sèche

AMENDEMENTS

- La matière organique, élément très important de la **Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols**, doit être apportée bien décomposée. L'idéal étant d'atteindre une teneur de 5% dans le sol. Dans le cas d'une faible disponibilté elle sera appliquée au plus près de la ligne de semis.
- Un amendement minéral doit être fait si salinité et acidité doivent être corrigés
- Une fumure minérale de fond doit être apportée pour compléter l'apport des éléments minéraux de la matière organique

PRÉPARATION DE LA PARCELLE

TRAVAIL DU SOL

— **Préparation avec labour**

- Choisir pour les travaux, la direction perpendiculaire à la direction de la pente du terrain
- Labour sur 30 à 50 cm de profondeur suivi d'un hersage

— Il est possible de semer **sous couverture végétale sans labour préalable** mais les connaissances pour le haricot vert sont quasi inexistante sur les systèmes de SCV à adopter en fonction des climats et type de sol

STRUCTURES SPÉCIFIQUES

— La culture du haricot vert à rame nécessite l'installation de supports pour les plantes (tuteurage et/ou treillis)

5

PLANTATION

5.1. PÉRIODE DE SEMIS

Au Kenya, les haricots peuvent être semés tout au long de l'année.

Par contre en Afrique de l'Ouest, les semis du haricot vert se font en période de contre saison froide d'octobre à février, correspondant à la saison où les conditions climatiques sont favorables (température et humidité).

Ailleurs, un haricot implanté sur une terre plus réchauffée germe plus rapidement, la levée est plus homogène et l'avance prise se manifeste jusqu'à la récolte à travers une maturité mieux groupée. La planification des dates de semis prend en compte un nombre important d'autres données telles que la capacité d'expédition ou la durée du cycle cultural (8 à 10 semaines pour le haricot vert) et la période favorable de commercialisation par rapport aux origines concurrentes.

5.2. DISPOSITIF DE SEMIS

Selon les pays et la taille des exploitations, le semis du haricot peut être manuel, avec un semoir à traction animale ou mécanique ou pneumatique pour une célérité et la performance de l'opération.

Le dispositif de semis dépendra des éléments suivants :

- l'abondance du feuillage de la variété utilisée ; la mécanisation des opérations d'entretien (passage de chevaux ou de tracteurs) ; le type d'irrigation (par gravité, par aspersion ou goutte à goutte) ;
- le volume des semences devrait être moindre lors de la saison pluvieuse ou humide afin d'accroître la circulation de l'air et de garantir que les feuilles sèchent plus rapidement. Cela réduira le risque de rouille affectant les récoltes au cours des saisons pluvieuses. Au Sénégal, le volume de semences devrait être moindre au début de la saison et augmenter par la suite.

EXPLOITATION EN IRRIGATION PAR GRAVITÉ

Les lignes de semis sont positionnées sur le flanc du sillon, à hauteur de la ligne de flottaison prévue lorsque le sillon est inondé. Les semences sont espacées de 4 à 8 cm dans le sillon, en fonction de la variété, de la saison et du type de sol.

Les lignes de semis sont généralement distantes d'environ 30 cm (largeur du sillon). Les crêtes des sillons sont habituellement espacées d'environ 70 cm.

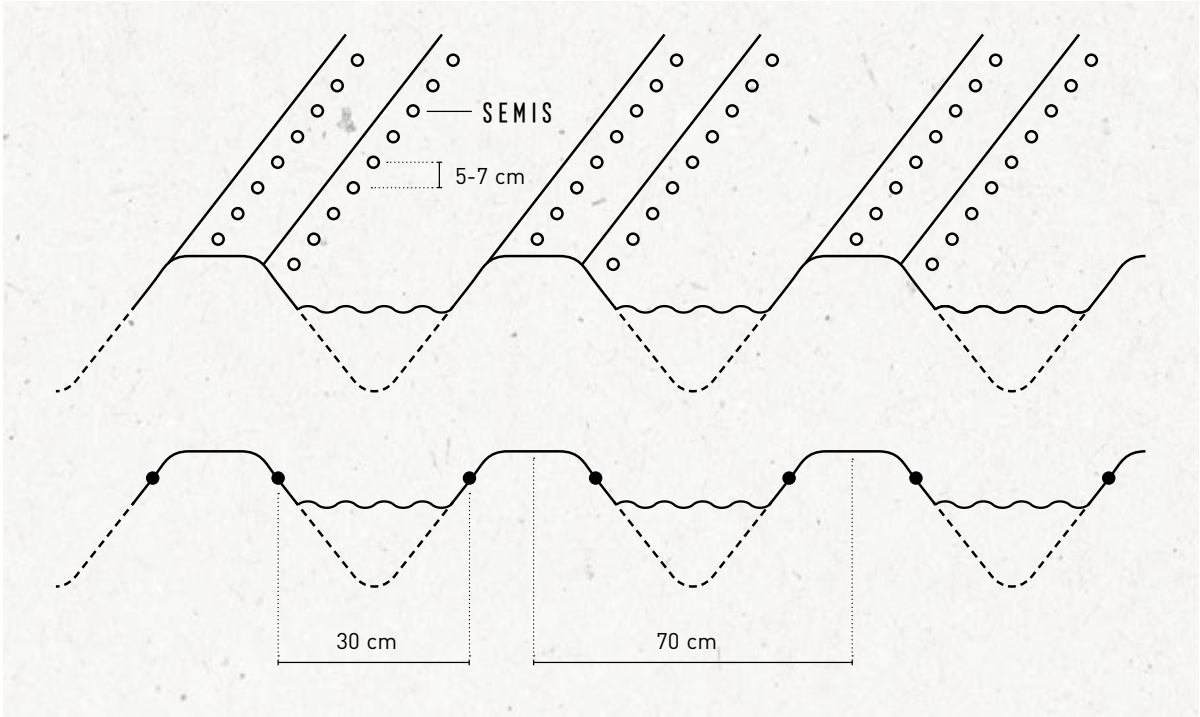


Figure 14 — Schéma de dispositif de semis en irrigation par gravité

EXPLOITATION EN IRRIGATION PAR ASPERSION

L'irrigation fixe et semi mobile est adoptée au Sénégal dans la Zone des Niayes, la distance entre lignes de semis tournant autour de 50-70 cm selon le type de sol et le semis sur la ligne à 5-7 cm, des bandes de passage de 1 m étant laissées tous les 10 m pour les passages d'entretien et de ramassage des récoltes.

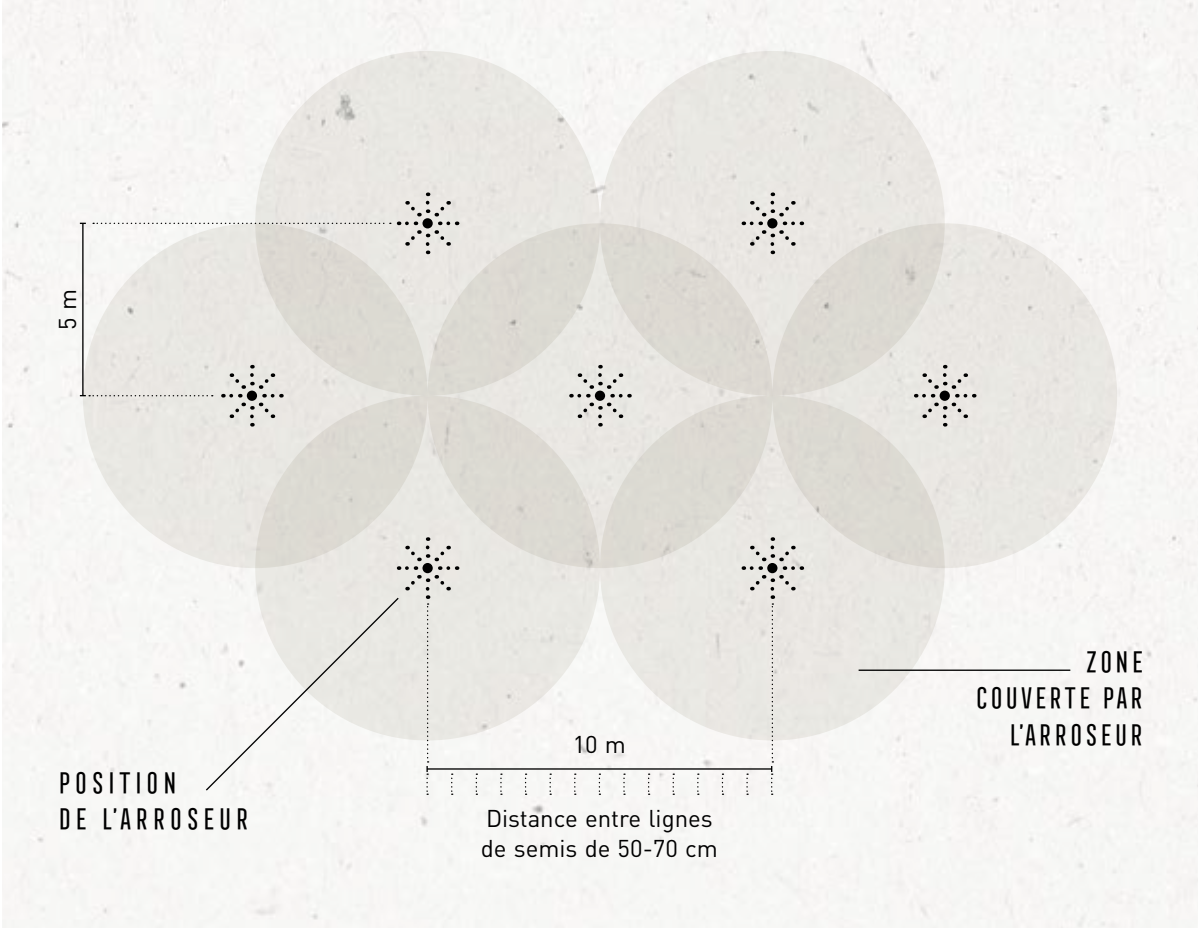


Figure 15 — Schéma de dispositif de semis en irrigation par aspersion

EXPLOITATION EN IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Les haricots sont plantés avec l'irrigation localisée en plein champ avec des lignes de goutteurs espacées de 80 cm et un semis sur la ligne tous les 4-5 cm.

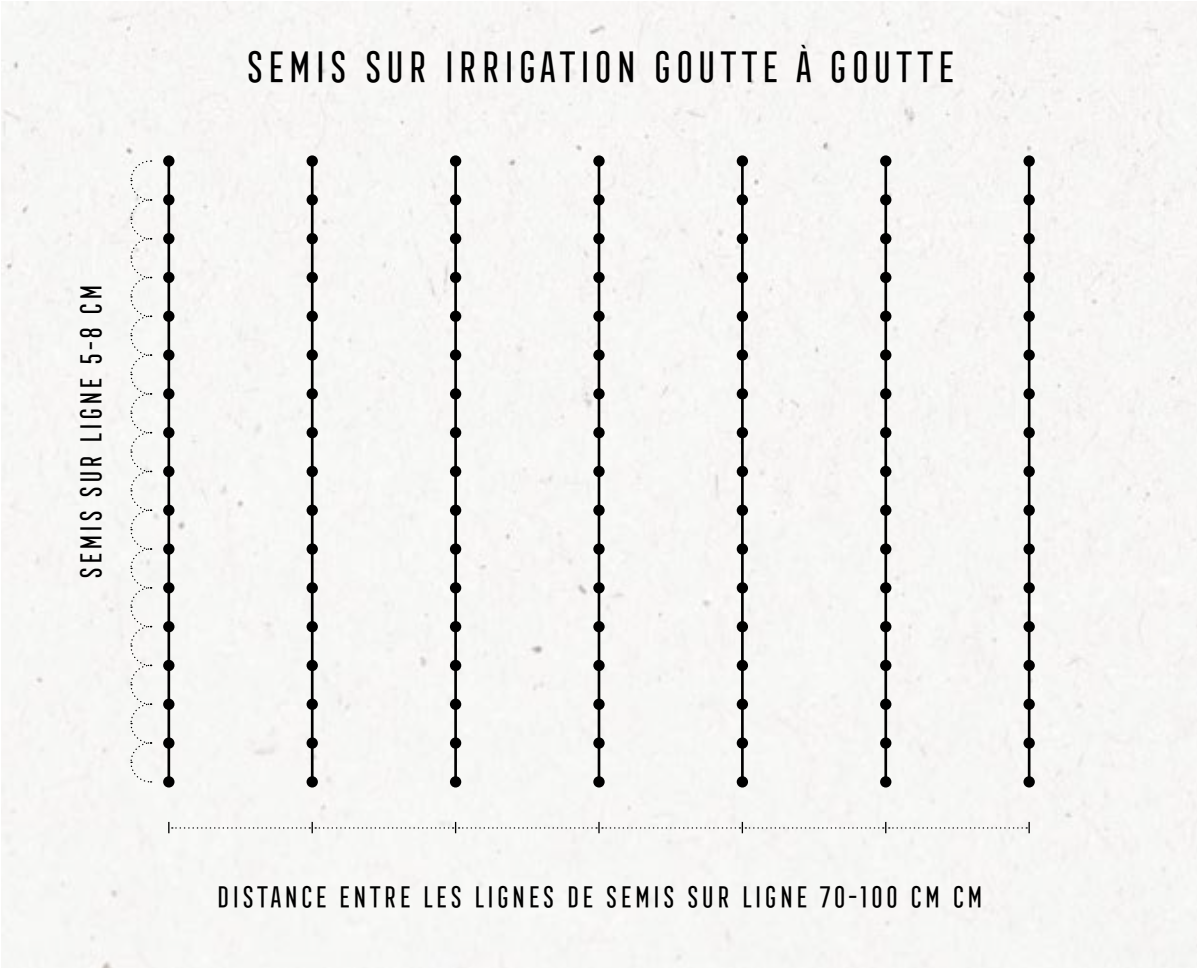


Figure 16 — Schéma d'un dispositif de semis en irrigation au goutte à goutte

Cependant, l'irrigation goutte à goutte est aussi adoptée pour des semis sur une plate-bande surélevée selon divers dispositifs - soit deux, trois ou quatre lignes de semences par plate-bande. Plus les lignes par plate-bande sont nombreuses, plus les plates-bandes sont larges.

Les plates-bandes à deux lignes mesurent un mètre de largeur (du centre de la plate-bande au centre de la plate-bande voisine) ; les plates-bandes à trois lignes font de 1,5 à 1,8 mètre de largeur et une plate-bande à quatre lignes mesure de 2 à 2,2 mètres de largeur.

L'objectif est d'avoir une distance minimale d'environ 40 cm entre les lignes et les semences dans un dispositif en zigzag entre les lignes, afin d'augmenter la circulation de l'air dans les plantations denses.

Il est conseillé d'éviter les semis de gros volumes de semences au cours de la saison des pluies ou pour les variétés qui sont sujettes à la rouille. Plantez une semence tous les 7 à 8 cm le long des lignes et augmentez l'espacement en période pluvieuse.

PROFONDEUR DE SEMIS

L'exécution du semis doit être régulière pour obtenir une levée homogène et par conséquent une maturité homogène.

Le haricot étant à germination épigée (les cotylédons sortent du sol), il faut pour éviter les difficultés de sortie de la plantule :

- en sol sablonneux, des semis entre 3 et 5 cm de profondeur,
- en sol lourd des semis 2 cm de profondeur (pas d'irrigation avant la levée).

Tout ce qui favorise l'asphyxie (sols lourds, excès d'eau, sols tassés, profondeur de semis trop importante...) va compromettre la levée. Celle-ci sera irrégulière et sujette aux maladies du collet et des racines.

En sols limoneux, limoneux argileux, il est important de bien gérer l'irrigation en appliquant une bonne pré-irrigation avant semis et d'attendre la levée des haricots pour éviter d'être confronté à des difficultés d'émergence dues à la compaction du sol du fait de la battance de ces types de sols.

5.3. BESOIN EN SEMENCES

La densité du semis varie en fonction de la méthode d'irrigation et du type de sol. L'irrigation par gravité utilise davantage de superficie de culture en raison des sillons et canaux d'irrigation. Ces sols auront besoin de moins de semences par ha. L'irrigation goutte à goutte permet de cultiver une plus grande partie du sol.

Pour le haricot nain, l'objectif est de cultiver 200 000 à 300 000 plantes par hectare de terrain. Les variétés plus vigoureuses, comme la Teresa, requièrent moins de semences à l'hectare car sont semées moins densément.

Les besoins moyens en semences sont de 29-34 kg/ha selon la taille des graines des différentes variétés.

Il faut tester les semences avant de les planter afin de s'assurer qu'elles ne sont pas endommagées physiquement ou desséchées (stock de vieilles graines). Les exportateurs qui distribuent des semences recommandées ou obtenues auprès d'un importateur doivent s'assurer que le pourcentage de germination est supérieur à 95% avant d'entamer la distribution des semences aux cultivateurs. Dans le cas où la viabilité des semences n'est pas optimale (95-100%), augmentez le nombre de semences par hectare.

Il est souhaitable d'éviter l'autoproduction et la conservation de semences chez soi, car cela augmente le risque de transmission de maladies, telles que le *Fusarium* et la graisse des haricots.

Ne pas planter des semences suspectes. Si nécessaire, triez les semences de mauvaise qualité avant de commencer le semis. Si les semences ont fait l'objet d'un traitement aux pesticides, assurez-vous que les personnes qui se chargent du semis sont équipées de gants de protection.

Toutes les semences importées doivent être munies d'un certificat de santé. Si l'exportateur fournit des semences, leur numéro de lot peut être consigné dans le cahier de suivi des cultures avec une référence au numéro du certificat de santé.

Idéalement, les semences devraient être plantées immédiatement après leur traitement aux insecticides ou aux fongicides. Des retards de semis peuvent diminuer l'efficacité du traitement des semences, voire détériorer leur qualité.

Au Kenya les traitements des semences doivent être consignés dans le registre des pesticides appliqués aux cultures (RPA) (y compris les traitements qui ont été appliqués par le producteur des semences conformément aux exigences liées à l'importation vers le Kenya - habituellement, le traitement est au thirame). Si des semences sont traitées au Kenya (contre la mouche du haricot, etc.), il faut également enregistrer ces traitements dans le RPA.

PLANTATION

À RETENIR POUR LA PLANTATION

PÉRIODE DE SEMIS

- En fonction du climat dans la zone
- En fonction de la période favorable de commercialisation

DISPOSITIF DE SEMIS

- **La disposition des lignes de semis et la densité** dépend de :
  - l'abondance du feuillage de la variété utilisée ;
  - la mécanisation des opérations d'entretien ;
  - le type d'irrigation.
- La densité doit être moindre en saison pluvieuse
- La profondeur de semis doit être adaptée au type de sol

BESOIN EN SEMENCES

- Les besoins moyens en semences sont de 29-34 kg/ha
- Toutes les semences importées doivent être munies d'un certificat de santé
- Les semences doivent être testés au niveau germination avant semis

6

ENTRETIEN DE LA CULTURE

6.1. L'EAU

Le facteur le plus limitant de la production de légumes est généralement l'eau. La présence d'une saison sèche et d'une saison des pluies, pendant laquelle les pluies sont souvent irrégulières et insuffisantes, induit la nécessité d'irriguer les cultures maraîchères. Si les besoins ne sont pas couverts par la réserve utile au départ et par les précipitations, on a recours à l'irrigation.

6.1.1. L'IRRIGATION

Les quantités d'eau, c'est-à-dire la dose d'arrosage, peuvent s'exprimer en litres (l) d'eau par mètre carré (m^2), en mètres cube (m^3) par hectare (ha) ou en millimètres (mm) c'est à dire, la hauteur d'une couche d'eau sur le terrain irrigué.

L'équivalence entre ces unités d'irrigation est comme suit : 1 l/m^2 = 1 mm = 10 m^3/ha (1 m^3 = 1 000 l d'eau et 1 ha = 10 000 m^2).

De façon générale, les besoins qui dépendent de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et du Kc (cœfficient cultural) de la culture sont de 60 à 100 m^3/ha ou 6 à 10 mm d'eau par jour pour un hectare de haricot. Au niveau d'un champ, on doit disposer d'au moins 8 l/m^2 ou 80 m^3/ha ou 8 mm d'eau par jour.

La dose d'eau que l'on applique à chaque irrigation sera variable en fonction du stade de développement de la culture, du type de sol (sablonneux, argileux, limoneux etc.) et des conditions climatiques de la zone de production.

La fréquence de l'irrigation dépendra aussi du stade de la plante cultivée, du type de sol et du climat. Bien entendu ce volume à apporter varie selon le type d'irrigation.

Très souvent, la tendance des maraîchers est de trop arroser, avec par conséquent un gaspillage de l'eau et des développements importants de plusieurs maladies fongiques ou bactériennes.

QUANTIFICATION DES APPORTS

La consommation par rapport à l'ETP varie en fonction du stade de croissance. Il ne faut pas dépasser 12 mm par apport journalier (fractionner) ; arrêter l'irrigation quelques jours avant la récolte du haricot.

On peut retenir, pour quantifier les apports en eau, les cœfficients culturaux suivants, qui seront appliqués à l'ETP :

- de la levée aux premières feuilles : 0,3 à 0,6,
- des premières feuilles au début de floraison : 0,6 à 0,7,
- de la floraison aux premières gousses : 0,7 à 0,9,
- pendant la production des gousses : 0,9 à 1 ou 1,2.

Exemple : pour une ETP de 6 mm/j, on aura les doses journalières suivantes, selon les stades de la culture :

- 6 mm x 0,3 à 0,6 = 1,8 à 3,6 mm,
- 6 mm x 0,6 à 0,7 = 3,6 à 4,2 mm,
- 6 mm x 0,7 à 0,8 = 4,2 à 4,8 mm,
- 6 mm x 0,9 à 1 = 5,4 à 6 mm.

Les irrigations doivent se faire à partir d'un sol à la capacité au champ. L'ETP varie bien sûr en fonction des conditions climatiques :

- jour couvert et frais, ETP < 6 mm,
- jour ensoleillé et harmattan, ETP > 6 mm.

FRÉQUENCE DES APPORTS

Sur les sols sableux, les irrigations seront plus fréquentes que sur sols plus lourds.

- Avant le semis : Un apport est à prévoir si la réserve utile du sol est insuffisante.
- Au semis : L'irrigation au semis est généralement déconseillée (car elle a pour résultat l'établissement d'un système radiculaire uniquement superficiel). Les sols limoneux qui ont tendance à être battants seront pré-irrigués abondamment (atteindre la capacité au champ) et préparés juste avant semis.
- Après semis : Afin d'éviter des maladies du collet, l'irrigation sera raisonnée, non excessive jusqu'à la levée, en sol sableux.
- En début de développement végétatif : Ne pas arroser trop souvent pour favoriser l'installation du système radiculaire.
- À la floraison : Une sécheresse pendant la préfloraison est la plus dommageable au rendement final. À partir du stade « début de floraison », les irrigations seront assurées régulièrement selon les besoins et poursuivis jusqu'au stade de grossissement des gousses. Celles-ci, mieux alimentées en eau, sont de qualité supérieure (moins de fil, taux de grains diminué).

MOMENT DE L'IRRIGATION

En irrigation par aspersion et à la raie, arroser le matin pour diminuer les risques d'humidité relative élevée au niveau du feuillage et du collet (risques de rouille, de rhizoctone, de *Sclerotium*, d'anthracnose, de graisse et de *Pythium*) durant une longue durée, et éviter les chocs hydriques en cas de forte chaleur. En aspersion, ne pas irriguer après un traitement foliaire.

En période de forte chaleur, il est préférable de pratiquer l'arrosage par aspersion en début de journée afin d'éviter le choc thermique, la brûlure des feuilles, la coulure des fleurs et la création d'un microclimat favorable aux maladies.

Tableau 10 — Doses et fréquence d'irrigation par aspersion en litres/m² par jour suivant les différentes phases de développement de la culture du haricot nain sur sol sablonneux (CDH, SENEGAL)

DOSES ET FRÉQUENCES EN LITRES/M² *			
STADE 1 LEVÉE PLANTULE	STADE 2 JEUNE PLANTE	STADE 3 PLANTE ADULTE	STADE 4 APRÈS MAX. CROISSANCE
4 l/m² par jour	8 l/m² /2 jours	12 l/m² /2 jours	12 l/m² /2 à 3 jours

D'après W. Baudoin, G. Benvenuti, T. Ba - « Rapports Section Expérimentation, CDH » - 1973-1985.
* Sur les sols sableux secs, restés sans culture pendant un certain temps, le pré-mouillage est indispensables. La dose peut varier de 20 à 40 l/m².

6.1.2. LE DRAINAGE

Sur des sols peu perméables, il est conseillé de cultiver sur des platebandes de terre surélevées créant des sillons et canaux de ressuyage, de drainage à leurs abords. Ce drainage évitera de noyer les racines dans les strates arables qui seraient autrement inondées en permanence et il permet d'éviter les accumulations de sel dans la zone de développement des racines

6.2. TRAVAIL DU SOL

Les binages ou sarclo-binages sont indispensables pour aérer le sol. Ils doivent être très superficiels pour ne pas abîmer les racines qui se trouvent à faible profondeur. Généralement ils sont effectués avec des outils manuels ou dans les grandes exploitations avec des tracteurs attelant un porte outils avec des cultivateurs ou griffes.

Il faut au moins 2 binages après la levée des plantes : semis + 15 jours et semis + 25 jours, avec incorporation des fumures de corrections afin d'atteindre un niveau de couverture défavorable aux développement des mauvaises herbes.

6.3. GESTION DES ADVENTICES

Le désherbage est utile pour la culture du haricot, car il élimine la concurrence des mauvaises herbes aussi bien pour l'ensoleillement et l'eau que pour les éléments nutritifs. Les traitements phytosanitaires et foliaires pénètrent mieux la canopée des plantes d'haricot si le sol a été désherbé. Certaines mauvaises herbes abritent également des ravageurs, comme les thrips, les araignées rouges et les nématodes, et doivent être éliminées, Pour le haricot, en principe, il suffit de contrôler les adventices jusqu'à la fin de la première moitié du cycle cultural (mi-culture). Cependant il faudra empêcher les adventices de monter à graines.

Si le désherbage est nécessaire, il est à combiner aux (sarclo) binages, qui doivent aussi être superficiels pour éviter les dégâts aux racines.

Les moyens pour le désherbage mécanique se développent de plus en plus. Par exemple pour les cultures à grande échelle avec la herse étrille et aussi pour les plus petites surfaces comme avec le pousse-pousse, aussi appelé houe maraîchère, qui permet de relever et sectionner les adventices rampantes ou à pivot. Complémentaire de la bineuse, c'est la seule alternative au désherbage manuel. Le désherbage mécanisé par un outil tracté ne peut se faire en post levée que si le semis, ou la transplantation du légume, a été réalisé en ligne droite et à écartement constant.

Il est aussi possible de faire un désherbage chimique sélectif (ex : 15 JAS, avec l'haloxyfop-R-méthyl ester) ; cependant au regard de la réglementation sur la limite maximale des résidus et la gestion de l'environnement, ce système n'est pas très utilisé en Afrique occidentale. En traitement de pré-levée, l'utilisation raisonnée de l'halosulfuron-méthyl empêche la formation des rhizomes des tubercules superficiels des *Cyperus*, laissant le temps à la culture couvrante de développer sa canopée et de devenir par la suite plus compétitive.

Des exemples d'autres herbicides utilisables sur haricot sont donnés ci-après.

- Bentazone : herbicide de post-levée sur dicotylédones petites (jusqu'au stade 4 à 6 feuilles) et en phase de croissance active. Il s'utilise aux faibles doses à partir du stade 2 feuilles simples du haricot ou à partir du stade 2ème feuille trifoliée pour les doses supérieures.
- Ethofumesate : contre dicotylédones annuelles et graminées annuelles. Appliquer lorsque la culture est au stade 1-3 feuilles trifoliées (BBCH 11-13). Son action à la fois racinaire et foliaire lui permet d'assurer une excellente efficacité même en conditions plus sèches. Les meilleurs résultats sont obtenus sur mauvaises herbes jeunes (avant tallage pour les graminées et stade cotylédons pour les dicotylédones.
- Imazamox : herbicide de post-levée en association avec le bentazone, contribue à la diminution des quantités de bentazone appliquées, tout en améliorant l'efficacité.
- Benfluraline contre les graminées.

6.4. COUVERTURE VÉGÉTALE

La couverture végétale est préconisée quand la matière organique et les déchets végétaux appropriés existent. Elle permet d'éviter le réchauffement des parcelles de production et de préserver l'humidité, ainsi que le développement des mauvaises herbes. Elle s'avère très importante durant la période de récolte sur des parcelles argileuses qui peuvent être gorgées d'eau d'irrigation ou des pluies.

L'adventice *Cyperus* a besoin d'un bon ensoleillement pour croître. Il est possible d'utiliser les propriétés de certains paillages pour la contrôler tel qu'une couverture de mulch de sorgho (ou d'avoine).L'ombrage prolongé de la surface du sol, conjugué à des effets allélopathiques (émissions de substances qui agissent comme des herbicides naturels), permet de contrôler en partie cette adventice. Ainsi, un système de culture avec production de sorgho utilisé comme paillage pour la campagne suivante peut être proposé.

6.5. FERTILISATION

GÉNÉRALITÉS

La fertilisation doit être raisonnée de façon à ce que la dose totale de chaque élément nutritif soit parfaitement adaptée aux conditions rencontrées dans chaque parcelle (nécessité d'une analyse de sol). Il est utile de tenir un registre des analyses de sol qui ont été réalisées et qui justifient l'application de fertilisants afin de respecter les dispositions des organismes certificateurs.

Les besoins de la culture seront établis de la manière la plus précise possible afin d'éviter tout excès.

L'observance de bonnes pratiques agricoles dans le souci d'une correcte gestion de l'environnement de la culture permet de contribuer à relever le défi d'une production performante, saine et durable.

Les analyses du sol, des feuilles, de la production, constituent des éléments d'aide à la décision quant à la manière de nourrir les plantes afin d'atteindre les meilleurs résultats en termes de productivité.

Dans ce cadre la pratique de la fertilisation se fera selon les principes du **4B.** Ce concept souligne la nécessité d'appliquer les engrais de bonne source, à la bonne dose, au bon moment et au bon endroit. À cette fin, **plusieurs méthodes d'application d'engrais peuvent être envisagées pour les haricots vert comme la fertigation, les pulvérisations foliaires, en plein ou en localisé**. C'est le seul moyen de s'assurer que les plantes reçoivent la bonne nutrition.

PRINCIPES DU 4B

Les principes de gestion des éléments nutritifs 4B sont les mêmes partout dans le monde, mais la façon dont ils sont utilisés localement varie selon les caractéristiques du champ et du site, telles que le sol, le système de culture, les techniques de gestion et le climat. Les principes scientifiques du 4B sont les suivants :

— LA BONNE SOURCE - Assurer un apport équilibré en nutriments essentiels en tenant compte à la fois des sources naturellement disponibles et des caractéristiques des produits spécifiques, sous des formes disponibles pour les plantes.

— LA BONNE DOSE - Évaluer et prendre des décisions en fonction de l'offre d'éléments nutritifs du sol et de la demande des plantes.

— LE BON MOMENT - Évaluer et prendre des décisions en fonction de la dynamique de l'absorption par les cultures, de l'approvisionnement du sol, des risques de perte d'éléments nutritifs et la logistique des opérations sur le terrain.

— LE BON ENDROIT - Considérer la dynamique racines-sol et le mouvement des éléments nutritifs, et gérer la variabilité spatiale dans le champ afin de répondre aux besoins spécifiques des cultures et limiter les pertes potentielles du champ.

Pour plus d'informations sur le 4B on peut consulter :

https://nutrientstewardship.org/4rs/ ;
http://www.ipni.net/4r ;
https://www.sprpn.org/issue-briefs ;
https://4rsolution.org/fr/a-propos/
https://www.yara.us/crop-nutrition/podcasts/4r-nutrient-stewardship/
et https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1264

Tableau 11 — Exemples des principes scientifiques clefs du 4B (bonnes) et pratiques associées

	LES QUATRE B (4B)			
	SOURCE	DOSE	MOMENT	ENDROIT
EXEMPLE DES PRINCIPES SCIENTIFIQUES CLÉS	• Assurer un apport équilibré en éléments nutritifs • Répondre aux propriétés du sol	• Évaluer l'approvisionnement en éléments nutritifs de toutes les sources • Évaluer la demande de la plante	• Évaluer la dynamique de l'absorption des plantes et la fourniture du sol • Déterminer le moment des risques de pertes	• Reconnaître la distribution du système racinaire • Gérer la variabilité spatiale
EXEMPLES DES CHOIX PRATIQUES	• Engrais commerciaux • Fumier de la ferme • Compost • Résidus des cultures	• Analyse du sol pour les nutriments • Calcul économique • Equilibre des prélèvements de la plante	• Avant semis • Au semis • À la floraison • la fructification	• À la volée • En bande/ injecté • Dose d'application variable

Source : 4 B Nutrition des plantes – International Institut Plant Nutrition

La culture étant à cycle court, le haricot doit bénéficier d'engrais apportant les éléments sous forme facilement assimilable.

Les haricots développent des nodules aux racines, qui fixent l'azote. Toutefois, pour un rendement maximum, cet azote ne remplace pas les apports en azote minéral.

Si des inoculants de *Rhizobium* sont employés, les applications initiales de fertilisants devraient être diminuées en contenu en azote, dans la mesure où un excès d'azote entrave le développement des *Rhizobium* dans les racines des haricots. Les nodules de rhizobiums sains sont roses à l'intérieur et semblent être attachés à la surface extérieure de la racine. Ils ne doivent pas être confondus avec les nématodes à galles, qui sont plus petits, moins arrondis et semblent être intégrés à la structure de la racine. Les racines dotées de nombreux nodules de *Rhizobium* sont moins sensibles aux nématodes à galles.

Le haricot étant très sensible à la salinité, la fertilisation sera fractionnée durant la culture afin de réduire les pertes par lessivage ou volatilisation. Les apports de couverture doivent se faire sans toucher le feuillage pour éviter les brûlures. Ils seront suivis d'un griffage superficiel d'incorporation (moment du binage).

Il est recommandé de :

— faire suivre un épandage d'engrais par un arrosage et veiller à l'humidité du sol car la plante n'absorbe les éléments nutritifs que dissous dans l'eau ;

— conserver les sacs d'engrais bien au sec.

Une autre solution est d'appliquer des fertilisants solubles sur les lignes d'irrigation goutte à goutte ou de pulvériser des nutriments foliaires sur le feuillage. N'appliquez pas ces fertilisants aux heures chaudes de la journée afin d'éviter que les feuilles ne brûlent.

Il est conseillé l'utilisation des unités de poids et de mesure simples et pratiques (étalon) pour les engrais et la matière organique. Un seau de 10 l, par exemple, contient normalement 10 kg de poudre d'arachide et 7,7 kg de fumier de porc sec, 1 verre de thé contient +/- 80 g d'engrais (10.10.20, 14.7.7, 6.20.10) et 1 boîte d'allumettes contient +/- 20 g de ces engrais.

FUMURE ORGANIQUE

Des augmentations de rendement significatives sont la résultante d'apport conséquent de matière organique dans le sol.

Dans les cultures du haricot vert au Sénégal, souvent la poudre d'arachide ou la fiente des poulaillers sont utilisées comme amendement organique, après la levée des semis comme starter vu leur facile assimilation pour booster la croissance. La matière organique est épandue manuellement à la volée, le long des lignes de semis ou par épandeur mécanique attelé ou tracté.

FUMURE MINÉRALE

La fumure minérale est appliquée manuellement sur les petites exploitations, mais généralement est distribuée par un épandeur mécanique à traction animale ou motorisée. Il faut noter qu'avec l'adoption courante de l'irrigation localisée, goutte-à-goutte, on cherche à distribuer les engrais pendant l'irrigation (fertigation) en optimisant les quantités, la dose, le moment et l'endroit auprès des racines.

AZOTE (N)

Il faut en apporter, surtout en début de culture, mais jamais en excès. Un apport tardif allonge le cycle, diminue le rendement et donne des conditions favorables au développement de la rouille ; l'excès d'azote favorise la verse des plantes et la coulure des fleurs.

La dose va de : 50 à 100 kg/ha d'N sous les formes : uréique (urée), ammoniacale, nitrique (nitrate), en fonction des stades du développement du haricot (uréique à la levée, croissance ; ammoniacale et nitrique à la nouaison et maturation).

Le nitrate de Na est à proscrire.

Il est cependant important de respecter un certain équilibre : N/K_2O qui doit être compris entre 1/2 et 1/3 au moment de la fumure de fond et parfois de couverture.

PHOSPHORE (P_2O_5)

Le phosphore favorise un enracinement solide (important en sols sableux) ; vu sa mobilité réduite dans le sol, il doit être présent sous forme assimilable dès la levée.

En sols minéraux, le pH optimal pour la disponibilité du P_2O_5 est de 6,5. A 6,1 et entre 6,5 et 7,4, la disponibilité diminue, ce qui conduit à un apport de fond plus important et un apport de couverture peut s'avérer nécessaire.

La dose préconisée va de 70 à 100 kg/ha de P_2O_5 sous les formes de phosphate ammonique, phosphate diammonique, superphosphate triple, phosphogypse) au moment de la fumure de fond éventuellement complétée en couverture dans certains sols : cf. ci-dessus la remarque concernant le pH.

POTASSE (K_2O)

La dose préconisée va de 100 à 200 kg/ha de K_2O sous les formes : sulfate de potasse et nitrate de potasse au moment de la fumure de fond et de couverture. Le chlorure de potasse est à éviter vu la sensibilité du haricot au chlore. La potasse reste très importante, déterminante pour la qualité des gousses qui seront produites. D'où la nécessité d'un correct apport de la nouaison des fleurs à la maturité des gousses.

CALCIUM (CaO)

Il est apporté par le sol, la matière organique, le superphoshate, le phosphogypse. Les scories Thomas, le phosphal, les phosphates naturels apportent du CaO et sont à utiliser pour une action à moyen terme, non immédiate.

MAGNÉSIUM (MgO)

La dose conseillée va de 10 à 30 kg/ha de MgO sous forme de sulfate de magnésium. La matière organique décomposée en apporte également. Le moment des apports se situe à la fumure de fond, ou par pulvérisations foliaires.

Attention, à certains taux, le ratio des pourcentages entre le Ca, Mg et la potasse peut induire des blocages de mobilité, et de la phytotoxitcié

OLIGO-ÉLÉMENTS

Les apports sont possibles via le système d'irrigation au goutte-à-goutte, par enfouissement ou par pulvérisation foliaire afin de corriger des carences possibles en :

- manganèse : l'utilisation de scories Thomas peut réduire cette carence fréquente dans les sols à pH > 7,
- zinc : on peut remédier en pulvérisant sur les feuilles (à partir de semis + 25 j, 40 j et éventuellement 60 j) à basse pression, une solution de sulfate de zinc à 1% neutralisé par 0,5% de chaux,
- molybdène : surtout en sols lessivés, acides, sableux,
- cuivre : si possible, utiliser un engrais foliaire qui en contient.

Tableau 12 — Possibilités de correction des principales carences

CARENCES EN	ENGRAIS CORRECTEURS	ENFOUISSEMENT EN KG/HA	ENGRAIS FOLIAIRE EN G/100 L
Mn [1]	Sulfate de manganèse	-	200
Mo	Molybdate d'ammonium	-	2
B	Borate de sodium (11% B)	10	300
Cu [1]	Sulfate de cuivre	30	-
	Oxychlorure de cuivre	-	100
Fe	EDDHA (6% Fe)	15	-
	Nitrate de fer	-	500
Zn [1]	Sulfate de zinc	50	100
Mg [2]	Sulfate de magnésium	-	1 500
	Engrais « magnésiens »		
S [2]	Engrais à base sulfate	Selon culture	-

(1) Signalons que les carences en manganèse, cuivre et zinc peuvent être combattues à l'aide de fongicides contenant ces éléments.
(2) Bien qu'il s'agisse d'éléments majeurs, par commodité, nous traitons également ici leur carence

Des exemples d'itinéraires de fertilisation sont donnés ci-après mais idéalement l'itinéraire de fertilisation doit tenir compte de l'analyse des sols et du niveau d'intensification de la culture.

EXEMPLES DE FERTILISATION À L'HECTARE

Ces exemples correspondent à des apports, par hectare de culture réelle. En cas d'applications localisées sur les planches, il faut réduire les quantités de 25%.

Tableau 13 — Exemples de fertilisation

FERTILISATION	EXEMPLE 1	EXEMPLE 2	EXEMPLE 3
FOND			
	10 à 20 t matière organique	10 à 20 t matière organique	10 à 20 t matière organique
	200 à 400 kg 10.10.20	200 kg sulfate de potasse + 150 kg phosphate diammonique (DAP)	200 kg sulfate de potasse + 150 kg phosphate diammonique (DAP)
COUVERTURE			
S +20 J.	150 à 300 kg 10.10.20	150 kg nitrate de potasse + 50 kg phosphate diammonique	150 kg sulfate de potasse + 150 kg phosphate diammonique
S +25 J.	Pulvérisation foliaire	Pulvérisation foliaire	Pulvérisation foliaire
S +40 J.	150 à 300 kg 10.10.20	150 kg nitrate de potasse	50 kg urée + 20 kg sulfate de potasse
S +40/45 J.	Pulvérisation foliaire	Pulvérisation foliaire	Pulvérisation foliaire
(S +60 J.)	(Pulvérisation foliaire)	(Pulvérisation foliaire)	(Pulvérisation foliaire)
APPORTS EN UNITÉS NPK	50 à 100/50 à 100/100 à 200	76/92/232	77/138/235
ÉQUILIBRE N/K_2O	1/2	1/3	1/3

AUTRES SOURCES D'INFORMATION POUR LA FERTILISATION DU HARICOT

https://www.haifa-group.com/complete-recommendation-fertilization-beans

https://www.horticulture.org.za/fertilizer-green-beans-bush-beans/

6.6. POLLINISATION

Les fleurs des haricots sont autogames (fécondation par autopollinisation). Il n'est normalement pas nécessaire d'apporter des abeilles ou d'autres insectes pollinisateurs.

6.7. GESTION POST-RÉCOLTE DE LA PARCELLE

Enfouir les restes de plantes avec les racines. En cas d'infestation, enlever les plantes et les racines afin d'éviter de contaminer d'autres semis et ne pas laisser de résidus de cultures pouvant servir de réservoir d'ennemis du sol.

Ne pas laisser le bétail pâturer sur les parcelles en fin de culture pour éviter la contamination par *E. Coli* dans la culture qui suit.

ENTRETIEN DE LA CULTURE

À RETENIR POUR L'ENTRETIEN DE LA CULTURE

EAU

— **Irrigation**
- La dose d'eau que l'on applique à chaque irrigation sera variable en fonction du stade de développement de la culture, du type de sol (sablonneux, argileux, limoneux etc.) et des conditions climatiques de la zone de production
- De façon générale, les besoins qui dépendent de l'ETP (évapotranspiration potentielle) et du Kc de la culture sont de 60 à 100 m^3/ha ou 6 à 10 mm d'eau par jour pour un hectare de haricot. Bien entendu ce volume à apporter varie aussi selon le type d'irrigation.
- La fréquence de l'irrigation dépendra du stade de la plante cultivée, du type de sol et du climat. Sur les sols sableux, les irrigations seront plus fréquentes que sur sols plus lourds.
- Une sécheresse pendant la préfloraison est la plus dommageable au rendement final
- En période de forte chaleur, il est préférable de pratiquer l'arrosage par aspersion en début de journée

— **Drainage**
- Sur des sols peu perméables, le sol doit être aménagé de façon à assurer un drainage qui évitera de noyer les racines dans les strates arables et d'éviter l'accumulation de sel

TRAVAIL DU SOL

— Il doit être très superficiel pour ne pas abîmer les racines qui se trouvent à faible profondeur
— Il faut au moins 2 passages après la levée des plantes

GESTION DES ADVENTICES

— Pour le haricot nain, en principe, il suffit de contrôler les adventices jusqu'à la fin de la première moitié du cycle cultural (mi-culture).
— Cependant il faudra empêcher les adventices de monter à graines
— Le désherbage peut se faire par moyen mécanique : herse étrille pour les grandes surfaces ou houe maraichère pour les petites surfaces
— Plusieurs herbicides sont utilisables mais il faut tenir compte de la législation locale et des LMRs des marchés de destination de la production

ENTRETIEN DE LA CULTURE

COUVERTURE VÉGÉTALE

- Une couverture végétale est préconisée quand des plantes de couverture ou des déchets végétaux (pour le mulch) appropriés existent
- Une couverture de mulch de sorgho, permet de contrôler la plupart des adventices dont le *Cyperus*

FERTILISATION

- Elle doit tenir compte des **principes du 4B (bonne source, bonne dose, bon moment, bon endroit)** pour assurer la meilleure efficience possible.
- La culture étant à cycle court, le haricot doit bénéficier d'engrais apportant les éléments sous forme facilement assimilable
- Les haricots développent des nodules aux racines, qui fixent l'azote. Toutefois, pour un rendement maximum, cet azote ne remplace pas les apports en azote minéral
- Des augmentations de rendement significatives sont la résultante d'apport conséquent de la matière organique dans le sol. L'apport de matière organique est un principe de base de la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols et rend l'utilisation de la fertilisation minérale plus efficiente
- **Fumure minérale**
  - Azote : Il faut en apporter, surtout en début de culture, mais jamais en excès. Un apport tardif allonge le cycle, diminue le rendement et donne des conditions favorables au développement de certaines maladies
  - Phosphore : Le phosphore favorise un enracinement solide (important en sols sableux), il doit donc être présent sous forme assimilable dès la levée.
  - Potasse : Le chlorure de potasse est à éviter vu la sensibilité du haricot au chlore

POLLINISATION

- Il n'est normalement pas nécessaire d'apporter des abeilles ou d'autres insectes pollinisateurs

GESTION POST-RÉCOLTE DE LA PARCELLE

- Enfouir les restes de plantes avec les racines
- En cas d'infestation, enlever les plantes et les racines et les détruire
- Ne pas laisser le bétail pâturer sur les parcelles en fin de culture

7

GESTION DES RAVAGEURS ET MALADIES

En production intégrée, la lutte phytosanitaire repose sur une gestion « intégrée » des ennemis des cultures (Integrated Pest Management ou IPM). Voir le manuel de formation « gestion intégrée des bioagresseurs » pour plus d'information sur la production intégrée.

Dans cette partie du document sont d'abord rappelés les grands principes d'une gestion « intégrée » et ensuite sont donnés, par bioagresseur, les éléments utiles pour les comprendre et mener la lutte au mieux.

La lutte phytosanitaire s'inscrit dans le cadre général des « Bonnes Pratiques Agricoles » (BPA) en respectant les prescriptions générales telles que reprises, par exemple, dans le Référentiel Global GAP.

La base de Global GAP est la Bonne Pratique Agricole, qui est également l'épine dorsale d'une bonne agriculture. Remplacer les pesticides par des produits de biocontrôle n'améliorera pas la protection des cultures si l'agriculteur n'adopte pas également les BPA.

En effet sans BPA, les dommages aux cultures peuvent augmenter si les pesticides sont réduits, car les produits de biocontrôle mettent plus de temps à fournir une protection que les produits conventionnels. Même les contrôles chimiques seront moins efficaces si les BPA ne sont pas suivies.

Les BPA peuvent potentiellement réduire le besoin de protection chimique des cultures car elles impliquent de fournir de bonnes conditions de croissance par le biais de fertilisations et de programmes d'irrigation optimaux et d'une bonne aération des cultures dans la zone racinaire et le couvert végétal. Non seulement la plante sera moins stressée et donc moins sensible aux ravageurs et aux maladies, mais l'environnement dans le sol et le couvert sera également moins favorable au développement des bioagresseurs.

L'objectif final est de fournir un produit sain, de qualité (c'est-à-dire respectant les Normes de Qualité) et financièrement abordable. Il est indispensable d'associer aux méthodes de lutte spécifiques qui sont recommandées, l'ensemble des techniques culturales disponibles (choix des variétés, rotation, étalement des semis, travaux du sol, fertilisation raisonnée, etc.) pour obtenir une croissance et une protection optimale de la culture, en valorisant le rôle et l'impact des facteurs agronomiques et écologiques.

L'effet de(s) l'intervention(s) choisie(s) devra être évalué dans tous ses aspects, permettant de faire la balance entre les « coûts » et les « bénéfices » de(s) l'intervention(s) :

- efficacité et rentabilité pour l'agriculteur,
- sélectivité pour la culture et les organismes non-cibles,
- respect des LMR (sécurité pour le consommateur),
- effets secondaires pour l'opérateur, les animaux domestiques et sauvages,
- effets sur l'environnement (sol, eau, végétaux, air),
- effets sur les techniques culturales,
- voire, conséquences sociales induites. (ex : libération du temps de travail en cas de recours aux herbicides).

Le regroupement des différentes pratiques culturales dans un tableau synoptique permet de mieux se rendre compte que certaines pratiques permettent de contribuer à la lutte contre plusieurs bioagresseurs en même temps. D'autre part il est utile d'indiquer aussi si certaines pratiques favorables au contrôle d'un bioagresseur peuvent au contraire favoriser d'autres bioagresseurs. Par exemple l'irrigation par aspersion permet de réduire les attaques de pucerons et tétranyques mais risque de favoriser des maladies comme l'anthracnose, la rouille et la bactériose. Ci-après est présenté un exemple de tableau synoptique pour 10 bioagresseurs.

Tableau 14 — Tableau synoptique des méthodes de lutte contre 10 bioagresseurs

MÉTHODE DE LUTTE	MOUCHE DU HARICOT	PUCERONS	MOUCHE BLANCHE	THRIPS	TÉTRANYQUES	*MELOIDOGYNES*	RHIZOCTONE BRUN	*ANTHRACNOSE*	ROUILLE	BACTÉRIOSE
CHOIX PRÉALABLES ET PRÉPARATION DU TERRAIN										
Semences exemptes d'infection							√	√		√
Variétés résistantes ou tolérantes				√				√	√	√
Eviter de planter à proximité de cultures sensibles	√	√	√	√	√	√		√		
Eviter les parcelles trop ombragées							√	√	√	√
Eviter les zones à brouillard persistant									√	
Pratiquer une rotation des cultures	√			√	√	√	√	√	√	√
Engrais vert en précédent cultural						√				
Sol léger à mis lourd (pas de sol compacté et asphyxiant)	√						√			
Travail du sol intensif (en profondeur) avant semis	√			√						
Travail du sol pour l'aérer							√			
Solarisation du sol				√		√				
Taux élevé en matière organique bien décomposée						√	√			
Eviter les eaux potentiellement infectées						√				
Eviter les eaux salées							√			
Association de maïs	√			√					√	
Association de tournesol				√					√	
Association de ciboulette/ail		√								
Association de sorgho		√								
Plantes répulsives sur le pourtour de parcelle			√							

MÉTHODE DE LUTTE	MOUCHE DU HARICOT	PUCERONS	MOUCHE BLANCHE	THRIPS	TÉTRANYQUES	*MELOIDOGYNES*	RHIZOCTONE BRUN	*ANTHRACNOSE*	ROUILLE	BACTÉRIOSE
CHOIX PRÉALABLES ET PRÉPARATION DU TERRAIN										
Présence de bandes fleuries	√	√	√	√	√					
Présence de haies	√					√				
Présence de brise-vents			√		√	√				
Nettoyage régulier du matériel agricole						√				√
Inondation du terrain avant la culture en terrain inondable						√				
Assurer un drainage du sol							√			
PLANTATION										
Semer pas trop profond	√						√			
Eviter une forte densité		√	√				√	√	√	√
Pose de filet anti-insectes après semis			√							
ENTRETIEN										
Butter les plants	√					√				
Assurer une bonne fertilisation	√								√	
Compensation par fertilisation foliaire							√			
Assurer une bonne irrigation	√						√			
Paillage	√									
Arrachage des plants fortement atteints	√						√	√	√	
Arrachage des plants arrivés en fin de production	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Désherbage régulier de la parcelle et des abords		√	√	√	√			√	√	√
Irrigation par aspersion		√			√			×	×	×
Irrigation goutte à goutte							√			√
Eviter l'excès d'azote (fertilisation azotée équilibrée)		√	√		√					
Réduire les déplacements des travailleurs dans les parcelles								√		
Travail du sol en fin de culture							√			√

√ = pratique favorable au contrôle du bioagresseur.
× = pratique qui peut favoriser le développement du bioagresseur.

7.1. LA GESTION INTÉGRÉE DES BIOAGRESSEURS

7.1.1. PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS DE L'ENVIRONNEMENT

Plusieurs éléments liés au milieu, c'est-à-dire à l'environnement au sens large, interfèrent grandement sur les relations entre les plantes cultivées et les bioagresseurs, et en tout premier lieu, les paramètres climatiques (y compris éventuellement le microclimat qui s'installe dans une culture du fait de sa conduite ou de sa mise sous abri) tels que la température, l'humidité relative, l'ensoleillement, la photopériode, l'écart entre températures du jour et de la nuit, etc.

Par exemple, la culture sous abri contre la pluie permet de limiter l'incidence de maladies telles que le la bactériose ou l'alternariose, mais l'absence d'effet mécanique de la pluie sur les feuilles favorise l'installation de certains piqueurs/suceurs, comme les pucerons ou les tétranyques qui ne sont plus dérangés par la pluie. Des champignons comme les *Pythium* sont favorisés par un temps chaud et humide. En revanche, un champignon comme *Macrophomina* préfère des conditions chaudes et sèches.

Structure, texture, profondeur, pH, teneur en matière organique, humidité et salinité du sol peuvent également jouer un rôle important sur le développement des bioagresseurs de la culture et plus particulièrement sur ceux qui sont présents dans le sol. Par exemple des sols ayant une forte humidité persistante sont propices au développement de la mouche du semis, des nématodes et à des maladies fongiques comme la fusariose et le rhizoctone.

7.1.2. IDENTIFICATION DES BIOAGRESSEURS ET SURVEILLANCE

Il est important d'identifier au mieux les différents bioagresseurs présents dans un champ afin de mettre en place la lutte la plus idoine. La description des bioagresseurs potentiellement présents est donnée au point 7.2. de ce document.

Plusieurs modalités sont possibles pour évaluer l'importance de la présence d'auxiliaires sur les cultures. Des exemples sont disponibles pour quelques ravageurs (mouches blanches, pucerons, thrips, etc.) dans l'annexe 7 du manuel du COLEAD sur la gestion de la biodiversité dans les exploitations agricoles.

Les informations données ci-après concernent le Kenya. Les principes restants valables pour d'autres zones de production mais les instructions sur les observations doivent être adaptées au contexte de chaque zone de production.

INTRODUCTION

La Lutte Intégrée implique la valorisation des auxiliaires des cultures. Elle nécessite donc une surveillance plus détaillée que la simple lutte chimique, car le degré de contrôle biologique est influencé directement par l'équilibre entre le nombre d'insectes utiles et celui des ravageurs. La situation de la culture est meilleure s'il n'y a que 5 ravageurs pour un insecte utile que s'il y en a 500. Cela explique la nécessité d'une méthode d'échantillonnage de la culture afin d'estimer le nombre réel des principaux ravageurs et auxiliaires.

Des fiches de surveillance hebdomadaires doivent être remplies pour chaque champ. Certaines données de ces fiches sont retranscrites chaque semaine sur une fiche de synthèse hebdomadaire, qui permet à l'exploitant agricole de comparer les progrès effectués d'une semaine à l'autre et qui fournit des orientations objectives pour choisir les mesures qui doivent être prises afin de protéger la culture et d'évaluer le niveau des progrès. Des exemples de fiches hebdomadaires et de synthèse figurent en annexe 2. Un des facteurs qu'il convient de prendre en considération est le nombre moyen de ravageurs présents par semaine. Mais il ne faut pas se baser uniquement sur la moyenne des ravageurs, dans la mesure où elle peut augmenter d'une semaine à l'autre, tandis que le rapport ravageurs/insectes utiles montre des signes positifs d'équilibre. Si le rapport ravageurs/insectes utiles dans le champ était de 150 la semaine dernière, mais ne s'élève plus qu'à 60 cette semaine, l'agriculteur pourra constater que l'équilibre penche en faveur des insectes utiles, ce qui signifie que le contrôle biologique est en cours et justifie de ne pas recourir à la pulvérisation, mais de laisser le contrôle biologique se poursuivre.

Les informations suivantes sont destinées à guider la surveillance en Lutte Intégrée et devraient être renforcées par une formation *ad hoc*, dispensée par des fournisseurs de services expérimentés.

Elles permettront d'évaluer la présence des bioagresseurs et de certains de leurs ennemis naturels respectifs listés ci-après. Pour les autres bioagresseurs se référer aux informations données au point 7.2.

Tableau 15 — Bioagresseurs et ennemis naturels mentionnés dans la méthodologie de surveillance

BIOAGRESSEUR	ENNEMIS NATURELS
Mineuse des feuilles	*Diglyphus*
Mouche blanche	*Encarsia*
Thrips	/
Tétranyques	*Phytoseiulus* et *Amblyseius*
Pucerons	/
Vers gris	/
Chenilles[1]	/
Maladies (rouille, fusariose, graisse etc.)	/
Nématodes à galles[2]	/
Mouche du haricot[3]	/

Légende :
1. Pour plus de détails concernant la surveillance des différentes espèces de chenilles, se référer aux données dans les textes par bioagresseur du point 7.2 du document.
2. Une méthodologie de surveillance plus détaillée est développée au point 7.2 pour les nématodes à galles.
3. Pour la mouche du haricot une méthodologie plus détaillée est présentée au point 7.2.

PRÉPARATION

Les observateurs doivent être munis :

- d'un écritoire à pince pour faciliter la prise de notes,
- de fiches d'observations,
- d'un morceau de papier blanc propre au-dessus duquel il pourra secouer les fleurs (pour compter le nombre de thrips),
- d'une loupe avec un cœfficient de grossissement de dix fois ;
- d'un crayon,
- d'une calculatrice,
- d'un sac pour récolter les échantillons,
- de suffisamment de marqueurs pour les zones sensibles (des marqueurs visibles de couleur rouge. N'utilisez pas de jaune car cette couleur attire les ravageurs).

Un compteur automatique de bonne qualité est un outil utile qui accélère le processus de comptage et réduit les erreurs et la lassitude.

INSTRUCTIONS POUR LES OBSERVATIONS

La zone à observer doit être aussi uniforme que possible (pente et aspect du champ, variété de la culture, etc.). Trop de variations donneront lieu à une surestimation ou à une sous-estimation du nombre de ravageurs ou de maladies. Si nécessaire, divisez la culture en sections si celles-ci sont susceptibles d'avoir des taux très différents de ravageurs et de maladies.

La zone maximale à retenir comme une unité est d'environ un hectare - sauf si elle est très uniforme.

Pour un hectare, prévoyez approximativement deux heures par bloc pour les observations par un observateur formé et expérimenté (un « bloc » équivaut à vingt lignes d'observation).

Les ravageurs ont l'habitude de se déplacer sur la culture à divers moments de la journée. Le bloc doit être examiné au moins une fois par semaine, idéalement deux fois, de préférence au même moment de la journée, et ce afin de pouvoir comparer les taux de ravageurs avec précision. Si l'observation n'est pas effectuée à un moment plus ou moins identique de la semaine sur le même champ, l'observateur pourrait indiquer que les ravageurs sont en diminution, alors qu'ils se sont peut-être tout simplement cachés ou enfuis de la culture à ce moment-là. C'est particulièrement vrai pour les thrips.

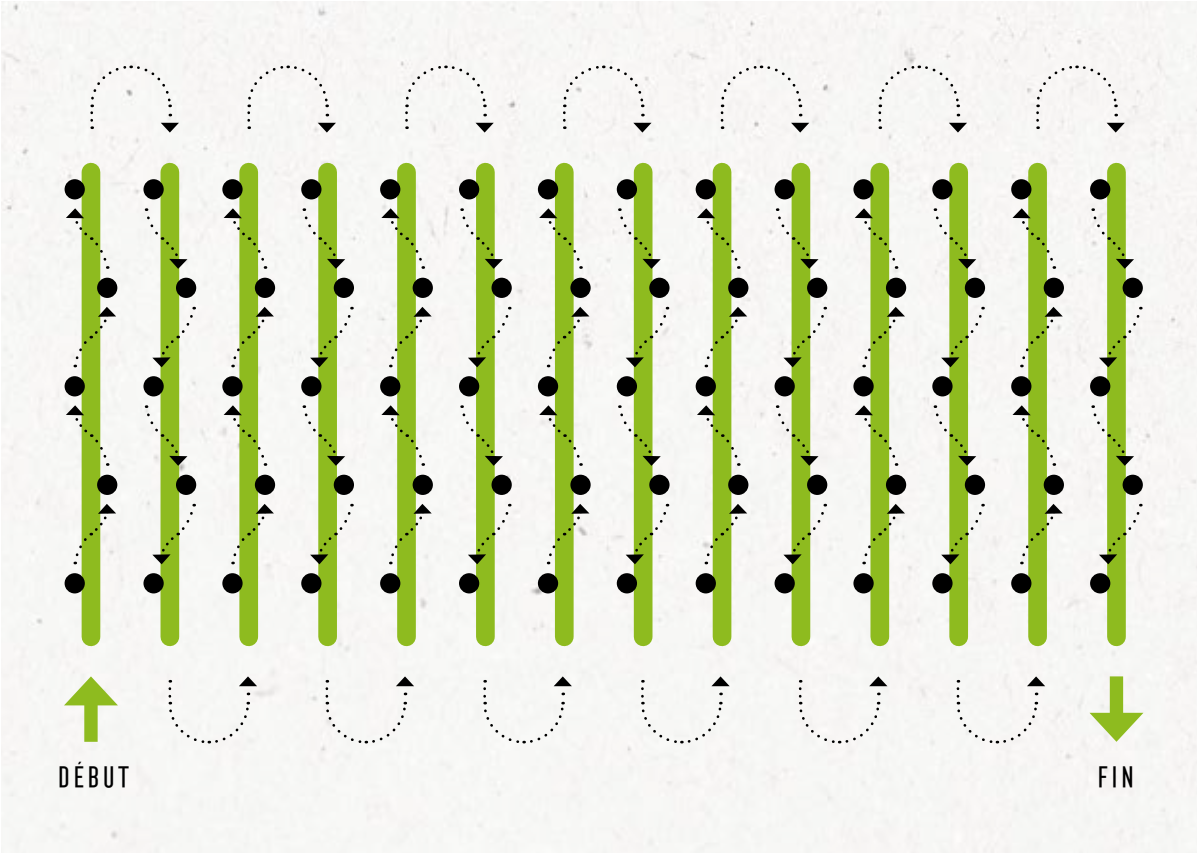


Figure 17 — Schéma de surveillance pour le haricot vert

Vingt « rangs » d'échantillonnage sont choisis à intervalles réguliers parmi toutes les lignes du champ (voir schéma). Les rangs sont des allées entre les lignes plantées. Chaque rang est marqué et numéroté afin que les données des mêmes rangées puissent être comparées semaine après semaine pour vérifier l'évolution des infestations.

Ces rangées sont des rangées entières et non des zones marquées dans le champ. Les données d'observations sont générées en se déplaçant le long de chaque rang.

Parcourez le chemin du rang d'échantillonnage et arrêtez-vous à cinq points d'observation, que vous choisirez au niveau des lignes de plantes, de part et d'autre du sentier (par exemple, échantillonnage dans un dispositif en zigzag le long du rang d'échantillonnage, tandis que l'observateur avance vers le bout de la ligne). Répartissez les points d'échantillonnage sur toute la longueur de la ligne (voir le schéma).

Le dispositif en zigzag se justifie par le fait que, dans les cultures en lignes, un côté de la ligne peut recevoir plus de soleil et de chaleur - ou plus de vent et de pluie - que l'autre côté, ce qui affecte le taux de ravageurs et de maladies. Le prélèvement d'échantillons dans un dispositif en zigzag le long du rang permet d'observer des feuilles des deux côtés des lignes de plantes. Les différences possibles selon le côté des lignes sont ainsi prises en compte dans la moyenne.

À chaque point d'observation, faites d'abord les observations suivantes avant de prélever une feuille à la base et au sommet des plantes à des fins d'examens ultérieurs. Au point d'observation, notez le nombre total des ravageurs suivants, facilement visibles, sur environ un mètre carré de la plate-bande de haricots vert :

— mineuses adultes,

— *Diglyphus* adultes,

— aleurodes adultes,

— *Encarsia* adultes.

Ajoutez les nombres relevés à chacune des cinq positions d'observation de la ligne et inscrivez les totaux sur le formulaire d'observation hebdomadaire. L'observateur aura peut-être besoin de feuilles vierges pour inscrire le total de chacun des cinq points d'observation avant de reporter les totaux de la ligne sur le formulaire.

Lorsque l'observateur a observé, aux divers points d'observation, les ravageurs susmentionnés - qui risquent de s'enfuir si les feuilles sont trop manipulées -, il peut alors prélever deux folioles (pas une feuille trifoliée entière) part plant dans la même zone (10 en tout : 2 folioles par plant x 5 plants) par rang d'échantillonnage ou 200 (10 par rang x 20 rangs) par bloc) afin de compter le nombre :

— de grosses larves d'aleurodes des serres (>L2),

— de larves noires parasitées d'aleurodes des serres,

— de thrips sur les feuilles,

— d'araignées rouges.

Si la culture est encore très jeune et que les plantes ont peu de feuilles, les observations ci-dessus peuvent être effectuées sans prélever de feuilles, simplement en retournant la surface inférieure de la feuille vers le haut. Si des araignées rouges sont découvertes pendant ces contrôles, elles doivent également être comptabilisées dans le niveau de présence hebdomadaire des araignées rouges.

En outre, l'observateur doit rechercher les feuilles endommagées par des araignées rouges lorsqu'il parcourt la ligne et examine ces feuilles pour recenser le nombre :

— de *Phytoseiulus* adultes,

— d'*Amblyseius* adultes,

— d'araignées rouges adultes.

Normalement, les prédateurs d'araignées rouges ne sont présents que lorsque celles-ci sont nombreuses (et endommagent les feuilles). C'est à ce moment-là que l'agriculteur remplira les colonnes consacrées au rapport prédateurs/araignées rouges dans le formulaire de référencement hebdomadaire.

Dès le début de la floraison, l'observateur commence à rechercher des traces de thrips sur les fleurs. Il n'est pas nécessaire de cueillir la grappe de fleurs pour l'examiner. Placez un morceau de papier blanc sous la grappe et secouez-la fermement trois fois afin de déloger les thrips qui se trouvent dans la fleur. Examinez deux grappes de fleurs par point d'observation afin de détecter la présence de thrips dans les fleurs.

Le puceron des haricots a tendance à être sporadique. L'observateur peut effectuer des observations tout au long de la ligne de référencement pour détecter ces ravageurs, les maladies qu'il provoque et les insectes utiles.

En parcourant la ligne de référencement sur toute sa longueur, il est aisé d'observer des symptômes de maladies, la présence de vers gris, etc., sur toutes les plantes de la ligne.

- Colonies de pucerons des haricots (il n'est pas nécessaire de compter tous les pucerons de la colonie. Le nombre de colonies par rang d'échantillonnage suffira.).
- Nombre total de prédateurs de pucerons dans chaque colonie (coccinelles, *Aphidius*, syrphidés, etc.). Il n'est pas nécessaire de distinguer les divers prédateurs. Il suffit de calculer (dans le bas de la colonne sur la fiche de référencement) le total combiné de prédateurs et de parasites de pucerons par rapport au nombre de colonies de pucerons dans chaque rang d'échantillonnage.
- Nombre total de larves de chenilles (feuilles endommagées, faciles à détecter).
- Nombre total de chrysalides.
- Nombre total de papillons adultes observés.
- Présence de maladies (rouille, etc.).
- Présence de vers gris, de nématodes à galles, de mouches du haricot, etc.

VÉRIFICATIONS FINALES

Lorsque les rangs d'échantillonnage auront été tous observées, l'observateur réalisera une « vérification finale » en parcourant CHAQUE rang dans les deux sens afin de respecter les indications suivantes.

- Indiquez clairement toutes les nouvelles zones sensiblement attaquées par les pucerons (taux de parasitisme < à 10%) grâce à des marqueurs et indiquez les positions de celles-ci sur la carte du bloc. Ces dernières devront faire l'objet d'un traitement localisé aussi vite que possible.
- Vérifiez toutes les zones ayant été précédemment marquées comme sensiblement attaquées par les pucerons. Si leur taux de parasitisme est supérieur à 10%, enlevez le marqueur.
- Indiquez sur les cartes des blocs les zones sensibles aux maladies (graisse des haricots, *Fusarium*, etc.). Ces indications permettront de rédiger des instructions relatives à une pulvérisation localisée pour lutter contre la graisse des haricots ou à une pulvérisation générale en fonction des risques (temps humide et plus de quatre zones par bloc affectées par la maladie). Le *Fusarium* ne peut pas être traité, mais les zones sensibles seront inscrites dans l'historique du bloc afin d'être, après la récolte, traitées au *Trichoderma* et amendées avec de la matière organique. Additionnez les zones sensibles aux maladies (identifiez le type de maladie) et indiquez ce chiffre au recto de la fiche de référencement ;

- Indiquez sur les cartes des blocs les zones sensibles aux araignées rouges. Celles-ci auront besoin de *Phytoseiulus* supplémentaire - taux d'introduction d'au moins 1/200). Faites une estimation du nombre total d'araignées rouges par zone sensible et inscrivez ce nombre au recto de la fiche de référencement. Prélevez au minimum dix folioles à cet endroit et déterminez le rapport *Phytoseiulus*/araignées. Dès que ce rapport passe sous la barre des 1/10, le problème ne devrait pas tarder à disparaître. Inscrivez les données relatives aux zones sensibles aux araignées rouges sur une fiche de référencement séparée et attribuez un numéro à chaque zone. Celles-ci seront référencées chaque semaine jusqu'à l'éradication du problème.
- Notez la présence de chenilles vivantes observées lors de la vérification finale (indiquez ce nombre au recto de la fiche de référencement).
- Effectuez éventuellement une pulvérisation générale de *Bacillus thuringiensis* ou une autre pulvérisation appropriée, dans la mesure où ces ravageurs sont difficiles à repérer et doivent être contrôlés lorsqu'ils ne sont pas trop nombreux.

7.1.3. UTILISATION ET PROMOTION DES ENNEMIS NATURELS DES BIOAGRESSEURS

La « lutte biologique » (biological control ou biocontrol) est une méthode qui consiste à combattre un ravageur par l'utilisation ou la promotion de ses ennemis naturels, ou une maladie en favorisant ses antagonistes. La lutte biologique est surtout dirigée contre les ravageurs (insectes, acariens et nématodes). On considère comme étant des ennemis naturels des ravageurs des cultures les organismes prédateurs, parasitoïdes ou infectieux (champignons entomophages, viroses) limitant la fréquence et la sévérité des pullulations.

À l'échelle d'une exploitation, les stratégies d'intervention présentent des formes diverses, mais complémentaires.

LA PRÉSERVATION ET VALORISATION DU RÔLE DES ORGANISMES AUXILIAIRES INDIGÈNES

Le développement des pratiques agricoles intensives est généralement défavorable au respect de ces mécanismes de régulation, la transformation des écosystèmes naturels induisant le plus souvent une réduction de leur diversité biologique. Il faut concevoir un aménagement raisonné de la structure parcellaire des exploitations pour y réserver des zones refuges favorables au maintien des populations d'organismes auxiliaires (haies, dispositifs enherbés, abris, plantes nectarifères). Il est nécessaire de limiter le recours aux pratiques défavorables (ex. : arrachage des haies, suppression des jachères, labours...), et les traitements phytosanitaires avec des produits non sélectifs, sur les zones refuges, au moment de la floraison, etc. Il faut également préserver la vie des organismes utiles dans le sol notamment en maintenant une bonne teneur en matière organique et en perturbant le moins possible les différentes couches du sol par exemple en évitant les labours.

La Lutte Intégrée implique l'utilisation d'auxiliaires des cultures, comme les prédateurs et les parasites.

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes ; à cet effet il est conseillé d'implanter des bandes fleuries et/ou des haies avec des écartements entre elles de maximum 50 m. Les haies doivent être multi-étagées et diversifiées en espèces pour jouer pleinement leur rôle.

Plusieurs plantes ombellifères comme l'aneth, la coriandre sont particulièrement utiles. Plusieurs autres familles de plantes sont utiles pour favoriser la présence d'auxiliaires comme les syrphes. On peut citer les plantes de la famille des Asteraceae mais aussi des *Euphorbia*ceae. Parmi les astéracées connues en milieu tropical on peut citer : les *Artemisia*, le pyrèthre, les *Tagetes*, *Bidens pilosa* (plante médicinale), le tournesol, etc. Pour plus d'informations consulter les manuels de formation du COLEAD « gestion de la biodiversité » et « gestion intégrée des bioagresseurs ».

L'AMPLIFICATION DU RÔLE DES ORGANISMES AUXILIAIRES PAR LÂCHERS INONDATIFS

Cette stratégie, qui repose sur la mise en œuvre d'organismes auxiliaires en grande quantité au moment et lieu voulus, assimile le traitement biologique aux traitements conventionnels. La récente maîtrise des techniques de production en masse des organismes auxiliaires (ex. : production de masse réalisée sur les œufs d'un hôte de substitution) a favorisé l'application de cette stratégie. On peut citer, par exemple en culture d'haricot vert l'*Encarsia formosa* contre les mouches blanches et le *Diglyphus* contre la mineuse des feuilles.

Plus d'information sur la lutte biologique à la page 15 du manuel de formation « gestion intégrée des bioagresseurs » du COLEAD.

7.1.4. PRATIQUES DE CULTURES ADAPTÉES

Différentes pratiques permettent de contribuer au contrôle des bioagresseurs. Ce sont généralement des pratiques prophylactiques ayant pour but de prévenir l'apparition, la propagation d'un bioagresseur ou l'aggravation des dégâts. Il y a des pratiques qui permettent d'éviter le bioagresseur, d'autres qui permettent de rompre le cycle biologique du bioagresseur, d'autres qui permettent aux plantes de mieux se défendre et d'autres qui permettre de favoriser les ennemis des bioagresseurs.

Par exemple éviter d'installer une culture à proximité d'une parcelle avec plante hôte d'un bioagresseur permet d'éviter l'arrivée du bioagresseur dans la parcelle ou du moins de réduire et retarder son apparition.

Une longue rotation avec des cultures non-hôte permet de rompre le cycle biologique d'un bioagresseur ; ceci est particulièrement vrai pour les maladies telluriques. Eviter de cultiver dans un champ récemment emblavé en haricot vert (une rotation de 3 ans est considérée comme un minimum ; idéalement des rotations de 5 à 6 ans au moins sont conseillées pour les terres infectées par des champignons du sol ou les nématodes).

Un bon entretien de la culture (fertilisation raisonnée, irrigation régulière et adaptée etc.) permet aux plantes de mieux se défendre de la plupart des bioagresseurs. La

présence de haies, de bandes fleuries et la pratique de l'association de cultures permettent de favoriser le développement de la plupart des ennemis naturels des bioagresseurs.

Les pratiques à mettre en œuvre peuvent être classées dans 4 groupes distincts : les choix préalables à la mise en place de la culture ; la préparation de la parcelle et de son environnement ; la plantation, l'entretien de la culture.

LES CHOIX PRÉALABLES

LA QUALITÉ DES SEMENCES

Les semences de bonne qualité seront exemptes de tout signe de présence d'insectes (frasques ou insectes morts/vivants dans l'emballage ou trous dans les semences) ou de maladie (moisissures poudreuses sur les semences). Les graines doivent avoir une peau ferme, non ratatiné et exempte de taches.

Le producteur doit soit retourner les semences au fournisseur et les remplacer par des semences de meilleure qualité avant de les planter (si elles ne sont pas de bonne qualité), soit trier les semences et retirer les semences de mauvaise qualité avant de les stocker ou de les planter.

Chaque lot de semences doit être accompagné d'un certificat d'analyse indiquant ce qui suit :

- le pourcentage de germination garanti,
- l'absence d'agents pathogènes transmis par les semences,
- la date de récolte,
- la date d'expiration.

Il est déconseillé d'acheter des graines dont l'emballage ne comporte pas d'étiquette. Si le paquet de graines est ouvert, mais n'est pas utilisé immédiatement, il doit être stocké correctement et l'étiquette doit rester avec le bon lot de graines, afin de pouvoir remonter à la source des graines en cas de problème.

Si les graines ne sont pas de bonne qualité, elles mettront plus de temps à germer. Il est important que la germination et l'émergence soient rapides, car le sol est un environnement propice à l'infection des jeunes tissus tendres par les maladies fongiques. Plus le processus d'émergence est long, plus le temps disponible pour l'infection est long.

Après la levée, la plante ne dépend plus des seules réserves alimentaires contenues dans la graine, car elle fabrique de nouveaux nutriments pour sa croissance à partir des feuilles. Elle est alors mieux à même de résister aux attaques des parasites et des maladies.

STOCKAGE CORRECT DES SEMENCES DE HARICOT

Les producteurs de semences sèchent leurs graines après la récolte pour maintenir la durée de conservation. Pour maintenir le taux de germination garanti, les graines doivent être stockées dans des récipients hermétiques. La durée de stockage peut être réduite de moitié si l'humidité d'équilibre n'augmente que de 10%.

Conservez les paquets de graines dans des récipients en verre ou en plastique avec des couvercles hermétiques. Ceci est très important lorsque le paquet est ouvert mais que tout le contenu n'est pas utilisé immédiatement.

Conservez les grandes quantités dans une pièce ventilée, mais exempte d'insectes et de rats, où la température ne dépassera pas 20°C.

TEST DE GERMINATION

Les cultivateurs peuvent effectuer leurs propres tests de germination avant de planter les graines.

— Placez deux feuilles de papier journal sur une table et mouillez lentement le papier avec une tasse d'eau. Laissez l'eau s'absorber et essorez le papier pour éliminer l'excès d'humidité.

— Ouvrez le papier et placez 100 graines uniformément sur le papier.

— Roulez le papier en forme de tube pour enfermer les graines et placez-le dans un sac en plastique.

— Laissez le test dans un endroit chaud (de préférence 30°C), à l'abri de la lumière directe du soleil pendant 4 jours pour permettre aux graines de germer. Le dessus d'un réfrigérateur est un endroit chaud approprié.

— Retirez les graines et comptez le nombre de graines qui ont germé après 4 jours. Enregistrez le nombre de graines germées et retirez-les du rouleau.

— Roulez à nouveau le papier journal humide avec les graines non germées restantes et laissez-le pendant 3 jours supplémentaires - notez le nombre total de graines germées.

— C'est le pourcentage de germination. Il doit être supérieur à 90% (au moins 90 graines sur 100 ont germé).

LES VARIÉTÉS ADAPTÉES

Il est préférable de choisir les variétés ayant les résistances et/ou tolérances aux principaux ennemis de la culture de la zone de production. Les variétés de haricot vert présentent le plus souvent une résistance ou tolérance à : l'anthracnose, la mosaïque commune, la rouille, la bactériose à *Pseudomonas*.

LA QUALITÉ DE L'EAU D'IRRIGATION

L'eau peut être contaminée par des nématodes, des bactéries et des champignons capables de provoquer des maladies chez les haricots verts. L'eau de rivière est la source d'eau d'irrigation la plus contaminée. L'eau de forage est la source la moins contaminée.

Si possible, l'eau de rivière doit être pompée dans un réservoir de retenue pour permettre aux nématodes et aux microbes de se déposer au fond avant de pomper l'eau des couches supérieures de l'eau. Idéalement, l'eau peut être filtrée avant d'être utilisée, mais cela demande beaucoup d'énergie et d'investissement en matériel.

LA PRÉPARATION DE LA PARCELLE

Une bonne préparation de la parcelle et l'aménagement de son environnement immédiat permettront d'assurer de bonnes conditions de croissance de la culture (meilleure défense des plantes face aux agressions), d'éviter les conditions favorables au bioagresseur, de renforcer l'action des antagonistes et autres ennemis naturels et d'entraver l'entrée de certains bioagresseurs. Deux exemples sont donnés ci-après.

DRAINAGE

Les racines ont besoin d'air dans le sol pour respirer et se développer correctement. Un excès d'eau dans le sol remplit les espaces d'eau à la place d'air et réduit la croissance des racines. Cela n'affectera pas seulement le rendement, mais favorisera également l'infection des racines par des maladies telluriques telles que *Fusarium* et *Pythium*.

PH DU SOL

L'analyse du sol indique à l'agriculteur quel est le pH du sol. Les haricots ont besoin d'un pH optimal proche de 6,5. Il faut appliquer de la chaux sur un sol acide (pH inférieur à 4,5) pour faire remonter le pH à 6,5. L'analyse du sol fournira des conseils sur la quantité de chaux nécessaire. L'application de chaux ne devrait être nécessaire que tous les 3 ans. Il faut environ 12 mois pour que la chaux appliquée modifie le pH du sol. Essayez de ne pas appliquer plus de 2 tonnes de chaux par hectare à chaque fois. Si une quantité supérieure est nécessaire, essayez de l'appliquer sur plusieurs cycles de culture. Attention, une utilisation excessive d'engrais DAP rendra les sols acides.

LA PLANTATION

À ce stade certaines pratiques adaptées permettent de mettre les semences dans de bonnes conditions de germination et aux plantes de se développer ensuite de façon optimale tout en permettant des applications aisées de PPPs et d'éviter les conditions favorables aux bioagresseurs. Ci-après quelques exemples de ces pratiques.

LA DENSITÉ ET LA PROFONDEUR DE SEMIS

La distance entre les plantes affecte non seulement le rendement final par unité de surface, mais aussi la durée pendant laquelle les feuilles restent humides après une pluie ou une pulvérisation. Si les plantes sont proches les unes des autres, la circulation de l'air dans le feuillage est réduite et les feuilles restent humides plus longtemps. Les longues périodes d'humidité des feuilles favorisent les maladies foliaires telles que la tache angulaire.

Les distances recommandées entre les graines sur une ligne varient de 12 à 18 cm (5 à 7 pouces) et entre les rangs varient de 25 à 30 cm (10 à 12 pouces) - selon la variété de haricot.

Étant donné que les précipitations mensuelles peuvent varier de manière prévisible selon la saison, il peut être judicieux de réduire la densité des plantes pour les cultures qui seront en plein développement pendant la saison des pluies. Cela permettra à plus d'air de circuler et de sécher plus rapidement les feuilles - réduisant ainsi la pression des maladies.

L'agriculteur peut modifier soit la distance entre les graines d'une même rangée, soit la distance entre les rangées. Une simple expérience sur l'exploitation, avec certaines de ces variations, aidera rapidement le producteur à observer l'espacement des plantes le plus rentable. Les distances optimales varient en fonction de la variété, du type de sol et de la saison.

Les semences doivent être plantées à la profondeur optimale selon le type de sol ; voir point 5.2. Si elles sont plantées trop profondément, la plantule mettra plus de temps à émerger et la tige sera plus fine. Cela produira une plante plus faible et augmentera également le temps disponible pour les maladies transmises par le sol, comme le *Fusarium*, pour infecter le semis. Les semences qui sont plantées trop profondément et qui reçoivent trop d'eau pour favoriser la germination seront sujettes à la « fonte des semis », une maladie causée par l'infection des semis par des pathogènes du sol tels que *Pythium* et *Phytophthora*.

L'ENTRETIEN

Un bon entretien de la culture jusqu'à la fin des récoltes permet d'éviter le développement excessif de plusieurs bio-agresseurs. Quelques exemples sont donnés ci-après.

L'IRRIGATION

Le mode d'irrigation a une grande importance pour le contrôle des bioagresseurs. Par exemple, le fait de ne pas mouiller les feuilles (en effectuant une irrigation gravitaire ou au goutte à goutte) limite les risques de développement de maladies ayant besoin d'eau sur les feuilles pour se développer (*Xanthomonas*, *Alternaria*...). Par contre, cela met d'autres ennemis dans des conditions idéales de développement (*Tetranychus*, *Bemisia*, pucerons etc.). L'irrigation gravitaire a également le désavantage de transmettre par les canaux d'irrigation des ennemis tels que *Fusarium* et *Meloidogyne*.

Le risque le plus élevé de maladies transmises par le sol se produira si l'agriculteur n'est pas en mesure de contrôler la quantité d'eau d'irrigation appliquée à la culture. L'irrigation à la raie est la méthode d'irrigation la moins contrôlable et l'irrigation au goutte-à-goutte est la méthode la plus contrôlable.

L'irrigation au goutte-à-goutte est la méthode d'irrigation préférable et des kits pour petits agriculteurs peuvent être achetés ou fabriqués par l'agriculteur. Les lignes de goutteurs doivent être placées avec les trous orientés vers le ciel et en ligne avec les rangées de plantes.

L'irrigation par aspersion est un problème potentiel car elle rend les feuilles plus humides que les autres méthodes d'application et augmente le risque de maladies foliaires comme la rouille. L'irrigation par aspersion provoque également des éclaboussures de terre sur les feuilles et peut accroître l'infection par spores de champignons présentes dans le sol tels que la tache angulaire.

L'irrigation au goutte-à-goutte peut être utilisée pour appliquer des biofertilisants, des engrais et des biopesticides, directement aux racines des plantes et constitue donc un système rentable.

LA FERTILISATION

Si la culture ne reçoit pas assez d'engrais ou trop d'engrais, elle sera stressée. Les plantes stressées présenteront des carences en nutriments ou des toxicités et ne produiront pas de hauts rendements. Les cultures qui ont reçu trop d'engrais azotés seront très attractives pour les ravageurs suceurs de sève tels que les thrips, les pucerons, les aleurodes et les mineuses. Les femelles adultes pondront plus d'œufs dans les feuilles épaisses et charnues et les cultures souffriront de niveaux de ravageurs plus élevés. Les maladies vont également proliférer dans les cultures qui reçoivent trop d'engrais.

LA GESTION DES DÉCHETS DE CULTURE

Les déchets de culture contiennent l'historique des ravageurs et des maladies de la plante. Tout ravageur ou toute maladie qui a envahi la culture pendant la croissance et la récolte sera potentiellement toujours là, continuant à se développer, même si tous les haricots ont été récoltés. Ainsi, la maladie ou le ravageur continuera à s'accumuler et à créer des problèmes plus importants pour les cultures suivantes plantées dans le même sol ou à proximité. Plusieurs mesures sont à prendre pour éviter cette situation.

ELIMINATION DES PLANTS OU PARTIES DE PLANTES ATTAQUÉES

Au cours de la saison de croissance, si des plantes sont gravement infectées par des maladies telles que le *Sclerotium*, le *Fusarium* ou la tache angulaire, elles doivent être éliminées. Cela signifie qu'il faut arracher la plante mourante et la mettre dans un sac pour la transporter hors du champ pour être compostée ou détruite. Si la plante morte n'est pas transportée dans un sac, le sol ou le matériel végétal infecté peut se répandre dans le champ. Dans certains cas il ne faut éliminer que les parties attaquées de la plante ; par exemple les gousses attaquées par des chenilles.

ENLÈVEMENT RAPIDE DES ANCIENNES CULTURES

Dès que la culture a été récoltée, les débris de la culture doivent être enlevés et compostés ou détruits d'une autre manière. Ceci est particulièrement important si la culture était infestée d'aleurodes, de thrips ou de pucerons, qui peuvent s'envoler sur les cultures adjacentes, si la vieille culture commence à sécher.

Tous ces ravageurs volants ont le sang froid et ont besoin de la chaleur du soleil pour réchauffer leur corps et leur donner l'énergie nécessaire pour voler et se disperser dans les cultures adjacentes. Si les cultures sont enlevées au crépuscule, lorsque les températures sont plus fraîches, il y aura moins d'aleurodes et d'autres ravageurs capables de voler vers les cultures adjacentes.

Si la culture n'est pas destinée à être compostée, les débris de la culture doivent être incorporés profondément dans le sol en même temps que l'arrachage de la culture. Si l'on procède ainsi, les ravageurs seront enterrés et mourront. Les plantes gravement malades doivent cependant être retirées en premier (par exemple, si elles sont infectées par la sclérotiniose, la tache angulaire) car ces maladies sont transmises par le sol et survivent si elles sont enterrées. Les plantes malades doivent être compostées correctement ou détruite d'une autre manière (enfouissement profond dans des trous ; donné en nourriture à des animaux, à éviter pour des maladies comme la fusariose si le fumier de ces animaux est ensuite utilisé pour des cultures sensibles).

COMPOSTAGE

Les débris de récolte retirés du champ sont coupés en petits morceaux avant d'être empilés sur une hauteur d'environ un mètre. Dans le tas, il faut alterner des couches de matières végétales vertes (plants de haricots frais) et de matières brunes (herbe sèche, tiges de bananes brunes, etc.). Un accélérateur de compostage tel que *Trichoderma asperellum* peut être appliqué. Pour plus d'information sur le compostage voire les manuels du COLEAD sur la « gestion des sols » et « l'agriculture biologique » ainsi que la brochure technique sur les techniques de compostage du COLEAD.

7.1.5. UTILISATION RATIONNELLE DES PPPs

Dans la lutte par utilisation de PPPs, il faut garder un certain équilibre, souvent compliqué à atteindre, entre les bioagresseurs et leurs ennemis naturels. Il faut en effet se souvenir que l'éradication complète du bioagresseur dans la parcelle réduira la ressource disponible pour le maintien de ses ennemis naturels, qui constituent un élément fondamental concourant à la résilience du système. L'objectif est donc de « gérer la lutte contre les organismes nuisibles jusqu'au point où la prédation naturelle fonctionne de manière équilibrée et les pertes de culture dues aux ravageurs sont maintenues à un niveau minimum acceptable » (FAO).

D'autre part, l'utilisation des Produits de Protection des Plantes (conventionnels ou de bio-contrôle) doit toujours être envisagée en dernier recours quand les autres mesures prises ne permettent pas de contrôler suffisamment les différents bioagresseurs.

Les produits et leur mode d'utilisation choisis doivent minimiser les effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement.

Les applications de PPPs sur base d'un calendrier de traitements préétablis sera évité. Il est préférable d'intervenir sur base d'observations régulières permettant d'établir l'état phytosanitaire de la culture.

Pour les bioagresseurs où un seuil d'intervention (seuil de tolérance, seuil de nuisibilité) est disponible, les traitements seront réalisés lorsque ce seuil est atteint ou dépassé en tenant compte de la présence des ennemis naturels. Pour les bioagresseurs ne disposant pas de seuil, les traitements se font lorsque les risques sont moyens ou élevés pour la zone dans laquelle se trouve la culture.

LA QUALITÉ DES APPLICATIONS PHYTOSANITAIRES EST TRÈS IMPORTANTE POUR ASSURER L'EFFICACITÉ

Il est important de comprendre que la connaissance du cycle de vie et du comportement des bioagresseurs permet d'optimiser l'effet des applications de PPPs. Il est en effet important d'effectuer les applications au meilleur moment de la journée pour assurer le contact avec les bioagresseurs, et appliquer les PPPs de manière adaptée aux différents stades du cycle de vie des bioagresseurs. Par exemple dans certaines régions, l'on a observé que les thrips se trouvent à l'extérieur des fleurs et sur la surface supérieure des feuilles environ entre 7h30 et 8h30 et entre 16h30 et 17h30 ; c'est à ces moments de la journée qu'il vaut mieux pulvériser.

Les PPPs pulvérisés doivent être appliqués de façon à atteindre au mieux leurs cibles. Beaucoup de bioagresseurs (mouches blanches, tétranyques etc.) se trouvent à la face inférieure des feuilles ; les bouillies appliquées doivent donc pouvoir atteindre le dessous des feuilles et cela est particulièrement vrai pour les substances qui agissent par contact, ingestion et qui ne sont pas systémiques (c'est le cas de pratiquement tous les produits de biocontrôle).

Pour des produits agissant par suffocation de la cible, cela est encore plus important, comme par exemple pour la maltodextrine, pour lesquels des conditions optimales d'application sont nécessaire afin d'assurer l'efficacité (méthode d'application, volume de bouillie, hygrométrie, chaleur…). En effet, la mort des cibles est due aux propriétés adhésives des substances, propriétés apparaissant uniquement en cas de séchage rapide. De plus, le produit doit non seulement entrer en contact avec ses cibles, mais doit également les recouvrir complètement. Les deux principaux facteurs de réussite sont donc la vitesse de séchage et la qualité de l'application : le séchage doit être terminé dans les quelques heures suivant le traitement (1 à 2h) ; le volume d'application doit être élevé et atteindre la limite du ruissellement, et l'application doit permettre une excellente couverture des cibles, y compris sur les faces inférieures des feuilles. Pour suivre ce paramètre, il est utile d'utiliser des papiers hydrosensibles lors des premières applications, afin de vérifier si le matériel de traitement, les réglages et le volume d'application sont adaptés. Chaque papier hydrosensible doit être impacté sur au moins 90% de sa surface.

Un bon calibrage des pulvérisateurs est essentiel pour appliquer la dose de produits recommandées à l'hectare et la quantité de bouillie optimale.

Dans le cas d'utilisation de pulvérisateur à dos l'agriculteur suit généralement les conseils de l'étiquette sur la quantité de produit à mettre par pulvérisateur de 15 litres et la concentration optimale de la bouillie (ces doses sont basées sur un volume de bouillie théorique de 1 000 litres par hectare sur une culture en pleine végétation). Pour les pulvérisateurs à lance, le nombre de pulvérisateurs à appliquer dépendra normalement du stade de développement de la culture si l'on n'applique pas inutilement la bouillie sur le sol nu. Le volume de bouillie à appliquer sur des jeunes plants est nettement inférieur au volume de bouillie à appliquer sur des plantes en plein développement (moins de surfaces foliaires, donc moins de produit nécessaire). Si le producteur applique trop de pulvérisateurs pour une zone de culture donnée à un stade donné par hectare, il risque de « sur-appliquer « (risques de brûlure et perte économique par surconsommation de produit) le produit ou de « sous-appliquer » si le nombre de pulvérisateur est insuffisant (efficacité réduite et perte économique par risque de dégâts du bioagresseur sur la culture). Il est donc très important que le producteur connaisse parfaitement les volumes d'eau nécessaires à chaque stade de la culture. Ceci peut être déterminé en faisant des pulvérisations à blanc (pulvérisation d'eau uniquement).

Le choix du type de pulvérisateur est aussi important. Dans certains cas il sera préférable d'utiliser des pulvérisateurs atomiseurs pour assurer une meilleure pénétration de la bouillie dans le feuillage et mieux atteindre le dessous des feuilles.

LE RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION NATIONALE SUR L'USAGE DES PPPs

En pays ACP, la culture du haricot vert est principalement une culture d'exportation vers l'UE. Les importateurs de l'UE ont des directives très précises sur les PPPs qu'ils autorisent à utiliser sur la production achetée. Les listes de PPPs approuvés par les clients doivent être respectées mais le producteur ne peut utiliser que les PPPs qui ont les autorisations de mise sur le marché dans le pays de production de la culture, en respectant les usages autorisés et les doses homologuées.

LA CONFORMITÉ DES RÉSIDUS DE PESTICIDES PAR RAPPORT AU MARCHÉ DE DESTINATION DE LA PRODUCTION

Les PPPs, qui sont utilisés pour le haricot vert, doivent prendre en compte.

- Les précautions d'usage obligatoires (période d'application, délais avant récolte, dose maximale autorisée, existence ou non de zones non traitées, équipements de protection) et les restrictions d'usage éventuelles.
- L'existence, sur la denrée pour la substance, d'une Limite Maximale en Résidus (LMR). Il faut prendre en compte la LMR en vigueur dans le marché où la production sera distribuée (LMR nationale, LMR harmonisée au niveau européen ou même LMR fixée par le *Codex Alimentarius*).

Le respect des BPA spécifiques à chaque usage permet au producteur de se conformer à la LMR à prendre en compte selon le marché final de la production. La BPA comprend la dose d'utilisation du produit, le nombre maximal d'applications, l'intervalle minimum entre applications et le délai avant récolte (DAR). Toute modification d'un ou de plusieurs éléments de ces BPA (par exemple : augmentation de la dose, de la fréquence d'application et du nombre d'application, et/ou dernière application avant récolte ne respectant pas le délai avant récolte (DAR)) peut entrainer des résidus supérieurs à la LMR recommandée. Ces BPA ne sont pas des traitements calendaires à appliquer tels quels. En pratique la fréquence des traitements doit tenir compte localement de l'importance des attaques et du réel risque de dommages.

Les étiquettes des PPPs doivent normalement fournir suffisamment d'informations pour que le producteur n'applique pas plus de produit que nécessaire ou autorisé à un stade particulier de la croissance. L'étiquette indique normalement clairement sur quelles cultures le produit peut être utilisé et quel sera le DAR pour chaque différente culture. Le DAR indiqué concerne la LMR d'application dans le pays pour lequel est destiné l'étiquette. Par exemple, un produit vendu au Kenya doit normalement comporter une étiquette approuvée par le système d'homologation des pesticides du pays.

L'étiquette peut également préciser le stade de croissance auquel un produit peut être utilisé, tel que :

- utiliser uniquement avant la plantation (par exemple, certains nématicides) ;
- utiliser uniquement avant la floraison (par exemple, certaines étiquettes de diméthoate).

Si l'étiquette limite le stade de croissance auquel un produit peut être utilisé, il est très important que cette information soit suivie à la lettre - sinon le risque est très élevé que l'utilisation du produit après cette période laisse un résidu supérieur au niveau autorisé.

LA BASE DE DONNÉES E-BPA DU COLEAD DONNE DES INFORMATIONS SUR LES BONNES PRATIQUES AGRICOLES

Elle a été mise en ligne en 2018 et est accessible à l'ensemble de ses membres et bénéficiaires. À ce jour, c'est l'une des seules à fournir des informations spécifiquement dédiées à l'appui du secteur horticole des pays ACP. Les données sur les BPA sont obtenues à partir d'une combinaison de sources, notamment les essais de PPP en champs du COLEAD, les données des fabricants de PPP et la littérature scientifique.

L'E-BPA regroupe les LMR fixées par l'UE et le *Codex Alimentarius* pour les cultures horticoles clés dans les pays ACP. Elle réunit également les bonnes pratiques agricoles (dose, intervalle entre traitements, délais avant récolte, etc.) qui garantissent le respect de ces LMR. Des informations supplémentaires telles que le type de pesticide, le statut de l'autorisation de la substance active en UE et dans les pays ACP, la classification recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et le groupe de résistance (code FRAC pour les fongicides ; classification IRAC pour les insecticides) sont également disponibles[1].

La base de données du COLEAD, E-BPA, est accessible à l'aide de votre login et mot de passe dans la section e-service de notre site internet : ici.

LES SUBSTANCES RECOMMANDÉES

En annexe 3 sont listées les substances recommandées contre les principaux bioagresseurs. La liste a été établie sur base des homologations du PCPB au Kenya ; y compris les arthropodes pour des lâchers, et sur d'autres sources qui sont indiquées dans l'annexe. Nous n'avons mentionné que les substances qui sont autorisées en UE (au moment de la rédaction de ce guide) étant donné qu'il s'agit d'une culture essentiellement pour l'export vers l'UE (Base de données de pesticides de l'UE) ; à l'exception des substances considérés comme étant de biocontrôle qui ont quand même été listées.

Il revient à l'utilisateur de vérifier si des produits contenant ses substances sont autorisées dans le pays de production de la culture, si les BPA sont compatibles avec le marché cible (respect des LMR) et si ces substances sont autorisées par les standards privés des acheteurs des récoltes. À noter toutefois, qu'il est possible d'utiliser d'autres produits homologués localement sous réserve de respect des LMR du marché cible (local ou international) souvent régit par le *CODEX Alimentarius*.

TRAÇABILITÉ

Comme pour les autres opérations effectuées dans la culture, il est très important d'organiser une documentation complète des interventions phytosanitaires, en enregistrant pour chaque traitement au moins :

- l'ennemi de la culture à contrôler,
- la date d'application (+ nombre de jours après semis, + jours avant la récolte prévue),
- le stade de développement de la culture,
- le produit utilisé (nom complet, fournisseur, formulation, n° lot, etc.),
- la dose d'emploi réellement utilisée,
- le volume de bouillie,
- le type d'application (appareil, buse, volume/ha, largeur de travail, vitesse, vent, etc.).

7.2. PRINCIPAUX RAVAGEURS ET MALADIES

Dans cette partie sont présentés les principaux bioagresseurs du haricot vert en pays ACP. Sont d'abord synthétisés au point 7.2.1 les stades auxquels les différents bioagresseurs peuvent causer des dégâts et l'importance potentielle ; ensuite l'impact potentiel sur le rendement et la qualité des récoltes.

Les principaux bioagresseurs sont ensuite présentés individuellement ; d'abord les insectes, ensuite les acariens, les nématodes, les champignons et les bactéries.

Pour chaque bioagresseur les points suivants sont développés :

— **Nom scientifique**

— **Cycle de vie**

Une bonne connaissance du cycle biologique du bioagresseur permet de mieux comprendre les différentes méthodes de lutte à mettre en place et les conditions favorables à éviter.

— **Description/identification**

- Autres plantes hôtes
  La liste donnée sur les autres plantes hôtes du bioagresseur n'est pas exhaustive. Elle est donnée à titre indicatif pour les principales plantes.
- Description de l'organisme bioagresseur
  La description est donnée pour pouvoir identifier soi-même les insectes et acariens. L'identification des nématodes, champignons et bactéries est uniquement à la portée de spécialiste et il est conseillé de les consulter pour une identification correcte.
- Stades de la culture affectés
  Il est indiqué à quel niveau les principaux stades de culture sont potentiellement affectés par le bioagresseur. Quatre niveaux sont possibles : 0 = généralement pas affecté, + = peu affecté, ++ = moyennement affecté, +++ = très affecté. Par affecté on entend qu'il y a présence du bioagresseur et des dégâts.
- Symptômes et dégâts
  Ils sont décrits pour les différents organes de la plante atteints.
- Impact sur le rendement et la qualité
  Il est décrit et expliqué pour 3 types d'impact : perte de plants, perte de rendement par plant, baisse de la qualité de la récolte.

— **Organisme de quarantaine**

Dans le cas d'un export vers l'UE il est important de savoir si l'organisme est de quarantaine car la lutte devra permettre d'éviter complètement la présence du bioagresseur sur les gousses récoltées.

La législation européenne sur les organismes de quarantaine évolue continuellement et il est important de la vérifier régulièrement en consultant le site https://ec.europa.eu/food/plants/plant-health-and-biosecurity/legislation_fr

Les informations données ici ont été collectées sur le site https://www.favv-afsca.be/professionnels/productionvegetale/legislation/reglementue/fichesdorientationtechnique/.

— **Conditions favorables à l'infestation**

Sont données les principales conditions (climat, conditions météorologiques, saison, sol (type, humidité…) favorables au développement du bioagresseur dans une parcelle.

— **Surveillance**

Sont données les grandes lignes sur la manière de réaliser la surveillance. Des renvois sont parfois donnés vers une description plus détaillée se trouvant au point 7.1.2.

— **Contrôle par les bonnes pratiques de culture**

Les actions conseillées sont classées selon 4 types : les choix préalables, la préparation de la parcelle, la plantation et l'entretien de la culture. Pour chaque action sont donnés une justification et/ou description et l'effet attendu. Les effets attendus sont de 4 types : l'évitement du bioagresseur, la rupture de son cycle de vie, l'amélioration de la défense de la plante au bioagresseur et **le renforcement de l'action des ennemis naturels.**

— **Contrôle biologique**

Le contrôle biologique est distingué en deux types : la promotion et la conservation des ennemis naturels présents dans l'exploitation, l'introduction d'ennemis naturels issus d'élevages. Des recommandations sont données pour ces deux types de lutte quand des informations sont disponibles.

— **Contrôle à l'aide de Produits de Protection des Plantes**

Des informations sont données pour les différents aspects suivants de cette lutte : les périodes, les moments de la journée et les modes d'application ; la gestion de la résistance ; le choix des substances en mettant l'accent sur les produits de biocontrôle.

L'utilisateur vérifiera s'il existe pour l'usage prévu des produits homologués dans son pays et si les substances sont autorisées par les acheteurs de la production (cahiers de charge).

Il faut toujours veiller à alterner des substances appartenant à des groupes de résistance différents ; consulter le site de l'IRAC pour les insecticides (www.irac-online.org) et du FRAC pour les fongicides (https://www.frac.info/).

— **Autres méthodes de contrôle**

Sont présentées les méthodes particulières de lutte.

7.2.1. RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RAVAGEURS ET MALADIES AFFECTANT LA CULTURE

Sont listés ci-après les principaux bioagresseurs décrits dans ce document et les niveaux d'impact aux différents stades de la culture.

Tableau 16 — Principaux bioagresseurs et niveaux d'impact aux différents stades de la culture

BIOAGRESSEURS	GRAINE	GERMINATION – LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
Mouche du haricot	0	++	+++	++	+	0
Mouche du semis	0	+++	+++	++	+	0
Pucerons	0	+	++	+++	+++	0
Mouches blanches	0	+	+++	++	+	0
Mineuse des feuilles	0	0	+++	++	+	0
Thrips	0	+	++	+++	++	+
Noctuelle (*Helicoverpa*)	0	0	+	+++	+++	+
Foreuse des gousses	0	0	0	+++	+++	+
Chenilles légionnaires	0	0	+	+++	+++	+
Fausse arpenteuse	0	0	++	+	+	0
Mylabres	0	0	0	+++	+	0
Tétranyques	0	0	++	+++	++	0
Méloidogynes	0	+	+++	+++	++	0
Pratylenchus	0	+	++	++	+	0
Fusariose	+	++	+++	+++	+	0
Macrophomina	+	+++	+++	++	+	0
Pythium	0	+++	+++	++	+	+
Rhizoctone brun	+++	+++	+++	++	+	+
Sclerotium	0	+	++	+++	+++	0
Alternarioses	0	0	0	+	++	+
Anthracnose	+	+	++	++	+++	+
Taches angulaires	+	+	+	+++	++	+
Rouille	0	0	++	+++	++	+
Graisse	++	++	++	+++	++	+
Bactériose commune	++	++	++	+++	++	+

Légende : 0 = pas d'impact ; + = impact faible ; ++ = impact moyen ; +++ = impact important

Ci-après sont donnés les types d'impact sur le rendement et la qualité de la récolte.

Tableau 17 — Principaux bioagresseurs et types d'impact sur le rendement et la qualité de la récolte

BIOAGRESSEUR	PERTE DE PLANTS	PERTE DE RENDEMENT PAR PLANT	BAISSE DE LA QUALITÉ	ORGANISME DE QUARANTAINE UE*
Mouche du haricot	+++	++	+	Non
Mouche du semis	+++	++	0	Non
Pucerons	+	+++	+	Non
Mouches blanches	0	+++	+	OUI pour *Bemisia tabaci*
Mineuse des feuilles	+	+++	0	OUI
Thrips	0	+++	+++	OUI pour *Thrips palmi*
Noctuelle (*Helicoverpa*)	0	+++	+++	OUI
Foreuse des gousses	0	+++	+++	Non
Chenilles légionnaires	0	+++	+++	OUI pour *Spodoptera frugiperda*
Fausse arpenteuse	0	+	0	Non
Mylabres	0	++	0	Non
Tétranyques	0	+++	+	Non
Méloidogynes	+	+++	+	Non
Pratylenchus	0	++	0	Non
Fusariose	+++	++	0	Non
Macrophomina	+++	+++	0	Non
Pythium	+++	+++	+	Non
Rhizoctone brun	+++	+++	++	Non
Sclerotium	++	+++	0	Non
Alternarioses	0	0	+	Non
Anthracnose	+	++	++	Non
Taches angulaires	0	++	+	Non
Rouille	+	+++	+	Non
Graisse	+	++	+	Non
Bactériose commune	+	++	+	Non

*source : https://www.favv-afsca.be/professionnels/productionvegetale/legislation/reglementue/fichesdorientationtechnique/

Légende : 0 = pas d'impact ; + = impact faible ; ++ = impact moyen ; +++ = impact important

7.2.2. LES INSECTES

7.2.2.1. MOUCHE DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Il y a trois espèces du genre *Ophiomyia* : *Ophiomyia spencerella*, *O. phaseoli* et *O. centrosematis.*

Ils font partie de l'ordre des Diptères, et de la famille des Agromyzidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Ils sont pondus dans les feuilles de jeunes plantes, près du pétiole ou dans l'hypocotyle (tige de la plantule en germination) selon les espèces
Larve	Les petites larves blanches creusent un tunnel dans la feuille, au travers du pétiole et dans la tige.
Pupe	Les larves traversent la tige et se pupifient à l'intérieur de celle-ci, près de la base de la plante.
Adulte	Les mouches adultes émergent des pupes dans la tige. Les mouches adultes sont plus actives en fin de soirée ou tôt le matin.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

O. phaseoli est l'espèce la plus dévastatrice de ce groupe car elle attaque un large éventail de légumineuses (famille des Fabacées) dont le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), le soja (*Glycine max*) et le niébé (*Vigna unguiculata*). *O. spencerella* attaque également le haricot commun (*P. vulgaris*) ainsi que le haricot riz (*Vigna umbellata*), le haricot de Lima (*Phaseolus lunataus*) et d'autres Fabacées. *O. centrosematis* possède également une large gamme d'hôtes, dont le haricot commun (*P. vulgaris*), le pois papillon (*Centrosema pubescens*) et le niébé (*V. unguiculata*).

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Blanc et ovale
Larve	De couleur jaune blanc et de 3 mm de long.
Pupe	En forme de tonneau et ont une longueur de 2 à 3 mm. D'abord jaunes avec des extrémités de couleur foncée avant de devenir brun foncé (*O. phaseoli*), noir brillant (*O. spencerella*) ou rouge orange (*O. centrosematis*).
Adulte	De couleur noire bleuâtre métallique et d'une taille d'environ 2 mm donc bien plus petit que l'adulte de la mouche du semis qui fait 1 cm.

Figure 18 — Larve dans une tige. AM Varela, ICIPE

Figure 19 — Adulte sur une feuille. AM Varela, ICIPE

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Les jeunes plantes sont les plus sensibles, bien que les plantes plus anciennes puissent également être infectées.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	++	+++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les principaux dégâts résultent de l'attaque des tiges de la plante.

FEUILLES	Taches jaunes pouvant indiquer que la mouche du haricot se nourrit ou pond des œufs. N.B. Mais il peut également s'agir des premiers signes de l'alimentation de la mouche mineuse *Liriomyza*.
TIGE	Souvent elle s'épaissit et se fend à la base dans le sens de la longueur.
PLANTE ENTIÈRE	Les larves de la mouche des haricots qui se nourrissent dans la tige principale entraîne le jaunissement des plantes infectées et un retard de leur croissance. Les jeunes plantes touchées meurent habituellement

Figure 20 — Tige du haut attaquée par la larve de la mouche du haricot.
J. Wessels. Queensland Government

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

La mouche du haricot (*Ophiomyia* spp.) est le plus important insecte nuisible limitant le rendement du haricot commun en Afrique.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Les galeries dans la tige causent la mort des jeunes plants et une infestation précoce peut conduire à une perte complète de la culture.
Perte de rendement par plant	Les plantes plus âgées peuvent tolérer une certaine attaque de la mouche du haricot, mais les rendements seront plus faibles.
Baisse de la qualité	Pas de perte spécifique de la qualité des gousses sauf une possible réduction de taille suite à l'affaiblissement des plants.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce ne sont pas des insectes de quarantaine en UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Temps sec.	Plants plus affaiblis à cause des dégâts causés dans la tige qui réduisent le passage de la sève
	Premiers jours ensoleillés après une période pluvieuse.	Plus forte présence des mouches.
Positionnement des plants dans le champ	Bord extérieur de la plantation.	Plantes plus exposées aux attaques.
Période de plantation	Plantation tardive.	Plus forte infestation.
Période de l'année	Au Kenya, les dégâts sont surtout graves en décembre et janvier.	Cette période est à éviter pour les semis.

SURVEILLANCE

Il convient de surveiller attentivement les cultures récemment plantées afin de détecter des signes indiquant la ponte d'œufs sur les feuilles. Les plantes flétries et en retard de croissance indiqueront également la présence de larves de mouches des haricots. En effet, ces plantes abritent la génération suivante - plus importante - de mouches des haricots et il y a lieu de prendre rapidement des mesures.

Les tiges et les feuilles des jeunes plants doivent être inspectées deux fois par semaine, à partir de 2 à 3 semaines après la germination, pour observer les points suivants :

- jaunissement, rabougrissement, flétrissement et dépérissement des jeunes plants au stade 2-3 feuilles ;
- traces translucides de ponte sur les feuilles ;
- galeries de broutage larvaire dans les feuilles, les pétioles et les tiges ;
- renflement et fissure de la tige, à la base en particulier ;
- présence de pupes dans les tiges ;
- présence de mouches adultes sur les plantes.

Les seuils d'intervention suivants sont conseillés.

- Des mesures de lutte directe doivent être entreprises lorsque le taux d'infestation des plantes atteint 5 à 10%. (CABI BioProtection Portal, 2020).
- Envisagez d'agir lorsque vous voyez 3 à 5 plantes mourantes par rangée ou par mètre carré. (Plantwise, 2015).
- Envisager une action si plus d'un asticot ou d'un tunnel d'asticots par plante ou 3-4 adultes par plante/mètre carré. (Plantwise, 2015).

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Éviter de planter à proximité d'autres cultures de légumineuses hôtes de la mouche du haricot.	Réduction des nouvelles infestations par des adultes.
Tenir compte du précédent cultural	Il faut assurer une rotation des cultures avec des cultures qui ne sont pas attaquées par la mouche du haricot.	Rupture dans les cycles successifs.
Type de sol	Choisir des sols légers à mi-lourds permet une levée rapide et une croissance rapide des jeunes plants.	Les plants résistent mieux aux attaques.
PRÉPARATION DU TERRAIN		
Travail du sol	Travailler le sol intensivement avant le semis.	Diminue la population de pupes de mouches du haricot éventuellement héritée de la culture précédente.

Associations de cultures	Prévoir un espace pour intercaler des bandes avec du maïs permet de réduire le niveau d'attaque.	Les adultes se déplacent moins facilement ce qui réduit le niveau d'attaque.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de haies	Les haies servent de refuge aux prédateurs comme les oiseaux et les carabes	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
PLANTATION		
Semer superficiellement (profondeur maximale de 3 cm)	Permet une levée rapide et une croissance rapide des jeunes plants.	Les plants résistent mieux aux attaques.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Butter les jeunes plants 2 à 3 semaines après la levée de la culture	Lorsque la larve de la mouche du haricot atteint la base de la tige, le tissu végétal gonfle et la tige peut se fendre. Cela affecte la croissance normale des racines latérales, mais encourage la plante à former des racines adventives là où la tige s'est fendue. Le buttage permet une meilleure installation de ces racines. Il permet aussi de réduire le nombre de mouches adultes qui sortent des pupes, étant donné qu'elles sont enfermées dans les buttes de terre.	Les plants attaqués reprennent de la vigueur et le nombre de mouches pouvant éclore diminue.
Assurer une bonne fertilisation et irrigation dès le début de la culture	Les dommages sont plus graves chez les plantes poussant dans des conditions défavorables telles que des sols infertiles et la sécheresse.	Les plants résistent mieux aux attaques.
Paillage	Il permet de mettre les plants dans de bonnes conditions de croissance.	Les plants résistent mieux aux attaques.
Arrachage et destruction des plants atteints	Les plantes qui ont succombé à une attaque doivent être éliminées soigneusement de la plantation, afin que les mouches n'éclosent pas et n'infectent pas à nouveau la culture.	Les cultures voisines et successives sont moins attaquées à la suite de la rupture du cycle.
Arrache des plants arrivés en fin de production	Les résidus de culture arrachés doivent être rapidement enfouis dans le sol, donné aux animaux d'élevage ou brûlés.	La dispersion de la mouche est évitée par rupture du cycle.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il existe des hyménoptères parasitoïdes du genre *Opius* (*Braconidae*), qui tuent les larves de la mouche du haricot, mais il est alors souvent trop tard pour sauver la plante. La présence de ces parasitoïdes ralentit cependant la prolifération du ravageur d'une génération à l'autre.

Ces ennemis naturels ne peuvent être conservés que si l'agriculteur n'utilise pas de pesticides à large spectre tels que les pyréthrinoïdes, les organophosphorés et les carbamates. Leur présence peut être renforcée par la présence de bandes fleuries et de haies et d'une manière générale par une plus grande biodiversité dans l'exploitation, voir point 7.1.3.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Les prédateurs et parasitoïdes naturels pour lutter contre la mouche des haricots, ne sont pas élevés en masse pour une disponibilité en tant que moyen de lutte commerciale.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Lorsque les infestations sont sévères, il faut envisager d'utiliser des insecticides pour lutter contre la mouche du haricot.

LES PÉRIODES D'APPLICATION

Il est plus aisé de lutter contre ce ravageur de manière préventive en appliquant un insecticide sur les semences si celle-ci ne sont pas achetées déjà traitées. Il est possible de réaliser des économies en traitant les semences uniquement durant les périodes de l'année et dans les zones où l'on attend le plus grand nombre de mouches des haricots.

Si les semences ne sont pas traitées, alors les plantules sont généralement traitées environ 3 à 4 jours après l'émergence et, si les infestations de mouches du haricot sont sévères, le traitement est répété après 7 jours, et éventuellement après 14 jours. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé. À noter que l'application répétée d'insecticide à large spectre peut conduire à des invasions de mouches mineuses et de tétranyques à la suite de l'élimination des ennemis naturels.

LES SUBSTANCES

Les substances recommandées pour la lutte contre les mouches du haricot sont listées dans l'annexe 3 ; elles sont peu nombreuses, la lutte par utilisation de PPPs est donc difficile.

Les produits à base d'azadirachtine ou des extraits de neem seraient des moyens de biocontrôle efficaces. (Plantwise, 2015, Infonet Biovision, 2021, Crop Pest Surveillance System - Online Plant Clinic, 2021).

Des préparations artisanales à base d'ail, oignon et piment seraient également efficaces (Plantwise, 2015).

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

L'élimination des feuilles portant des marques de ponte d'œufs permet de réduire le nombre de larves produites et donc de faire baisser le nombre d'adultes pouvant pondre des œufs, qui, autrement, seraient apparus dans la tige, lors de la deuxième génération.

RÉFÉRENCES

— CABI BioProtection Portal. (2020).
La mouche du haricot - comment reconnaître, prévenir et gérer ce ravageur commun des légumineuses.
Consulté le 10.05.2021 sur
https://bioprotectionportal.com/fr/blog/2020/bean-fly-how-to-recognize-prevent-and-manage-this-common-legume-pest

— Plantix. Mouche du haricot. Consulté le 10.05.2021 sur
https://plantix.net/fr/library/plant-diseases/600264/bean-fly

— Plantwise. (2015). Pest management decision guide: green and yellow list. *Bean fly in Beans.*
Consulté le 10.05.2021 sur
https://www.plantwise.org/FullTextPDF/2015/20157801465.pdf

— A. K. Karel. (1991).
Effects of Plant Populations and Intercropping on the Population Patterns of Bean Flies on Common Beans. Environmental Entomology, Volume 20, Issue 1, 1 February 1991, Pages 354–357.
Consulté le 10.05.2021 sur
https://academic.oup.com/ee/article-abstract/20/1/354/2480643?redirectedFrom=PDF

— Byabagambi, S. ; Kyamanywa, S. & Ogenga-Latigo, M.W. (1999).
Effect of Fertiliser and Mulching on Bean Infestation and Damage by Bean Fly.
African Crop Science Journal, Vol. 7, No. 4, 1999, pp. 599-604.
Consulté le 10.05.2021 sur
http://www.bioline.org.br/abstract?cs99051

— Regina W. Mwanauta, Kelvin M. Mtei, Patrick A. Ndakidemi. (2015). *Potential of Controlling Common Bean Insect Pests (Bean Stem Maggot (Ophiomyia phaseoli), Ootheca (Ootheca bennigseni) and Aphids (Aphis fabae)) Using Agronomic, Biological and Botanical Practices in Field.* Agricultural Sciences. Vol.06 No.05(2015), Article ID:56723,8 pages. Consulté le 10.05.2021 sur https://www.scirp.org/html/3-3000937_56723.htm

— Government of Kerala ; Department of Agriculture. (2021). *Pest : Stem fly*. Consulté le 10.05.2021 sur http://www.cpsskerala.in/OPC/pages/cowpeaPestStemfly.jsp

— RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal*. Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.2. MOUCHE DES SEMIS

NOM SCIENTIFIQUE

Delia platura.

Il fait partie de l'ordre des Diptères, et de la famille des *Anthomyiidae*.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Il peut y avoir 3 à 6 générations par an en fonction des températures et de la disponibilité de la nourriture.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les femelles pondent environ 50 œufs chacune. Les œufs sont pondus près de la surface de sols humides riches en matière organique en décomposition.
Larve	Les larves se nourrissent des graines et plantules pendant une à trois semaines.
Pupe	Elle se forme près de la surface du sol.
Adulte	Les mouches adultes éclosent dans le sol.

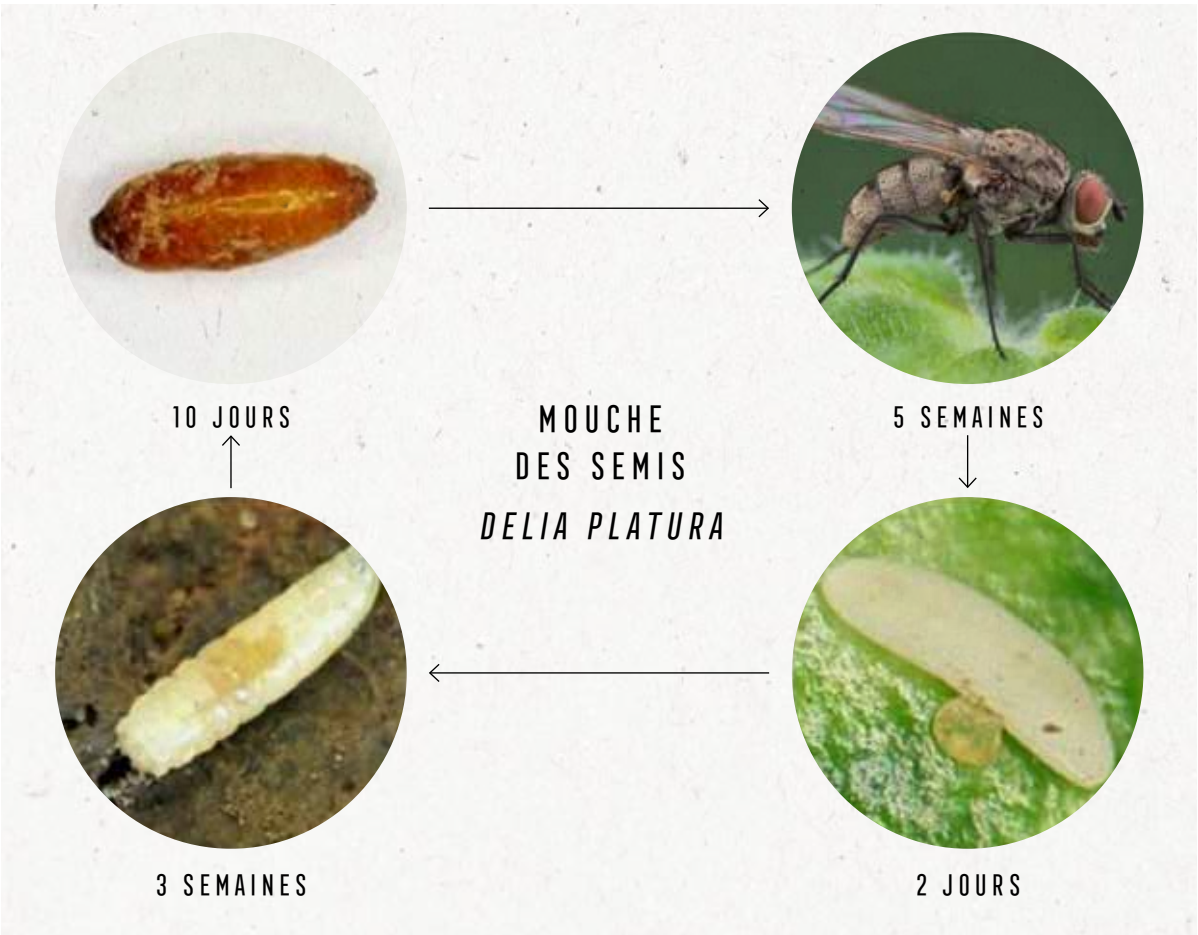


Figure 21 — Cycle vital de *Delia platura* sur une année avec les durées moyennes de chaque stade de développement Boquel *et al.* (2018). Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 2019). Tiré de https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/8670/1/Rekinger-M%C3%A9lanie_TFE.pdf

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

C'est un insecte très polyphage qui s'attaque à plus de 40 plantes différentes comme le chou, l'oignon, les pois, la pomme de terre, le radis, le chou-fleur, le tournesol, le melon, le concombre, l'épinard, l'asperge, la tomate, les céréales, les maïs et le tabac.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	De couleur blanc nacré, il est allongé et mesure environ 1 mm de long. La surface est ornée de sculptures superficielles et d'un sillon ventral qui s'étend sur un tiers de la longueur.
Larve	Blanche, elle atteint 5 à 8 mm de long à son complet développement ; le dernier segment est tronqué obliquement.
Pupe	De couleur rouge-brun, elle mesure environ 5 mm de long.
Adulte	Mouche grise de 3 à 6 mm de longueur. Son thorax gris jaunâtre et son abdomen sont ornés d'une bande longitudinale médiane brunâtre, ses pattes sont noires.

Figure 22 — Les différents stades de l'insecte et des symptômes.
Art Cushman, USDA Systematics Entomology Laboratory, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Les plantules en germination sont les plus affectées. Au fur et à mesure que la plante mûrit, les tiges deviennent trop dures pour que les larves puissent s'en nourrir. Les plantes sont généralement à l'abri des attaques lorsqu'elles sont âgées de 3 à 4 semaines.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+++	+++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

À la suite de l'absence de levée ou mort des jeunes plantes, des trous apparaissent dans la plantation.

GRAINE	Les larves se nourrissent sur les graines en germination, en les évidant souvent complètement.
PLANTULE	Les plantules flétrissent et meurent avant d'émerger du sol ou meurent après émergence.
PLANTE ENTIÈRE	Les plantes qui ont survécus présentent un retard de croissance.

Figure 23 — Dommages causés à une plantule suite à l'attaque de la graine.
AM Varela, ICIPE

Figure 24 — Dégâts sur une jeune plante de haricot.
Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

En Afrique le ravageur n'est signalé qu'en Afrique de l'Est, en Afrique du Nord et en Afrique du Sud ainsi qu'à Madagascar.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Les plantes flétrissent et meurent avant d'émerger du sol.
Perte de rendement par plant	Les plantes plus âgées peuvent tolérer une certaine attaque, mais les rendements seront plus faibles.
Baisse de la qualité	/

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un insecte de quarantaine en UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Sol	Forte teneur en matière organique en décomposition et récemment labourés. Forte humidité du sol, par exemple dans les zones ou l'eau stagne.	Les mouches sont attirées par ce type de sol pour y pondre. Une plante hôte n'est pas nécessaire pour favoriser la ponte, car la larve peut se nourrir de matières animales ou végétales en décomposition.
Positionnement des plants dans le champ	Bord extérieur de la plantation.	Plantes plus exposées aux attaques.

Cet insecte se développe activement dans un large éventail de températures de 11 à 33°C.

SURVEILLANCE

Les mouches des semis sont facilement détectées si l'on examine les zones dans lesquelles les plantes n'ont pas poussé. Les graines abîmées contiennent une larve blanche. Cependant la surveillance n'a pas beaucoup de sens pour déclencher les traitements, vu qu'il est alors trop tard d'intervenir car les dégâts sont déjà faits.

Une surveillance avec des pièges bleus ou jaunes munis d'un attractif est plus intéressant afin d'estimer la population des mouches et sa dynamique. Ce type de piège existe dans le commerce. Cependant, étant donné leurs ressemblances, les mouches du genre *Delia* peuvent être confondues et les pièges collants ne permettent pas de les distinguer. En effet, les insectes étant piégés dans la colle, les caractéristiques morphologiques permettant leur identification ne sont pas toutes visibles.

L'utilisation de pièges-bol jaunes peut être une bonne alternative. Ces derniers contiennent de l'eau avec quelques gouttes de savon (liquide à vaisselle) permettant d'éliminer la tension de surface, et donc aux insectes de flotter à la surface. Ceci permet de récupérer les spécimens pratiquement intacts, si les relevés de pièges sont faits fréquemment : une fréquence de relevé de 2 à 3 fois par semaine semble être optimale. Il est à noter que la présence d'adultes dans les pièges ne signifie pas forcément que des dommages de larves seront observés.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Type de sol	Choisir des sols légers à mi-lourds permet une levée rapide et une croissance rapide des jeunes plants.	Les plants résistent mieux aux attaques.
PRÉPARATION DU TERRAIN		
Travail du sol limité	Un travail intensif du sol avant le semis permet d'exposer les pupes à la surface et de les détruire de manière mécanique. Cependant le travail du sol et l'incorporation de cultures de couverture donne des sols perturbés et riches en matières organiques en décomposition ce qui attire les mouches femelles pour y pondre leurs œufs. Les champs en agriculture de conservation du sol sont moins susceptibles de connaître des problèmes de mouche du semis car les matières organiques en surface sont moins attractives pour les mouches femelles que les matières organiques en décomposition dans le sol.[1] D'autre part ils présentent généralement des niveaux d'activité des prédateurs plus élevés.	Diminution des pontes des mouches. Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Incorporez complètement la matière organique sous la surface du sol, avant de semer.	Moins de matière organique en décomposition dans les premiers cm du sol.	Diminution des pontes des mouches.
Installation de haies	Les haies servent de refuge aux prédateurs comme les oiseaux et les carabes.	Le contrôle des larves et pupes par les auxiliaires est renforcé.
PLANTATION		
Semer superficiellement (profondeur maximale 3 cm)	Permet une levée rapide et une croissance rapide des jeunes plants.	Les plants résistent mieux aux attaques.

1 (Harsimran Kaur Gill, Gaurav Goyal, and Jennifer L. Gillett-Kaufman, 2019) et (Rekinger M, 2020).

Appliquer sur les semences un biofertilisant, un biostimulant ou un engrais phosphaté	En assurant une germination et une croissance rapides, on réduit la durée du stade de croissance vulnérable aux attaques de la mouche des semis.	Les plants résistent mieux aux attaques.
Semer à haute densité	Cela permet de compenser les pertes de levée causées par les larves.	Compensation des pertes.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Arrachage et destruction des plants atteints	La détection et l'élimination rapides des plantes gravement touchées réduiront le nombre de générations suivantes.	La dispersion de la mouche est évitée par rupture du cycle.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Une grande partie du cycle de vie de la mouche du semis se passe sous terre, protégée, elle ne semble pas avoir beaucoup d'ennemis naturels. Parmi les prédateurs on trouve des araignées, des fourmis, des coléoptères (Staphylinidae et Carabidae) et des oiseaux ; mais leur impact serait peu important.

Les systèmes de travail réduit du sol (agriculture de conservation) présentent généralement des niveaux d'activité des prédateurs plus élevés que les champs labourés de manière conventionnelle.

L'activité des prédateurs naturels peut être favorisée par la présence de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de culture (haie, lisière de bois…).

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Il n'existe pas d'ennemis naturels élevés en masse et commercialisés pour lutter contre ce ravageur.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Le traitement des semences est le traitement le moins cher et le plus efficace pour lutter contre la mouche du semis. Alternativement les produits peuvent être appliqués dans le sillon de semis.

Si cette pratique s'avère très couteuse, il est possible de réaliser des économies en traitant uniquement durant les périodes de l'année où l'on attend le plus grand nombre de mouches des semis.

LES SUBSTANCES

Les substances recommandées pour la lutte contre les mouches du haricot sont listées à l'annexe 3 ; elles sont peu nombreuses, la lutte par utilisation de PPPs est donc difficile.

La lutte chimique contre *Delia platura* était généralement basée sur l'application de substances actives comme le lindane, le carbofuran, le diazinon, l'aldrine ou le chlorpyriphos. Cependant ces substances actives ne sont plus autorisées au sein de l'Union Européenne voir même au niveau international car elles présentent des risques pour la santé humaine et l'environement. Elles peuvent être remplacées par des substances comme le spinosad, la téfluthrine ou le cyantraniliprole.

Les larves se nymphosent dans le sol et la majeure partie du cycle de vie se déroule dans le sol. Cela les rend très sensibles à l'infection par des champignons entomopathogènes commerciaux, tels que *Metarhizium* et *Beauveria*.

Si vous appliquez de la matière organique, mélangez-la au préalable avec un champignon entomopathogène tel que le *Metarhizium*.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

La vérification des plantes qui ne germent pas et l'élimination des graines abîmées et des larves empêchent le développement de cinquante mouches de plus par graine éliminée.

RÉFÉRENCES

— INRA. (2021). *Delia platura. Caractéristiques du ravageur et de ses dégâts.* Consulté le 11.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/16588/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Caracteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats

— Harsimran Kaur Gill, Gaurav Goyal, and Jennifer L. Gillett-Kaufman. (2019). *Seedcorn maggot, Delia platura (Meigen) (Insecta: Diptera: Anthomyiidae).* Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension. Consulté le 11.05.2021 sur https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIN%5CIN100200.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

— Ronald J. Howard, J. Allan Garland et W. Lloyd Seaman. Publ. En collab. Avec : Société d'entomologie du Canada. (1994). *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada : un traité pratique illustré. Partie 15 - Pois et haricot*. Consulté le 14.06.21 sur https://phytopath.ca/wp-content/uploads/2014/10/MRCLC/ch15-pois-haricot.pdf

— Rekinger M. (2020). ÉTUDE DYNAMIQUE DE L'ATTRACTIVITÉ DES FEMELLES DELIA PLATURA (DIPTERA : ANTHOMYIIDAE) VIS-A-VIS D'UN COUVERT VEGETAL EN DECOMPOSITION (Mémoire de fin d'études). Consulté le 10.05.2021 sur https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/8670/1/Rekinger-M%C3%A9lanie_TFE.pdf

— Harsimran Kaur Gill, Gaurav Goyal, and Jennifer L. Gillett-Kaufman. (2019). *Seedcorn maggot*. Consulté le 17.08.21 sur https://entnemdept.ufl.edu/creatures/FIELD/CORN/seedcorn_maggot.htm.

7.2.2.3. PUCERONS

NOM SCIENTIFIQUE

Aphis fabae et *Aphis craccivora.*

Ils font partie de l'ordre des Hémiptères, et de la famille des Aphididae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Dans les climats chauds, les pucerons se multiplient par parthénogénèse : la reproduction a lieu sans fécondation. Les œufs sont directement produits par la femelle adulte. Les femelles donnent naissance à des larves après éclosion de l'œuf à l'intérieur du corps.

Les colonies de pucerons se groupent autours des points végétatifs des plantes. Les pucerons peuvent se développer rapidement, puisque la totalité du cycle dure environ 11 jours.

En cas de pullulation, les ailés assurent la dissémination d'un champ à l'autre.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Aphis fabae est très polyphage et on le trouve pratiquement sur toutes les cultures maraîchères. *Aphis craccivora* affectionne particulièrement les fabacées, particulièrement *Arachis hypogaea* (arachide) et les *Vigna* spp. Mais on le trouve aussi sur de nombreuses familles de cultures maraîchères : Malvacées, Solanacées, Cucurbitacées,...

DESCRIPTION DE L'INSECTE

Les femelles aptères d'*Aphis fabae* mesurent 1,5 à 2,9 mm de long et sont noires à brun noirâtre, présentant souvent des taches de cire blanchâtres sur l'abdomen. Les antennes sont plus courtes que le corps. Les adultes ailés mesurent 1,8 à 2,7 mm de long et sont de couleur noire, avec des points de cire blanche bien visibles.

Figure 25 — Colonie d'*Aphis fabae*. Mourad Louadfel, Homemade, Bugwood.org

La couleur des pucerons *A. craccivora* peut varier du rose pour les larves au noir pour les adultes. La femelle, longue de 2 mm possède 2 cornicules noires et une cauda, les antennes sont plus courtes que le corps. L'extrémité des pattes est brune.

Figure 26 — Colonie d'*Aphis craccivora*. Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Tous les stades de la culture mais surtout à la floraison et à la formation des gousses.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	++	+++	+++	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les colonies de pucerons peuvent s'attaquer aux jeunes pousses, à la surface inférieure des feuilles, aux pétioles, aux fleurs, aux gousses et aux plantules.

PLANTULE	Les plantes peuvent être rabougries si l'attaque est précoce et parfois les jeunes plants meurent.
JEUNE POUSSE	Elles peuvent être endommagées si des colonies importantes de pucerons s'y trouvent.
FEUILLE	Elles flétrissent et s'enroulent.
FLEUR	Durant la floraison il peut y avoir avortement et coulure des fleurs.
GOUSSE	Présence de miellat et/ou de fumagine.
PLANTE ENTIÈRE	Les plantes fortement infectées poussent mal. Les dégâts sont dus aussi à la production de miellat, qui est une substance sucrée, riche et collante secrétée par les pucerons. On le trouve sous forme de dépôt sur les plantes après que celles-ci ont été attaquées par un nombre élevé de pucerons. Le miellat favorise la croissance d'un champignon saprophyte noir (fumagine).

Figure 27 — Forte attaque du puceron noir du haricot (*Aphis fabae*). A.M. Varela, ICIPE

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Les jeunes plantes peuvent mourir en cas d'infestation précoce importante.
Perte de rendement par plant	La concentration de colonies de pucerons sur les points végétatifs de la plante entraîne une baisse de rendement de la culture en raison des dégâts directs que ces parasites causent en suçant la sève des plantes. La présence de fumagine entrave la production de chlorophylle et la fonction respiratoire de la plante donc perturbe sa croissance.
Baisse de la qualité	Les gousses infectées par le miellat ou la fumagine sont dépréciées.

Aussi, les pucerons sont des vecteurs importants de maladies virales (*A. craccivora* transmet plus de 30 virus et de nombreuses plantes hôtes constituent des réservoirs à pucerons, puisque ces insectes sont polyphages). La mosaïque du haricot (BMV) est l'un des virus que transmettent les pucerons et qui infecte de nombreux *Phaseolus* spp.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce ne sont pas des insectes de quarantaine en UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Température oscillante entre 24 et 28°C et une humidité avoisinant les 65%.	Développement rapide des populations.
Conditions météorologiques	Période sèche ou avec faibles pluies.	Généralement, les pucerons ne survivent pas dans le champ dans des conditions extrêmement pluvieuses.
Disponibilité en eau pour les plantes	Stress hydrique des plantes.	Le métabolisme de la plante, et plus particulièrement le transfert réduit d'hydrocarbone, influence le développement des pucerons ailés, qui préfèrent alors s'attaquer aux plantes qui subissent un stress hydrique.
Entomofaune	Les pucerons vivent souvent en symbiose avec les fourmis.	La présence des fourmis favorise l'infestation par les pucerons.

Tableau 18 — Dynamique des populations des pucerons au Sénégal - RADHORT (2012)

ZONE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
Niayes	++	++	+++	+++	+++	++	++	+	+	+	+	++
Vallée du Fleuve	++	++	++	++	0	0	0	0	0	0	+	++

Au Kenya, *Aphis craccivora*, est plus présent dans les zones de basse altitude. (Infonet biovision, 2021).

SURVEILLANCE

Les pucerons sont facilement visibles sur les plantes, en particulier sur les feuilles et les bourgeons. Il est essentiel de les détecter le plus tôt possible pour éviter d'importantes infestations par les pucerons sur les organes des plantes.

Il faut surveiller aussi très minutieusement les bords des nouvelles plantations afin de détecter précocement les invasions de pucerons, qui se produisent souvent en bordure des champs. Cela permet d'appliquer à temps des méthodes de lutte lorsque la population de pucerons est peu nombreuse et que le feuillage de la culture n'est pas encore très dense (ce qui, autrement, entraverait la pénétration des pulvérisations).

Les méthodes de surveillance sont proposées en détail au point 7.1.2.

CONTRÔLE PAR LES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il convient de s'assurer que les plantations consécutives de haricots fins ne soient pas placées dans la direction du vent par rapport à des cultures plus anciennes, qui pourraient être fortement infestées par les pucerons.	Évitement de l'arrivée de pucerons ailés.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Associations de cultures	L'association avec de la ciboulette ou de l'ail aiderait à repousser les pucerons. (Infonet Biovision, 2021).	Évitement de l'arrivée de pucerons ailés.
Associations de cultures	Association de bandes de sorgho. Voir ci-après lutte biologique par conservation.	La présence des coccinelles est renforcée sur la parcelle.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	L'installation de haies et de bordures fleuries fournit refuge et nourriture à la faune utile, tout comme un rang de haricots non récolté et non traité laissé en bordure de champ. Voir ci-après lutte biologique par conservation	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
PLANTATION		
Eviter une densité trop dense	Les colonies de pucerons seront mieux atteintes par les pulvérisations de PPPs si la végétation est moins dense ; mais cela peut induire une baisse de rendement.	Baisse des populations suite aux applications d'insecticides.

ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer un désherbage régulier du terrain et de ses abords	La présence de trop de mauvaises herbes peut empêcher une bonne couverture de la végétation par les pulvérisations des PPPs et les hôtes alternatifs sont réduits.	Baisse des populations suite aux applications d'insecticides. Évitement de sources de pucerons ailés.
Irrigation raisonnée	Par temps sec, un arrosage régulier par aspersion dérange les populations de pucerons	La population diminue.
Bonne gestion de la fertilisation azotée	En limitant les apports en excès on limitera la susceptibilité des plantes aux attaques de pucerons.	Multiplication moins rapide des populations.
Arrachage et destruction des résidus de culture	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Elimination de foyers d'infestation pour des cultures voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Plusieurs ennemis naturels des pucerons sont présents naturellement dans les exploitations agricoles. On peut citer les hyménoptères parasitoïdes, par exemple ceux des genres *Aphidius* et *Aphelinus*, les syrphes, les chrysopes, les anthocorides et les coccinelles.

« Pour les coccinelles, l'implantation de sorgho en association peut favoriser leur présence car cette plante peut héberger le puceron des graminées (*Rhopalosiphum maidis*) dont se nourrissent les larves de coccinelles. Ce puceron spécifique des graminées constitue une source de nourriture pour les coccinelles et ne s'attaque pas au haricot vert (Source Bio Savane). » (D. Blancard (INRA) ; A Berton (CA Guyane), 2021).

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes voir point 7.1.3.

Les programmes intégrés de lutte contre les pucerons devront inclure des PPPs qui nuisent le moins possible aux auxiliaires de la culture (consulter les tableaux concernant la sensibilité aux pesticides dans l'annexe 4).

Le cultivateur peut accélérer l'activité des auxiliaires s'il collecte dans l'exploitation les prédateurs et les parasitoïdes des pucerons de cultures plus anciennes et qu'il les place dans la nouvelle culture. L'essentiel est de détecter les colonies de pucerons dès qu'elles apparaissent et d'introduire le plus rapidement possible des insectes utiles dans ces endroits « sensibles ».

Les champignons entomopathogènes du genre *Metarhizium* sont présents naturellement dans les colonies de pucerons cependant leur développement est souvent trop tardif pour permettre un contrôle satisfaisant des pucerons ; les dégâts à la culture étant déjà faits.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Les hyménoptères parasitoïdes sont des agents de lutte biologique particulièrement utiles, puisqu'ils pondent de nombreux œufs à l'intérieur du corps de nombreux pucerons qui seront alors parasités par les larves. La nymphose se passe à l'intérieur du corps du puceron, la larve y tisse un cocon. Le puceron hôte ne meurt pas immédiatement et reste accroché à la feuille où il se nourrit.

Il arrive parfois que des hyperparasites s'attaquent à un *Aphidius* en développement à l'intérieur du puceron « momifié » et pondent leurs œufs dans les larves *d'Aphidius*. Un puceron momifié qui a été « hyperpar asité » se reconnaît à l'ouverture : celle pratiquée par l'hyperparasite se présente habituellement sous la forme d'une déchirure du corps du puceron au lieu d'une ouverture parfaitement circulaire ressemblant à une trappe. Au Kenya, l'hyménoptère parasite indigène, *Aphidius transcaspinus*, est homologué en tant qu'agent de lutte biologique. Il est élevé en masse au Kenya en vue de sa commercialisation.

Figure 28 — *Aphidius sp.* David Cappaert, Bugwood.org

Figure 29 — Pucerons momifiés. Nick Dimmock, University of Northampton, Bugwood.org

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

LES PÉRIODES D'APPLICATION

Il importe de procéder à une lutte rapide contre les infestations précoces par les pucerons, car plus l'on met du temps à intervenir, plus les colonies se développeront et plus la lutte sera difficile surtout si l'on s'approche des récoltes. Un échantillonnage permettra de déterminer les taux relatifs « auxillaires / pucerons » dans la culture. Si le rapport entre les auxiliaires et les pucerons est inférieur à un pour vingt (c'est-à-dire que pour vingt pucerons il y a un prédateur ou un parasitoïde des pucerons), il peut être conseillé d'utiliser un PPP pour faire baisser rapidement la population de pucerons. Cependant si les pucerons sont détectés à un stade précoce, il est peut-être moins indispensable de recourir à des PPPs, même si le rapport entre les auxiliaires et les pucerons est inférieur à un pour vingt. En effet, il reste encore suffisamment de temps avant la floraison (stade le plus sensible) pour permettre à ce rapport d'évoluer favorablement sous l'effet des auxiliaires.

Si les risques de transmission de maladie virale sont importants dans la zone de culture il est préférable de ne tolérer aucune présence de pucerons en début de culture. Des applications de PPPs sont alors à prévoir de manière préventive sur les semences. Les substances actives systémiques permettent de tuer le puceron efficacement mais ce dernier a malgré tout le temps de se nourrir et de transmettre des virus avant de mourir. Des produits à effet répulsifs ou effet choc sont alors préférables.

GESTION DE LA RÉSISTANCE

Les pucerons peuvent devenir résistants aux PPPs chimiques s'ils sont utilisés de manière répétée sans alterner des substances appartenant à différents groupes de résistance. Par exemple, des résistances aux pyréthrinoïdes ont été détectées.

LES SUBSTANCES

Il faut se renseigner sur la nocivité des PPPs sur les auxiliaires de la culture car ceux-ci doivent être préservés au mieux. Par exemple un pyréthrinoïde peut tuer jusqu'à 75% des ennemis naturels des pucerons et cet effet néfaste peut se maintenir jusqu'à 10 semaines après l'application. Les PPPs les moins nocifs seront donc privilégiés même si leur coût d'utilisation à l'hectare est plus élevé.

Les substances recommandées pour la lutte contre les pucerons sont listées à l'annexe 3.

De nombreux produits de biocontrôle permettent une lutte efficace. On peut citer les substances suivantes : acide gras, maltodextrine, azadirachtine, oxymatrine, pyréthrine, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Verticilium lecanii*, huile de paraffine, huile essentielle d'orange, acide citrique.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

Berton A. (2019). *Protection intégrée des haricots en Guyane*. Consulté le 12.05.2021 sur https://guyane.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Guyane/PI-haricot.pdf

Ephytia - INRA. (2019). *Puceron du haricot. Aphis fabae ; Acyrthosyphon pisum.* Consulté le 12.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/21554/VigiJardin-Puceron-du-haricot

BAYER. (2018). *Pucerons du haricot, éviter les foyers d'infestation et encourager les prédateurs*. Consulté le 12.05.2021 sur https://www.bayer-agri.fr/cultures/pucerons-du-haricot-eviter-les-foyers-dinfestation-et-encourager-les-predateurs_2529/

Maurice Hullé, Evelyne Turpeau, Charles Dedryver, Yvon Robert, Yves Monnet. (2018). *Dégâts des pucerons sur les fabacées*. Consulté le 12.05.2021 sur https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-agriculture/Degats/Fabacees

Blancard D. (INRA) ; Berton A. (CA Guyane). (2021). *Puceron de l'arachide. Aphis craccivora.* Consulté le 12.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/23644/Tropileg-Puceron-oriental-du-pois-i-Aphis-craccivora-i.

RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.4. MOUCHES BLANCHES (OU ALEURODES)

NOM SCIENTIFIQUE

Bemisia tabaci (aleurode du tabac) et *Trialeurodes vaporarium* (mouche blanche des serres).

Ils font partie de l'ordre des Hémiptères, et de la famille des Aleyrodidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Le cycle de ces deux ravageurs sont très rapides donc une population peut se développer rapidement si rien n'entrave leur survie. *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporarium* ont des cycles similaires et les techniques de contrôle seront les mêmes pour les deux espèces. Entre 11 et 15 générations sont possibles par an. L'ensemble du cycle de croissance de l'aleurode peut avoisiner les 32 jours à une température de 20 à 25°C et est favorisé lorsque la température tourne autour de 25°C.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont attachés à la face inférieure des feuilles et éclosent sept à dix jours plus tard.
Larve	Il y a 4 stades larvaires (L1, 2, 3 et 4). L1 - Ce stade, appelé « larve mobile », est la seule phase mobile du jeune insecte. Il se déplace seulement sur une courte distance, insère ses rostres en forme d'aiguilles dans la feuille et commence à se nourrir de la sève de la plante pour ne plus bouger par après. L2 et L3 - La larve reste fixe et se nourrit de la sève de la plante, chaque stade durant trois à quatre jours en fonction de la température. L4 - Au quatrième stade - un stade de repos, l'insecte se mue en nymphe (puparium).
Puparium	Il ne se nourrit pas pendant ce stade. À peu près une semaine plus tard, l'aleurode adulte sort du puparium, cette éclosion se produisant généralement le matin.
Adulte	Même si les adultes peuvent voler jusqu'à 15 mètres pendant une période de 24 heures, la plupart restent à 2,5 - 3 mètres de leur lieu d'éclosion. Les adultes sont très actifs et sont facilement dérangés pendant la journée. Ils se nourrissent sur la surface inférieure des feuilles, où ils pondent leurs œufs, mais ils peuvent se placer aussi sur d'autres zones de la plante hôte. Les aleurodes adultes commencent la ponte des œufs le jour, environ un à trois jours après la sortie du puparium, sur la feuille. Chaque femelle peut pondre jusqu'à 160 œufs après 5 à 9 jours à 30°C en fonction de la température et de l'humidité.

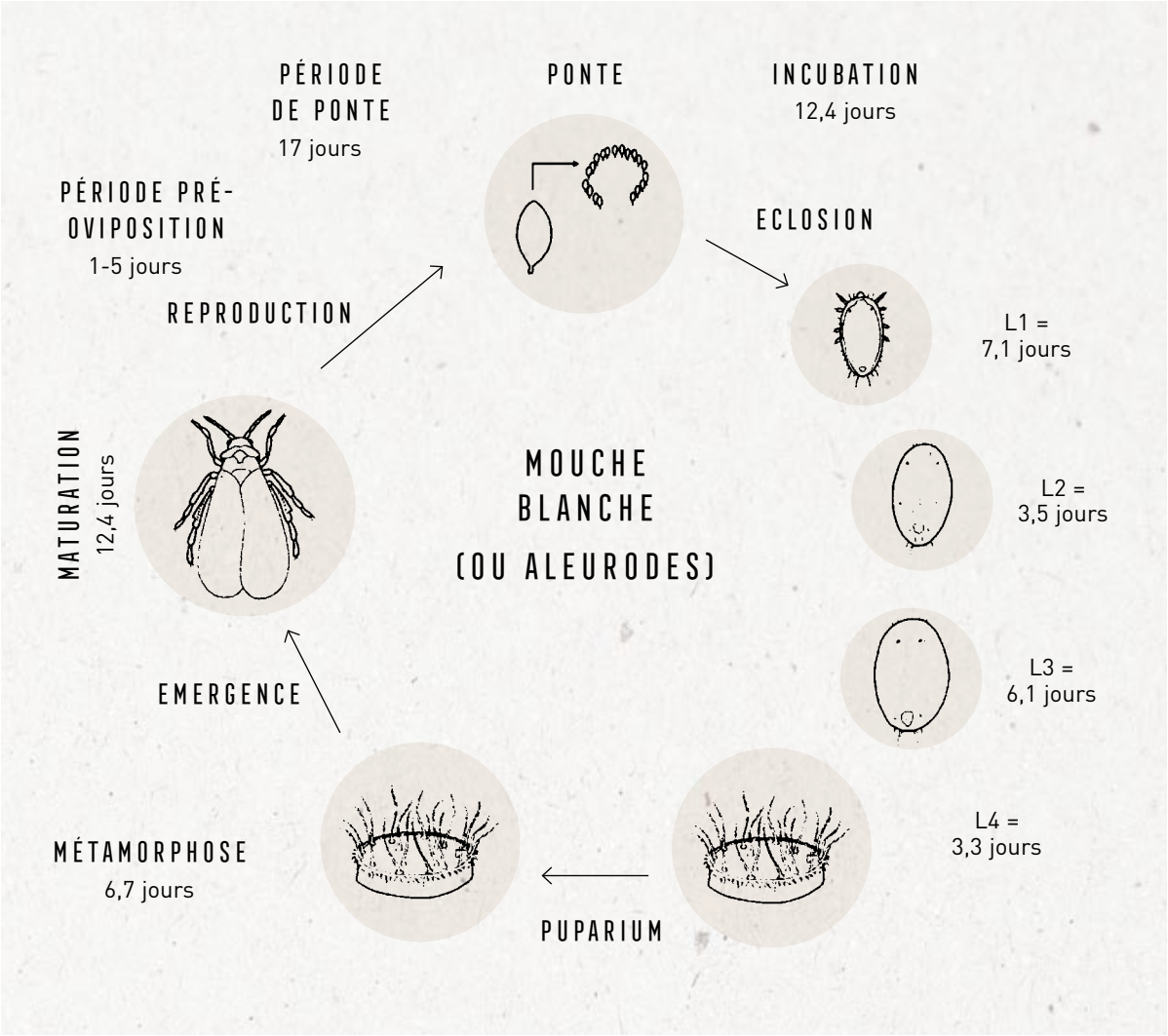


Figure 30 — Durée des stades de développement de *Bemisia tabaci* sur tomate à 20°C.
J. Poidatz (Koppert). (2015). http://ephytia.inra.fr/fr/C/19694/Biocontrol-Biologie

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

L'aleurode du tabac dispose d'un vaste choix de plantes hôtes et attaque de nombreuses cultures dans le monde entier. Par exemple les familles suivantes sont attaquées : *Brassicaceae*, *Cucurbitaceae*, Fabaceae, Malvaecae, Solanaceae.

L'aleurode des serres s'attaque à 249 genres de plantes de 84 familles de plantes.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs, qui sont blancs, puis qui deviennent progressivement bruns, sont maintenus en place par un fin pédoncule que produit la femelle. Les œufs d'aleurodes arrivés à maturité sont de couleur grise. Les *Bemisia* ont tendance à pondre leurs œufs au hasard sur la surface des feuilles, tandis que les *Trialeurodes* pondent leurs œufs en demi-cercles.
Larve	L1 : cuticule transparente, 0,25 mm. Elles possèdent des pattes et des antennes. Après avoir exploré la feuille, elles s'y installent, rétractent leurs pattes et leurs antennes de façon partielle et commencent à se nourrir. L2 : corps plat, 0,3 mm. L3 : larve plus grande (environ 0,5 mm), mais a toujours la même forme. L4 : plus large et plate.
Puparium	La L4 change de forme pour devenir presque ronde (environ 0,8 mm de long et 0,6 mm de large). Le puparium a parfois un contour irrégulier et lobé, selon la longueur des poils et la structure de la feuille de la plante hôte. À ce stade, on distingue très nettement les yeux rouges de l'insecte. Comme la cuticule du puparium est transparente, on peut voir la couleur jaune de l'aleurode. Latéralement, on aperçoit les ailes blanches en développement.
Adulte	Les adultes mesurent environ 1 mm de long et ont un corps jaune et des ailes blanches. *Trialeurodes* et *Bemisia* peuvent être distingué comme suit au stade adulte. Les ailes des *Bemisia* adultes se trouvent sur leur corps en forme de toit et leur abdomen jaune est plus visible.

Figure 31 — Œufs de *Trialeurodes* (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Figure 32 — Larve de *Bemisia tabaci*.
INRA-Versailles, Institut National de la Recherche Agronomique, Bugwood.org

Figure 33 — Puparium de *Bemisia tabaci*.
Central Science Laboratory, Harpenden, British Crown, Bugwood.org

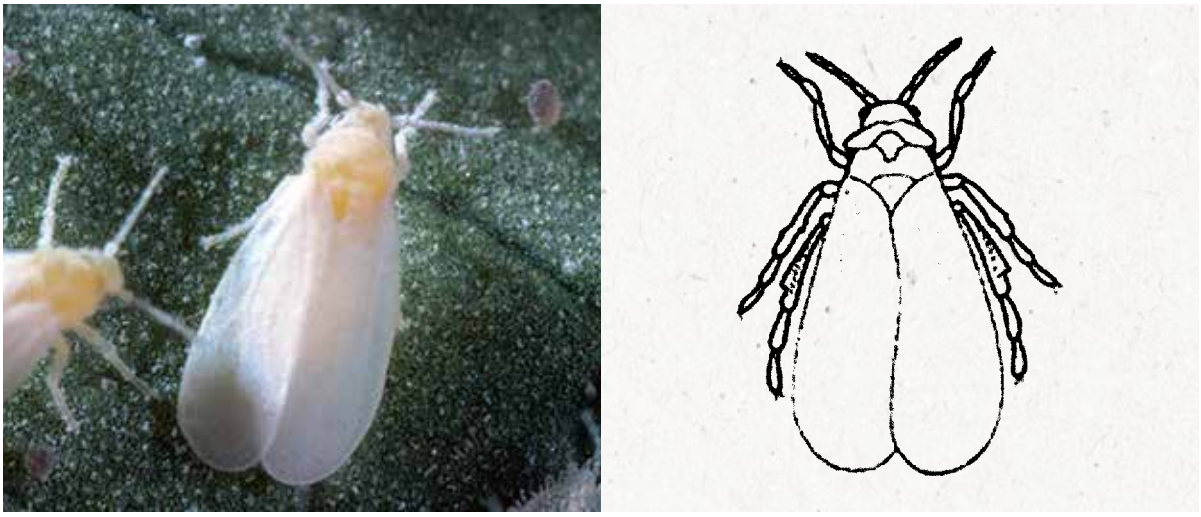


Figure 34 — *Trialeurodes* (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

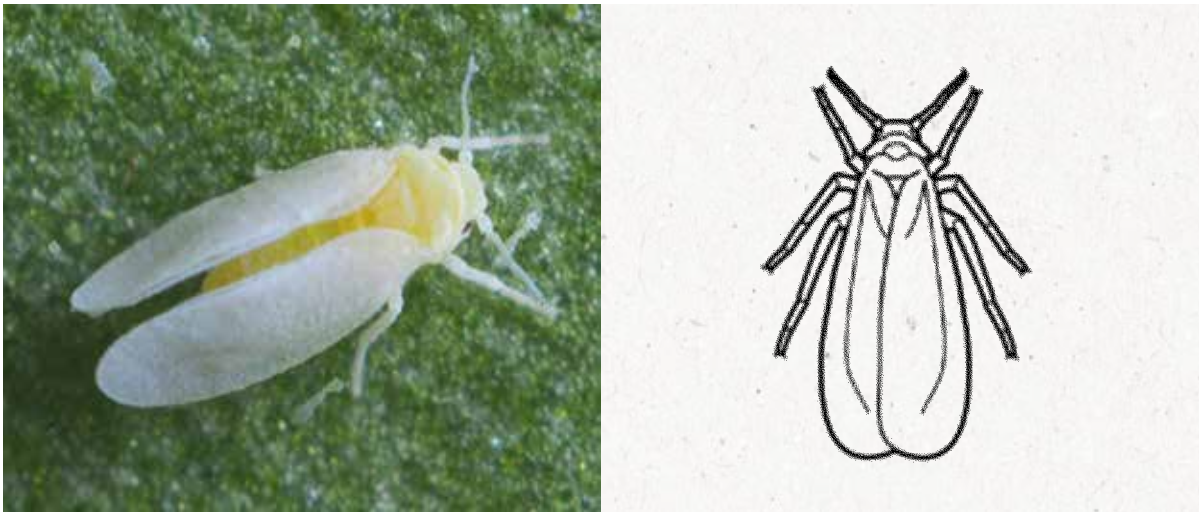


Figure 35 — *Bemisia* (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

L'insecte peut être présent sur la plante à tous les stades mais plus particulièrement de la levée à la floraison en passant par la croissance végétative. La présence précoce de l'insecte après la levée est la plus dommageable.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	+++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

FEUILLE	Présence de larves, puparium et adultes essentiellement à la face inférieure. Les dégâts directement liés aux prélèvements alimentaires des larves et des adultes entraînent l'apparition de taches chlorotiques sur la face supérieure des feuilles. En fonction de l'ampleur de la colonisation, ces taches peuvent se rejoindre jusqu'au jaunissement complet de la feuille. Si l'on ne lutte pas contre les aleurodes et que leurs prélèvements alimentaires sont excessifs, les feuilles peuvent se fragiliser et finalement se dessécher et tomber.
PLANTE ENTIÈRE	Étant donné que les larves d'aleurodes sucent la sève des feuilles, l'excès de sève sucrée s'écoule de leur corps sur la surface des feuilles se trouvant en dessous de celles dont ils se nourrissent. La fumagine se développe aisément sur cette substance sucrée, causant ainsi la fumagine noire caractéristique.

Figure 36 — mouche blanche (*Bemisia tabaci*) sur feuille de haricot vert. A.M. Varela, ICIPE

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Cet insecte n'a d'effet important direct sur le rendement que si de fortes populations se développent en début de culture avant la floraison. Les infestations plus tardives ont peu d'impact sur le rendement. Ce parasite a un impact relativement important en Afrique.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	Une baisse de rendement est possible en raison des dégâts directs que ces parasites causent en suçant la sève des plantes mais aussi par une photosynthèse réduite due à la détérioration des feuilles. La présence de fumagine entrave la production de chlorophylle et la fonction respiratoire de la plante donc perturbe sa croissance.
Baisse de la qualité	Les gousses infectées par le miellat ou la fumagine sont dépréciées.

Bemisia tabaci est aussi un insecte très nuisible par sa transmission de nombreux virus (Geminivirus, Closterovirus, Nepovirus, Carlavirus, Potyvirus), qui provoquent l'apparition de différents symptômes en fonction de l'espèce infectée. Un virus peut causer un ou plusieurs des symptômes suivants : infection des nervures des feuilles, feuilles jaunes, mosaïque jaune sur les feuilles, enroulement et amincissement des feuilles, etc.

Si les aleurodes sont également porteurs d'un virus, il peut même s'avérer peu rentable de maintenir la culture dans la région en question.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Bemisia tabaci est considéré comme un organisme de quarantaine par l'UE, ce qui signifie qu'il ne peut pas être importé sur des produits destinés à l'UE. Toutefois, il est peu probable que cela se produise avec les haricots verts, car la présence de larves ou pupariums d'aleurodes sur des haricots récoltés est extrêmement rare.

Trialeurodes vaporarium n'est pas un organisme de quarantaine en UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Un biotope humide et abrité. Les vents secs lui sont défavorables.	L'insecte se développe surtout pendant les périodes qui suivent une saison des pluies.
Conditions météorologiques	La température optimale pour le développement et la survie de la population de *Bemisia tabaci* est de 25 à 30°C tandis que pour *Trialeurodes vaporarium* elle est de 20 à 25°C.	Au Kenya *Trialeurodes vaporariorum* prévaut principalement dans les hautes terres, à climat plus frais, et est l'espèce prédominante sur haricot actuellement. Cependant, *Bemisia tabaci* a étendu sa présence et est plus fréquente qu'auparavant dans les hautes terres.

Le tableau ci-après donne les périodes de forte infestation de *Bemisia tabaci* au Sénégal.

Tableau 19 — Dynamique des populations de *Bemisia tabaci* au Sénégal - RADHORT (2012)

ZONE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DDÉCEMBRE
Niayes	++	+	+	+	+	+	+	+	++	+++	+++	+++
Basse Casamance	/	/	/	/	/	/	/	/	/	+++	+++	+++

SURVEILLANCE

En l'absence de virus, l'on peut tolérer un certain taux d'aleurodes sur une feuille, tant que le miellat qu'elles sécrètent ne provoque pas le développement excessif de fumagine. Étant donné que les haricots verts nains ne restent, la plupart du temps, au champ que 10 semaines, les populations d'aleurodes ne se développent pas autant que, par exemple, dans les cultures de haricots verts grimpants, qui restent dans le champ pendant vingt semaines et comportent trois fois plus de feuilles.

PAR OBSERVATION DIRECTE DES PLANTES

Le « seuil économique d'intervention », doit être déterminé par chaque agriculteur en observant la culture à un moment donné (par exemple, vigueur végétative et qualité des feuilles, importance de la fumagine, etc.) et en prenant en considération la durée restante avant la récolte.

Les méthodes de surveillance par observation directe des plantes au champ sont proposées en détail au point 7.1.2.

PAR PIÉGEAGE

Il est également possible de surveiller les populations avec des pièges afin d'observer les tendances générales des populations de ravageurs présentes dans les champs. Comme les aleurodes adultes sont fortement attirés par le jaune, on peut fabriquer des pièges collants à l'aide de plastique jaune couvert de colle ou d'autres substances collantes, comme de la graisse. Cependant, il convient de ne pas utiliser régulièrement et en grande quantité ces pièges, car ils attrapent et tuent également des insectes utiles, tels que *Diglyphus* (parasitoïde de la mineuse des feuilles) et *Encarsia*, qui s'attaquent aux aleurodes. Il faut uniquement utiliser ces pièges collants comme moyen de surveillance et non comme moyen de lutte. Les pièges collants jaunes attirent à divers degrés aussi les thrips, les pucerons et les mineuses des feuilles.

CONTRÔLE PAR LES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur. La rotation des cultures est difficilement réalisable vu le nombre élevé d'hôtes de cet insecte.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est conseillé de planter les nouvelles cultures, dans la direction opposée du vent par rapport aux cultures plus anciennes.	Cela réduira la migration des adultes des cultures plus anciennes vers les jeunes cultures, dans la direction du vent.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Plantation de brise-vents entre parcelles	Les brise-vents réduisent les déplacements des mouches blanches d'une parcelle à l'autre.	Les nouvelles infestations sont réduites.
Planter des plantes répulsives comme la coriandre ou le tagète mexicaine (*Tagetes minuta*) sur les pourtours des parcelles. (Plantwise, 2021)	Les plantes répulsives vont permettre de diminuer l'entrée de la mouche blanche dans la parcelle et ces plantes sont aussi utiles pour préserver les auxiliaires comme les hyménoptères parasitoïdes.	Les nouvelles infestations sont réduites et le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
PLANTATION		
Eviter une densité trop élevée	Les mouches blanches seront mieux atteintes par les pulvérisations de PPPs si la végétation est moins dense ; mais cela peut induire une baisse de rendement.	Baisse des populations suite aux applications d'insecticides.
Utiliser des filets anti-insectes en zone à risque de virose. (Plantwise, 2021).	Couvrir les semis avec des filets anti-insectes (maille 400 µm). Le filet peut ensuite être enlevé.	Les filets permettent d'éviter la transmission des virus par les adultes en début de culture.

ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer un désherbage régulier du terrain	Les mauvaises herbes poussant le long des rangs de semis ou entre ceux-ci et les résidus de culture peuvent abriter des populations d'aleurodes. Par conséquent, il est fondamental de désherber le champ et d'éliminer les résidus avant le semis et durant la période de croissance.	Évitement de sources d'adultes.
Arrache des plants arrivés en fin de production	Au Kenya, à haute altitude, les températures nocturnes peuvent rapidement chuter pour passer de 15 à 5°C. À cette basse température, les aleurodes adultes ne peuvent voler et les cultures peuvent être retirées sans déranger les aleurodes adultes. Si une culture fortement infestée est retirée durant le jour, lorsqu'il fait chaud, les aleurodes adultes sont très actifs et s'envolent, en « nuages », vers les jeunes cultures adjacentes.	Cela permet d'éliminer presque totalement la migration des aleurodes de cultures anciennes vers de jeunes cultures.
	Les résidus de culture arrachés doivent être rapidement enfouis dans le sol, donné aux animaux d'élevage ou brûlés pour éviter la dispersion des mouches blanches.	Elimination de foyers d'infestation pour des cultures voisines.
	Traiter les plantes avant arrachage en présence de populations élevées de ravageurs afin de ne pas contaminer des cultures hôtes proches.	Elimination de foyers d'infestation pour des cultures voisines.
Fertilisation en azote équilibrée	Un feuillage à la structure ouverte permet aux pulvérisations de PPPs de mieux atteindre leurs cibles à la face inférieure des feuilles. Un excès de fertilisation (particulièrement d'azote) produira un feuillage trop dense. Un excès d'azote rend aussi les feuilles plus attractives aux mouches blanches, mineuses des feuilles et thrips.	Baisse des populations suite aux applications d'insecticides. Moins d'arrivée de nouveaux adultes.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il y a plusieurs ennemis naturels des mouches blanches qui sont présents dans les exploitations agricoles. Par exemple : les hyménoptères parasitoïdes comme les *Eretmocerus* spp. et les *Encarsia* spp. ; les acariens prédateurs comme les *Amblyseius* spp. et *Typhlodromus* spp. ; les thrips prédateurs ; les chrysopes, les staphylins et les coccinelles.

Leur présence doit être préservées en utilisant des PPPs compatibles avec les auxiliaires de la culture (consulter les tableaux concernant la sensibilité aux pesticides dans l'annexe 4).

Encarsia, pond ses œufs dans le puparium de l'aleurode. Lorsqu'un puparium d'aleurode est parasité, il devient noir, ce qui facilite la surveillance du taux de parasitisme dans un programme de lutte intégrée contre les ravageurs.

Figure 37 — Adulte d'*Encarsia* pondant un œuf dans une larve de mouche blanche. (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert

Figure 38 — Les larves de mouche blanche deviennent noires quand elles sont parasitées par *Encarsia*. David Cappaert, Bugwood.org

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir point 7.1.3.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

L'action des ennemis naturels peut s'avérer parfois trop lente et trop tardive. Il est alors conseillé d'introduire des auxiliaires du commerce.

Des ennemis naturels comme *Encarsia formosa* sont disponibles dans certains pays ACP comme le Kenya.

Il est possible de concevoir un programme de lutte prophylactique contre les mouches blanches en utilisant des *Encarsia* adultes pour les cultures de pleins champs. Les taux d'introduction d'*Encarsia* se basent sur une estimation du nombre de puparium d'aleurodes qui pourraient être présentes sur chaque feuille à trois folioles, si aucun autre moyen de lutte n'est utilisé et que la migration naturelle du ravageur a lieu sans encombre (scénario le plus défavorable).

Après un certain temps, si la lutte s'avère efficace, le taux de migration naturelle des aleurodes vers la culture, peu de temps après la plantation, est susceptible de baisser et, par conséquent, les taux d'introduction requis d'*Encarsia* diminueraient également.

Un système d'échantillonnage efficace permet à l'agriculteur de mesurer la lutte effectuée en estimant le nombre moyen de puparium d'aleurodes et d'aleurodes adultes par feuille après un certain temps.

Il est possible d'intégrer l'utilisation des *Encarsia* adultes dans le calendrier des applications d'autres fongicides et insecticides compatibles. Les pulvérisations de PPPs doivent garantir que les *Encarsia* adultes ne sont pas tués. Les *Encarsia* sont très sensibles aussi aux fongicides (consulter l'annexe 4 à propos de la sensibilité aux pesticides).

Pour plus de détails sur *Encarsia* consulter l'annexe 5.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES PPP

La lutte contre les aleurodes est difficile pour plusieurs raisons.

- Le recours à des applications répétées d'insecticides contre les aleurodes ont abouti au développement d'une résistance à de nombreuses substances dans le monde entier. Lorsqu'une résistance apparait en raison de l'abus d'insecticides, les populations d'aleurodes croissent de façon spectaculaire et peuvent devenir incontrôlables. Il est donc essentiel d'alterner des classes différentes de substances pour éviter l'apparition de résistances.
- La plupart des PPPs disponibles ne permettent pas de tuer les œufs ou les pupariums d'aleurodes (du fait qu'ils ne se nourrissent pas à ces stades). Ce sont surtout les adultes et les jeunes larves qui sont visées par les traitements.
- Les stades sensibles aux PPPs se trouvent la plupart du temps cachés à la partie inférieure des feuilles qui sont plus difficile à atteindre par les pulvérisations.

LES PÉRIODES D'APPLICATION

Un programme régulier d'application de PPPs contre les mouches blanches est souvent indispensable pour lutter contre les adultes et les larves, à mesure qu'ils se développent. Cependant, il est recommandé de ne réaliser des traitements de lutte préventive au début du cycle de croissance jusqu'à la floraison que si le risque de transmission de virus est avéré. En l'absence de risque de transmission de virus, il convient d'échantillonner le champ et de le traiter uniquement en cas de nécessité.

LES MOMENTS DE LA JOURNÉE POUR LES APPLICATIONS

Il est préférable de pulvériser les cultures durant la nuit, en fin d'après-midi/début de soirée ou tôt le matin, avant que la température ne soit suffisamment élevée pour que les aleurodes volent. Par temps froid, les aleurodes ne voleront pas pendant les pulvérisations (éventuellement vers d'autres parcelles) et les pulvérisations les atteindront plus facilement.

LES SUBSTANCES

Les substances recommandées sont indiquées dans le tableau de synthèse de l'annexe 3. Beaucoup de produits de biocontrôle permettent une lutte efficace. On peut citer les substances suivantes : le *Metarhizium anisopliae*, le *Beauveria bassiana*, le *Paecilomyces fumosoroseus*, le *Verticilium lecanii*, l'azadirachtine et les extraits de neem, les pyréthrines, l'acide citrique, l'huile essentielle d'orange douce, la farine et l'amidon, l'oxymatrine, *Chromobacterium subtsugae* strain PRAA4-1, les acides gras et les huiles horticoles.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Les aleurodes adultes peuvent être attirés par des pièges jaunes collants. Ceux-ci peuvent être utilisés dans certaines circonstances pour réduire le nombre d'adultes volants. Cependant, les pièges collants peuvent également piéger et tuer d'importants hyménoptères parasitoïdes de l'aleurode et de la mouche mineuse et il faut donc faire attention en utilisant cette méthode.

RÉFÉRENCES

Marie-Édith Tousignant. RAP Cultures ornementales en serre. (2021). *Fiche technique. Aleurodes des serres et aleurode du tabac*. Consulté le 14.05.2021 sur https://www.agrireseau.net/documents/Document_98286.pdf

RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

Plantwise. (2013). *Pest management decision guide: green and yellow list. White flies on French beans*. Consulté le 10.05.2021 sur https://www.kalro.org/sites/default/files/PMDG-French%20beans-White-flies-Kenya-Oct2013-final.pdf

A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.5. MINEUSE DES FEUILLES

NOM SCIENTIFIQUE

Liriomyza trifolii (mineuse des feuilles serpentine américaine ou mouche mineuse californienne), *L. huidobriensis* (Mineuse des feuilles sud-américaine), et autres *Liriomyza* spp.

Les *Liriomyza* font partie de l'ordre des Diptères, et de la famille des Agromyzidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Il existe plusieurs espèces différentes de mineuse des feuilles, mais leur cycle de vie, leur comportement et les méthodes de lutte sont les mêmes. Plusieurs générations par an sont possibles. Au Kenya, la durée totale du cycle varie entre 24 et 28 jours entre décembre et janvier.

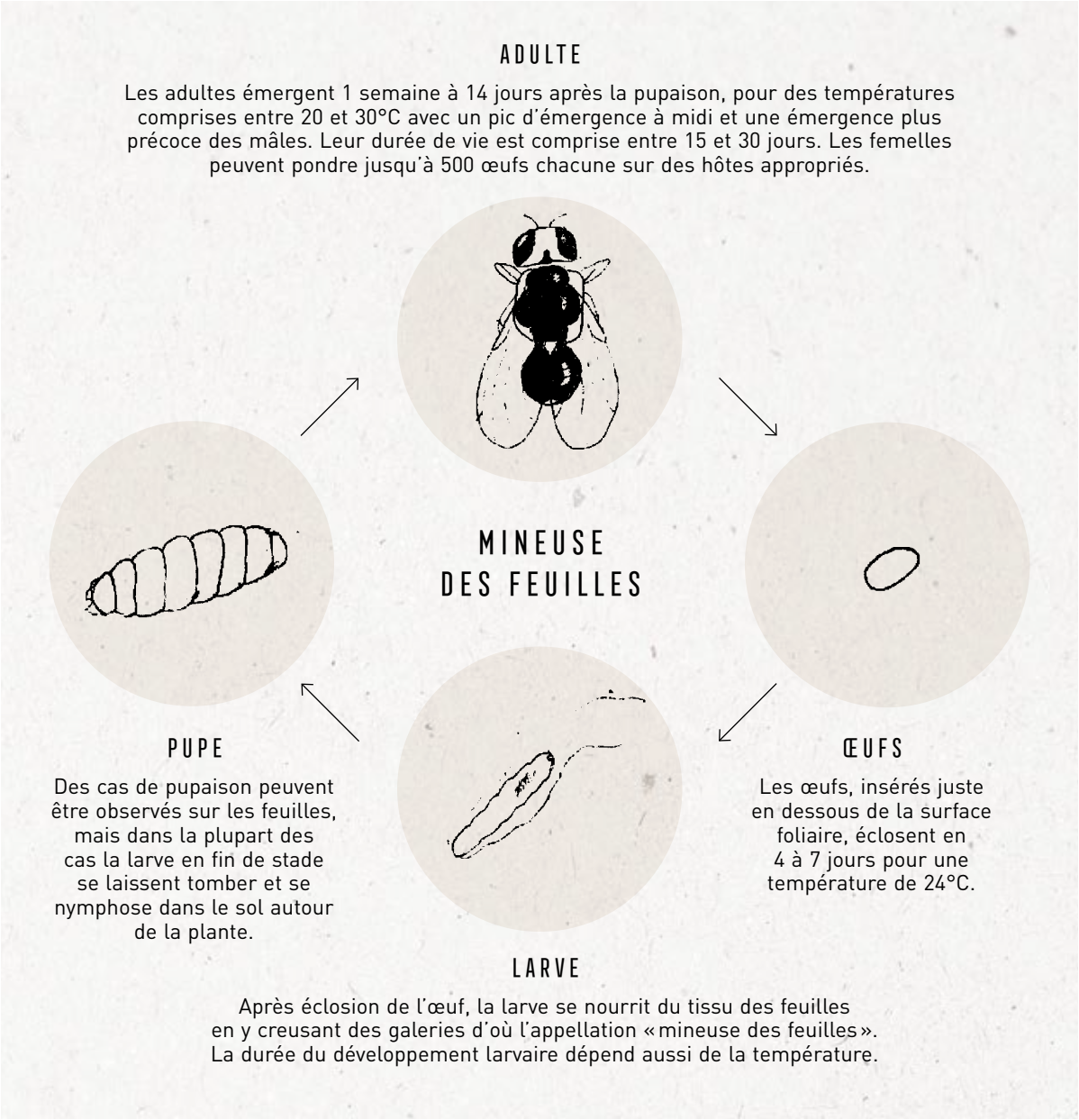


Figure 39 — Cycle de vie de la mineuse des feuilles. COLEAD. (2016). Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la culture des aubergines (*Solanum melongena*, *Solanum aethiopicum*, *Solanum macrocarpon*)

AUTRES PLANTES HÔTES

Les Fabaceae et Solonaceae sont les hôtes les plus importants en ce qui concerne la richesse des espèces de *Liriomyza* et leur abondance relative. D'autres plantes hôtes importantes sont par exemple : les *Cucurbitaceae* (concombre), les *Gossypium* (coton) et aussi diverses plantes adventices.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Ils sont de forme ovale et de couleur crème.
Larve	Au départ transparente et longue de 0,5 mm puis jaunâtre et longue de 2,5-3,5 mm
Pupe	Forme de tonnelet et de couleur variable (jaune à marron foncé).
Adulte	Les adultes sont noirs et jaunes ce qui les rend visibles lorsqu'elles virevoltent autour de la plante hôte et au-dessus des feuilles. Ils ont 2,5 à 3,5 mm de longueur.

Figure 40 — Larve de *Liriomyza trifolii*. Photograph by Lyle J. Buss, University of Florida

Figure 41 — Pupe de *Liriomyza* sp. Charles Olsen, USDA APHIS PPQ, USDA APHIS PPQ, Bugwood.org

Figure 42 — Adulte de *Liriomyza trifolii*. Central Science Laboratory, Harpenden, British Crown, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Du stade plantule à la première récolte en passant par la croissance végétative, la floraison et la fructification.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	+++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

PLANTULE	Les plantules sévèrement attaquées sont rabougries et peuvent éventuellement mourir.
FEUILLE	Nombreuses piqûres nutritionnelles chlorotiques observées sur le limbe et réalisées par les femelles avec leur ovipositeur. Les dégâts dus à l'alimentation des larves apparaissent sous la forme de galeries (de 0,13 à 0,15 mm de diamètre) sur la face supérieure des feuilles. Les formes de ces galeries varient en fonction de la plante infestée, mais elles sont longues, linéaires et peu larges lorsque la superficie de la feuille est suffisante. Elles sont généralement verdâtres à blanches.

Figure 43 — Galeries sur une feuille de haricot. AM Varela, ICIPE.
Les feuilles sévèrement minées peuvent jaunir et tomber

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Les plantules sévèrement attaquées peuvent éventuellement mourir.
Perte de rendement par plant	L'activité photosynthétique des plantes, leur croissance et les rendements peuvent être fortement réduits en cas de fortes infestations.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Liriomyza bryonae, *Liriomyza huidobriensis* et *Liriomyza trifolii* sont des organismes de quarantaine de l'UE (Annexe II, partie B du Règlement (UE) 2019/2072).

Les interceptions en UE touchent plutôt les gousses de pois mangetout que les gousses de haricot vert, étant donné que l'on n'observe pas fréquemment de galeries sur les gousses de haricots verts, peut-être parce que leur période de croissance est bien plus courte que celle des pois.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Climat	Chaud et sec. Mais lorsque la température dépasse 40°C, la mineuse des feuilles pond moins d'œufs.	On les trouve à toute altitude dans certains pays comme le Kenya, mais c'est dans des milieux tempérés à haute altitude (2 000 m à l'Équateur) qu'elles occasionnent le plus de dégâts. Au Kenya c'est *L. huidobrensis* qui serait dominant à haute altitude. (C N Foba, D Salifu, Z O Lagat, L M Gitonga, K S Akutse, K K M Fiaboe, 2015). Au Sénégal, dans la zone des Niayes, les infestations sont les plus importantes de novembre à juillet, période de saison sèche. Les infestations diminuent fortement en saison des pluies. (RADHORT, 2012).

SURVEILLANCE

Une méthodologie détaillée d'observation est donnée au point 7.1.2.

PAR OBSERVATION DIRECTE DES PLANTES

Un système d'échantillonnage déterminera le rapport entre les *Diglyphus* et les mineuses des feuilles adultes. Si ce rapport est de « un pour trois » au moins (c'est-à-dire un *Diglyphus* adulte pour trois mineuses des feuilles adultes), la mineuse des feuilles est maîtrisée et il n'est pas nécessaire de prendre des mesures.

Les échantillonnages au champ doivent se faire principalement depuis la levée jusqu'au début de la récolte. Voir point 7.1.2. pour plus de détails.

PAR PIÉGEAGE

L'emploi de pièges englués jaunes placés près de la plante cultivée est une méthode d'échantillonnage et d'estimation de l'infestation très efficace. Cependant, il n'est pas conseillé d'utiliser ces pièges de routine pour le piégeage en masse de la mouche mineuse car ils capturent aussi *Diglyphus* qui est un parasitoïde très efficace qui contrôle la mouche mineuse sans avoir besoin de pesticides, sauf en cas d'infestation très grave.

La mouche mineuse préfère les surfaces horizontales aux surfaces verticales pour se poser et il est donc plus efficace de poser les pièges horizontalement. D'autre-part il est préférable de positionner les pièges de préférence au-dessus de la culture pour augmenter la probabilité de capture.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est conseillé d'éviter de cultiver sur un terrain ayant un précédent cultural très attaqué ou se trouvant à proximité d'une culture très attaquée.	Évitement de l'arrivée de nouveaux adultes.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Labour profond	Étant donné que la mineuse des feuilles se pupifie dans le sol, un labourage profond peut enterrer les pupes et les empêcher d'éclore. Cependant, il faut veiller à ce que la couche arable soit suffisante pour réaliser cette opération sans amener de terre du sous-sol à la surface. D'autre part cette pratique est contraire aux principes de l'agriculture de conservation des sols.	Rupture du cycle du ravageur.

Installer des barrières sous forme de haies autour et entre les parcelles	Les adultes des mineuses sont des insectes volant difficilement et des barrières d'environ 50 cm de hauteur peuvent réduire la migration dans les cultures.	Évitement de l'arrivée de nouveaux adultes.
Planter des plantes pièges	Certaines cultures sont beaucoup plus attractives pour les mineuses que les haricots verts. Par exemple, les fèves peuvent être utilisées comme « plantes pièges » des mineuses. Mais la mouche mineuse doit être contrôlée dans la culture piège, afin qu'elle ne devienne pas un plus grand problème dans la culture de haricots verts plus tard.	Évitement de l'arrivée de nouveaux adultes.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer un désherbage régulier du terrain et des pourtours	Il est recommandé de détruire les mauvaises herbes hôtes qui poussent le long des champs cultivés, à moins que des moyens de lutte biologique ne soient utilisés, auquel cas le prédateur naturel migrera vers les zones couvertes de mauvaises herbes et tuera toutes les larves de la mineuse des feuilles qui y sont présentes.	Évitement de l'arrivée de nouveaux adultes.
Collecter et détruire les feuilles fortement minées	Les feuilles fortement minées ne sont plus très utiles à la plante car la photosynthèse est réduite. Il est préférable de les arracher et de les détruire avant que les larves ne les quittent pour se transformer en pupe.	Rupture du cycle du ravageur.
Arrachage des plants arrivés en fin de production	S'il y a eu une forte infestation par les mineuses des feuilles, il convient de détruire (par exemple en les enterrant profondément) rapidement les résidus de culture après la récolte, afin d'empêcher que les mineuses ne bouclent leur cycle jusqu'à la pupaison. Toutefois, les résidus de culture ne représentent pas toujours un problème. En effet, si la lutte biologique a été réalisée correctement, il est possible qu'un nombre plus élevé de *Diglyphus* que de mineuses des feuilles éclosent des résidus de culture (voir ci-après sur la lutte biologique).	Rupture du cycle du ravageur. Elimination de foyers d'infestation pour des cultures voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Les hyménoptères parasitoïdes des familles *Braconidae*, *Eulophidae* et *Pteromalidae* sont d'importants ennemis naturels des mouches mineuses et, en l'absence d'insecticides, elles maintiennent généralement cet insecte à de faibles niveaux d'abondance.

L'hyménoptère parasitoïde, *Diglyphus isaea* de la famille des *Eulophidae*, est le meilleur moyen de lutter contre la mineuse des feuilles, puisqu'il pond ses œufs en abondance et qu'il vole activement à la recherche de larves de mineuses des feuilles pour y pondre ses œufs. Les œufs sont pondus à côté des larves de la mineuse des feuilles qui se trouvent dans la feuille. Pour se nourrir, la larve du parasitoïde aspire le contenu corporel de la larve de la mineuse qui finit par mourir et *Diglyphus* se pupifie dans la feuille et l'adulte émerge plus tard.

Les *Diglyphus* migrent naturellement dans les cultures si elles ne sont pas pulvérisées avec des insecticides toxiques pour les *Diglyphus*. La présence de *Diglyphus isaea* dans une culture se remarque par de courtes galeries visibles sur les feuilles contenant des larves de mouches mineuses mortes.

Au Kenya, *Diglyphus* est présent dans la nature mais il est aussi homologué en tant qu'agent de protection des cultures et il est élevé en masse localement.

La gestion des populations naturelles du parasitoïde est probablement le moyen le plus efficace de lutter contre la mineuse. À la fin de la culture, au lieu d'être détruits, les résidus sont recueillis et mis dans des boîtes en carton. Des bocaux en plastique transparent sont introduits dans les faces latérales de ces boîtes et les *Diglyphus* émergeants y sont attirés par la lumière. Ces bocaux sont retirés et vidés jusqu'à deux fois par jour pour « récolter » les individus de *Diglyphus* qui sont ensuite relâchés dans les champs de haricot vert. Pour tirer le plus grand profit de ce parasite, les individus doivent être relâchés dans une culture jeune, car si la culture est ancienne, les guêpes n'auront pas le temps d'y exercer un impact sensible sur la population de mineuses des feuilles. Pour plus d'information consulter le manuel de formation du COLEAD intitulé « gestion intégrée des bioagresseurs ».

Figure 44 — *Diglypus* adulte (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Au Sénégal cinq eulophides (parasitoïdes larvaires) indigènes, plus cinq autres parasitoïdes rares, parasitent fréquemment la mineuse des feuilles. Les parasitoïdes les plus importants étaient *Hemiptarsensus semialbiclava*, qui dominait dans la seconde moitié de la saison sèche, et deux *Chrysonotomyia* spp. qui étaient plus abondants pendant la saison des pluies. (P. Neuenschwander, S. T. Murphy & E. V. Coly, 2008).

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Habituellement les infestations sur haricot vert sont assez faibles mais l'application de PPPs est nécessaire lorsque l'attaque est sévère, en particulier sur les jeunes plantes. Les fortes infestations sont souvent une conséquence d'une utilisation non raisonnée des PPPs qui a éliminé les ennemis naturels sans atteindre le ravageur.

La lutte par l'application de PPPs est très problématique pour plusieurs raisons :

- les larves sont endophytes (elles se développent à l'intérieur des feuilles) et sont donc à l'abri des insecticides, les substances réellement efficace ont une action translaminaire qui permet d'atteindre les larves dans la feuille ;
- les produits réellement efficaces sont très rares et il est indispensable d'éviter ceux nuisant aux ennemis naturels (par exemple la cyromazine et l'azadirachtine sont compatibles avec *Diglyphus*) ;
- des résistances aux substances peuvent apparaitre rapidement.

LES PÉRIODES D'APPLICATION

Les traitements se feront avant la période de récolte en préventif ou en curatif selon des seuils d'intervention.

LES SUBSTANCES

Les substances recommandées sont indiquées dans le tableau de l'annexe 3.

Parmi les substances de biocontrôle ayant une bonne efficacité sur la mineuse des feuilles on ne peut citer que l'azadirachtine et les extraits de neem ainsi que l'huile de paraffine.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— C N Foba, D Salifu, Z O Lagat, L M Gitonga, K S Akutse, K K M Fiaboe. (2015).
Species Composition, Distribution, and Seasonal Abundance of Liriomyza Leafminers (Diptera: Agromyzidae) Under Different Vegetable Production Systems and Agroecological Zones in Kenya. Environmental Entomology, Volume 44, Issue 2, April 2015, Pages 223–232. Consulté le 17.05.2021 sur
https://academic.oup.com/ee/article-abstract/44/2/223/2464853?redirectedFrom=fulltext

— P. Neuenschwander, S. T. Murphy & E. V. Coly. (2008).
Introduction of exotic parasitic wasps for the control of Liriomyza trifolii (Dipt., Agromyzidae) in Senegal. Pages 290-297 | Published online: 21 Nov 2008. Consulté le 17.05.2021 sur
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670878709371173.

— National Institute for Agro-Environmental Sciences. (2007).
Liriomyza trifolii. Consulté le 17.08.21 sur
http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/apasd/Liriomyza%20trifolii%20-B.html

7.2.2.6. THRIPS

NOM SCIENTIFIQUE

De nombreuses espèces de thrips peuvent s'attaquer aux haricots. Au Kenya les espèces les plus importantes sont *Megalurothrips sjostedti*, *Frankliniella occidentalis* et *Frankliniella schultzei*.

En Afrique on peut aussi mentionner sur haricot, *Sericothrips occipitalis* et *Thrips tabaci*, et plus rarement *Thrips palmi*.

Les thrips font partie de l'ordre des Thysanoptères, et de la famille des Thripidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Le cycle de développement comprend 6 stades : œuf, deux stades larvaires, deux stades pronymphes et adulte ; sa durée variant en fonction de la température et de la plante hôte (à titre d'exemple, pour *F. occidentalis* elle fluctue de 34 jours à 15°C à 13 jours à 30°C).

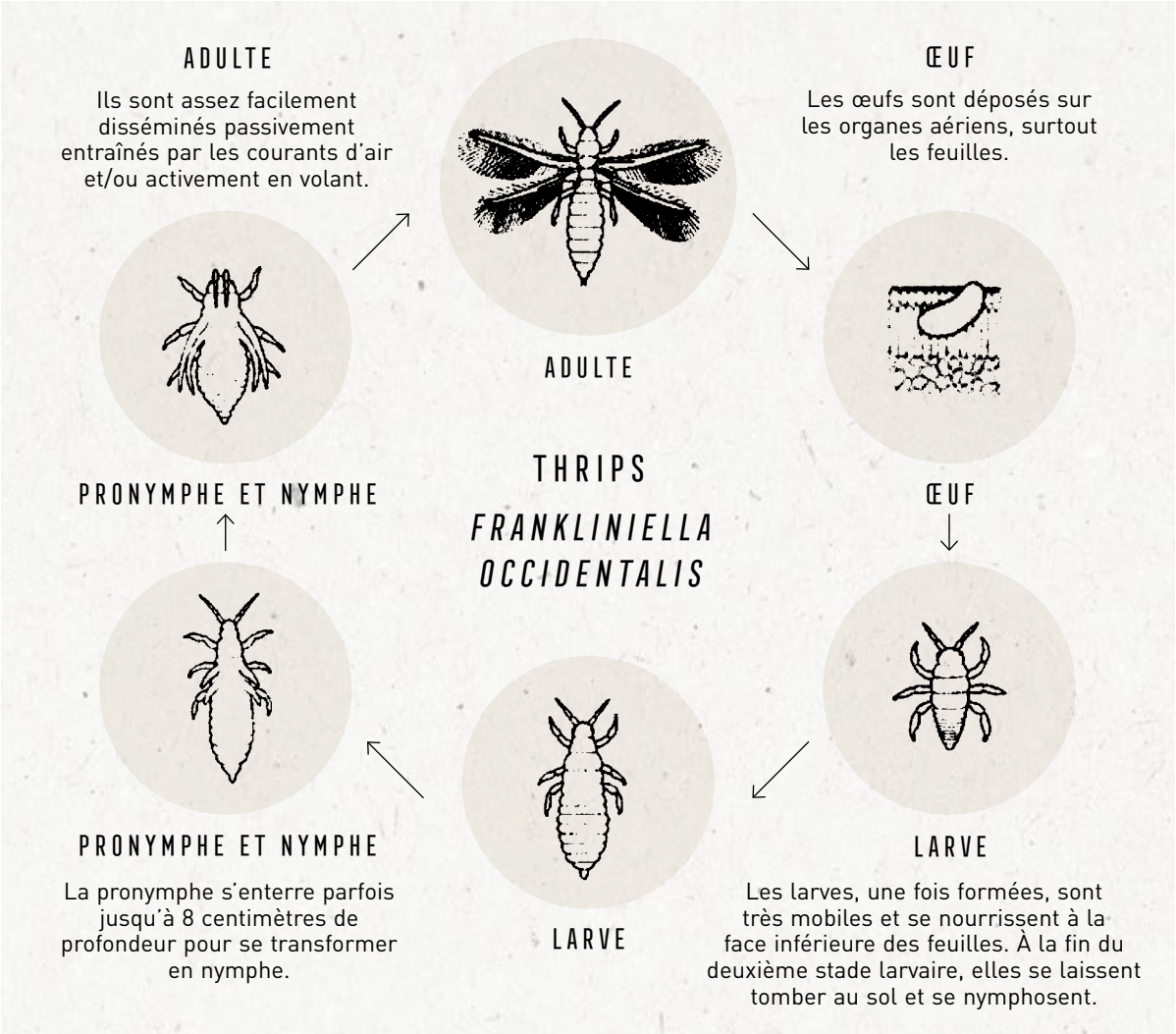


Figure 45 — Cycle de vie des thrips. COLEAD. (2016). Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la culture des aubergines (*Solanum melongena*, *Solanum aethiopicum*, *Solanum macrocarpon*)

AUTRES PLANTES HÔTES

Megalurothrips sjostedti s'attaque essentiellement à des légumineuses comme l'arachide, le pois, le niébé et le pois d'Angole.

Les deux espèces de *Frankliniella* se nourrissent d'une grande variété de plantes.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

Ce sont des insectes très petits (de 1 à 2 mm de long). Il est donc difficile de distinguer les espèces au champ.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Ils sont réniformes.
Larve	Les larves sont similaires aux adultes mais n'ont pas d'ailes et habituellement de couleur jaune pâle à pratiquement blanc.
Pronymphe	Le premier stade pronymphe est caractérisé par l'apparition des ébauches d'ailes. Le deuxième stade pronymphe, plus clair, montre aussi des ébauches d'ailes plus conséquentes et des antennes longues et courbées vers l'arrière du corps.
Adulte	Les adultes sont de forme cylindrique ou en forme de cigare et de couleur jaune pâle à noire. On distingue deux paires d'ailes étroite et pourvues d'une frange de longues soies.

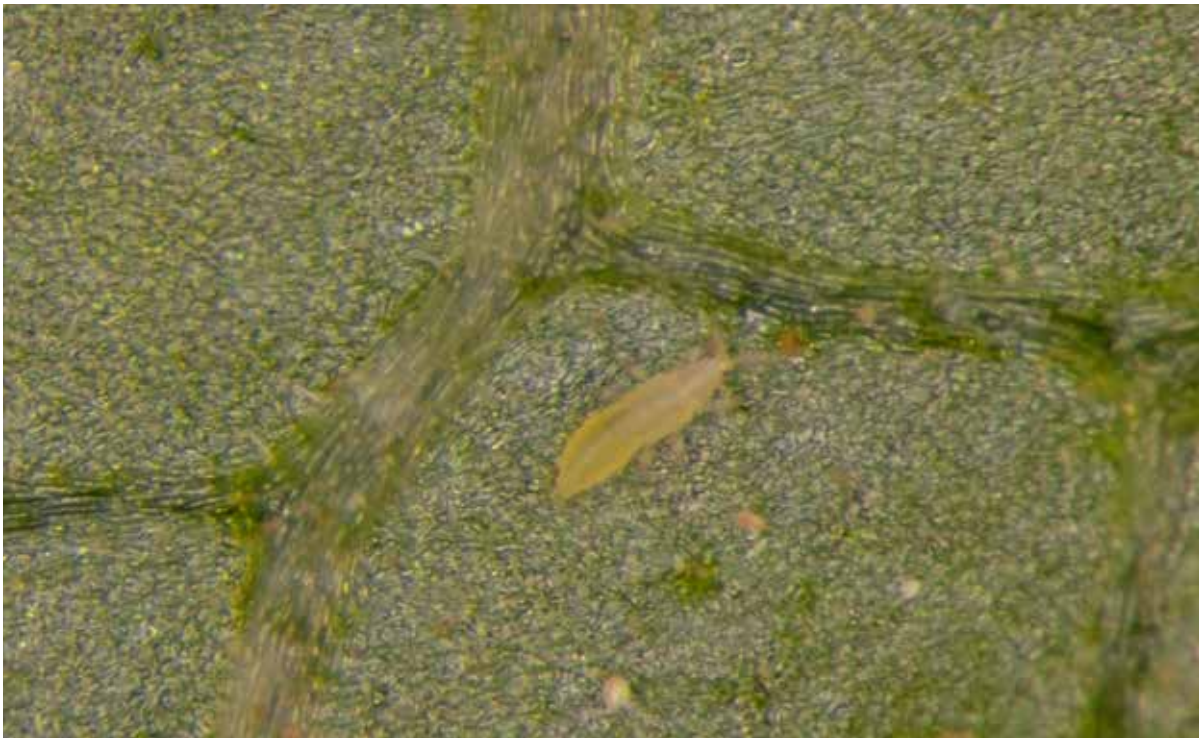


Figure 46 — Larve de *Thrips tabaci*. Frank Peairs, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 47 — Adultes de *Frankliniella occidentalis* : un mâle (le plus petit) et deux femelles.
P.M.J. Ramakers, Applied Plant Research, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Du stade plantule à la floraison. À partir de la floraison on trouve les thrips essentiellement dans les bourgeons, sur les fleurs et les jeunes gousses.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	++	+++	++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les thrips se nourrissent en suçant le contenu des cellules de l'épiderme, ainsi les tissus lésés se nécrosent rapidement.

FEUILLE	Nombreuses et minuscules lésions argentées, voire des plages de taille et de forme irrégulières ; elles se nécrosent progressivement et prennent une teinte beigeâtre. Les feuilles et les folioles affectées ont tendance à se chloroser et prennent une teinte terne.
FLEUR	Des lésions blanchâtres apparaissent. Les dégâts importants se caractérisent par la malformation, la déformation et la décoloration des fleurs.
GOUSSE	On observe des altérations argentées, voire subérisées, plus ou moins étendues

Figure 48 — Dégâts de prise de nourriture par les thrips.
Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 49 — Thrips sur une fleur. Ko Ko Maung, Bugwood.org

Figure 50 — Gousses avec forte attaque.
Gerald Holmes, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Généralement les plantes ne meurent pas.
Perte de rendement par plant	Le nombre de gousses produits diminue suite à l'abscission des bourgeons et l'avortement des fleurs. Les piqûres de thrips provoquent aussi affaiblissement et flétrissement des plantes qui réduisent les rendements.
Baisse de la qualité	Taches et lésions sur les gousses les rendant non commercialisables.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Notez que *Thrips palmi* est un organisme de quarantaine dans l'UE et les observateurs doivent être formés pour identifier cette espèce.

Les autres espèces présentes sur haricot vert ne sont pas des organismes de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Climat	Le climat chaud (25-30°C) des pays tropicaux et sahéliens est bien adapté à ce ravageur.	Les deux espèces, *Megalurothrips sjostedti* et *Frankliniella occidentalis*, ont pratiquement les mêmes exigences écologiques, cependant, sous conditions chaudes et sèches la deuxième prend le dessus tandis que la première est plus abondante au cours des périodes fraiches et pluvieuses et dans les zones d'altitude. Au Kenya, les thrips ont avant tout une importance commerciale durant les saisons sèches, c'est-à-dire presque la moitié de l'année.

SURVEILLANCE

La culture doit être surveillée régulièrement et plus particulièrement dès l'apparition des boutons floraux. Cette surveillance permet de déclencher les traitements à temps et d'éviter de faire trop d'applications de PPPs. Cependant, les thrips ne sont pas facilement détectables en raison de leur petite taille.

Il est suggéré que les applications d'insecticides ne se fassent qu'après avoir constaté une densité moyenne de trois thrips par fleur. (J.H. Nderitu, M.J. Kasina, G.N. Nyamasyo, C.N. Waturu and J. Aura, 2008).

Les infestations seront évaluées par l'observation directe des plants au champ. Vérifiez au hasard les dégâts causés par les thrips aux extrémités des plantes avant le stade de la floraison. Recherchez les thrips tôt le matin (c'est-à-dire avant 9h00) car ils ont tendance à se cacher à l'intérieur des fleurs ou sous les feuilles lorsque les températures sont élevées. Pour plus de détails sur la méthodologie à suivre voire le point 7.1.2.

Les populations de thrips peuvent également être suivies à l'aide de pièges à colle de couleur jaune ou bleue.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de variétés tolérantes	Paulista	Moins d'incidence des attaques
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est conseillé d'éviter de cultiver sur un terrain ayant un précédent cultural très attaqué ou se trouvant à proximité d'une culture très attaquée.	Évitement de l'arrivée de nouveaux adultes.
Faire un vide sanitaire sur l'exploitation	Si les populations de thrips sont importantes, cela consiste à ne pas cultiver de plantes sensibles pendant au moins 1 an.	Diminution des populations par rupture du cycle.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Labour profond	À condition que la profondeur de la couche arable soit adéquate, un labour en profondeur des parcelles fortement infestées par les thrips permet d'enterrer ceux qui se pupifient dans le sol. Ne labourez pas en profondeur si vous risquez d'amener de la terre du sous-sol à la surface, car cela réduirait les rendements ultérieurs. Cependant cette pratique est contraire aux principes de l'agriculture de conservation des sols.	Diminution des populations par rupture du cycle.
Solarisation du sol	La solarisation permet de tuer les pupes présentent dans le sol mais cette pratique est contraire aux principes de l'agriculture de conservation des sols car la solarisation détruit différents organismes utiles présents dans le sol.	Diminution des populations par rupture du cycle.
Association de bandes d'autres cultures	Le tournesol et le maïs abritent les auxiliaires *Orius* spp.qui se nourrissent de thrips.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer un désherbage régulier du terrain et des pourtours	Il est recommandé de détruire les mauvaises herbes hôtes qui poussent dans et le long des champs cultivés.	Diminution des sources de réinfestation.
Arrachage des plants arrivés en fin de production	Enlever et détruire les débris végétaux infestés et les résidus de culture.	La dispersion est évitée par rupture du cycle.

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il y a plusieurs ennemis naturels des thrips qui sont présents naturellement dans les exploitations agricoles. Par exemple : les thrips prédateurs ; les acariens *Phytoseiidae* et les punaises anthocorides, *Orius* spp.

Leur présence doit être préservées en utilisant des PPPs compatibles avec les auxiliaires de la culture (consulter les tableaux concernant la sensibilité aux pesticides dans l'annexe 4).

Les ennemis naturels les plus couramment rencontrés au Kenya sont la punaise anthocoride prédatrice *Orius albidipennis* et le parasitoïde *Ceranisus menes* (Hymenoptera : *Eulophidae*).

La présence des hyménoptères parasitoïdes comme *Ceranisus* peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir partie 7.1.3.

L'association du haricot vert avec du maïs augmenterait la présence des *Orius* et *Ceranisus* et diminuerait les dégâts aux gousses. Source : J.O. Nyasani, Rainer Meyhöfer, Sevgan Subramanian, Hans-Michael Poehling. (2012). *Effect of intercrops on thrips species composition_and_population_abundance_on_French_beans_in_Kenya*. Entomologia Experimentalis et Applicata 142(3) : 236-246. Consulté le 19.05.2021 sur https://www.researchgate.net/publication/235886898

Figure 51 — *Orius* adulte se nourrissant de jeunes larves de thrips (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Au Kenya l'acarien prédateur *Amblyseious cucumeris* est autorisé pour la lutte contre les thrips mais pas sur culture de haricot vert. Il en est de même pour *Macrochelis robustulus* et *Hypoaspis miles* qui s'attaquent aux pupes de thrips présentent dans le sol.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Les thrips sont difficiles à contrôler avec les insecticides car ils se cachent et se nourrissent dans les fleurs, où ils sont à l'abri. Les thrips du genre *Megalurothrips* sont cependant plus faciles à atteindre avec les insecticides que les thrips du genre *Frankliniella*. Il est donc important de connaître le type (espèce) et le degré d'infestation par les thrips avant de prendre des mesures de lutte.

LES PÉRIODES D'APPLICATION

Les jeunes feuilles de haricots fraîchement sorties de terre sont très attractives pour les thrips. Comme il y a plusieurs générations dans la vie d'une culture, il est important de mettre en place une stratégie de lutte contre les thrips dès les premières semaines de la culture, afin d'éviter l'augmentation exponentielle de la population dans la culture. Un début tardif des interventions peut conduire à des contrôles moins efficaces et augmenter le risque de résidus de pesticides et de dommages aux gousses récoltées. Par la suite, les applications d'insecticides contre le thrips des fleurs du haricot doivent être effectuées principalement pendant la période allant du développement des boutons floraux au début de la floraison. Les pulvérisations sur seuil d'intervention seraient plus rentables que les observations sur calendrier. Un seuil de 3 thrips par fleur est recommandé au Kenya.

LES MOMENTS DE LA JOURNÉE POUR LES APPLICATIONS

Dans certaines régions, l'on a observé que les thrips se trouvent à l'extérieur des fleurs et sur la surface supérieure des feuilles environ entre 7h30 et 8h30 et entre 16h30 et 17h30. C'est à ces moments de la journée qu'il vaut mieux pulvériser car ainsi on peut avoir recours à des insecticides de contact au lieu des composés organophosphorés systémiques. Après de très fortes sécheresses, les thrips sont très assoiffés et les dégâts liés aux prélèvements alimentaires augmenteront sur la plante du fait qu'ils raclent l'humidité des feuilles et des pétales. Si, au cours de la sécheresse, une forte averse survient en fin d'après-midi, les thrips se placent souvent sur la surface des feuilles et des fleurs durant la soirée. Dans ce cas, le moment est bien choisi de les pulvériser, car un plus grand nombre de thrips seront tués.

GESTION DE LA RÉSISTANCE

La résistance aux produits chimiques est également un problème courant sur thrips. Un programme de lutte intégrée et une stratégie solide de gestion de la résistance sont nécessaires. Il faudra :

- alterner les substances appartenant à des groupes différents ;
- ne pas appliquer la même substance plus d'une fois de suite ;
- n'appliquer les produits qu'aux doses recommandées.

LE MODE D'APPLICATION

Une bonne couverture de pulvérisation est essentielle car les thrips se cachent pendant la journée dans les fleurs et à l'aisselle ou la partie inférieure des feuilles.

LES SUBSTANCES

Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3. Cependant il faudra privilégier les produits qui sont le plus compatibles avec la préservation des ennemis naturels du ravageur.

Certains biopesticides commerciaux ont été mélangés avec succès à des produits chimiques pour obtenir un effet synergique dans la lutte contre les thrips ainsi qu'une stratégie de gestion de la résistance à des substances actives importantes tels que le spinosad.

Parmi les substances de biocontrôle on peut citer les suivants :

- Les champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana.*
- Les produits à base d'azadirachtine ou d'extraits de neem.
- Les pyréthrines.
- *Chromobacterium subtsugae* souche PRAA4-1.
- Les huiles minérales.
- Les acides gras.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Placez des pièges bleus collants au-dessus des plantes pour réduire le nombre de thrips.

RÉFÉRENCES

— D Blancard (INRA), A Berton (CA Guyane), P Ryckewaert (CIRAD). (2021). *Fiche Thrips*. Consulté le 19.05.021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/23157/Tropileg-Thrips

— Miriam Otipa (KARI), Eunice K. Ringera (KEPHIS), Margaret Mulaa (CABI), MaryLucy Oronje (CABI), Esther macharia (KALRO), Boniface N. Ndung'u (MOA). Plantwise (2014). *Pest management decision guide: green and yellow list. Thrips on French beans.* Consulté le 19.05.021 sur https://www.plantwise.org/FullTextPDF/2013/20137804323.pdf

— Nyasani, Rainer Meyhöfer, Sevgan Subramanian, Hans-Michael Poehling. (2012). *Effect of intercrops on thrips species composition_and_population_abundance_on_French_beans_in_Kenya.* Entomologia Experimentalis et Applicata 142(3) : 236-246. Consulté le 19.05.2021 sur https://www.researchgate.net/publication/235886898

— RADHORT. (2012). La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Production with Emphasis on Kenya.* le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.7. NOCTUELLE DE LA TOMATE

NOM SCIENTIFIQUE

Helicoverpa armigera (*Heliothis armigera*)

Il fait partie de l'ordre des Lépidoptères, et de la famille des Noctuidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont déposés séparément sur les jeunes pousses, près des bourgeons, sur les fleurs, les fruits ou les feuilles. Ces œufs éclosent après 3 jours lorsque les températures sont en moyenne de 25°C.
Larve	Les premiers stades larvaires sont les plus mobiles et se déplacent en arpentant. Les chenilles sont souvent agressives et cannibales.
Nymphe	La nymphose a lieu dans le sol.
Adulte	Les noctuelles volent la nuit et au crépuscule où elles se nourrissent de nectar ou de gouttes d'eau provenant de leurs plantes hôtes. La durée de vie des adultes est d'environ 3 semaines. Une femelle peut pondre jusqu'à 3 000 œufs tout au long de son cycle de vie.

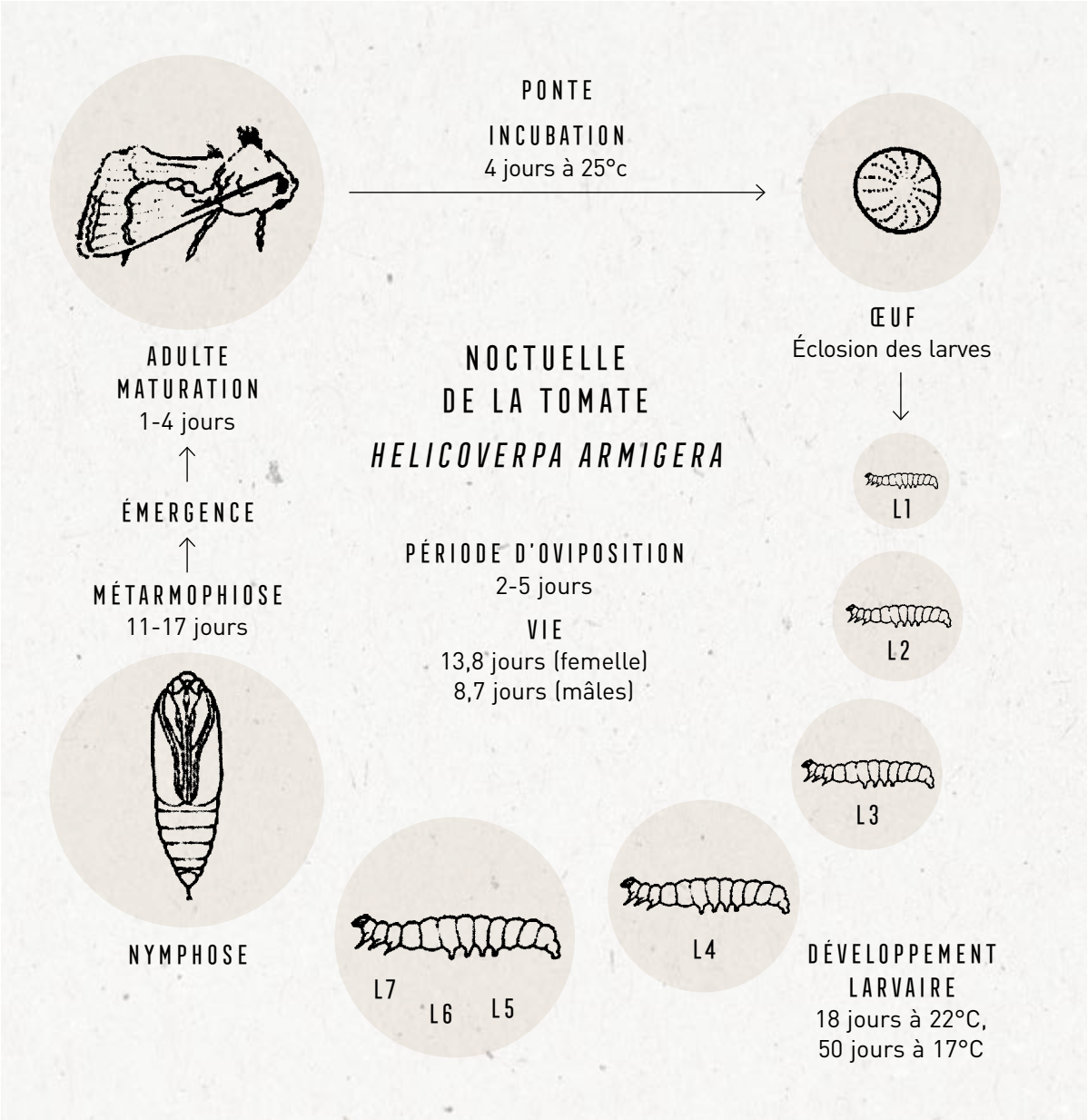


Figure 52 — Cycle de développement d'*Helicoverpa armigera*.
J. Poidatz (Koppert) (2014)
http://ephytia.inra.fr/fr/C/19706/Biocontrol-Biologie

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Sa mobilité, sa polyphagie, sa capacité rapide de reproduction et sa diapause le rendent particulièrement adapté aux écosystèmes artificiels comme les cultures. *H. armigera* est un ravageur important dans la plupart des régions du monde et ce pour plusieurs cultures comme les suivantes : *Gossypium* (coton), *Lycopersicon esculentum* (tomate), *Solanum tuberosum* (pomme de terre), *Sorghum*, *Arachis hypogaea* (arachide),

Brassicaceae (crucifères), *Cucurbitaceae*, *Allium*, *Citrus*, *Capsicum annuum* (piment), *Pennisetum glaucum* (millet), *Phaseolus*, *Pisum sativum* (pois), *Solanum melongena* (aubergine)...

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Sphériques avec la base aplatie, d'environ 0,5 mm de diamètre. Ils sont d'abord blanc jaunâtre brillant, pour devenir marron juste avant l'éclosion.
Larve (chenille)	Tête blanc jaunâtre à marron rougeâtre avec des taches foncées. La tête des stades plus âgés est tachetée. Leur corps est marqué de trois larges bandes foncées et de nombreuses lignes ondulées plus claires. Leur couleur est extrêmement variable, et peut être verte, jaune paille, noir ou rosâtre, voire marron rougeâtre. En fin de développement, elles mesurent entre 30 et 40 mm de long.
Nymphe (chrysalide)	Les chrysalides ont entre 14 et 18 mm de long et ont la surface du corps lisse et marron.
Adulte (papillon)	Les femelles adultes sont des papillons robustes, orangé brunâtre, mesurant environ 18 à 19 mm et d'une envergure de 40 mm. Elles sont plus grandes que les mâles qui présentent une coloration gris-vert. Les ailes antérieures sont bordées par une ligne de taches noires et les postérieures des deux sexes sont de couleur crème, avec une bande marron foncé le long de la bordure externe.

Figure 53 — Chenille d'*Helicoverpa armigera* (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Figure 54 — Chrysalide d'*Helicoverpa armigera* (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Figure 55 — Papillon. W. Billen, Pflanzenbeschaustelle, Weil am Rhein, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

De la nouaison à la récolte en passant par les stades de croissance végétative. Les adultes peuvent pondre sur les gousses. Dès lors les dégâts peuvent apparaître après la récolte dans les caissettes d'exportation car les œufs et les jeunes chenilles ne sont pas facilement visibles lors du triage.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	+	+++	+++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

FEUILLE	La chenille consomme le feuillage.
BOUTONS FLORAUX	Ils peuvent également être détruits par la chenille.
GOUSSE	La chenille perfore les gousses et dévore les graines. On la trouve le plus souvent à l'extérieur de la gousse mais parfois à l'intérieur.

Figure 56 — Dégât sur gousse. Présence de déjections près de la chenille. A.M. Varela, ICIPE

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Sa prédilection pour les boutons floraux et les organes fructifères (gousses, graines…) de plantes cultivées à haute valeur ajoutée (coton, tomate, haricot…) lui confère une grande importance économique et un coût socioéconomique non négligeable surtout dans les agricultures de subsistance.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	Rarement à cause d'une défoliation importante. Perte de boutons floraux donc de gousses.
Baisse de la qualité	Gousses perforées impropres à la commercialisation.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Helicoverpa armigera est considéré comme étant un organisme de quarantaine par l'UE, ce qui signifie qu'il ne peut pas être importé sur des produits destinés à l'UE. Il est donc primordial de bien trier les gousses, pour écarter celles endommagées ou portant des chenilles, dans les salles de conditionnement avant la mise en carton.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Végétation	Disponibilité de nourriture (sucrose, nectar) pour les papillons.	La longévité des papillons est fonction de la disponibilité de la nourriture (sucrose, nectar). Pour cette raison, les noctuelles de la tomate tendent à former des populations après les pluies au Kenya, lorsque les adultes sortent des chrysalides dans le sol et qu'il est fortement probable que des plantes hôtes appropriées ont poussé après les pluies.
Période de l'année	Dans des pays comme le Sénégal, ce ravageur est dangereux toute l'année et dans les Niayes surtout en saison sèche fraiche de décembre à avril-mai et son développement est favorisé par la succession de cultures hôtes : tomates, haricot, aubergine, coton…	Le haricot vert est cultivé pour l'export dans une période favorable à ce ravageur.

SURVEILLANCE

En raison de la forte capacité de ponte de ce ravageur, il est important d'anticiper son arrivée dans une culture et de commencer un programme de pulvérisation prophylactique avant d'avoir une forte population du ravageur.

PAR PIÉGEAGE

« Des pièges à phéromones sont disponibles dans le commerce pour *Helicoverpa armigera*. Utilisez ces pièges pour identifier l'arrivée et les tendances générales de l'évolution des populations du ravageur dans l'exploitation. N'essayez pas d'utiliser les pièges à phéromones pour surveiller les niveaux du ravageur dans de petits champs individuels, car cela pourrait donner de fausses informations sur le risque général dans l'exploitation. La densité de pièges est de 5 par ha. » (Plantwise – CABI, 2016).

PAR OBSERVATION DIRECTE DES PLANTES

Ce monitoring est utile afin de déterminer l'instant où le seuil économique d'intervention est atteint et dépassé afin que des mesures de contrôle soient prises. Il est difficile d'obtenir des données précises relatives à ce seuil, certaines sont basées sur le nombre d'œufs, d'autres sur le nombre de chenilles (un œuf pour 2 plants, 2 chenilles par 18 plants, 2 œufs par rangée d'1 m). « D'autres sources indiquent un seuil de 1 à 2 chenilles par m^2 pour des cultures comme le coton, le maïs et le sorgho. » (Plantwise – CABI. 2016).

L'observation des œufs est difficile, il est donc préférable de plutôt rechercher les chenilles. Celles qui se nourrissent peuvent être observées à la surface des feuilles, des bourgeons, des fleurs ou des gousses mais elles sont parfois cachées dans les organes florifères et fructifères. Il est possible de détecter leur présence par l'observation des déchets organiques à l'extérieur des gousses, dues à la nutrition des chenilles. En cas de doute il faut ouvrir les gousses trouées pour s'assurer de la présence de la chenille. Pour le haricot vert produit pour l'export, comme il s'agit d'un organisme de quarantaine en UE, la tolérance doit être pratiquement de zéro chenille en période de récolte.

Il est conseillé de surveiller les parcelles 1 à 2 fois par semaine depuis l'apparition des bourgeons floraux jusqu'à la fin des récoltes. Lors de l'observation, noter le nombre de chenilles petites (<1,5cm) et grandes (>1,5 cm).

CONTRÔLE PAR LES PRATIQUES DE CULTURE

La lutte par les techniques culturales est difficile pour ce ravageur car de nouvelles populations peuvent apparaître soudainement à la suite de migrations de papillons pouvant venir de très loin.

Néanmoins, les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de haies	Donne un abri à plusieurs insectes utiles et à des oiseaux insectivores	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Association de cultures pièges*	« Des recherches menées en Éthiopie ont indiqué que le lupin, le pois d'Angole, le haricot jacinthe, le maïs et le tournesol attiraient un nombre significativement plus élevé de ce ravageur et les détournaient de la culture principale, le haricot (Dejen et Tesfaye, 2002). Il a été signalé que le maïs cultivé en bandes à des intervalles de 10 m réduisait les dommages causés aux gousses dans les haricots (Ahmed et Damte, 2002). » (Infonet Biovison, 2020).	Moins de ponte sur la culture du haricot vert.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Enlever du champ les gousses attaquées et les détruire ensuite	Cela évite que des chenilles ne se transforment en chrysalides puis en papillon	Rupture du cycle.
Arrachage des plants arrivés en fin de production	Cela évite que des chenilles ne se transforment en chrysalides puis en papillon	Rupture du cycle.
Fertilisation en azote équilibrée	Un feuillage à la structure ouverte permet aux pulvérisations de PPPs de mieux atteindre leurs cibles à la face inférieure des feuilles. Un excès de fertilisation (particulièrement d'azote) produira un feuillage trop dense.	Plus de chenilles sont atteintes par les insecticides.

* Les plantes associées connaissent certaines limites, du fait qu'elles peuvent favoriser la multiplication des chenilles, à moins qu'elles ne soient inspectées minutieusement et régulièrement et que les chenilles présentes soient éliminées en les ramassant ou en les éliminant par la pulvérisation d'un insecticide. Une seule chenille éliminée permet d'empêcher le développement de plusieurs centaines de chenilles de deuxième génération (puisqu'un adulte peut pondre jusqu'à 3 000 œufs).

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il y a plusieurs ennemis naturels de *Helicoverpa armigera* qui sont présents naturellement dans les exploitations agricoles. Par exemple : les hyménoptères parasitoïdes des œufs comme les *Trichogramma* spp. ou des chenilles comme les *Bracon* spp. ; les tachinidés (diptères parasitoïdes des chenilles) et des prédateurs comme : les chrysopes, les fourmis, les anthocorides, les mirides et les coccinelles.

« La pulvérisation d'insecticides peut nuire aux ennemis naturels. Cela est particulièrement préjudiciable en début de saison, car les ennemis naturels qui auraient pu se développer et supprimer le ravageur sont tués. Le remplacement des PPPs à large spectre par des biopesticides sélectifs tels que le Bt, les virus de la polyédrose nucléaire (NPV) et les extraits de plantes (par exemple le neem), pour lutter contre ce ravageur et d'autres, peut permettre l'établissement précoce des ennemis naturels et contribuer à la lutte contre les ravageurs. Pour obtenir de meilleurs résultats, il faudrait un effort conjoint impliquant les agriculteurs du voisinage et les communautés d'agriculteurs à l'échelle régionale ». (Infonet Biovision, 2020).

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir partie 7.1.3.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Il n'y a pas d'ennemis naturels invertébrés disponibles en pays ACP pour des lâchers.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Sur haricot vert les dégâts ne sont généralement pas assez importants pour justifier des applications d'insecticides. Cependant l'application de PPPs est nécessaire pour l'export sur l'UE car *Helicoverpa armigera* y est un organisme de quarantaine et il n'y a pas de tolérance de présence de chenilles sur les gousses.

PÉRIODES, MOMENT DE LA JOURNÉE ET MODE POUR LES APPLICATIONS

La lutte préventive sera préférée à la lutte curative car des lots de haricot vert peuvent être refusés par les pays importateurs en UE si la présence de chenilles est décelée. En lutte préventive il est conseillé de traiter chaque semaine à partir de la nouaison et pendant toute la période de récolte.

Conseils pour les traitements :

- Traiter le plus tôt possible dès que des papillons sont capturés dans les pièges de suivi : plus les chenilles sont jeunes, plus elles sont sensibles aux traitements, qu'ils soient chimiques ou biologiques.
- Traiter le soir parce que les chenilles et les papillons ont une activité nocturne. De plus, beaucoup de produits comme le *Bacillus thuringiensis* sont sensibles au rayonnement UV.

- Assurer une bonne couverture du feuillage. En effet, la qualité de la pulvérisation est importante car la plupart des produits agissent par contact, il faut donc suffisamment d'impacts sur les organes aériens pour que les larves ingèrent le produit au moment de la prise de nourriture.
- Répéter les pulvérisations tous les 8 à 10 jours selon la persistance d'action de produit (un produit de contact agit sur 8 jours ou moins s'il est lessivé et un systémique, sur 15 à 20 jours), tout en alternant les substances actives appartenant à des groupes différents car des résistances pourraient apparaitre. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé.
- Renouveler les traitements de contact après une pluie de plus de 20 mm.

LES SUBSTANCES

Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3. Cependant il faudra privilégier les produits qui sont le plus compatibles avec la préservation des ennemis naturels du ravageur.

Parmi les produits de biocontrôle on peut citer les suivants.

- *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ou *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*.
- Les baculovirus comme le nucléopolyhedrovirus.
- Les champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*.
- Les produits à base d'azadirachtine ou d'extraits de neem.
- L'oxymatrine.

GESTION DE LA RÉSISTANCE

La résistance de ce ravageur aux pesticides chimiques est souvent signalée dans le monde et la mise en place d'un programme de lutte intégrée est important pour éviter l'apparition de résistances. Aussi il faut veiller à alterner les substances appartenant à des groupes de résistances différents définis par l'IRAC. La pression de sélection exercée par les insecticides dont les pyréthrinoïdes ont conduit à des phénomènes de résistances au sein des populations d'*H. armigera* déjà dans les années 80.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Les pièges lumineux peuvent attirer les papillons loin des plantes cultivées. Ils peuvent être couplés à des bacs à eau, où les papillons adultes se débattent et se noient.

RÉFÉRENCES

— Plantwise – CABI. (2016).
Guide de gestion des problèmes phytosanitaires : liste verte. Ver de la capsule (Helicoverpa armigera).
Consulté le 20.05.2021 sur
https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20167800901

— Infonet Biovision. (2020).
African bollworm. Consulté le 21.05.2021 sur
http://162.13.190.173/PlantHealth/Pests/African-bollworm

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal.
Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021).
Beans. Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.8. FOREUSE DES GOUSSES OU PYRALE DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Maruca testulalis (*Maruca vitrata*)

Il fait partie de l'ordre des Lépidoptères, et de la famille des Crambidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Le stade œuf dure environ 3 jours à 24-27°C.
Larve	La présence de fleurs au moment de l'hivernage (saison des pluies) permet aux quelques chenilles du premier stade, d'abord rassemblées en groupe de se disperser plus tard. Les jeunes chenilles se nourrissent des feuilles et des gousses pendant les 13 à 14 jours que dure les stades larvaires à 24-27°C.
Nymphe	La nymphose dure environ une semaine.
Adulte	Les adultes sont inactifs pendant la journée et on peut les trouver au repos sur les feuilles inférieures du plant. On peut observer plusieurs générations par an (jusqu'à 7).

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Fabaceae comme *Cajanus cajan* (pois cajun) et *Phaseolus lunatus* (haricot de Lima)...

DESCRIPTION DE L'INSECTE

M. vitrata fait partie du groupe des lépidoptères foreurs de gousses.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont d'un blanc jaune, translucides et apparaissent comme de fines gouttelettes d'eau individuelles.
Larve (chenille)	La larve porte des taches discrètes le long du dos et a une tête brune foncé/noir. Elle tisse des toiles entre les fleurs, les tiges et les gousses.
Nymphe (chrysalide)	La chrysalide mesure entre 11,5 et 2,5 mm.
Adulte (papillon)	Le papillon adulte est une pyrale qui, au repos, garde ses ailes étalées et mesure environ 25 mm. Les ailes de l'adulte sont brunes avec des marques blanches. La tête est brune.

Figure 57 — Chenille dans une gousse. Ko Ko Maung, Bugwood.org

Figure 58 — Papillon. Alan Kimber, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Phases de croissance végétative, de floraison et de fructification (de la nouaison à la récolte).

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	0	+++	+++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les dégâts causés ressemblent à ceux d'autres ravageurs comme *Helicoverpa armigera.*

FLEURS	Trous circulaires au niveau de la corolle des fleurs qui transforme les fleurs en une masse brunâtre dans les 24h.
GOUSSE	Les gousses se déforment à cause des chenilles de plus grande taille qu'elles contiennent.

Figure 59 — Chenille sur une fleur. Ko Ko Maung, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Les pertes de rendement peuvent être très importantes sur les haricots grains cultivés en saison des pluies. Cependant sur haricot vert export cultivés en saisons plus sèches les dégâts sont généralement peu importants.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	Perte de boutons floraux et de fleurs donc de gousses.
Baisse de la qualité	Gousses perforées impropres à la commercialisation.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine en UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Il est très répandu dans les régions tropicales spécialement en Afrique de l'Ouest et de l'Est. *M. vitrata* est considéré souvent comme un déprédateur majeur des légumineuses en zone tropicale mais moins au Kenya par exemple.

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	De fortes conditions hygrométriques sont nécessaires pour ce lépidoptère nocturne.	Sur haricot vert il est assez rare car cette culture est plutôt cultivée en saison sèche.
Disponibilité en plantes hôtes	L'alternance des périodes de floraison des différentes plantes hôtes selon un gradient Sud-Nord influence la migration de *M. vitrata* de la côte vers les savanes d'Afrique de l'Ouest. Durant cette migration, les populations trouvent des conditions favorables à leur reproduction sur différentes plantes cultivées.	Ce qui a comme conséquence d'augmenter les populations à chaque nouvelle génération. Ainsi, on peut capturer jusqu'à 1 500 adultes par nuit durant la saison de croissance grâce à des pièges lumineux avec des pics de capture de 5 000 papillons par nuit au nord du Bénin.

SURVEILLANCE

Le plus efficace demeure le piège lumineux pour capturer les papillons.

Les fleurs doivent être examinées à la recherche de trous circulaires faits par les chenilles et rechercher des signes de déformation au niveau des gousses.

Il existe également des phéromones qui peuvent être appliqués dans des pièges de suivi des populations.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur mais l'utilisation d'insecticide est souvent inévitable. Elles sont pratiquement les mêmes que pour *Helicoverpa armigera*.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Installation de haies	Donne un abri à plusieurs insectes utiles et à des oiseaux insectivores	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Enlever du champ les gousses attaquées et les détruire ensuite	Cela évite que des chenilles ne se transforment en chrysalides puis en papillon	Rupture du cycle.
Arrache des plants arrivés en fin de production	Cela évite que des chenilles ne se transforment en chrysalides puis en papillon	Rupture du cycle.
Fertilisation en azote équilibrée	Un feuillage à la structure ouverte permet aux pulvérisations de PPPs de mieux atteindre leurs cibles à la face inférieure des feuilles. Un excès de fertilisation (particulièrement d'azote) produira un feuillage trop dense.	Plus de chenilles sont atteintes par les insecticides.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il y a plusieurs ennemis naturels qui sont présents naturellement dans les exploitations agricoles. Par exemple : les hyménoptères parasitoïdes des chenilles comme les *Bracon* spp. ; les tachinidés (diptères parasitoïdes des chenilles) et des prédateurs comme les chrysopes, les fourmis, les anthocorides, les mirides et les coccinelles.

La pulvérisation d'insecticides peut nuire aux ennemis naturels. Le remplacement des PPPs à large spectre par des biopesticides sélectifs tels que le Bt, pour lutter contre ce ravageur et d'autres, peut permettre l'établissement précoce des ennemis naturels.

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir partie 7.1.3.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Il n'y a pas d'ennemis naturels invertébrés disponibles en pays ACP pour des lâchers.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

PÉRIODES D'APPLICATION

En lutte préventive en cas de risques, traiter chaque semaine à partir de la nouaison et pendant toute la période de récolte. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé.

MOMENTS DE LA JOURNÉE POUR LES APPLICATIONS

Les larves du foreur de gousses ne sont actives que la nuit, se déplaçant de bouton de fleur en bouton de fleur. Les pulvérisations nocturnes seront plus efficaces.

GESTION DE LA RÉSISTANCE

La dépendance envers les produits chimiques pour le contrôle de ce ravageur diminue, partiellement en raison de phénomènes de résistance. C'est pourquoi, il est recommandé d'employer ceux-ci qu'en cas d'extrême nécessité et de préconiser des méthodes de lutte alternative.

LES SUBSTANCES

Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3. Cependant il faudra privilégier les produits qui sont le plus compatibles avec la préservation des ennemis naturels du ravageur.

Parmi les produits de biocontrôle on peut citer les suivants.

- *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ou *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*.
- Les champignons entomopathogènes comme le *Metarhizium anisopliae.*
- Les produits à base d'azadirachtine ou d'extraits de neem.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

- Plantwise – CABI. (2021). *Lima bean pod borer*. Consulté le 21.05.2021 sur https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/32566#HostPlantsSection
- RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf
- A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.2.9. CHENILLES LÉGIONNAIRES

NOM SCIENTIFIQUE

Spodoptera exigua (légionnaire de la betterave) et *Spodoptera frugiperda* (légionnaire d'automne).

Ils font partie de l'ordre des Lépidoptères et de la famille des Noctuidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

SPODOPTERA EXIGUA

Le développement larvaire en 6 stades est contrôlé par une combinaison de régime alimentaire et de conditions de température, les températures requises pour passer du stade œuf à celui de chenille et de chrysalide sont respectivement de 13 et 15°C. Ce développement prend entre 10 et 12 jours à 28°C mais peut durer 35 jours à 16°C.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont déposés durant la nuit sur la plante hôte à la surface inférieure des feuilles du bas.
Chenille	Elle se nourrit principalement la nuit et se cache durant la journée. Les chenilles sont bonnes marcheuses, elles sont capables de parcourir des distances considérables et, de ce fait, celles issues d'un même groupe d'œufs peuvent endommager la culture à de nombreux endroits. Les jeunes chenilles vivent en groupe et tissent des toiles isolées sur les feuilles sous lesquelles elles restent cachées jusqu'au troisième ou quatrième stade. Les chenilles plus âgées se dispersent sur toute la culture. À la fin de leur développement, les chenilles se dirigent vers le sol et se préparent pour se nymphoser.
Chrysalide	Il arrive que la nymphose ait lieu dans la culture, mais elle se passe généralement à la surface du sol dans un cocon constitué de particules du sol, collées les unes aux autres par une sécrétion gluante.
Adulte	Les adultes émergent des cocons la nuit et vivent entre 8 et 11 jours.

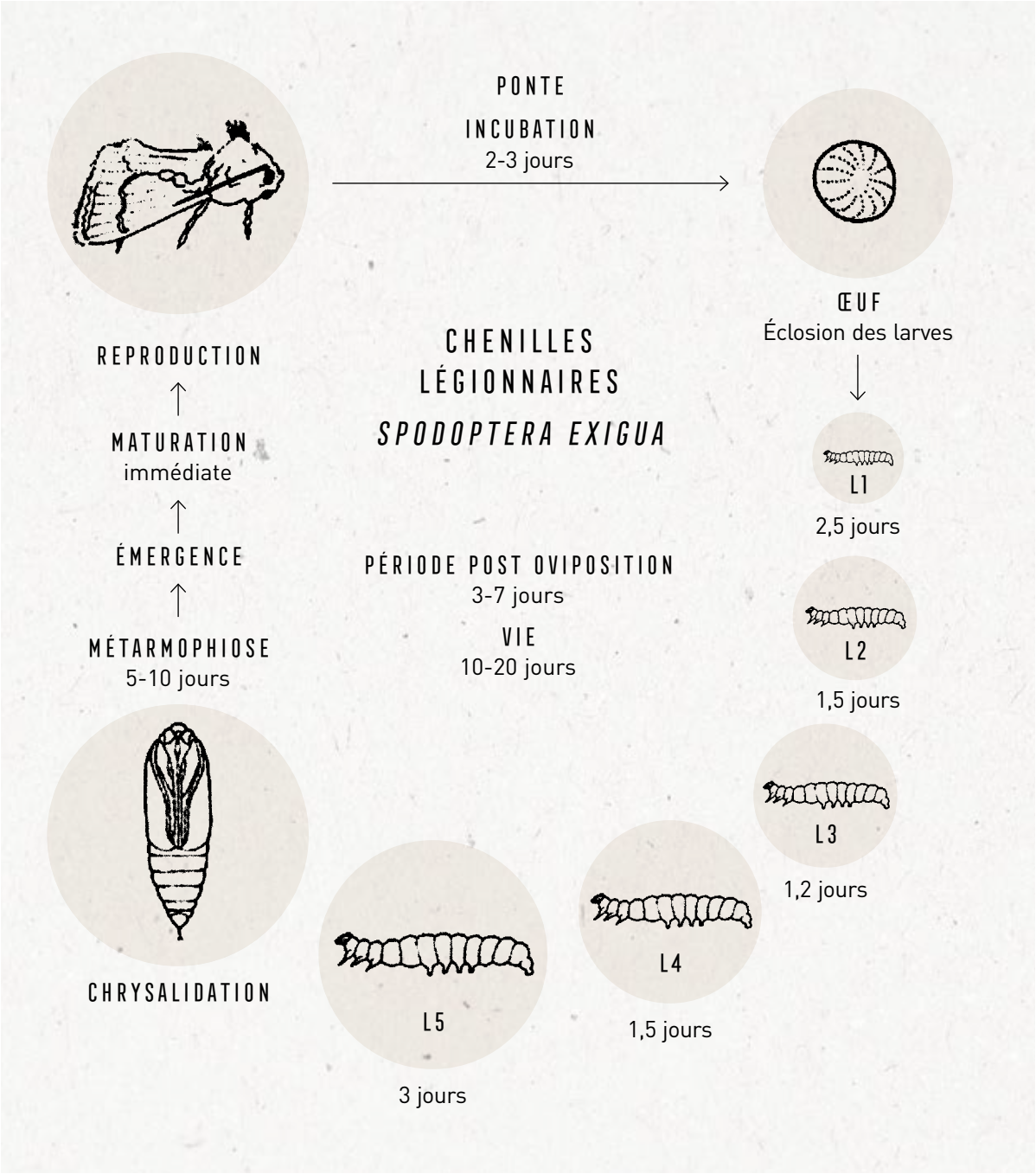


Figure 60 — Cycle de développement de *Spodoptera exigua*. J. Poidatz (Koppert) (2014).
http://ephytia.inra.fr/fr/C/19714/Biocontrol-Biologie

SPODOPTERA FRUGIPERDA

Sous les tropiques, la reproduction peut être continue avec quatre à six générations par an.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont pondus la nuit sur les feuilles de la plante-hôte, collés à la face inférieure des feuilles, dans des grappes serrées de 100-300 et parfois en deux couches, couramment recouvertes d'une couche protectrice de poils. L'éclosion nécessite 2 à 10 jours (habituellement 3 à 5).
Chenille	Les deux premiers stades larvaires se nourrissent de façon grégaire sur la face inférieure des jeunes feuilles. Le taux de développement larvaire à travers les six stades est contrôlé par une combinaison du régime alimentaire et des conditions de température, et prend généralement 14 à 28 jours. Les larves plus grosses sont nocturnes, à moins qu'elles n'entrent dans la phase de chenille légionnaire pour essaimer et se disperser, cherchant d'autres sources de nourriture.
Chrysalide	La pupaison a lieu à l'intérieur d'un cocon mou dans une cellule de terre, ou rarement entre les feuilles sur la plante hôte, et 7 à 14 jours sont nécessaires pour le développement.
Adulte	Les adultes émergent la nuit et utilisent habituellement leur période naturelle de pré-oviposition pour se déplacer sur plusieurs kilomètres avant de s'installer pour la ponte, migrant parfois sur de longues distances. En moyenne, les adultes vivent 11 à 14 jours.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

— *Spodoptera exigua*

Le légionnaire de la betterave a une large gamme d'hôtes et est un ravageur important des cultures légumières, de plein champ et florales. Parmi les cultures légumières sensibles, citons l'asperge, la betterave, le brocoli, le chou, le chou-fleur, le céleri, le pois chiche, le maïs, le niébé, l'aubergine, la laitue, l'oignon, le pois, le poivron, la pomme de terre, le radis, l'épinard, la patate douce, la tomate et le navet. Les autres cultures endommagées sont le maïs, le coton, l'arachide, le sorgho, le soja et le tabac.

— *Spodoptera frugiperda*

Ravageur polyphage, c'est une espèce tropicale et subtropicale présentant une préférence pour les Poacées. Elle est fréquemment observée sur Graminées herbacées et sur canne à sucre, maïs, riz et sorgho. Elle est aussi signalée sur Brassicacées, Cucurbitacées, Solanacées, oignon, *Phaseolus*.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

— *Spodoptera exigua*

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Ils sont gris, parfois verdâtres ou rosâtres, pondus en paquets, quelquefois sur plusieurs couches. L'amas d'œufs est recouvert d'une masse de poils blancs cotonneux et d'écailles du corps de l'adulte.
Larve (chenille)	Les chenilles sont de couleur variable mais souvent vertes et mesurent entre 20 et 30 mm au dernier stade. Elles sont parfois de couleur marron, voire noir. Leur couleur et leurs dessins sont très variables et dépendent de la plante hôte, du stade de développement, mais aussi du climat. Elle arbore des lignes foncées sinueuses sur la face dorsale ainsi qu'une bande jaune de chaque côté du corps. Chaque segment présente un point noir au-dessus des bandes jaunes.
Nymphe (chrysalide)	Marron, 15 à 20 mm de long.
Adulte (papillon)	Envergure de 17 à 30 mm, corps long d'approximativement 15 mm, ailes antérieures gris brun envahi de marron foncé ou noir éclatant et d'un dessin jaunâtre, réniforme. Les ailes postérieures, blanches, ont une nervation clairement visible, soulignée de marron. La tête et le thorax sont marron et l'abdomen gris-marron.

Figure 61 — Amas d'œufs.
John C. French Sr., Retired, Universities : Auburn, GA, Clemson and U of MO, Bugwood.org

Figure 62 — Chenille. Russ Ottens, University of Georgia, Bugwood.org

Figure 63 — Papillon. Paul Harris, Bugwood.org

— *Spodoptera frugiperda*

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont réunis en tas et sont de couleur crème, grise ou blanche et sont couverts d'un « duvet ».
Larve (chenille)	Les chenilles sont de couleur vert clair à brun foncé avec des rayures longitudinales. Au sixième stade, les larves mesurent 3 à 4 cm de long. À l'éclosion, elles sont vertes avec des lignes noires et des taches, et au fur et à mesure qu'elles grandissent, elles restent vertes ou deviennent chamois avec des lignes dorsales et spiraculaires noires. Les chenilles âgées sont caractérisées par une forme d'Y inversé en jaune sur la tête.
Nymphe (chrysalide)	Généralement, elle est de couleur brun luisant et mesure de 1,3 à 1,7 cm.
Adulte (papillon)	Les ailes antérieures du papillon mâle présentent des taches blanches à leur extrémité inférieure et les ailes postérieures sont blanches avec des nervures sombres.

Figure 64 — Amas d'œufs. David Jones, University of Georgia, Bugwood.org

Figure 65 — Chenille. Russ Ottens, University of Georgia, Bugwood.org

Figure 66 — Papillon. William Lambert, University of Georgia, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Tous les stades, de la levée à la récolte.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	+	+++	+++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les chenilles des deux espèces peuvent endommager les feuilles, les bourgeons et les gousses en développement.

FEUILLE	Les jeunes chenilles se nourrissent de la couche superficielle des feuilles et laissent souvent intacts l'épiderme et les grosses nervures provoquant un effet de squelette ou de « fenêtrage » caractéristique. Les chenilles à un stade plus avancé font des trous irréguliers dans les feuilles et la chenille à son complet développement dévore le feuillage complètement, ne laissant que les nervures principales.
BOURGEON ET FLEUR	Ils peuvent également être détruits.
GOUSSE	Les chenilles peuvent y faire des trous.

Figure 67 — Dégâts modérés sur feuille. Infoagro.com

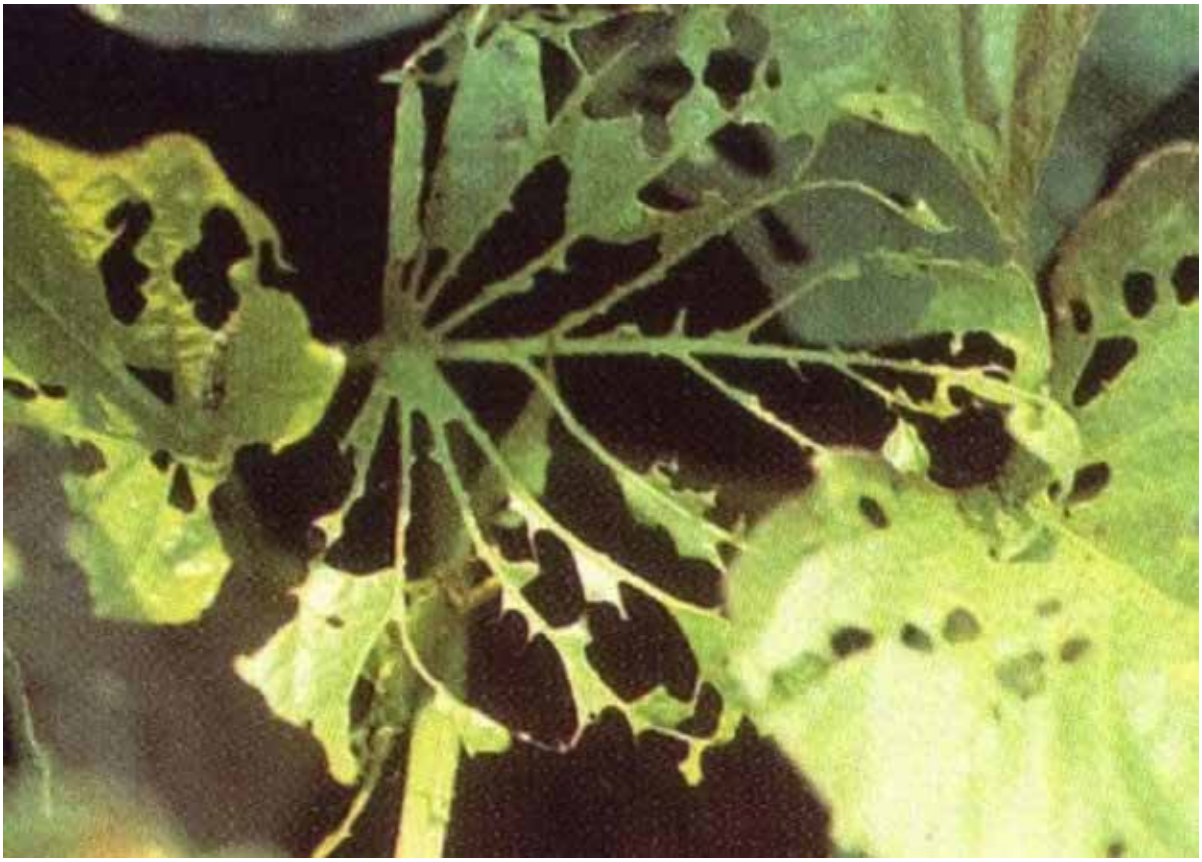


Figure 68 — Dégâts intenses sur feuille.
https://keys.lucidcentral.org/keys/sweetpotato/key/Sweetpotato%20Diagnotes/Media/Html/TheProblems/Pest-LeafChewingInsects/ArmyWorms/Armyworm-damage-A_Vera.jpg

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Le risque le plus élevé concerne l'éventuelle présence de chenilles sur les gousses dans les cartons à l'exportation.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	Des pertes de rendements peuvent être observés à la suite d'une défoliation importante. Des pertes plus importantes peuvent être dues à des dégâts sur les fleurs et gousses.
Baisse de la qualité	Gousses perforées impropres à la commercialisation. La présence de chenilles dans les haricots récoltés peut entraîner le rejet des lots par les transformateurs ou les acheteurs.

ORGANISME DE QUARANTAINE

— *Spodoptera exigua*

Ce n'est pas un organisme de quarantaine en UE.

— *Spodoptera frugiperda*

Considéré comme organisme de quarantaine de l'UE (Annexe II, partie A du Règlement (UE) 2019/2072) et prioritaire (Règlement (UE)2019/1702). Ce qui signifie qu'il ne peut pas être importé sur des produits destinés à l'UE. Il est donc primordial de bien trier les gousses, pour écarter celles endommagées ou portant des chenilles, dans les salles de conditionnement avant la mise en carton.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Climat	Sub-tropical et tropical pour les deux espèces.	Optimum de température pour les chenilles de 28°C. Pour des températures plus basses, l'activité et le développement cessent et lorsqu'il y des périodes de refroidissement, tous les stades sont tués.

Tableau 20 — Dynamique des populations de Spodopetra *exigua* sur cultures maraichères au Sénégal dans la zone des Niayes - RADHORT (2012)

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
+	++	++	++	++	+	0	0	0	0	0	+

SURVEILLANCE

La détection de ces ravageurs se fait par la recherche des dégâts de nutrition causés par la chenille et par des pièges à phéromones ou lumineux.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de haies	Donne un abri à plusieurs insectes utiles et à des oiseaux insectivores	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Arrachage des plants arrivés en fin de production	Cela évite que des chenilles ne se transforment en chrysalides puis en papillon	Rupture du cycle.
Fertilisation en azote équilibrée	Un feuillage à la structure ouverte permet aux pulvérisations de PPPs de mieux atteindre leurs cibles à la face inférieure des feuilles. Un excès de fertilisation (particulièrement d'azote) produira un feuillage trop dense.	Plus de chenilles sont atteintes par les insecticides.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

De nombreux ennemis naturels indigènes se sont adaptés à ces ravageurs. Parmi les parasitoïdes les plus courants, on trouve les hyménoptères *Braconidae* et les diptères Tachinidae. Des prédateurs attaquent fréquemment les œufs et les petites larves ; parmi les plus importants, on trouve les Anthocoridae, les Geocoridae et les Nabidae. Les nymphes sont sujettes à des attaques, notamment par les fourmis. Les facteurs de mortalité importants varient selon les cultures et les régions géographiques.

La pulvérisation d'insecticides peut nuire aux ennemis naturels. Le remplacement des PPPs à large spectre par des biopesticides sélectifs tels que le Bt, pour lutter contre ces ravageurs et d'autres, peut permettre l'établissement précoce des ennemis naturels.

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir point 7.1.3. pour plus d'informations.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Il n'y a pas d'ennemis naturels invertébrés disponibles en pays ACP pour des lâchers.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

LA GESTION DE LA RÉSISTANCE

On notera en particulier pour les chenilles légionnaires d'automne une résistance fréquente à de nombreuses classes de pesticides, y compris les pyréthrinoïdes de synthèse. Il faudra éviter de traiter les générations successives de la chenille légionnaire d'automne avec la même substance active. Il est donc conseillé d'alterner des produits qui ont des substances actives de différents modes d'action tous les 30 jours. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé. La chenille légionnaire d'automne dans les climats tropicaux achève son cycle de vie dans 30 à 40 jours.

LES SUBSTANCES

L'activité d'ennemis naturels devrait être maximisée en premier lieu, en évitant les insecticides à large spectre qui sont toxiques pour les insectes, les arachnides et les acariens prédateurs ainsi qu'aux parasitoïdes.

Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3.

Parmi les substances de biocontrôle on peut citer les suivants.

- *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ou *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*.
- Les baculovirus comme le nucléopolyhedrovirus.
- Les pyréthrines.
- L'oxymatrine.
- Le champignon entomopathogène *Metarhizium rileyi* strain PHP1705.
- L'azadirchtine.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— Anonyme (Koppert Biological Systems)- Ephytia- INRA. (2014). *Spodoptera exigua (noctuelle de la betterave). Biologie.* Consulté le 26.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/19714/Biocontrol-Biologie

— Dr Idrissa MAIGA, Dr Mbaye NDIAYE, Sama GAGARE (Centre régional AGRHYMET) ; Garba OUMAROU (Service Régional de la Protection des Végétaux de Tillabéri) ; Salissou OUMAROU (Direction Générale de la Protection des Végétaux du Niger). (2017). *Bulletin spécial. Alerte : La chenille d'automne Spodoptera frugiperda, nouveau ravageur du maïs en Afrique de l'Ouest, a atteint le Niger.* Consulté le 26.05.2021 sur https://reca-niger.org/IMG/pdf/Bulletin_special_Chenille.pdf

— John L. Capinera, University of Florida. (2020). *Beet armyworm. Spodoptera exigua*. Consulté le 26.05.2021 sur http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/beet_armyworm.htm

— J. Thévenot & P. Dupont (UMS 2006 Patrimoine Naturel (AFB / CNRS / MNHN)). (2019). *Spodoptera frugiperda*. Consulté le 26.05.2021 sur https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/603348/tab/fiche

— R. Fontaine, C. Clain (FDGDON), A. Franck (CIRAD). (2018). *Spodoptera frugiperda. La chenille légionnaire d'automne.* Consulté le 26.05.2021 sur https://plateforme-esv.fr/sites/default/files/2020-09/Fiche-phytosanitaire-S-frugiperda-R%C3%A9union%20-%20finale-compr.pdf

— RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.2.10. FAUSSE ARPENTEUSE DU CHOU

NOM SCIENTIFIQUE

Trichoplusia ni.

Il fait partie de l'ordre des Lépidoptères et de la famille des Noctuidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont déposés de façon individuelle sur le bord inférieur des feuilles supérieures des plantes. L'éclosion a lieu 3 à 4 jours après la ponte.
Chenille	Il existe 5 stades larvaires. La durée normale du stade larvaire est de 2 à 4 semaines.
Chrysalide	La nymphose a lieu dans des cocons tissés, souvent sur la partie inférieure des plantes hôtes. Elle dure 2 semaines.
Adulte	Le papillon est capable de se disperser largement, atteignant des distances allant jusqu'à 200 km. Ils volent de nuit et peuvent survivre 10 à 12 jours.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

C'est essentiellement un ravageur des crucifères, son hôte préféré, il peut également être trouvé dans des cultures telles que la tomate, le poivron, certaines cucurbitacées, le soja, le sésame et le coton.

DESCRIPTION DE L'INSECTE

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs ont une forme sphérique, la partie aplatie étant attachée à la feuille, et sont de couleur blanc jaunâtre ou verdâtre.
Larve (chenille)	Elles sont vertes, avec généralement une étroite bande blanche de chaque côté et plusieurs lignes étroites sur le dos. Les chenilles arpenteuses peuvent être distinguées de la plupart des autres chenilles communes par leur mouvement en boucle distinctif.
Nymphe (chrysalide)	Elles ont une couleur verte et prennent ensuite une couleur brun café lorsqu'elles sont proches de l'âge adulte.
Adulte (papillon)	Couleur marbrée gris-brun avec un motif argenté en forme de huit sur les ailes antérieures.

Figure 69 — Chenille. David Cappaert, Bugwood.org

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Tous les stades et plus particulièrement celui de croissance végétative.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	++	+	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les chenilles se nourrit des feuilles, ce qui conduit à l'apparition de gros trous irréguliers à leur surface.

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

L'impact sur le rendement est généralement faible et ne peut être important qu'en cas de très fortes infestations qui sont rares.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Pas d'information disponible.

SURVEILLANCE

Les méthodes de détection de *T. ni* varient avec le stade de développement de l'insecte. Comme la plupart des défoliateurs, les chenilles peuvent être échantillonnées en inspectant les feuilles dans le champ. Il faut cependant un minimum de connaissance de la distribution spatiale des caractéristiques du stade larvaire. Cet échantillonnage permettra de fixer le seuil d'intervention.

Il est possible, par ailleurs, d'échantillonner les adultes grâce à des pièges à phéromones.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les nouvelles infestations peuvent provenir de très loin et il y a donc peu de pratiques réellement efficaces.

Les résidus de la culture de haricot de même que ceux d'une culture voisine potentiellement hôte de *T. ni* doivent être détruits afin d'éviter des zones refuges pour le papillon.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il existe de nombreuses espèces de parasitoïdes de *T. ni* avec une attention particulière pour les trichogrammes qui tuent les œufs et empêchent ainsi les dégâts des larves.

De nombreux autres ennemis naturels existent dans les champs. Par exemple des prédateurs attaquent fréquemment les œufs et les petites larves ; parmi les plus importants, on trouve les Ichneumonidae, Geocoridae, Anthocoridae (*Orius* spp.) et les Nabidae.

La pulvérisation d'insecticides peut nuire aux ennemis naturels. Le remplacement des PPPs à large spectre par des biopesticides sélectifs tels que le *Bacillus thuringiensis*, pour lutter contre ce ravageur et d'autres, peut permettre l'établissement précoce des ennemis naturels.

La présence des hyménoptères parasitoïdes peut être favorisée dans une exploitation agricole par la présence de fleurs qui apportent du nectar utile aux adultes. Voir le point 7.1.3 pour plus d'information.

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Il n'y a pas d'ennemis naturels invertébrés disponibles en pays ACP pour des lâchers.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Les substances actives recommandées contre *Helicoverpa* et les chenilles légionnaires sont généralement aussi efficace contre *Trichoplusia ni*.

Parmi les produits de biocontrôle on peut citer les suivants.

- *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* ou *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*.
- Les baculovirus comme le nucléopolyhedrovirus.
- L'azadirachtine et les extraits de neem.
- Les champignons entomopathogènes comme *Beauveria bassiana* et *Metarhizium rileyi* strain PHP1705.

Il est possible aussi de réintroduire des insectes vecteurs de virus de *T. ni* mais cela stipule la possibilité de collecter les insectes morts attaqués par des virus, de les mixer, de les filtrer et d'ensuite pulvériser les particules virales dans le champ.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

- RADHORT. (2012).
  La culture du haricot nain au Sénégal.
  Consulté le 12.05.2021 sur
  http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.2.11. ESPÈCES DU GENRE *MYLABRIS*

NOM SCIENTIFIQUE

Mylabris spp.

Ils font partie de l'ordre des Coléoptères et de la famille des Meloidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont pondus dans le sol par groupes d'au moins une centaine et éclosent après 2 semaines.
Larve	Les larves ont une vie souterraine et se nourrissent d'œufs de sauterelles et sauteriaux.
Nymphe	La nymphose a lieu également dans le sol.
Adulte	Les adultes émergent peu après la floraison des plants de haricot, se rassemblent au niveau des organes florifères et vivent 2 semaines.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Arachis hypogeae (arachide), *Sorghum* (sorgho), Solanacées (tomates, piments…), Cucurbitacées (concombre)…

DESCRIPTION DE L'INSECTE

L'insecte adulte mesure entre 25 et 35 mm de long. Il est noirâtre avec des larges bandes transversales jaunes ou rougeâtres sur les élytres. L'extrémité des antennes est aussi jaune ou orangée.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Essentiellement le stade de floraison.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	0	+++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Il dévore les fleurs (ce qui conduit à l'avortement des gousses) et parfois, le limbe foliaire peut être perforé de larges trous. Comme ces espèces se manifestent en grand nombre, tout un champ peut se retrouver rapidement défolié.

Figure 70 — Mylabre s'attaquant à une fleur. AGCD - Coopération Belge. (1989). Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.)

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

En Afrique, les coléoptères *Mylabris* ne sont pas des ravageurs courants dans les cultures de haricot vert car il s'agit d'un insecte surtout présent en saison des pluies, période à laquelle le haricot vert est moins cultivé.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Elles se situent principalement en hivernage, saison des pluies, (à partir d'août, mais également en novembre et décembre au Sénégal).

SURVEILLANCE

Les adultes peuvent être piégés à l'aide de bacs jaunes. La surveillance sur les plants se fait aisément car les insectes sont bien visibles.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

La seule pratique qui peut contribuer à la lutte est un travail du sol qui permet d'exposer les larves à la dessiccation ou à la mort par passage des outils et d'éviter qu'il ne soit trop humide en permanence en saison des pluies.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Elle est, de façon générale, difficile à entreprendre car ces insectes font preuve d'un haut degré de résistance aux insecticides et exige de ce fait l'emploi de substances actives plus puissantes et de dosages élevés, ce qui est contre-indiqué sur des plants dont la production est destinée à la consommation.

Les pyréthrinoïdes et les organophosphorés sont généralement efficaces.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Il est possible de procéder à une récolte manuelle des insectes surtout si l'on dispose d'une main d'œuvre abondante.

RÉFÉRENCES

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal.
Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021).
Beans. Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.3. LES ACARIENS

7.2.3.1. ARAIGNÉES ROUGES OU TÉTRANYQUES TISSERANDS

NOM SCIENTIFIQUE

En régions tropicales on peut citer *Tetranychus. urticae* (= *T. cinnabarinus*), *T. neocaledonicus*, *T. gloveri*, *T. evansi*. Ces espèces se ressemblent beaucoup et ne sont identifiables que par des spécialistes.

Ils font partie de l'ordre des Trombidiformes et de la famille des Tetranychidae.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Les tétranyques passent par 5 stades de développement : œuf, larve hexapode, protonymphe, deutonymphe et adulte. La durée du cycle varie en fonction de la température et est d'environ 9 jours en conditions tropicales.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont pondus principalement sur la face inférieure des feuilles.
Larve	Le ravageur apparaît souvent sur le tissu des feuilles plus anciennes, avant de migrer vers le haut, en colonisant les feuilles plus récentes vers le sommet de la plante et sécréter un fil de soie pour s'y suspendre dans les courants d'air.
Protonymphe	
Deutonymphe	
Adulte	La dispersion se fait par le vent, par cheminement sur le sol, par l'intermédiaire des personnes, du matériel et des outils, ou encore par les plants.

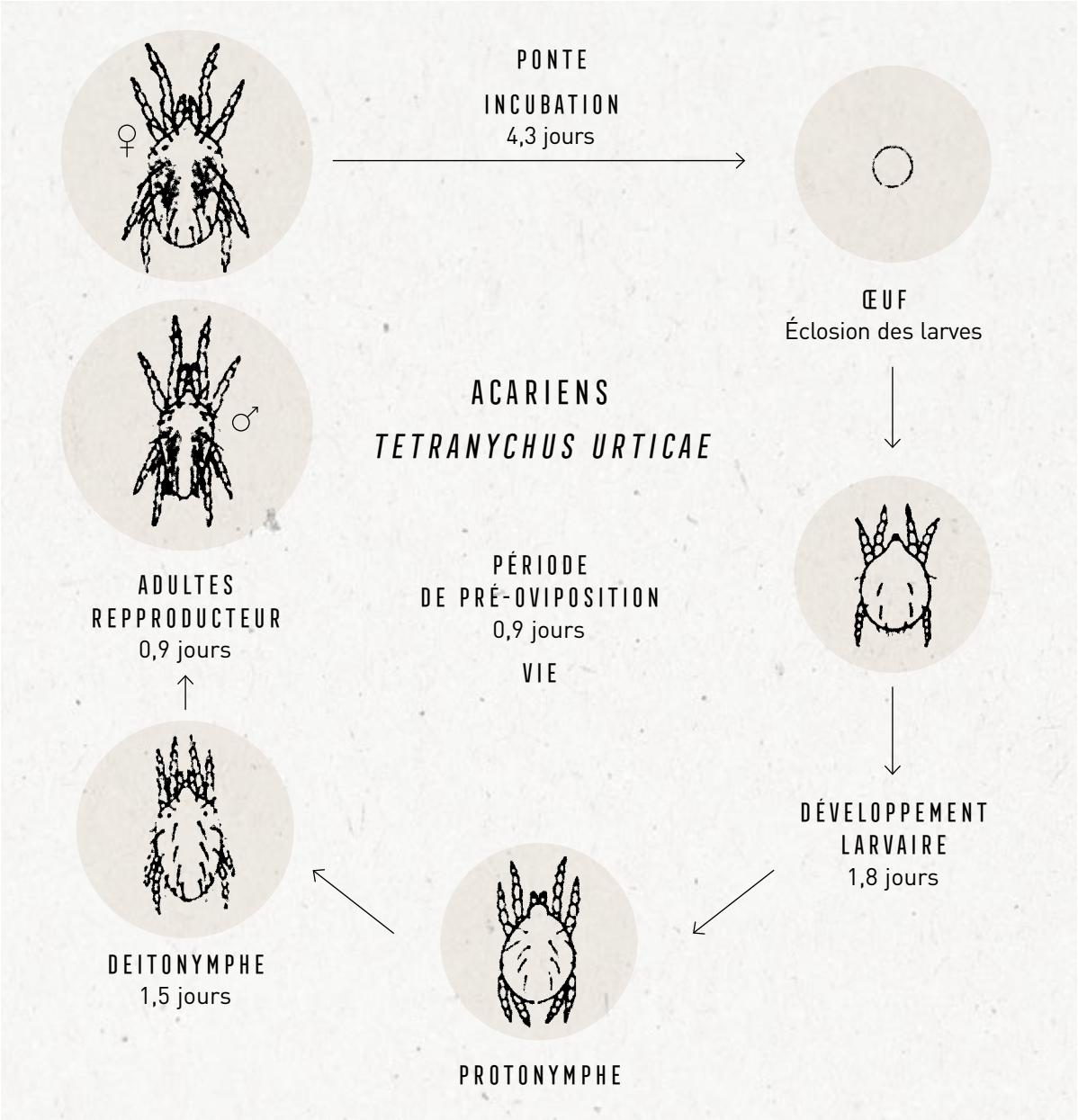


Figure 71 — Cycle de développement de *Tetranychus urticae* à 25°C, HR de 55 à 85%, en culture de rose. J. Poidatz (Koppert) (2021) http://ephytia.inra.fr/fr/C/24345/Tropileg-Araignees-rouges-Tetranychus-spp

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Très polyphages, elles se développent sur plusieurs centaines d'hôtes cultivés ou non, dont la plupart des cultures maraîchères, notamment la tomate, l'aubergine, les cucurbitacées, et le haricot. On peut également citer les *Gossypium* (coton), *Citrus*, *Abelmoschus esculentus* (gombo), *Carica papaya* (papaye) et *Solanum tuberosum* (pomme de terre).

DESCRIPTION DU RAVAGEUR

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Les œufs sont sphériques (0,15 mm de diamètre), translucides au départ, puis prennent une apparence de perles, parfois rosées.
Larve, protonymphe, deutonymphe	Les larves sont beiges et, au fur et à mesure qu'elles se nourrissent, deux taches noires apparaissent sur leur abdomen (d'où leur nom). Ces taches sont en réalité leurs intestins qui se remplissent de sève, qui est vert foncé lorsqu'elle est concentrée et qui devient finalement noire. Les deux taches peuvent n'en former plus qu'une si le tétranyque s'est nourri en excès. Chaque stade larvaire comporte huit pattes sauf le premier stade qui comporte 3 paires de pattes.
Adulte	Les adultes mesurent 0,3 à 0,5 mm de long et possède un corps de forme ovale.

Figure 72 — Œufs, larves et adultes. Whitney Cranshaw, Colorado State University, Bugwood.org

Les tétranyques deviennent rouges s'ils subissent une quelconque contrainte. Cela se produit lorsque les tétranyques sont présents en masse sur une plante. Cette surpopulation fragilise la plante et la qualité nutritionnelle de la sève baisse, ce qui stresse les tétranyques, car il s'agit de leur seule source d'alimentation. Ils deviennent rouges parce qu'ils ralentissent leur développement en fonction de la qualité de la sève.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Avant la floraison et surtout lors de l'apparition des boutons floraux à la récolte.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	++	+++	++	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les symptômes s'observent sur les feuilles.

À la face supérieure de la feuille, on retrouve des tâches jaunâtres/blanchâtres et sur celle inférieure, on peut observer des araignées qui apparaissent comme de petites boules rouges mobiles (environ 0,4 mm). Quand elles sont nombreuses on aperçoit une très fine toile. Si l'attaque est importante, la plante pousse mal. Les feuilles sont déformées et peuvent tomber. L'infestation se manifeste par foyers, souvent à partir de cultures voisines très attaquées.

Figure 73 — Symptômes à la face supérieure d'une feuille.
Whitney Cranshaw, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 74 — Toile tissée par les tétranyques. John C. French Sr., Retired, Universities : Auburn, GA, Clemson and U of MO, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Le haricot est très sensible aux attaques du tétranyque.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	On peut observer une réduction de la croissance des plantes, de la floraison, du nombre de gousses. Les dommages sont plus graves lorsque les acariens attaquent les jeunes plants.
Baisse de la qualité	Réduction de la longueur des gousses.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Un temps chaud et sec (au Sénégal, surtout de mars à août) contrairement aux fortes pluies qui réduisent rapidement les pullulations.	Le développement des acariens rouges est très rapide surtout à haute température : environ 9 à 12 jours à 30°C.

Tableau 21 — Dynamique des populations des tétranyques au Sénégal sur cultures maraîchères - RADHORT (2012)

ZONE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
Niayes	+	+(+)	++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+	+
Vallée du Fleuve	0	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	0	0	0
Basse Casamance	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+	+	+

SURVEILLANCE

Il est possible de détecter les tétranyques en observant les symptômes des feuilles, mais il est préférable de les localiser avec précision avant l'apparition des symptômes. Un échantillonnage régulier des feuilles est indispensable et il convient de les examiner à la loupe ou au microscope.

Les méthodes de surveillance par observation directe des plantes au champ sont proposées en détail au point 7.1.2.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé d'éviter de planter des haricots dans ou à proximité de champs qui ont précédemment subi de graves infestions par les tétranyques ou près d'arbres sensibles (papayer, etc.). Étant donné que les tétranyques se déplacent avec le vent, il est indispensable de veiller à ce que la nouvelle culture soit mise en place dans la direction opposée du vent par rapport aux cultures plus anciennes infestées.	Réduction de la migration des tétranyques par le vent vers de nouvelles cultures.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Installation de bandes enherbées ou haies fleuries	Voir ci-après lutte biologique par conservation.	Le contrôle par les auxiliaires est renforcé.
Installation de haies	Des haies brise-vent permettent de réduire la vitesse du vent dans la parcelle.	Réduction de la migration des tétranyques par le vent vers de nouvelles cultures.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer un désherbage régulier du terrain et des pourtours	Une lutte contre les mauvaises herbes menée correctement permettra une pénétration plus efficace du produit pulvérisé jusqu'à la face inférieure des feuilles de la culture. De nombreuses mauvaises herbes peuvent aussi abriter des tétranyques.	Baisse des populations suite aux applications d'acaricides. Évitement de sources de tétranyques.
Irrigation par aspersion	Les tétranyques n'aiment pas la présence d'eau sur les feuilles.	L'aspersion les fait tomber par une action mécanique.
Fertilisation en azote équilibrée	Un feuillage à la structure ouverte permet aux pulvérisations de PPPs de mieux atteindre leurs cibles à la face inférieure des feuilles. Un excès de fertilisation (particulièrement d'azote) produira un feuillage trop dense. Un excès d'azote rend aussi les feuilles plus attractives aux tétranyques.	Plus de chenilles sont atteintes par les insecticides.

Arrachage des plants arrivés en fin de production	Si l'infestation par les tétranyques a été considérable, il convient de récolter et de brûler les résidus de culture immédiatement après la récolte. Cependant, si l'on a eu recours à la lutte biologique, il est indispensable de vérifier les feuilles à la fin d'un cycle de culture avant de les détruire, car elles peuvent comporter plus de *Phytoseiulus* que de tétranyques et pourraient donc être utilisées pour transférer *Phytoseiulus* dans d'autres cultures. À cet effet, il importe d'utiliser une loupe, car les feuilles peuvent présenter de graves dégâts dus à l'alimentation des tétranyques, mais il peut simplement s'agir de dégâts anciens, puisque le nombre de tétranyques peut être faible si *Phytoseiulus* s'est développé dans cette culture. L'agriculteur peut même décider de laisser la culture en place, voire d'arroser la culture, afin de permettre à la population de *Phytoseiulus* de se développer de telle sorte qu'elle soit largement prépondérante par rapport au nombre de tétranyques.	Rupture du cycle du ravageur. Elimination de foyers d'infestation pour des cultures voisines.

LUTTE BIOLOGIQUE

PAR CONSERVATION DES AUXILIAIRES PRÉSENTS

Il existe plusieurs ennemis naturels qui se nourrissent d'acariens. Les plus importants étant les acariens prédateurs (par exemple les Phytoséidés), les coléoptères prédateurs tels que les petits staphylinides (*Oligota* spp) et les coccinelles, les chrysopes, les thrips prédateurs, les punaises anthocorides (*Orius* spp), les punaises mirides et les mouches prédatrices telles que les cecydomyiides. Les prédateurs naturels sont dans la plupart des cas capables de contrôler les infestations de tétranyques à deux points, à condition que les ennemis naturels ne soient pas perturbés par l'utilisation intensive de pesticides à large spectre - et que la culture soit correctement irriguée. Un programme de pulvérisation chimique compatible doit donc être utilisé si le cultivateur veut tirer parti de ces contrôles biologiques.

Avant d'envisager l'application de PPPs, il est conseillé d'évaluer l'importance des auxiliaires présents dans la culture. Des modalités sont proposées à l'annexe 7 du manuel sur la gestion de la biodiversité du COLEAD « Exemples de modalités pour évaluer l'importance de la présence d'auxiliaires sur les cultures pour quelques ravageurs ».

PAR LÂCHERS D'AUXILIAIRES

Certains ennemis naturels sont produits en masse pour leur introduction dans les champs. Au Kenya, les deux principaux disponibles sont deux acariens prédateurs : *Phytoseiulus persimilis* et *Amblyseius californicus*.

— *Phytoseiulus persimilis*

Le *Phytoseiulus* est un acarien prédateur, plus gros que le tétranyque. Il peut vivre jusqu'à 26 jours. En l'absence de proies, ils sont carnivores et se mangent entre eux.

Il est rouge clair / orangé et brillant avec un corps en forme de poire ou avocat. Il a des pattes plus longues et est plus actif que le tétranyque, car il doit chercher de la nourriture alors que les acariens ne font que sucer la sève.

Les jeunes *Phytoseiulus*, qui éclosent de l'œuf, sont de couleur rose-orange et très brillants. Les jeunes larves ont 3 paires de pattes et les stades ultérieurs en ont 4.

Les œufs ne seront pondus qu'à proximité des colonies de tétranyques, afin qu'ils puissent éclore et commencer à se nourrir immédiatement.

Figure 75 — *Phytoseiulus persimilis*. Biobest

- **Conseils pour les lâchers de *Phytoseiulus***

Les taux et les périodes de lâchers appropriés varient selon la culture.

Si l'agriculteur peut obtenir suffisamment de *Phytoseiulus* à un coût raisonnable, il est possible d'introduire assez d'acariens prédateurs pour « nettoyer » une culture et réduire la population des tétranyques à un niveau acceptable.

Les *Phytoseiulus* sont disponibles soit sous la forme d'un produit fraîchement récolté sur des feuilles, soit dans un flacon en plastique contenant de la vermiculite.

Commandez seulement les *Phytoseiulus* lorsque vous êtes prêt à les appliquer, après en avoir planifié l'application, en vous assurant que vous n'avez pas pulvérisé récemment de PPPs toxiques pour les *Phytoseiulus* et que vous n'avez pas l'intention de le faire dans les deux semaines suivant l'application des *Phytoseiulus* (consulter les tableaux concernant la sensibilité aux pesticides dans l'annexe 4).

Ne stockez jamais les *Phytoseiulus* ; utilisez-les dès qu'ils arrivent à l'exploitation. Si vous devez les stocker, placez-les dans un réfrigérateur domestique à 5°C pendant 24 heures au maximum.

Il faut être extrêmement prudent lors du transport des *Phytoseiulus* vers la culture. Si le flacon contenant la vermiculite devient trop chaud, la vermiculite sèchera, voire déshydratera les *Phytoseiulus* présents dans le flacon, et ils mourront. Si de la condensation se forme dans le flacon, les *Phytoseiulus* contenus dans le flacon se noieront.

- **Stratégies d'introduction**

Procédez toujours à une introduction prophylactique de *Phytoseiulus* à un stade précoce de la culture, que les échantillonnages révèlent ou non la présence de tétranyques dans la culture. Si l'introduction est réalisée tardivement et que les tétranyques constituent déjà un problème ; une grande quantité de *Phytoseiulus* sera nécessaire et cela pourrait ne pas être rentable.

Il est nécessaire de réaliser au moins deux applications séparées de deux à quatre semaines. Chaque application doit comprendre au minimum 15 000 *Phytoseiulus* par hectare.

Si le risque de développement des tétranyques est élevé (annonce d'un temps chaud), il convient de modifier la stratégie d'introduction comme suit :

— réduire le délai entre les applications (séparées d'une à deux semaines) ;

— poursuivre les applications jusqu'à ce que l'échantillonnage révèle que le rapport est inférieur à un pour cinq (*Phytoseiulus* par rapport aux tétranyques). Voir point 7.1.2.

- **Méthodes d'application**

Il est essentiel d'appliquer les prédateurs le plus uniformément possible. Si les prédateurs sont appliqués d'une manière non homogène dans une culture, les tétranyques présents sur des plantes situées entre celles qui ont reçu des *Phytoseiulus* ne seront pas protégées avant que les prédateurs aient mangé tous les tétranyques présents sur les plantes traitées au départ. Cela peut entraîner la formation de poches de tétranyques, qui seront plus difficiles à éliminer par des moyens biologiques.

Il faut donc appliquer le prédateur tous les mètres le long du rang, mais il est recommandé d'appliquer des *Phytoseiulus* supplémentaires dans les zones détectées au préalable comme étant déjà plus attaquées par les tétranyques.

Il faudra veiller à placer les feuilles comportant des *Phytoseiulus*, la face inférieure de la feuille de transfert orientée vers le sol, afin que les œufs des *Phytoseiulus* ne sèchent pas au soleil et aussi à caler les feuilles de transfert entre les tiges de la plante, assez bas dans le feuillage, de telle sorte qu'elles ne s'envolent pas avant que les *Phytoseiulus* n'aient quitté les feuilles de transfert pour se répandre dans la culture.

- **Programmes de pulvérisation compatibles**

Si l'on adopte un programme de lutte biologique contre les ravageurs, toutes les pulvérisations prophylactiques contre les tétranyques doivent être supprimées immédiatement du programme. Sinon, les acaricides tueront les *Phytoseiulus*.

D'autres produits de pulvérisation, y compris les fongicides, peuvent aussi tuer quelques *Phytoseiulus*. N'oubliez pas que même un pesticide « sûr » est susceptible de tuer 25% des *Phytoseiulus* (consulter l'annexe 4 en ce qui concerne la sensibilité des *Phytoseiulus* aux pesticides).

- **Suivi de l'efficacité de la lutte biologique**

Il est possible de mesurer la réussite de la lutte biologique en contrôlant chaque semaine les échantillons de feuilles afin de déterminer le rapport entre les prédateurs et les parasites. Pour les modalités d'observation voire le point 7.1.2.

En conservant les données hebdomadaires, l'exploitant peut mesurer l'évolution du rapport (entre les *Phytoseiulus* et les tétranyques) durant une certaine période et évaluer ainsi la réussite des lâchers.

Après leur introduction, les *Phytoseiulus* chercheront activement des tétranyques. Par conséquent, lorsque vous effectuez un contrôle, vérifiez uniquement les feuilles présentant des dégâts dus aux tétranyques : c'est à ces endroits que se trouvent les tétranyques et c'est donc là que se trouveront les *Phytoseiulus*.

Le pigment rouge, des tétranyques sous stress, dissuade les prédateurs potentiels à la recherche de nourriture et il est important de prendre cet élément en considération si l'agriculteur utilise des moyens de lutte biologique contre ce ravageur, étant donné que les *Phytoseiulus* peuvent ne pas être aussi efficaces en cas de prépondérance des tétranyques de couleur rouge.

— ***Amblyseius californicus***

Un autre acarien prédateur est homologué au Kenya en tant qu'agent de lutte biologique contre les tétranyques. Les *Amblyseius* sont indigènes au Kenya et offrent l'avantage d'être généralement plus résistants aux pesticides que les *Phytoseiulus*. Par ailleurs, ils peuvent survivre plus longtemps sans la présence de tétranyques, puisqu'ils peuvent également se nourrir de pollen. En l'absence de tétranyques, les *Amblyseius* s'attaquent aux thrips très jeunes.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Généralement les infestations de tétranyques sont faibles si l'environnement n'est pas perturbé pas des applications non raisonnées de PPPs.

PÉRIODES D'APPLICATION

La lutte à l'aide de PPPs sera préventive ou curative, en phase végétative, de façon à débuter les récoltes avec des niveaux d'infestation très bas.

GESTION DE LA RÉSISTANCE

L'emploi d'acaricides peut conduire à l'apparition de phénomènes de résistance des tétranyques. Il existe un développement rapide de la résistance sur une nombre relativement petit de générations et une résistance croisée à d'autres acaricides. Dès lors, ces derniers doivent être choisis avec précaution et utilisés seulement lorsque cela est nécessaire. Une stratégie anti-résistance proposée par l'IRAC (Comité Internationale d'Action contre la Resistance) consiste à l'utilisation de substances actives appartenant à différentes familles chimiques dans le but de prolonger leur efficacité.

LES SUBSTANCES

Les tétranyques (acariens) sont souvent mal contrôlés par des insecticides ayant en même temps une action acaricide (exemple du diméthoate) et de plus ces produits sont généralement néfastes aux auxiliaires. En traitant de manière inconsidérée avec ce genre de produits, on obtient souvent l'effet inverse de celui attendu et les populations de tétranyques, libérées de leurs ennemis naturels, explosent alors. Il est préférable d'utiliser contre les tétranyques des acaricides spécifiques et ayant peu ou pas d'impact sur les auxiliaires.

Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3. Cependant il faudra privilégier les produits qui sont le plus compatibles avec la préservation des ennemis naturels du ravageur.

Parmi les produits de biocontrôle on peut citer les suivants.

- La matrine (oxymatrine).
- Les produits à base d'huile essentielle d'orange douce.
- Les produits à base de *Beauveria bassiana.*
- Les produits à base d'azadirachtine ou d'extraits de neem.
- Un produit à base de farnesol et nerolidol (des parapheromones qui attirent les mâles) et de geraniol et citronellol (substances à action acaricide).
- Les produits à base de maltodextrine qui est le résultat de l'hydrolise de l'amidon.
- Des préparations à base d'amidon ou de farine (10% p/v).
- Les savons horticoles (acides gras) peuvent être recommandés pour les acariens.

Veillez à vérifier l'absence de brûlure lors de la pulvérisation de savon et ne pulvérisez jamais par temps chaud.

- Le soufre mouillable à pulvériser, en plus d'être un fongicide reconnu, a un effet acaricide. À ne pas utiliser par temps chaud (au-delà de 25°C).
- *Chromobacterium subtsugae* strain PRAA4-1.
- L'acide citrique.
- L'huile de paraffine.

Le nombre de solutions de biocontrôle est important. Cependant, une bonne couverture sous les feuilles est nécessaire pour que ces produits aient un effet.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

- D Blancard (INRA) P Ryckewaert (CIRAD).
  Tetranychus spp. Araignées rouges. Consulté le 25.05.2021 sur
  http://ephytia.inra.fr/fr/C/24345/Tropileg-Araignees-rouges-Tetranychus-spp
- RADHORT. (2012).
  La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
  http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf
- Infonet biovision. (2021).
  Beans. Consulté le 12.05.2021 sur
  https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
  https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
- A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
  A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
  Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.4. LES NÉMATODES

7.2.4.1. NÉMATODES À GALLES

NOM SCIENTIFIQUE

Meloidogyne spp. Principalement *M. incognita* et *M. javanica.*

Ils font partie de l'ordre des Tylenchida et de la famille des *Heteroderoîdae*.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Meloidogyne est un nématode endoparasite sédentaire, ce qui signifie qu'il ne se déplace pas très loin dans le sol et qu'il doit vivre à l'intérieur d'une plante.

STADE	DESCRIPTION
Œuf	Une masse d'œufs (500 à 1 000) protégée par une gangue mucilagineuse est produite par une grande femelle qui se trouve à l'intérieur de chacune des galles sur les racines. La masse d'œufs est relâchée à l'extérieur de la galle.
Larves juvéniles	Les juvéniles éclosent à partir des œufs. C'est le stade de vie libre, qui se déplace sur de très courtes distances dans le sol pour infecter de nouvelles racines. Il ne peut vivre que deux semaines à l'extérieur des racines, à la recherche d'une nouvelle plante hôte. Les nématodes juvéniles meurent s'ils ne trouvent pas de nouvel hôte dans les deux semaines.
Larves	Les nématodes juvéniles pénètrent dans l'extrémité des racines et restent à un seul endroit de la racine pendant toute leur vie. Les mâles et les femelles se différencient à l'intérieur de la racine. Les mâles sont rares.
Adulte	Lorsque la femelle commence à se former, sa présence dans la racine provoque l'agrandissement des cellules végétales voisines, créant ainsi un puissant « puits » pour les nutriments de la plante. Elle meurt après la ponte.

Conservation	Les *Meloidogynes* se maintiennent plusieurs années dans le sol sous la forme de masses d'œufs protégées par une gangue mucilagineuse, mais aussi grâce à de très nombreuses plantes cultivées ou non qui assurent leur multiplication et leur conservation.
Dissémination	La dissémination passive des œufs et des larves se fait par l'eau de ruissellement, de drainage et d'irrigation. Les larves se déplacent activement sur de courtes distances dans les sols humides. Des disséminations sont possibles via des poussières de sol, des plants contaminés, les outils aratoires et les engins agricoles.

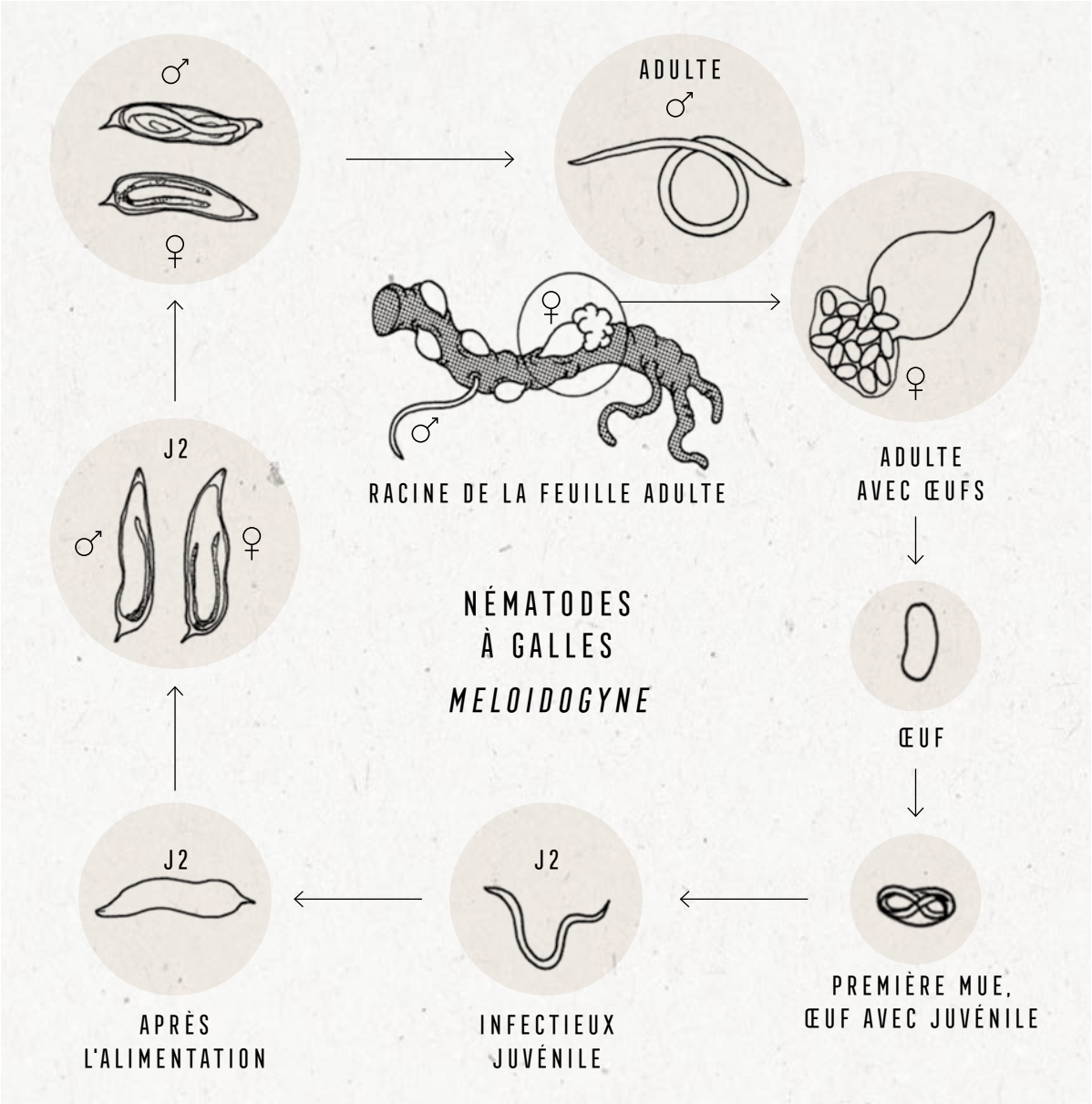


Figure 76 — Cycle de vie des nématodes à galles. (2016).
https://www.promusa.org/Root-knot+nematodes

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

De nombreuses cultures sont hôtes de *Meloidogynes* : par exemple *Arachis hypogaea* (arachide), *Musa* spp. (banane), *Oryza sativa* (riz), *Solanum tuberosum* (pomme de terre), *Lycopersicon esculentum* (tomate) et presque toutes les cultures maraichères à l'exception de l'oignon, la menthe, le fraisier, l'ail et le poireau.

DESCRIPTION DU RAVAGEUR

Le nématode à galles est un très petit ver, invisible à l'œil nu. Il « détourne » les nutriments de la plante pour créer de grands renflements dans les racines, où il vit et se nourrit. Ces gonflements sont les « galles » caractéristiques des racines, d'où son nom.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

De la levée à la récolte mais ce sont les attaques de la levée à la floraison qui sont les plus dommageables.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	+++	+++	++	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

RACINE	Les larves pénètrent dans les racines et se fixent à proximité de la zone vasculaire, provoquant des renflements ou galles. La forme, la taille et l'aspect des galles varient avec leur âge, leur nombre, la plante hôte, l'importance de l'attaque, l'espèce de *Meloidogyne* en cause, et les conditions du milieu. En cas de forte infestation, les racines peuvent être réduites à l'état de moignons boursouflés. On confond souvent le nématode des racines avec la nodulation normale de légumineuses par les bactéries *Rhizobium* fixatrices d'azote. Les nodules formés par les *Rhizobium* sont ronds et attachés à l'extérieur de la racine, tandis que celui du nématode des racines est un gonflement à l'intérieur de la racine même. L'intérieur des nodules formés par les *Rhizobium* est souvent rose s'ils fixent activement l'azote. Les nodules de *Rhizobium* se détachent facilement de la racine contrairement aux galles des nématodes.
PLANTE ENTIÈRE	Les plantes attaquées précocement restent chétives et parfois jaunissent, flétrissent ou meurent. Les dégâts apparaissent alors souvent par taches dans un champ car la répartition des populations de nématodes n'est pas homogène sur toute la surface de la parcelle.

Figure 77 — Galles de *Meloidogyne* spp. sur haricot Tamya. Christian Chabrier. (2014). COLEAD/PIP. Solutions de lutte contre les nématodes au Sénégal. Rapport de mission au Sénégal du 26 janvier au 6 février 2014. Page 14

Figure 78 — Nodosité de *Rhizobium* sur haricot. E-phytia - INRA

Figure 79 — Faible croissance de plants attaqués. (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Figure 80 — Dégât de *Meloidogyne* spp. dans une parcelle de haricot Tamya ;
SOCAS Sénégal. Christian Chabrier. (2014). COLEAD/PIP. Solutions de lutte contre les nématodes au Sénégal. Rapport de mission au Sénégal du 26 janvier au 6 février 2014. Page 14

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

La réduction du système racinaire et les troubles du métabolisme consécutifs à la présence des *Meloidogynes* se traduisent par un mauvais développement des plantes et une baisse progressive des rendements.

Les dégâts sont parfois considérables dans les exploitations où la gestion des rotations culturales et la qualité sanitaire du sol ne sont pas bonnes.

De plus, les *Meloidogyne* en blessant les racines, facilitent aussi la pénétration de micro-organismes phytopathogènes (*Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*) ce qui impacte encore plus les rendements.

ORGANISME DE QUARANTAINE

M. incognita et *M. javanica* ne sont pas des organismes de quarantaine de l'UE. On ne les retrouve de toute façon pas sur les gousses.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Période chaude, avec des températures cardinales de 14°C-28°C-32°C). L'activité serait bloquée à plus de 38°C.	À de très hautes températures (plus de 29°C), le cycle prend approximativement 3 semaines mais pour de basses températures, il peut aller jusqu'à 3 mois.
Humidité du sol	Une irrigation saturante favorise la dissémination des nématodes à galles.	Les juvéniles ont besoin d'eau libre pour se mouvoir et infecter les racines.
Sol	Sableux, légers, pauvre en matières organiques et en argile.	Les juvéniles se déplacent plus facilement dans ce type de sol et les attaques sont donc plus fortes. La migration des juvéniles décroît lorsque la teneur en argile dans le sol augmente.
Sol	Compacté ou peu humide, une déficience nutritionnelle.	Sévérité des dégâts plus importante.

SURVEILLANCE

Il convient de vérifier les taux relatifs de nématodes dans le sol par parcelle afin d'identifier celles qui présentent des taux élevés et d'appliquer un traitement adéquat.

Si les échantillons prélevés dans le sol sont trop secs ou ne sont pas stockés correctement avant leur envoi au laboratoire en vue de l'évaluation des taux de

nématodes, des informations erronées peuvent être fournies à propos des taux. Cela est dû au fait que pour pouvoir extraire les nématodes de l'échantillon de sol, ceux-ci doivent être vivants pour sortir de la terre et se diriger vers l'eau. Les nématodes présents dans l'eau sont alors comptés et identifiés.

Si l'on fait pousser les haricots dans un climat chaud et que les cultures sont très éloignées des laboratoires, il peut être utile de former le personnel à des méthodes d'extraction simples, afin que l'on puisse envoyer pour analyse de l'eau contenant des nématodes au lieu d'échantillons de sol. Cela permettrait d'obtenir des données plus précises et de réduire les coûts, car le laboratoire ne devra pas effectuer l'extraction.

Le diagnostic racinaire pour les nématodes à galles consiste à prélever délicatement les systèmes racinaires des plants et à noter un indice de galles (IG) sur une échelle de 0 à 10 afin d'estimer le niveau d'infestation de la parcelle. L'analyse racinaire peut être effectuée par le producteur lui-même ou le conseiller agricole. L'échelle de notation utilisée est l'échelle de Zeck, décrite ci-après.

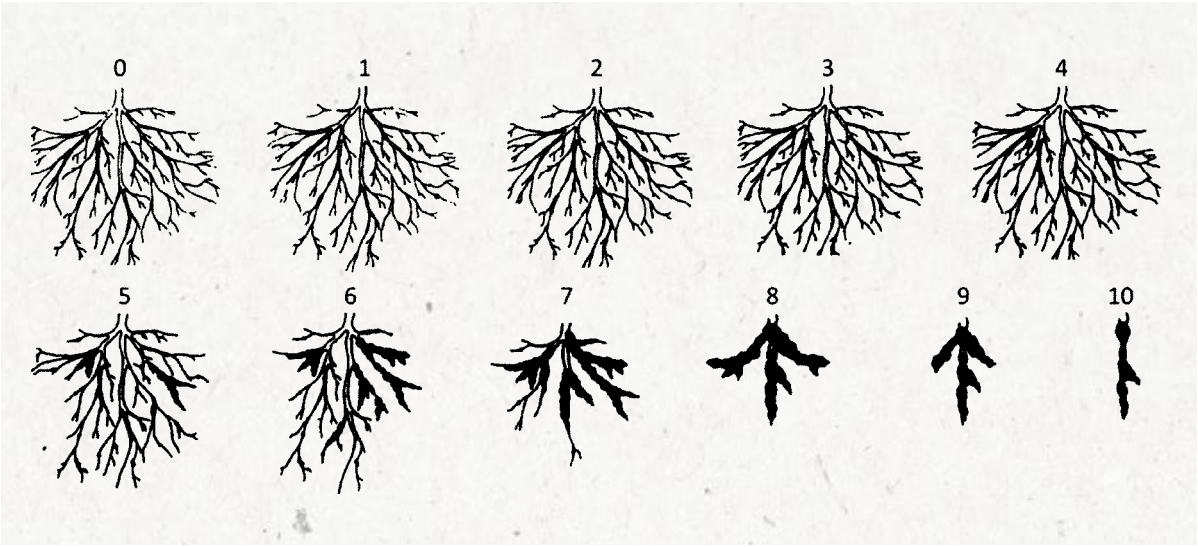


Figure 81 — Echelle de Zeck indexant les attaques de nématodes *Meloidogyne* sur les racines de plantes (Zeck, 1971).Tiré de [2]

Pour faciliter son application terrain chez les producteurs et déterminer le niveau de vigilance requis, en France l'équipe du projet 'Gedubat'a adapté et regroupé cette échelle de Zeck en 3 grandes classes ; voir tableau ci-dessous.

2 GIS PIClég - Groupement d'Intérêt Scientifique pour la Production Intégrée en Cultures légumières. (2018). Les nématodes à galles *Meloidogyne* spp. Hors-Série Infos Ctifl, 2018. Fiche n°1 - Le diagnostic racinaire et l'analyse nématologique. https://www.picleg.fr/content/download/3994/38866/version/1/file/Fiche+n%C2%B01+Diagnostic+racinaire+et+analyse+n%C3%A9matologique.pdf

Tableau 22 — Description de l'échelle de Zeck et regroupement en classe suite aux travaux de Gedubat. (GIS PIClég - Groupement d'Intérêt Scientifique pour la Production Intégrée en Cultures légumières, 2018)

IG	DESCRIPTIF SELON L'ÉCHELLE DE ZECK	ADAPTATION PRODUITE PAR GEDUBAT	
0	système racinaire complet et sain ; pas d'infestation	0 à 3	Racines saines ou présence de quelques petites galles. Pas d'impact sur la plante.
1	très peu de galles de petite taille		
2	petites galles plus facilement détectables		
3	nombreuses petites galles ; chevelu racinaire encore complet		
4	nombreuses petites galles ; quelques grosses galles ; système racinaire fonctionnant encore	4 à 6	Nombreuses petites galles. Le système racinaire ne fonctionne que partiellement. Impact plus ou moins visible sur la plante
5	25% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus		
6	50% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus		
7	75% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus	>6	Racines extrêmement touchées : grosses galles en chapelet, quasiment plus de radicelles. la plante ne peut plus se nourrir Impact fort sur la plante
8	quasiment plus de radicelles ; chapelets de grosses galles sur les racines principales ; la plante ne peut plus se nourrir		
9	système racinaire réduit et rempli de grosses galles empêchant la plante de se nourrir		
10	plante et racines mortes		

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle du ravageur.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé d'éviter de planter des haricots dans un champ qui a subi précédemment de graves infestations par les nématodes à galles.	Évitement d'une source d'infestation.
Gestion de la source en eau d'irrigation	Utiliser l'eau de forage pour l'irrigation de préférence à l'eau de rivière, car cette dernière peut transporter un grand nombre de nématodes. Si cela n'est pas possible, décantez l'eau de rivière dans un réservoir avant de l'utiliser et laissez les nématodes couler au fond du réservoir. Utilisez une pompe flottante pour extraire l'eau uniquement de la partie supérieure du volume d'eau - où il y a moins de nématodes.	Évitement d'une source d'infestation.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
Eviter les précédents culturaux sensibles aux *Meloidogynes*	Les cultures de Brassica ne sont pas un hôte pour le nématode à galles et elles peuvent être utilisées en rotation avec des légumineuses De plus les résidus de culture de Brassica contiennent une substance similaire à certains nématicides, qui est libérée dans le sol lorsqu'ils se décomposent. Si les déchets de culture de Brassica sont hachés, desséchés pendant deux jours puis incorporés au sol, cela réduira le niveau de nématodes dans le sol. C'est ce qu'on appelle la biofumigation. D'autres bons précédents pour le haricot vert sont : maïs, oignon, ail, sésame ou des cultures fourragères comme *Paspalum notatum, Eragrostis curvula, Panicum maximum, Chloris gayana, Sorghum sudanense* et *Digitaria decumbens.*	Rupture dans les cycles successifs.
Cultiver un engrais vert et l'enfouir dans le sol	L'engrais vert est coupé et on laisse la coupe 2 jours sur le sol avant de l'enfouir. Pour le haricot vert on évitera d'utiliser des engrais verts de la famille des légumineuses. Exemples de plantes utilisables (les noms scientifiques sont donnés pour éviter toute confusion avec les noms vernaculaires qui peuvent varier d'un pays à l'autre) : *Tagetes patula, Tagetes erecta, Tagetes minuta*, *Chrysanthemum coronarium* et *Thitonia diversifolia.* La quantité de semences recommandé pour les tagètes est de 4 à 12 kg/ha avec espacement de 25 cm entre les rangs. Un espacement plus grand donne le même résultat mais l'effet suppressif est moins rapide. La culture doit rester sur place au moins 45 jours après la levée mais il faut éviter de la laisser jusqu'à la présence de graines pour éviter que la plante devienne invasive. Cependant, les résultats obtenus avec ces plantes sont variables, en fonction des pathotypes de *Meloidogyne* présents localement d'une part, des variétés de plantes à effets nématicides d'autre part ; mais aussi en fonction de la teneur en matière organique des sols et de la présence d'autres organismes comme les champignons antagonistes de nématodes.	Cette pratique permet de réduire l'infestation du sol
Choisir un terrain inondé en saison des pluies ou inonder volontairement le terrain	Le sol doit être inondé pendant plusieurs mois.	Asphyxie des larves
Eviter la présence d'arbres et arbustes hôtes de *Meloidogynes*	Les brise-vents pouvant être hôte (*Euphorbia*, *Prosopis*) et l'association avec d'autres plantes hôtes à cycle différents (papayer, etc.) sont à éviter.	Évitement d'une source d'infestation.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Laisser le terrain nu mais irrigué pendant 2 semaines*	Avant de semer les haricots, il est possible de tuer les nématodes mobiles juvéniles dans le sol (issus des œufs à la suite de la présence d'eau dans le sol) en retirant toutes les mauvaises herbes et les plantes hôtes de la zone pendant 2 semaines. Ils mourront s'ils ne peuvent pas pénétrer dans un hôte dans les 2 semaines.	Rupture au niveau du cycle de vie au stade juvénile.
Nettoyage du matériel agricole	Les équipements utilisés dans les champs (charrues, etc.) peuvent déplacer les nématodes dans les champs et doivent être nettoyé, par exemple avec de l'eau, après et avant leur utilisation.	Évitement d'une source d'infestation.
Utilisation raisonnée de la matière organique	L'infestation peut être réduite en appliquant en abondance de la matière organique bien décomposée dans la ligne de semis. La matière organique freine la remontée des nématodes qui se trouvent en profondeur dans le sol. D'autre part, un apport en matière organique peut modifier la microflore et la mésofaune et favoriser le développement de divers antagonistes des *Meloidogyne*.	Barrière physique autour des racines. Le contrôle par les antagonistes est renforcé.
Enfouir dans le sol juste avant plantation certaines matières organiques	Pulpe de café, tourteaux à base d'*Azadirachta indica* ou de *Ricinus communis.***	Nématicide plus effet matière organique.
Installation de haies	Des haies brise-vent permettent de réduire les risques de nouvelles infestations car les nématodes peuvent être disséminés par le vent via des particules de sol. Les haies permettent également de réduire les risques de ruissèlement des eaux de pluies qui est un mode de déplacement des juvéniles de nématodes.	Barrière aux nouvelles sources d'infestation du sol.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Butter les plants	Cela permet de favoriser le développement de racines adventives qui peuvent compenser les éventuelles racines portant des galles	Compensation aux racines attaquées.
Arrachage des plants arrivés en fin de production et les détruire	L'arrache régulier, avec toutes les racines, permettra de réduire le niveau de présence d'œufs de nématodes dans le sol.	Réduction de l'inoculum dans le sol.
Travail du sol en fin de culture	Il est possible d'éliminer les nématodes des racines par le dessèchement du sol à l'aide d'opérations de disquage (sur 30 cm de profondeur), après le retrait de la culture infestée. Une partie des dépôts d'œufs de nématodes des racines, qui étaient restées dans le sol après le retrait de la culture, seront tués par dessèchement.	Rupture dans les cycles successifs.

* N.B. cette technique n'est pas recommandée dans le cas d'une agriculture de conservation qui préconise de ne jamais laisser les sols nus.

** Des essais en condition réelle de culture sont nécessaires pour affiner les connaissances sur l'efficacité de ces matières organiques et pour définir une méthode d'utilisation précise et compatible avec les exigences techniques et économiques de la production.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Divers organismes, présents dans les sols, s'attaquent aux nématodes. Des champignons prédateurs (*Arthrobotrys* spp.) prennent au piège les nématodes et s'en nourrissent. D'autres champignons (*Paecilomyces* spp. et *Verticilium* spp.), tuent les œufs de nématodes. Les nématodes peuvent être parasités également par divers champignons à spores adhésives. Les mycorhizes, champignons associés aux racines des végétaux, protègent la plante contre les nématodes. Des bactéries (*Pasteuria penetrans*) parasitent également les nématodes. D'autres micro-organismes produisent des toxines nématicides.

Il faut donc prendre toutes les mesures possibles pour éviter d'enrayer l'action de cette activité naturelle qui constitue un élément déterminant, sinon essentiel, de régulation des populations des ravageurs des cultures.

Le maintien d'une teneur élevée en matière organique dans le sol joue un rôle important pour favoriser la microflore utile.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

STRATÉGIE

L'application de nématicides, à n'utiliser qu'en dernier recours, se fait en plein ou en localisé à la préparation du terrain ou une dizaine de jours après le semis en localisé.

« L'utilisation de produits chimiques contre les nématodes pose de très sérieux problèmes : de sécurité à la fois pour les applicateurs (risque d'intoxication au contact des nématicides), les consommateurs (risque de résidus) et l'environnement (empoisonnement du milieu, destruction d'organismes non-cibles dont des auxiliaires, etc.) ; de perte d'efficacité (suite à la sélection d'individus tolérants ou à la sélection d'organisme capable de dégrader rapidement la matière active dans le sol), des coûts directs et indirects. » (Christian Chabrier, 2014).

« Pour limiter le nombre de traitement au sein d'une exploitation, une meilleure connaissance des nématodes et de leurs niveaux d'infestation est nécessaire. Ce qui implique de disposer d'un laboratoire *ad hoc* pour extraire et dénombrer les nématodes du sol avant chaque plantation. Il faut aussi disposer des éléments nécessaires pour évaluer les seuils d'intervention à partir duquel des applications de nématicides sont nécessaires. Ces seuils dépendront de la pathogénie de l'espèce, ce qui implique aussi d'évaluer cette dernière et de connaître les traits de vie (capacités de survie, mode de reproduction, de dissémination…) des principales espèces pathogènes. Lorsque ces connaissances sont suffisantes, il est parfois possible de combiner des méthodes alternatives qui permettent d'atteindre des rendements élevés sans Produits de Protection des Plantes. » (Christian Chabrier, 2014).

LES SUBSTANCES

La plupart des nématicides chimiques classiques sont maintenant interdits en UE. Les substances actives recommandées figurent dans le tableau de l'annexe 3.

« Il est souhaitable de substituer les produits conventionnels par des bionématicides, qui sont généralement moins toxiques. Cependant, ces produits posent des contraintes supplémentaires liées aux risques logistique (ils sont souvent plus labiles que les pesticides chimiques) et, pour ceux qui contiennent des organismes vivants, des risques écologiques (risque d'introduction d'un organisme envahissant). Certains peuvent donner de bons résultats contre les *Meloidogyne*, mais ces produits fonctionnent souvent mal lorsque les infestations sont fortes. » (Christian Chabrier, 2014).

Parmi les produits de biocontrôle on peut citer les suivants.

- *Paecilomyces lilacinus.*
- *Trichoderma asperellum* (également stimulateur de la croissance des racines).
- Extraits d'ail.
- Azadirachtine et extraits de neem.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

LA SOLARISATION

La solarisation du sol est une technique dans laquelle des bâches en polyéthylène transparent sont posées sur un sol humide pendant une période de six à 12 semaines pour chauffer les sols non cultivés à des températures mortelles pour les nématodes et autres pathogènes transmis par le sol. L'utilisation la plus réussie de la solarisation du sol semble se produire dans des sols plus lourds (limoneux à argileux) plutôt que sableux ; mais ce sont aussi les sols les moins infestés naturellement. Les sols avec une faible capacité de rétention d'eau et un drainage rapide peuvent inhiber considérablement le transfert de chaleur vers des horizons de sol plus profonds. Cette pratique n'est cependant pas recommandée dans un système de culture qui prône une plus grande biodiversité dans les sols car la solarisation tue aussi beaucoup d'organismes du sol qui sont utiles à part les *Trichoderma* (champignons saprophytes utiles) qui sont préservés.

RHIZOBIUM

Une forte colonisation des racines par *Rhizobium* concurrence la colonisation par les nématodes à galles. Les traitements de semences à base de *Rhizobium* sont disponibles dans le commerce. La colonisation par *Rhizobium* se produit aussi naturellement mais peut être trop lente ou insuffisante pour avoir un effet suppressif sur les nématodes.

TRAITEMENT DE L'EAU

Un traitement électromagnétique de l'eau d'irrigation permettrait de réduire les dégâts des nématodes (Aqua4D, 2021). *Sustainable, Chemical-free Nematode Control in Senegal.* Consulté le 28.05.2021 sur https://www.aqua4d.com/news/sustainable-chemical-free-nematode-control-in-senegal/)

RÉFÉRENCES

— Anne Vézina and ncastaneda. (2016). *Root-knot nematodes*. Consulté le 28.05.2021 sur https://www.promusa.org/Root-knot+nematodes
— D Blancard (INRA). (2021). *Meloidogyne spp. Nématodes à galles.* Consulté le 28.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/23095/Tropileg-Nematodes-a-galles
— Caroline DJIAN-CAPORALINO (INRA SOPHIA ANTIPOLIS), François VILLENEUVE (CTIFL). (2018). *Les nématodes à galles. Meloidogyne spp.* Infos-Ctifl. Consulté le 28.05.2021 sur https://www.picleg.fr/content/download/3939/38211/version/2/file/HS_Meloidogyne_webOK.pdf
— RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf
— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
— GIS PIClég - Groupement d'Intérêt Scientifique pour la Production Intégrée en Cultures légumières Les nématodes à galles. (2018). *Meloidogyne spp.» Hors-Série Infos Ctifl, 2018. Fiche n°1 - Le diagnostic racinaire et l'analyse nématologique.* Consulté le 12.05.2021 sur https://www.picleg.fr/content/download/3994/38866/version/1/file/Fiche+n%C2%B01+Diagnostic+racinaire+et+analyse+n%C3%A9matologique.pdf

Stratégie de lutte

— Christian Chabrier. COLEAD/PIP. (2014). *Solutions de lutte contre les nématodes au Sénégal. Rapport de mission au Sénégal du 26 janvier au 6 février 2014.* Consulté le 28.05.2021 sur https://agritrop.cirad.fr/573369/1/document_573369.pdf.
— BOUVARD Bryce, SOULEZELLE Juliette. (2018). *Note technique : Impact économique des nématodes sur les cultures à Mayotte : une réalité ?* Consulté le 28.05.2021 sur https://coatis.rita-dom.fr/osiris/files/NoteTechniqueNematodes_fichier_ressource_inv-wp2-t2-l-note-technique-nematodes.pdf
— Ogumo, Erick ; W.M, Muiru ; Kimenju, J. ; Mukunya, D. (2019). *Assessment of the Potential of Eco-Friendly Nematicides in the Management of Root-Knot Nematodes on French Beans in Kenya*. Current Agriculture Research Journal. Consulté le 28.05.2021 sur https://www.researchgate.net/publication/332893648_Assessment_of_the_Potential_of_Eco-Friendly_Nematicides_in_the_Management_of_Root-Knot_Nematodes_on_French_Beans_in_Kenya
— Ogumo E. (2014). USE OF ECO-FRIENDLY STRATEGIES IN SUPPRESSION OF ROOT-KNOT NEMATODES IN FRENCH BEAN (*Phaseolus vulgaris*) IN KENYA. Consulté le 28.05.2021 sur http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/72394/Ogumo_Use%20of%20eco-friendly%20strategies%20in%20suppression%20of%20root-knot%20nematodes%20in%20french%20bean.pdf?sequence=3&isAllowed=y

— J. W. Noling.(2020). *FICHE D'INFORMATION. GESTION DES NÉMATODES DANS LES TOMATES, LES POIVRONS ET LES AUBERGINES*. Consulté le 28.05.2021 sur https://area.ifas.ufl.edu/media/areaifasufledu/docs/ENY-032-fr.pdf
— Caroline Djian-Caporalino, Hélène Védie et Alain Arrufa. (2009). GESTION DES *NEMATODES A GALLES : LUTTE CONVENTIONNELLE ET LUTTES ALTERNATIVES. L'ATOUT DES PLANTES PIEGES.* Consulté le 28.05.2021 sur https://www.supagro.fr/ress-tice/EcoHort/Uved/PratiqueAgroecologiqueCultureMaraichere/res/Caporalino_2009_TK_altern.pdf

Les plantes nématicides

— Ecological Agriculture Projects, McGill University (Macdonald Campus). (1993). *Les plantes nématicides*. Consulté le 28.05.2021 sur https://www.eap.mcgill.ca/agrobio/ab360-04.htm
— S Chamont (INRA). (2018). *Les plantes nématicides*. Consulté le 28.05.2021 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/20121/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Les-plantes-nematicides
— J.W. Kimenju, A.M. Kagundu, J.H. Nderitu, F. Mambala, G.K. Mutua and G.M. Kariuki. (2008). *Incorporation of Green Manure Plants into Bean Cropping Systems Contribute to Root-Knot Nematode Suppression*. Asian Journal of Plant Sciences, 7: 404-408. Consulté le 28.05.2021 sur https://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2008.404.408.
— Olivier Lavaud. (2021). *Utilisation de Tithonia diversifolia (Tournesol mexicain) en Afrique de l'Ouest.* Consulté le 28.05.2021 sur https://blog.defi-ecologique.com/tournesol-mexicain-tithonia-diversifolia-utilisation/
— Osei K., Moss R., Nafeo A., Addico R., Agyemang A., Danso Y. and Asante J. (2011). *Management of plant parasitic nematodes with antagonistic plants in the forest-savanna transitional zone of Ghana*. Journal of Applied Biosciences 37 : 2491 – 2495. Consulté le 28.05.2021 sur http://csirspace.csirgh.com/bitstream/handle/123456789/955/Management%20of%20Plant%20Parasitic%20Nematodes%20with%20Antagonistic%20Plants%20in%20the%20Forest-Savanna%20Transitional%20Zone%20of%20Ghana.pdf?sequence=1
— Njenga, Joshua Kinene. (2019). *Efficacy of Neem, Tithonia and Tephrosia Leaf Extracts in Management of Root-Knot Nematodes in French Beans (Phaseolus Vulgaris L.) in Tharaka Nithi County, Kenya*. Consulté le 28.05.2021 sur http://repository.chuka.ac.ke/handle/chuka/304

Solarisation

— GECO – Ecophytopic. (2021). Désinfection du sol par la solarisation en cultures légumières. Consulté le 28.05.2021 sur https://geco.ecophytopic.fr/concept/-/concept/voir/http%253a%252f%252fwww%252egeco%252eecophytopic%252e-fr%252fgeco%252fConcept%252fLa_Solarisation

Autres

— Aqua4D. (2021). *Sustainable, Chemical-free Nematode Control in Senegal*. Consulté le 28.05.2021 sur https://www.aqua4d.com/news/sustainable-chemical-free-nematode-control-in-senegal/).

7.2.4.2. NÉMATODES ENDOPARASITES MIGRATEURS

NOM SCIENTIFIQUE

Certaines espèces de *Pratylenchus* peuvent attaquer le haricot vert, dont *P. brachyurus*.

Ils font partie de l'ordre des Tylenchida et de la famille des *Pratylenchidae*.

CYCLE DE VIE DU RAVAGEUR

Les espèces du genre *Pratylenchus* sont des parasites internes à capacité migratoire. Tous les stades larvaires peuvent envahir les racines et elles peuvent aller de racines à racines. La plupart des espèces se reproduisent par parthénogenèse. Celle-ci est plus rapide à de hautes températures (27-32°C) avec un optimum à 26°C. La période pour faire une génération varie de 14 semaines à 15°C à 4 semaines à 30°C. Une température de 20°C est nécessaire pour à la fois le développement des racines et du parasite.

Ces ravageurs peuvent survivre plusieurs mois (jusqu'à 22 mois) sans la présence de la plante hôte. Ils survivent à des expositions à de hautes températures du sol surtout dans les sols très secs.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Très polyphage : Poaceae, Solanaceae (tomate, pomme de terre), *Cucurbitaceae*, *Arachis hypogeae* (arachide), *Zea mays* (maïs), tabac, ananas, patate douce…

DESCRIPTION DU RAVAGEUR

Il s'agit d'un petit ver (0,4 à 0,5 mm de long), invisible à l'œil nu.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Tous les stades, mais plus d'impact de la levée à la floraison.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

RACINE	Nécroses brunes, rougeâtres ou noirâtres.
PLANTE ENTIÈRE	Arrêt de croissance, diminution de la vigueur, nécroses et chloroses foliaires, défoliation.

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Les symptômes précédemment cités peuvent induire une baisse de rendement. Cependant sur haricot vert l'impact est nettement moins important que pour les nématodes *Meloidogyne*.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE. On ne le retrouve de toute façon pas sur les gousses.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Le taux de développement et le cycle dépendent de la plante hôte et des conditions environnementales.

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Température du sol est optimale pour les œufs à 35°C.	Très présent dans les climats tropicaux et subtropicaux.
Humidité du sol	Une irrigation saturante favorise la dissémination des nématodes.	Les juvéniles ont besoin d'eau libre pour se mouvoir et infecter les racines.
Sol	pH acide.	Les populations diminuent au fur et à mesure que le pH augmente.
Sol	Présence de certains champignons tels que *Rhizoctonia solani*, *Pythium*, Phytophtora, *Fusarium*.	Installation et développement du nématode sont favorisés.

SURVEILLANCE

Les plants attaqués peuvent manifester une faible croissance, de même qu'une chlorose et une défoliation. On retrouve dans le champ des zones de plants affectés. La présence de lésions racinaires témoigne de la présence du nématode. De telles plantes doivent être retirées précautionneusement pour un examen des lésions. Pour une détermination plus poussée il faut procéder à un examen détaillé de la morphologie des nématodes extraits des racines ou d'une autre partie de la plante attaquée.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques principales permettent de contribuer au contrôle du ravageur. La rotation culturale n'est pas vraiment efficace dans le cadre d'une lutte préventive contre ce ravageur en raison de la grande diversité d'hôtes.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé d'éviter de planter des haricots dans un champ qui a subi précédemment de graves infestions par ces nématodes.	Évitement d'une source d'infestation.
Gestion de la source en eau d'irrigation	Utiliser l'eau de forage pour l'irrigation de préférence à l'eau de rivière, car cette dernière peut transporter un grand nombre de nématodes. Si cela n'est pas possible, décantez l'eau de rivière dans un réservoir avant de l'utiliser et laissez les nématodes couler au fond du réservoir. Utilisez une pompe flottante pour extraire l'eau uniquement de la partie supérieure du volume d'eau - où il y a moins de nématodes.	Évitement d'une source d'infestation.
Choisir un terrain inondé en saison des pluies ou inonder volontairement le terrain	Le sol doit être inondé pendant plusieurs mois.	Asphyxie des larves
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Nettoyage du matériel agricole	Les équipements utilisés dans les champs (charrues, etc.) peuvent déplacer les nématodes dans les champs et doivent être nettoyé, par exemple avec de l'eau, après et avant leur utilisation.	Évitement d'une source d'infestation.
Utilisation raisonnée de la matière organique	L'infestation peut être réduite en appliquant en abondance de la matière organique bien décomposée dans la ligne de semis. La matière organique freine la remontée des nématodes qui se trouvent en profondeur dans le sol. D'autre part, un apport en matière organique peut modifier la microflore et la mésofaune et favoriser le développement de divers antagonistes.	Barrière physique autour des racines. Le contrôle par les antagonistes est renforcé.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Butter les plants	Cela permet de favoriser le développement de racines adventives qui peuvent compenser les éventuelles racines portant des galles.	Compensation aux racines attaquées.
Arrachage des plants arrivés en fin de production et les détruire	L'arrache régulier, avec toutes les racines, permettra de réduire le niveau de présence d'œufs de nématodes dans le sol.	Réduction de l'inoculum dans le sol.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Se référer au texte pour les nématodes Méloidogyne.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Se référer au texte pour les nématodes Méloidogyne.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Se référer au texte pour les nématodes Méloidogyne.

RÉFÉRENCES

— Nemaplex - UCDAVIS. (2021).
Pratylenchus brachyurus. Consulté le 31.05.2021 sur
http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G105S1.aspx

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5. LES MALADIES FONGIQUES

7.2.5.1. FUSARIOSE DU COLLET, FUSARIOSE BASALE DU HARICOT, POURRIDIÉ SEC DU HARICOT, POURRITURE DES RACINES DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Fusarium solani f. sp. *Phaseoli*

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

C'est un champignon tellurique.

CONSERVATION	Se conserve de l'ordre de 2 à 3 années dans le sol en particulier sur les débris végétaux grâce à ses chlamydospores.
SOURCES D'INOCULUM	Conidies, chlamydospores et mycélium présents dans le sol. Le *Fusarium* peut également être transmis par les semences.
INFECTION	La spore germe et commence à coloniser la plante par les racines.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	Une fois à l'intérieur, le champignon va proliférer dans le système vasculaire de la plante, où une grande partie des nutriments de la plante se déplace. La croissance du *Fusarium* à l'intérieur de la plante bloque le mouvement de l'eau et les symptômes typiques de flétrissement apparaissent. Lorsque la plante meurt, les spores du *Fusarium* retournent dans le sol via les débris de culture et le cycle recommence.
DISSÉMINATION	Les spores pathogènes sont disséminées par l'eau d'irrigation, les déchets de culture, et même par les outils agricoles.

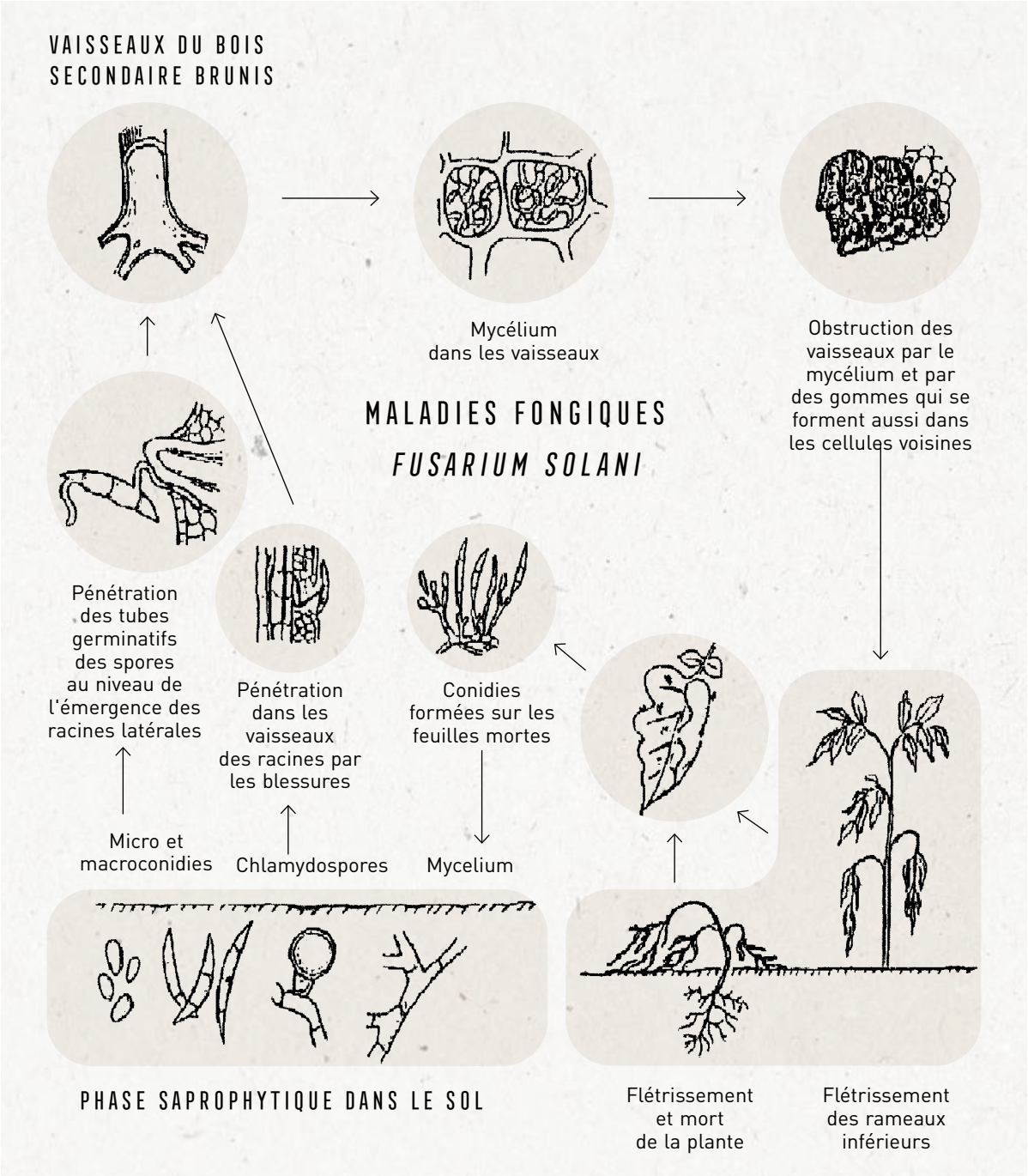


Figure 82 — Cycle infectieux de *Fusarium Solani* (Agrios, 1997).
https://agronomie.info/fr/fusarium-solani/

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Espèces du genre *Phaseolus*.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Du stade plantule à l'apparition des boutons floraux.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
+	++	+++	+++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

PLANTULE	Les plants atteints sont chétifs et on assiste à un flétrissement des plantules.
RACINE	Les racines sont nécrosées et la racine principale est rougeâtre. Les racines adventives ne se développent pas.
TIGE	Lésions longitudinales et rougeâtres sur la base de la tige (collet).
FEUILLE	Les feuilles primaires sont souvent jaunes, puis deviennent nécrotiques.
PLANTE ENTIÈRE	Il est fréquent que les plantes infectées ne présentent aucun symptôme jusqu'à la floraison, où les besoins en eau des plantes augmentent pour la production des gousses. À ce stade-là, les plantes peuvent soudainement s'affaisser, car le développement de la fusariose provoque une obstruction des vaisseaux des plantes, qui ne reçoivent donc pas assez d'eau.

Figure 83 — Jeune plant flétri et desséché. (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

Figure 84 — Symptômes sur jeunes plants. Bruce Watt, University of Maine, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Suite au flétrissement, des plants meurent.
Perte de rendement par plant	La pourriture des racines peut entraîner de graves pertes de rendement, en particulier lorsque des conditions environnementales défavorables (telles que l'humidité et le compactage du sol) persistent après la plantation et pendant la floraison.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Températures comprises entre 20 et 28°C	Développement rapide du champignon.
Sol	Sol compacté, sol gorgé d'eau ou sécheresse.	Facteurs empêchant un bon enracinement, fragilisent les plantes infectées et renforcent le développement de la maladie.
Sol	Salinité	Favorise l'infection.
Sol	Présence de *Pratylenchus penetrans* ou de *Meloidogyne* et de champignons du genre *Pythium*.	Accentuation de la gravité de la maladie.

SURVEILLANCE

L'identification de ce champignon se fait en surveillant le flétrissement de la plante dans le champ, en prélevant des échantillons sur les plantes infectées et en mettant en culture des échantillons de tissus. Étant donné qu'il n'existe pas de véritables fongicides pour *Fusarium*, il est important de noter les champs et les différentes zones des champs dans lesquels on a détecté *Fusarium*.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques culturales adéquates sont les moyens de lutte les plus efficaces. Ci-après en sont listées les principales.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences propres, certifiées et exemptes d'infection par le *Fusarium*. L'étiquette de la semence doit l'indiquer. Certains pays insistent pour que les semences importées soient traitées avec un fongicide pour cette raison. L'utilisation de semences auto-produites peut augmenter le risque de semences infectées par le *Fusarium*.	Evite que des graines infectées introduisent la fusariose dans un site sain, la maladie peut subsister dans le sol pendant de nombreuses années.
Choix du type de sol	Il convient d'éviter les sols compacts et les surfaces irrégulières, où l'eau peut s'accumuler et fragiliser les plantes.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.

Eviter les précédents culturaux sensibles	La rotation des cultures est très importante car le champignon est très spécifique et ne peut pas infecter des cultures autres que les *Phaseolus*. Si des haricots sont plantés sur le même terrain sans rotation, cela peut entraîner une accumulation de *Fusarium* dans le sol. Sur une parcelle fortement infestée il faut pratiquer une rotation d'au moins 3 ans et de préférence de 6 à 8 ans sans *Phaseolus*.* L'historique des cultures des champs constitue un moyen utile d'identification des zones ou des champs dans lesquels il convient de ne pas prévoir de culture de haricots dans le plan de rotation des cultures. Dans les champs où les infections par *Fusarium* sont très répandues, l'idéal serait d'avoir au moins une culture de maïs ou de crucifères avant la prochaine culture de haricots.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Bonne utilisation du matériel agricole	La terre contaminée présente sur les machines utilisées pour retourner la terre peut déplacer les agents pathogènes du sol. Veillez à ce que les champs gravement infectés soient les derniers à être parcourus dans la journée et lavez soigneusement les machines agricoles après leur utilisation, afin d'éviter que le sol infecté ne soit déplacé dans l'exploitation.	Évitement d'une source d'infestation.
Enrichir le sol en matière organique	Si la teneur du sol en matières organiques est gérée de manière active afin de conserver entre 3 et 5% de matières organiques - par l'épandage de fumier composté ou de résidus de récolte, cela permet le développement dans le sol de microbes utiles, tels que *Trichoderma*, qui ont un effet antagoniste sur la fusariose.	Le contrôle par les antagonistes est renforcé.
Travail du sol	Il est nécessaire de travailler préalablement le sol avec soin, dans le but d'assurer un drainage et une aération corrects du sol.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
Assurer un bon drainage du sol	Utilisez des plates-bandes surélevées, pour améliorer le drainage des sols trop humides.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Choix du système d'irrigation	Les plantes qui subissent un stress hydrique (trop ou pas assez d'eau) seront plus sensibles à l'infection par le *Fusarium*. Utilisez de préférence l'irrigation goutte à goutte pour arroser « peu et souvent ».	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.

Assurer une fertilisation raisonnée	Un excès d'azote dans le sol peut accélérer le développement de la fusariose chez les plantes infectées. Il est indispensable d'établir avec soin le programme d'épandage d'engrais afin d'éviter tout excès de fertilisation.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
Arrachage des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production et les détruire	Ne pas laisser les plantes manifestement infectées dans le champ. Le champignon continuera à se développer dans la plante mourante et augmentera l'inoculum potentiel de spores de la maladie dans le sol pour les cultures suivantes. Enlevez soigneusement les plantes avec leurs racines ; placez-les dans un sac pour les emporter hors du champ, enterrez le matériel végétal infecté ou hachez-le et compostez-le correctement.	Réduction de l'inoculum dans le sol.
Travail du sol en fin de culture	Labourer profondément pour enfouir les débris de haricots après la récolte.	Réduction de l'inoculum dans la partie supérieure du sol.
Utilisation raisonnée des déchets de culture	Ne pas nourrir le bétail avec des plantes arrivées en fin de production si le fumier doit être utilisé dans des champs de haricots car cela peut constituer une source d'infestation.	Évitement d'une source d'infestation.

* Dans la zone tropicale, où l'on peut pratiquer deux cultures et demie sur une période de 12 mois, il n'est peut-être pas nécessaire d'appliquer une rotation aussi longue. Si l'on intercale, dans la rotation des cultures non-hôtes, par exemple des cultures de maïs et de choux, entre les cultures de haricots, il est possible de cultiver à nouveau le haricot dans les 18 mois, en fonction de la gravité d'une infestation survenue précédemment dans le champ.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

F. solani a plusieurs ennemis naturels, tels que : les champignons antagonistes comme *Trichoderma viridens* et *Gliocladium virens ;* des bactéries du sous-groupe *Pseudomonas fluorescens* qui ont un effet pathogène sur ce champignon ; des bactéries antagonistes, comme *Bacillus subtilis*. Ces micro-organismes bénéfiques se développent dans le sol en cas de teneur élevée en matières organiques. Dans certains pays, ils sont également disponibles comme « biopesticides ».

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Le traitement des semences de haricots à l'aide de thirame est le principal moyen chimique de lutter contre cette maladie, mais cette substance n'est plus autorisée en UE. D'autres substances existent pour le traitement des semences et elles sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Il n'existe pas de traitement chimique efficace à appliquer après la germination ; il ne sera donc pas utile de traiter après la levée.

Les semences peuvent être traitées à l'aide de *Trichoderma*, qui peut contribuer à la protection des cultures contre *Fusarium*. Alternativement on peut appliquer, sur la ligne de plantation de la culture, de la matière organique préalablement enrichie en *Trichoderma*, environ 3 semaines avant de semer les haricots. Il faut maintenir la matière organique humide pendant cette période de préplantation - pour permettre au *Trichoderma* de se développer sur la matière organique.

Toutefois, *Trichoderma* est lui-même un champignon et il convient de demander des conseils sur l'utilisation simultanée de *Trichoderma* et de fongicides appliqués sur le sol ou les semences. Il est également possible d'appliquer *Trichoderma* en ayant recours à l'irrigation goutte à goutte (consulter l'étiquette). Les *Trichoderma* agissent également sur plusieurs autres maladies du sol comme (*Pythium, Rhizoctonia, Sclerotinia, Phytophthora* etc.).

Une préparation à base de *Streptomyces* K61 (*Streptomyces griseoviridis)* appliquée au stade plantule dans un sol humide, se développe rapidement et colonise les espaces disponibles autour du système racinaire des plantes hôtes, empêchant ainsi les champignons pathogènes de se nourrir et de se développer. De plus, la bactérie sécrète différents enzymes et métabolites qui empêchent la croissance des champignons pathogènes.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— Howard F. Schwartz, David H. Gent, Gary D. Franc and Robert M. Harveson. (2016). *Fusarium root rot*. Consulté le 01.06.2021 sur https://wiki.bugwood.org/HPIPM:Fusarium_Root_Rot

— D. Blancard (INRA). (2015). *Fusarium solani*. Consulté le 01.06.2021 sur https://ephytia.inra.fr/fr/C/22501/Bioagresseurs-du-sol-Fusarium-solani

— SAMSON JOSEPH MURIUNGi. (1997). *BEAN ROOT ROT COMPLEX; ITS MANAGEMENT BY MICROBIA AGENTS AND PLANT RESISTANCE*. Consulté le 01.06.2021 sur http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/20043/Muriungi_Bean%20root%20rot%20complex.pdf?sequence=3

— R. Leep. (2016). *Fusarium Root Rot of Common Beans*. Consulté le 01.06.2021 sur https://www.canr.msu.edu/resources/fusarium_root_rot_of_common_beans_e3876

— RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal*. Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.5.2. NÉCROSE DES TIGES OU POURRITURE DE LA RACINE DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Macrophomina phaseolina (*Rhizoctonia bataticola*)

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

C'est un champignon tellurique.

CONSERVATION	*M. phaseolina* survit sous forme de sclérotes sur des débris végétaux entre 16 et 18 mois. La survie et la germination des sclérotes sont favorisées par des sols secs, possédant un important ratio carbone/azote dans leurs amendements et des concentrations en oxygène supérieures à 16%. La conservation se fait aussi au niveau des semences.
SOURCES D'INOCULUM	Le principal agent infectieux pour la plupart des hôtes est constitué par des microsclérotes noirs contenus dans les sols ou les débris végétaux.
INFECTION	L'inoculum présent dans les sols colonise les racines dès leur entrée en contact avec celles-ci.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	La croissance des hyphes se fait le long des lignes de jonction des cellules épidermiques.
DISSÉMINATION	*M. phaseolina* produit rarement des spores. La propagation se fait donc principalement par le déplacement de terre ou des débris végétaux contenant des sclérotes, et par les graines.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Champignon tellurique très polyphage (plus de 500 hôtes connus) dont par exemple : *Arachis hypogaea* (arachide), *Cucumis sativus* (concombre), *Solanum tuberosum* (pomme de terre).

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Stades de plantule, floraison, de fructification, de formation des grains et de croissance végétative.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
+	+++	+++	++	+	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

L'entièreté de la plante de même que les feuilles, les bourgeons, les racines et les semences peuvent être attaqués par le champignon mais avec une attaque préférentielle des tiges et racines. Les nécroses possèdent un bord et se présentent sous l'aspect de cercles concentriques. De nombreux petits sclérotes ou pycnides se forment en marge des lésions et plusieurs zones du champ peuvent être atteintes.

GRAINE	Pourritures sèches, charbonneuses ou cendrées.
PLANTULE	Au niveau du semis, les premiers symptômes apparaissent sous forme d'une fine et irrégulière lésion de couleur noirâtre à la limite entre la surface et le sol au niveau de la tige. Pourriture sèche pouvant apparaître au niveau des cotylédons, du point de croissance et du collet sous forme de noircissement. Ces lésions se produisent avant ou juste après l'émergence de la jeune plantule. Après émergence, l'infection se répand à partir de la nécrose initiale. Les lésions s'élargissent, fusionnent, se nécrosent et peuvent conduire à la mort de la jeune plantule.
RACINE	Mycélium plus ou moins brun rappelant celui de *Rhizoctonia solani*.
PLANTE ENTIÈRE	Flétrissement, chloroses et chute des feuilles sont plus observables sur un côté de la plante.

Figure 85 — Plantules de haricot présentant des lesions noiratre sur la tige.
Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 86 — Nécrose sur tige (COLEAD, 2012. Itinéraire technique haricot vert)

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

L'impact est important en particulier dans les régions qui connaissent des conditions chaudes et sèches pendant la période de croissance de la plante.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Mort des plantules.
Perte de rendement par plant	Les plantes attaquées ne produisent pas, ou produisent moins.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Températures chaudes (30-40°C) et faible humidité relative. L'infection est maximale à 35°C et 76% d'humidité relative.	Plus grande sévérité de la maladie.
Présence concomitante d'autres bioagresseurs.	Présence de nématodes.	Infection favorisée. Une relation synergique s'installe entre le nématode (*Heterodera*, *Meloidogyne*, *Rotylenchus*) et le champignon.
Disponibilité en eau	Stress hydrique.	Prédisposition à l'infection.

SURVEILLANCE

Prévoir une surveillance depuis la germination jusqu'à la pleine récolte et traiter à l'aide de fongicides en cas de nécessité.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Le contrôle de *M. phaseoilina* se focalise sur la gestion des populations de microsclérotes dans le sol. Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences certifiées	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Enrichir le sol en matière organique	Par exemple avec du compost ou du tourteau de neem.	Le contrôle par les antagonistes est renforcé.
Nettoyage du matériel agricole	Les équipements utilisés dans les champs (charrues, etc.) peuvent déplacer les microsclérotes dans les champs et doivent être nettoyé, par exemple avec de l'eau, après et avant leur utilisation.	Évitement d'une source d'infestation.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer une irrigation régulière	Les plants sont prédisposés à l'infection à cause du stress hydrique.	Moins d'infection des plantes.
Assurer une fertilisation raisonnée en azote	Un excès d'azote dans le sol peut accélérer le développement de la maladie.	Développement moins rapide de la maladie.
Arrachage des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production et les détruire	Ne pas laisser les plantes manifestement infectées dans le champ. Le champignon continuera à se développer dans la plante mourante et augmentera l'inoculum potentiel de spores de la maladie dans le sol pour les cultures suivantes. Enlevez soigneusement les plantes avec leurs racines ; placez-les dans un sac pour les emporter hors du champ, enterrez le matériel végétal infecté ou hachez-le et compostez-le correctement.	Réduction de l'inoculum dans le sol.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

M. phaseolina a, comme *F. solani*, plusieurs ennemis naturels, tels que des champignons et bactéries antagonistes. Une bonne teneur en matière organique dans le sol favorise l'activité de ses microorganismes.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Le traitement des semences de haricots à l'aide de thirame est le principal moyen chimique de lutter contre cette maladie mais cette substance n'est plus autorisée en UE. D'autres substances alternatives existent et elles sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

En ce qui concerne les PPPs alternatifs, *Trichoderma harzanium* est un agent efficace pour lutter contre *M. phaseolina*. Il est possible de sensiblement réduire les taux d'infestation en appliquant cet antagoniste sur le sol. Ce champignon peut également s'utiliser dans le traitement des semences afin de lutter efficacement contre *M. phaseolina*. Des produits à base de *Streptomyces* sont également utilisables.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— D Blancard (INRA). (2015).
Lésions sur tiges et sur fruits à Macrophomina.
Consulté le 02.06.2021 sur
http://ephytia.inra.fr/fr/C/10602/Bioagresseurs-du-sol-Macrophomina-phaseolina

— Plantwise – CABI. (2021).
Charcoal rot of bean/tobacco.
Consulté le 02.06.2021 sur
https://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet/32134

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal.
Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5.3. FONTE DES SEMIS OU PIED NOIR OU POURRIDIÉ PYTHIEN

NOM SCIENTIFIQUE

Pythium aphanidermatum.

Il fait partie des oomycètes et est apparenté aux espèces du genre *Phytophthora*.

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

Ce champignon fait partie des oomycètes. Les oomycètes produisent des oospores, des spores sexuées qui servent de structure dormante et de moyen de survie dans des conditions défavorables.

CONSERVATION	Les oospores sont les structures primaires de survie : elles sont résistantes à la dessiccation et peuvent survivre dans les sols durant de longues périodes (11 mois) en l'absence de l'hôte adéquat ou de substrat organique qui permet leur survie en saprophytes. Si les conditions ne sont pas réunies pour une infection, les zoospores s'enkystent et tant que l'humidité du sol et sa température sont adéquats, ils demeurent ainsi dans le sol pendant au moins 7 ans.
SOURCES D'INOCULUM	En présence de certains nutriments et pour des humidités relatives élevées, les sporanges sont stimulés à produire des zoospores mobiles, principaux agents infectieux.
INFECTION	Les oospores germent directement ou forment des sporanges. Les sporanges aussi peuvent germer directement, mais peuvent également produire des spores en essaim, les zoospores. En présence d'eau libre, les zoospores sont attirées vers les semences et les racines qu'ils pénètrent. Les zoospores germent et infectent le semis, souvent à la limite entre le sol et l'air.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	De longs hyphes transpercent l'épiderme de la plante. Le champignon peut produire de nouveaux sporanges en quelques jours. Les cellules de la plante sont tuées par les substances excrétées par la moisissure, ce qui provoque le pourrissement.
DISSÉMINATION	Le pathogène est dispersé lorsque les débris végétaux infectés sont transportés vers des zones non infestées et lorsque l'humidité du sol est suffisante pour permettre aux zoospores de nager librement.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Le *P. aphanidermatum* affectionne une grande variété de plantes-hôtes, parmi lesquelles le concombre, les céréales, les variétés de choux, les haricots, la tomate, l'arachide, l'aubergine et la pomme de terre.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Stades de levée, de germination, de croissance végétative, et en post-récolte.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+++	+++	++	+	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

PLANTULE	Après le semis, les plantules ont du mal à émerger et celles qui émergent possèdent des racines marrons à noires nécrosées. Les plants flétrissent brutalement, on constate un ramollissement et une pourriture humide sur les racines, le collet et parfois sur les tiges. Sur les parties attaquées l'épiderme se détache facilement en grattant.
RACINE	Des lésions marronnes apparaissent sur les racines qui, attaquées par l'humidité, deviennent noires. Les racines latérales et les apex pourrissent, et le système racinaire entier est parfois putréfié.
TIGE	Des lésions marronnes apparaissent sur les tiges.
FEUILLE	Les symptômes foliaires sont des carences nutritionnelles dues à l'état des racines.
GOUSSES	Après récolte, sous des conditions de haute humidité, un mycélium blanc fragile peut se dév elopper sur les gousses dans les caissettes d'exportation.

Figure 87 — Plantules avec symptômes. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 88 — Masses blanches et duveteuses sur gousses atteintes de pourriture aqueuse.
David B. Langston, University of Georgia, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Les attaques précoces dans des conditions favorables conduisent souvent à la mort des plantules par fonte des semis.
Perte de rendement par plant	Il arrive qu'une fois que la plante a émergé et commencé à grandir, les infections par le pathogène ne soient plus létales mais elles peuvent malgré tout avoir un impact significatif sur la croissance de la plante et le rendement.
Baisse de la qualité	Un mycélium blanc fragile peut se développer sur les gousses dans les caissettes d'exportation.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Grande humidité du sol et des températures douces voire chaudes (température du sol comprise entre 32 et 37°C) avec une grande luminosité.	Conditions idéales pour la germination des oospores.
Sol	pH supérieur à 7.	Le pH du sol est un élément important dans l'infection du champ par le champignon phytopathogène car il influence son écologie (germination des oospores) et sa pathogénicité. Pour des pH compris entre 5 et 6, l'activité saprophytique du champignon au champ est fortement réduite.

SURVEILLANCE

Étant donné que certains autres champignons phytopathogènes causent des dégâts similaires, il convient de confirmer le diagnostic en isolant et en identifiant l'agent pathogène.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Eviter les précédents culturaux sensibles	En raison des nombreux hôtes de ce champignon, la rotation culturale ne permet pas de complètement contrôler le pathogène mais il existe certaines pratiques en matière de rotation qui permettent de réduire la charge de l'inoculum. Les champignons du genre *Pythium* sont connus pour être des pathogènes pour lesquels il est difficile de trouver des hôtes résistants. Mais il existe des exemples de plantes tolérantes tels que le gingembre et le maïs et quelques espèces de haricot.	Les densités de population de *P. aphanidermatum* dans les sols après la récolte peuvent être réduites par une rotation de 2 à 3 ans.
Choix du système d'irrigation et de la source en eau	Eviter l'irrigation à la raie. Les zoospores peuvent également être présentes dans l'eau des rivières et se propager par les systèmes d'irrigation qui utilisent l'eau des rivières. On préfèrera l'eau de forage.	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.

PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Enrichir le sol en matière organique	Un taux élevé de matière organique dans le sol permet une structure donnant une bonne aération et favorise le développement des microorganismes antagonistes	Le contrôle par les antagonistes est renforcé. Dispersion des zoospores plus difficile.
Travail du sol	Il est nécessaire de travailler préalablement le sol avec soin, dans le but d'assurer un drainage et une aération corrects du sol.	Un sol bien drainé limite non seulement la dispersion des zoospores, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
Assurer un bon drainage du sol	Utilisez des plates-bandes surélevées, pour améliorer le drainage des sols trop humides.	Un sol bien drainé limite non seulement la dispersion des zoospores, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
Assurer une fertilisation raisonnée	Un excès d'azote dans le sol peut accélérer le développement de la maladie. Il est indispensable d'établir avec soin le programme d'épandage d'engrais afin d'éviter tout excès.	Développement moins rapide de la maladie.
Assurer un amendement raisonné	Différentes mixtures ou composés organiques et inorganiques sont connus pour réduire l'incidence de la maladie. Cette capacité à contrôler le pathogène dure environ 25 jours après application de l'amendement et l'urée semble être le composant le plus efficace contre le pathogène. Le mécanisme de suppression du champignon est lié à un effet direct des fertilisants minéraux et à un effet indirect du mélange qui réduit le pH et stimule l'activité microbienne du sol.	Le contrôle par les antagonistes est renforcé. Toxicité sur le champignon.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Pas d'irrigation excessive	La présence d'eau libre en abondance et en permanence favorise la dispersion des zoospores.	Moins de dispersion et d'infection.
Arrachage des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production et les détruire	Ne pas laisser les plantes manifestement infectées dans le champ. Le champignon continuera à se développer dans la plante mourante et augmentera l'inoculum potentiel de spores de la maladie dans le sol pour les cultures suivantes. Enlevez soigneusement les plantes avec leurs racines ; placez-les dans un sac pour les emporter hors du champ, enterrez le matériel végétal infecté ou hachez-le et compostez-le correctement.	Réduction de l'inoculum dans le sol.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

De bonnes pratiques agricoles et l'apport de matières organiques dans le sol permettent d'accroître la présence naturelle de *Trichoderma* et d'autres microorganismes dans le sol qui sont des antagonistes des *Pythium*.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Plusieurs fongicides commerciaux ont été mis au point pour le traitement du sol et des semences et pour le traitement préventif contre *P. aphanidermatum*. Le thirame est le fongicide le plus recommandé pour le traitement des semences de haricots mais cette substance n'est plus autorisée en UE. D'autres substances existent pour le traitement des semences ou du sol et elles sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Des PPPs à base de microorganismes de contrôle biologique existent pour lutter contre les *Pythium*, comme : *Bacillus amyloliquefaciens* (précédemment *subtilis*) souche QST 713, *Gliocladium catenulatum*, *Gliocladium virens*, *Streptomyces* K61 (*Streptomyces griseoviridis*), *Streptomyces lydicus* WYEC 108 et *Trichoderma harzianum*.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

- Syngenta – Seedcare. (2021). *Pythium aphanidermatum*. Consulté le 03.06.2021 sur https://www.syngentaseedcare.com/fr/farmore/legumes/maladies/pythium/pythium-aphanidermatum
- John Rusagara Nzungize, François Lyumugabe, Jean-Pierre Busogoro & Jean-Pierre Baudoin. (2011). *Pythium root rot of common bean: biology and control methods. A review.* BASE, volume 16 (2012), numéro 3, 405-413. Consulté le 03.06.2021 sur https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=9019
- Kala C. Parker. (2021). *Pythium aphanidermatum*. Consulté le 03.06.2021
- Koppert. (2021). *Pythium aphanidermatum. Fonte des semis.* Consulté le 03.06.2021 sur https://www.koppert.fr/defis/maitrise-des-maladies/fonte-des-semis/
- Plantwise – CABI. (2021). *Damping-off. Pythium aphanidermatum*. Consulté le 03.06.2021 sur https://www.plantwise.org/KnowledgeBank/datasheet/46141
- RAP Cultures ornementales en serre. (2019). *Fiche technique Pythium*. Consulté le 03.06.2021 sur https://www.agrireseau.net/documents/Document_98695.pdf
- RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal*. Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5.4. FONTE DES SEMIS OU RHIZOCTONE BRUN

NOM SCIENTIFIQUE

Rhizoctonia solani

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

Ce champignon produit des basidiospores et fait donc partie des basidiomycètes.

CONSERVATION	Sur les résidus de culture et la matière organique des sols sous la forme de mycélium ou de pseudo-sclérotes (plusieurs années). On peut également le retrouver sur et à l'intérieur des semences. Présent parfois dans certains substrats et composts.
SOURCES D'INOCULUM	Contaminations par l'intermédiaire du mycélium déjà présent dans le sol ou issu des sclérotes. Elles peuvent aussi avoir lieu via des basidiospores issues de sa reproduction sexuée.
INFECTION	Pénétration du mycélium dans les tissus directement à travers la cuticule ou par l'intermédiaire de blessures diverses. Envahissement inter et intracellulaire rapide des tissus grâce à des enzymes lytiques.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	Formation de mycélium cheminant sur les tissus et sur le sol, et gagnant d'autres organes sains. Le mycélium grandit sur la surface de la plante et forme des coussins d'infection qui vont ensuite infecter toute la plante. Parfois, production de basidiospores formées sur des basides présentes à la surface de l'hyménium.
DISSÉMINATION	Rarement par les basidiospores transportées par le vent sur des distances assez importantes. Transmission aussi assurée par la terre contaminée par le mycélium et les sclérotes via le travail du sol, les outils et les engins aratoires souillés ; ou par l'eau via les éclaboussures lors des irrigations ou des pluies.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Champignon polyphage, il se développe sur de nombreuses cultures comme : maïs, tomate, piment, aubergine, pomme de terre, concombre, crucifères, légumineuses…

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Le stade le plus sensible est le stade plantule jusqu'à 21 jours après semis. Les infections précoces conduisent à la dégénérescence de la semence et un dépérissement post-émergence.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
+++	+++	+++	++	+	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Le champignon touche les racines, les tiges, mais également les feuilles et les fruits s'ils se trouvent près du sol.

GRAINE	Dégénérescence de la semence
PLANTULE	Fonte des semis, un affaiblissement et un jaunissement ou flétrissement des plantules
RACINES	Nécrose sèche du pivot et des radicelles
COLLET	Chancres brun-rougeâtres et déprimés, qui s'étendent longitudinalement.
FEUILLES	Jaunissements ou flétrissements foliaires liés à l'altération des tissus. Maladie de la toile sur feuilles touchant le sol*
GOUSSES	De petits chancres concaves et humides apparaissent parfois sur les gousses en période de récolte. Maladie de la toile sur gousses touchant le sol*

* Attaques en climats équatoriaux ou tropicaux très humides.

Figure 89 — Pourriture du collet de plantules de haricot causée par Corticium *rolfsii* (à gauche), et par *Rhizoctonia solani* (à droite) - AGCD - Coopération Belge. (1989). Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

Figure 90 — Symptômes sur jeunes plants. Edward Sikora, Auburn University, Bugwood.org

Figure 91 — Maladie de la toile sur feuilles. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 92 — Maladie de la toile sur gousses. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

R. solani est un pathogène dont les dégâts ont une importance économique pour certains pays d'Afrique comme le Sénégal.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Par défaut de levée ou dépérissement des plantules.
Perte de rendement par plant	Par affaiblissement des plants atteints.
Baisse de la qualité	Par présence de taches sur les gousses.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Des plantes en pleine croissance sont moins sensibles que d'autres qui sont affaiblies ou grandissent de manière irrégulière.

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Sol	Humidité	Bonne condition de conservation du mycélium.
Sol	Pauvreté en micro-organismes antagonistes	Pas de frein naturel à l'expansion du champignon.
Sol	Tassement.	Allonge la phase de levée et favorise l'expression des symptômes.
Sol	Salinité	Favorise l'infection.
Sol	Argilo-sableux	Favorise l'infection.
Conditions météorologiques	Humidité relative élevée. Pluies abondantes.	Favorisent l'infection.
Conditions météorologiques	Des températures supérieures à 24-26°C. Optimum de 27°C.	Favorisent l'infection.
Irrigation	Par aspersion excessive.	Favorise l'infection.
Feuillage	Forte densité.	Une humidité relative élevée près du sol, sous un feuillage dense, peut favoriser les infections.

SURVEILLANCE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie. Toute mesure favorisant une levée rapide et un bon établissement des plantules limite l'impact de cet agent pathogène.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences propres, certifiées et exemptes d'infection par le *Rhizoctonia*.	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.
Eviter les précédents culturaux sensibles	Le précédent cultural pomme de terre est à éviter car cette culture est un hôte important de ce champignon. Il faut pratiquer des rotations longues (3 à 6 ans).	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
Choix de la source en eau	Eviter une eau trop salée.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
Eviter les situations de parcelles ombragées	Le sol et les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.
Eviter les sols compactés et asphyxiants	Ce type de sol ne permet pas une bonne croissance des plantes et est favorable à l'infection par le champignon.	Limite non seulement l'infection, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Enrichir le sol en matière organique	Un taux élevé de matière organique dans le sol permet une structure donnant une bonne aération et favorise le développement des microorganismes antagonistes.	Le contrôle par les antagonistes est renforcé. Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
Travail du sol	Il est nécessaire de travailler préalablement le sol avec soin, dans le but d'assurer un drainage et une aération corrects du sol.	Limite non seulement l'infection, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
Assurer un bon drainage du sol	Utilisez des plates-bandes surélevées, pour améliorer le drainage des sols trop humides.	Un sol bien drainé limite non seulement l'infection, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
PLANTATION		
Semer superficiellement (profondeur maximale 3 cm)	Permet une levée rapide et une croissance rapide des jeunes plants.	Les plants résistent mieux aux attaques.

Eviter des semis trop denses	Permet de diminuer l'humidité relative et la température sous la végétation et augmenter l'évapotranspiration et la pénétration des rayons solaires	Évitement des conditions favorables à l'infection.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Pas d'irrigation excessive	Un sol trop humide est favorable à l'infection.	Évitement des conditions favorables à l'infection.
Choix du système d'irrigation	L'irrigation au goutte à goutte permet de réduire les risques de dissémination du pathogène.	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.
Utiliser des fertilisants foliaires	Cela permet de compenser les difficultés d'alimentation de la plante par les racines.	Les plants résistent mieux aux attaques.
Arrachage et destruction des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum. Évitement de contamination de parcelles voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Les champignons du genre *Trichoderma* sont des antagonistes de *Rhizoctonia solani*.

De bonnes pratiques agricoles et l'apport de matières organiques dans le sol permettent d'accroître la présence naturelle de *Trichoderma* et d'autres microorganismes utiles dans le sol.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

L'enrobage des semences avec un fongicide procure une protection efficace.

Avant le semis, l'on peut procéder à une fumigation du sol en utilisant du métam-sodium associé à un traitement des semences par l'iprodione mais cette dernière substance n'est plus autorisée en UE.

D'autres substances existent pour le traitement des semences ou du sol et elles sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

La lutte par des produits de biocontrole contre *Rhizoctonia solani* fait largement appel à l'utilisation de l'antagoniste *Trichoderma* spp. *Bacillus amyloliquefaciens* (précédemment *subtilis*) souche QST 713, *Streptomyces* K61 (*Streptomyces griseoviridis)* et *Streptomyces lydicus* WYEC 108 sont également efficaces. On peut également citer *Gliocladium virens* et *Gliocladium catenulatum.*

Il est aussi possible d'utiliser en association les antagonistes fongiques et des amendements organiques pour une meilleure efficacité du contrôle de *R. solani*.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

La semence peut être traitée à l'eau chaude (environ 52°C) pendant 30 minutes. Ce type de traitement élimine les contaminations fongiques de la semence.

RÉFÉRENCES

— IRIIS phytoprotection. (2021).
Rhizoctone commun - Haricots vert et jaune. Consulté le 04.06.2021 sur
https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Champignon?imageId=9226

— Syngenta – Seedcare. (2021).
Rhizoctonia solani. Consulté le 04.06.2021 sur
https://www.syngenta.nl/fr/farmore/legumes/maladies/rhizoctonia/rhizoctonia-solani

— D Blancard (INRA)
Rhizoctonia solani. (2021). Consulté le 04.06.2021 sur
http://ephytia.inra.fr/fr/C/23066/Tropileg-Rhizoctone-brun-Rhizoctonia-solani

— Syngenta. (2021).
Rhizoctone brun du haricot. Consulté le 04.06.2021 sur
https://www.syngenta.fr/traitements/rhizoctone-brun-du-haricot

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Anicé Anger. (2020).
Biologie du rhizoctone brun. Consulté le 04.06.21 sur
http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2020/05/Fiche-Biologie-Rhizoctonia-solani.pdf

— ITB (Institut Technique de la Betterave). (2019).
Fiche technique - Gestion intégrée des maladies - Rhizoctone brun.
Consulté le 04.06.21 sur
https://www.itbfr.org/fileadmin/user_upload/PDF/Fiches_Bioagresseurs/Gestion_integree_-_rhizoctone_brun_web.pdf

— Pierre Camporota. (1985).
Antagonisme in vitro de Trichoderma spp. vis-à-vis de Rhizoctonia solani Kühn. Agronomie, EDP Sciences, 5 (7), pp.613-620. Consulté le 04.06.21 sur
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00884791/document

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5.5. POURRITURE DU COLLET, NÉCROSE DU COLLET

NOM SCIENTIFIQUE

Sclerotium rolsfii (*Corticum rolfsii - Athelia rolfsii*)

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

Conservation	Sous forme de sclérotes dans le sol pendant plusieurs années (5 ans dans un sol sec). Le mycélium est capable de survivre pendant 6 mois dans un sol sec.
Sources d'inoculum	La principale source d'inoculum est un microsclérote noir dans les sols ou les débris végétaux des plantes hôtes.
Infection	Les sclérotes, exposés à des températures dépassant les 26-27°C, germent, et des hyphes émergents croissent et pénètrent les tiges et autres structures végétales qui entrent en contact avec la surface du sol. Il peut pénétrer un tissu sain sans qu'il n'y ait de blessure.
Développement, sporulation	Une fois *Sclerotium rolfsii* établi dans le tissu végétal, il développe un mycélium blanc à partir du site d'infection, lequel forme éventuellement un motif en éventail qui continue de progresser vers les racines. Le pathogène envahit la tige et les racines et détruit le cortex. Si les températures sont d'au moins 27-35°C, le mycélium se compacte, et entre 4 et 7 jours suivant l'infection, il forme des sclérotes qui passent rapidement du blanc au brun. Occasionnellement, *S. rolfsii* a un stade de fructification sexué qui se développe sur les bords des lésions et dans les endroits qui sont à l'ombre du soleil. Ce stade n'est pas fréquemment observé sur le terrain et on ne pense pas qu'il soit d'une importance primordiale dans la transmission de la maladie.
Dissémination	Les sclérotes sont légèrement plus lourds que les spores, donc ils sont moins susceptibles d'être transportés par le vent. Toutefois, ils peuvent être dispersés d'un champ à un autre par l'eau, les animaux et les charrues contaminées.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Ce champignon est très polyphage, sévissant particulièrement dans les régions chaudes tropicales et subtropicales.

Il peut s'attaquer et persister sur quelques 500 plantes, cultivées ou non, appartenant à une centaine de familles botaniques. Parmi les légumes, signalons notamment : tomate, piment, aubergine, diverses salades, melon, concombre, pastèque, betterave, carotte, chou-fleur, céleri, ail, oignon, radis, navet, patate douce. Il attaque également : maïs, riz, arachide sorgho, pomme de terre.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

De la levée à la phase de fructification.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	+	++	+++	+++	0

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

RACINE	Elles pourrissent.
COLLET	Pourriture humide à la base du collet juste au-dessus de la ligne du sol.
TIGE	Un mycélium blanc, épais avec des sclérotes sphériques (1mm de diamètre) d'abord blancs puis beiges se développe sur la tige à la base de la plante et se répand tout autour de la matière organique du sol et des racines. Ceci est observable durant les périodes chaudes et humides et disparaît au moment de la sécheresse.
FEUILLE	On observe de façon précoce un jaunissement du bord des feuilles les plus basses. Les feuilles supérieures commencent ensuite à jaunir et chutent.
PLANTE ENTIÈRE	Petit à petit la plante flétrit et meurt.

Figure 93 — Plants présentant des sclérotes bruns sur la tige, Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 94 — Flétrissement de plants (source IT de base)

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

L'impact peut être important uniquement dans des conditions de culture très humides et chaudes ; ce qui est rarement le cas du haricot vert destiné à l'export.

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Par dépérissement.
Perte de rendement par plant	Par affaiblissement des plants atteints.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Sol	Humidité	Favorise l'infection.
Sol	Sols acides, sa croissance mycélienne étant optimale entre pH 3 et 5 ; la germination des sclérotes s'effectue entre pH 2 et 5. Cette dernière semble inhibée au-delà de pH 7.	Favorise l'infection.

Sol	Pauvreté en matière organique bien décomposée.	Antagonistes moins actifs.
Sol	Carence en azote.	Antagonistes moins actifs.
Sol	Plus la teneur en argile du sol diminue, plus la maladie augmente.	Infection favorisée.
Conditions météorologiques	Humidité relative élevée. Pluies abondantes.	Favorisent l'infection.
Conditions météorologiques	Des températures supérieures à 26-27°C	Favorables à la germination des sclérotes.
Conditions météorologiques	Des températures chaudes (entre 26 et 35°C) et des humidités relatives entre 20 et 40%	Permettent aux sclérotes de survivre dans les sols.

SURVEILLANCE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Eviter les précédents culturaux sensibles	Il est conseiller d'effectuer des rotations culturales tous les 3 ans au maximum et surtout de ne pas faire se succéder des cultures possédant ce parasite en commun.*	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
On évitera les situations de parcelles ombragées	Le sol et les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.
PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Enrichir le sol en matière organique bien décomposée	Un taux élevé de matière organique dans le sol permet une structure donnant une bonne aération et favorise le développement des microorganismes antagonistes	Le contrôle par les antagonistes est renforcé. Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.

Chaulage du sol	Permet de remonter le pH dans les sols trop acides.	Infection limitée.
Assurer un bon drainage du sol	Utilisez des plates-bandes surélevées, pour améliorer le drainage des sols trop humides.	Un sol bien drainé limite non seulement l'infection, mais empêche également les plantes de devenir prédisposées au champignon.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente l'humidité au sol. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Pas d'irrigation excessive	Un sol trop humide est favorable à l'infection.	Évitement des conditions favorables à l'infection.
Assurer un désherbage régulier de la parcelle	La présence de mauvaises herbes garde plus longtemps l'humidité au sol.	Évitement des conditions favorables à l'infection.
Assurer une bonne fertilisation azotée et riche en calcium	L'application d'azote permet de contrôler la maladie et augmente le rendement. Le calcium permet de remonter le pH du sol.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante. Infection limitée.
Arrachage et destruction des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum. Évitement de contamination de parcelles voisines.

* Bien que la rotation des cultures soit une méthode traditionnelle et privilégiée pour lutter contre la maladie, elle n'est pas très efficace pour lutter contre *S. rolfsii* en raison de sa large gamme d'hôtes et de la capacité de survie des sclérotes dans le sol.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Le manque d'amendements organiques ou une matière organique mal décomposée ou encore une carence en azote dans le sol, diminue l'activité des microorganismes antagonistes, comme *Bacillus subtilis* et les *Trichoderma*, et donc favorise le développement du champignon.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Actuellement, le traitement des semences au moyen de fongicides est la méthode la plus probante pour lutter contre cet agent pathogène.

Avant le semis, l'on peut procéder à une fumigation du sol en utilisant du métam-sodium.

D'autres substances existent pour le traitement des semences ou du sol et elles sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Parmi les produits de biocontrôle les suivants auraient une certaine efficacité quand ils sont appliqués dans le sol : *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium* spp., *Streptomyces lydicus* WYEC 108, *Gliocladium virens* et *Gliocladium catenulatum.*

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

L'application de jus de gingembre à 20g/l à raison de 100 ml/plant (application au collet et à la terre environnante) serait efficace. Une application répétée, au moins trois fois à intervalle de quinze jours pendant le cycle de développement du haricot, semble être nécessaire. (NDRIAMIARISOA Lovaniaina Dinanirina, 2014).

RÉFÉRENCES

— D Blancard (INRA). (2019).
Athelia rolfsii - Pourritures à Athelia. Consulté le 07.06.21 sur
http://ephytia.inra.fr/fr/C/10595/Bioagresseurs-du-sol-Athelia-rolfsii-Sclerotium-rolfsii

— Domenico Citterio. (2018).
Sclerotium rolfsii. Consulté le 07.06.21 sur
https://www.citteriopatate.it/wp-citterio/?p=1547

— Stephen A. Ferreira, Rebecca A. Boley. (1992).
Sclerotium rolfsii. Consulté le 07.06.21 sur
http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/s_rolfs.htm

— Chenzhao Xie, Gary Vallad. (2016).
Integrated Management of Southern Blight in Vegetable Production.
Consulté le 07.06.21 sur https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CPP%5CPP27200.pdf

— NDRIAMIARISOA Lovaniaina Dinanirina. (2014).
LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LE CHAMPIGNON Sclerotium rolfsii, UN AGENT CAUSAL DE LA POURRITURE DU COLLET DU HARICOT. Consulté le 04.06.21 sur
http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/andriamiarisoaLovaniainaD_SN_M2_14.pdf

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5.6. ALTERNARIOSE

NOM SCIENTIFIQUE

Alternaria spp. dont *A. alternata.*

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

CONSERVATION	Le champignon survit sur les débris végétaux des sols et sur les mauvaises herbes.
SOURCES D'INOCULUM	L'inoculum primaire (spores infectieuses) peut se trouver dans le champ où les plantes sont cultivées.
INFECTION	Pour que les spores puissent infecter une feuille, celle-ci doit rester mouillée pendant environ quatre heures.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	Bien que les symptômes apparaissent sur les cosses adultes à la fin de la saison de végétation, les faits révèlent que des infections se développent plus tôt sur les fleurs, les jeunes cosses et les feuilles. Le champignon demeure inactif après une infection prématurée jusqu'à ce que débute la sénescence naturelle de la plante.
DISSÉMINATION	Les spores qu'il produit peuvent être transportées, par le vent ou la pluie, des débris végétaux en décomposition jusqu'aux feuilles, aux fleurs et aux cosses de haricots mange-tout.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Alternaria alternata peut infecter un large éventail d'hôtes, *Phaseolus* spp., *Pisum sativum* (pois), *Solanum melongena* (aubergine)...

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	0	+	++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les espèces du genre *Alternaria* sont des parasites latents entrant par les ouvertures naturelles et ne donnant des symptômes qu'après latence. Ils sont responsables d'infections sur gousses qui peuvent se produire parfois déjà en champ, mais que l'on retrouve essentiellement en post-récolte.

FEUILLES	Les symptômes se limitent le plus souvent aux feuilles primaires qui montrent des taches brunâtres, grossièrement arrondies, bordées d'un anneau plus foncé, ou un grand nombre de petites taches uniformément noires, en fonction de l'agent pathogène impliqué. En conditions de forte humidité, ces symptômes peuvent aussi se propager sur les feuilles trifoliées les plus âgées.
GOUSSES	Mouchetures orangées, roussâtres ou brunâtres.

Figure 95 — Symptômes sur feuilles et gousses.
Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Baisse de la qualité	Due à la présence de taches sur les gousses qui apparaissent parfois seulement après la récolte.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Un temps frais (15 à 23°C) et humide qui maintient les feuilles mouillées pendant 24 heures ou plus.	Occasionne la germination de spores et l'infestation.
Déficience nutritionnelle	Carence nutritionnelle en azote et/ou en potassium.	Plus forte sensibilité.

SURVEILLANCE

Prévoir une surveillance durant les stades phénologiques sensibles et traiter à l'aide de fongicides en cas de nécessité.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Des mesures de contrôle sont rarement justifiées mais les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Eviter les précédents culturaux sensibles	Il est recommandé d'appliquer un minimum de trois cycles de culture de plantes non-hôtes ou une rotation de cultures sur trois ans pour éviter le développement de la maladie dans un champ.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé de ne pas semer les haricots verts près d'autres cultures infestées par des maladies fongiques qui pourraient les infester à leur tour.	Évitement d'une source d'infestation.

On évitera les situations de parcelles ombragées	Les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente la persistance de l'humidité sur le feuillage. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Assurer une bonne fertilisation azotée et riche en potasse.	Moindre sensibilité des plantes à la maladie.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante. Infection limitée.
Arrachage et destruction des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum. Évitement de contamination de parcelles voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Il est particulièrement important d'appliquer des fongicides efficaces lorsque les gousses sont petites afin d'éviter les infections qui se manifesteront plus tard lorsque les gousses seront matures.

Les substances conseillées sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Les moyens de lutte biologique contre les champignons du genre *Alternaria* comprennent les bacilles, les entérobactéries et le champignon antagoniste *Trichoderma viride.*

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 08.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. (2016).
Alternariose du haricot mange-tout. Consulté le 08.06.21 sur
http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/podspot.htm

— Gene McAvoy. (2017).
Prevent Alternaria from Putting Your Snap Beans on the Spot.
Consulté le 08.06.21 sur
https://www.growingproduce.com/crop-protection/disease-control/prevent-alternaria-from-putting-your-snap-beans-on-the-spot/

— IRIIS phytoprotection. (2021).
Alternariose - Haricots vert et jaune. Consulté le 08.06.21 sur
https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Champignon?imageId=9228

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

7.2.5.7. *ANTHRACNOSE* DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Colletotrichum lindemuthianum (*Gleosporium lindemuthianum*)

CYCLE DE VIE DE L'AGENT PATHOGÈNE

CONSERVATION	Le champignon peut survivre sous forme de mycélium au repos surtout dans les graines infectées en dans une moindre mesure sur des débris comme les fanes et les gousses pendant plus de 2 à 5 ans selon les conditions environnementales.
SOURCES D'INOCULUM	La contamination primaire est réalisée par les propagules du champignon que transporte la graine ou, dans une moindre mesure, la paille du haricot. La contamination secondaire se fait via des conidies produites sur des plantes déjà infectées.
INFECTION	Elle se fait via des propagules ou via des conidies produites sur des conidiophores libres, dans des acervules. Une conidie germe en 6 à 9 heures sous des conditions environnementales favorables.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	Le délai entre l'infection et les symptômes visibles varie de 4 à 9 jours, en fonction de la température.
DISSÉMINATION	Le champignon est disséminé sur de longues distances par les semences infectées. La propagation sur de courtes distances se fait par contact mécanique, par des éclaboussures d'eau ou par le vent, en particulier par temps frais et humide.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Uniquement des légumineuses comme : haricot de Lima (*P. lunatus*), haricot d'Espagne (*P. multiflorus*), haricot Mungo (*P. aureus*), niébé (*Vigna sinensis*), fève (*Vicia faba*), pois *cajan* (*Cajanus cajan*), pois (*Pisum sativum*).

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Stades de pré-émergence, de croissance végétative, de floraison et de fructification.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
+	+	++	++	+++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

On peut observer des symptômes sur n'importe quelle partie de la plante mais le plus souvent sur les feuilles.

GRAINE	Les graines infectées se décolorent et deviennent jaunes, puis brunes et noires.
PLANTULE	Des taches brun pâle et enfoncées peuvent apparaître sur les cotylédons.
TIGE	Les lésions sont allongées et enfoncées.
FEUILLE	Lésions brun foncé et allongées, d'abord sur les nervures à la face inférieure des feuilles. La maladie s'étend ensuite latéralement en tâches lenticulaires d'un brun-clair bordées de brun plus foncé, visibles à la face supérieure. La maladie peut affecter de larges zones du limbe, qui prend souvent un aspect chiffonné.
GOUSSE	Tâches arrondies déprimées à bords saillants brun-rougeâtres, présentant par temps humide des acervules qui apparaissent comme des gouttelettes gommeuses rosâtres. Ces lésions pénètrent profondément dans les gousses et peuvent provoquer le flétrissement des jeunes gousses.

Figure 96 — Symptôme sur pétiole. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

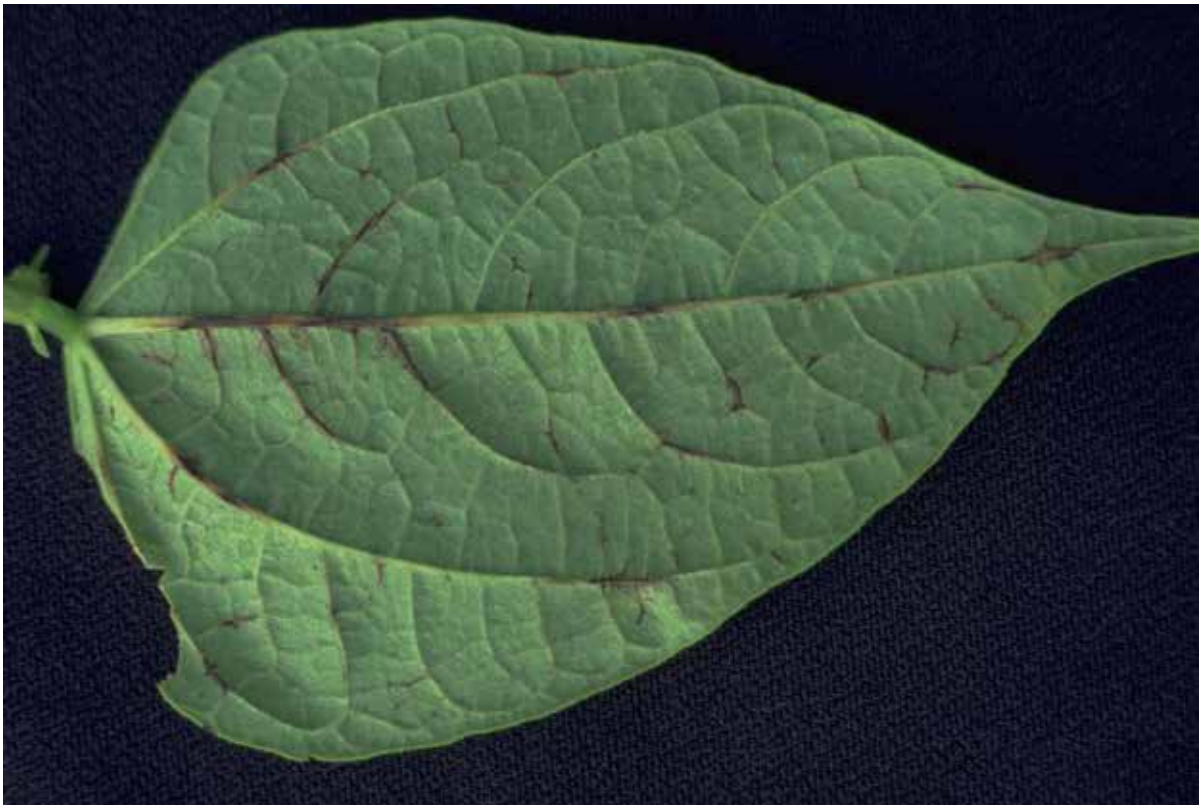


Figure 97 — Symptôme sur nervures d'une feuille.
Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 98 — Symptôme sur gousse.
Elizabeth Bush, Virginia Polytechnic Institute and State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Une attaque précoce peut aboutir à la mort des plantules des cultivars sensibles par suite d'attaques sur l'hypocotyle.
Perte de rendement par plant	Les dégâts sur le feuillage peuvent conduire à des pertes de rendement.
Baisse de la qualité	Due à la présence de taches sur les gousses.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

La maladie est plus fréquente dans les zones tempérées que sous les tropiques. En zone tropicale, l'anthracnose prévaut dans les régions froides, en hautes altitudes (1 600 - 2 000 m). Le développement de l'anthracnose est peu probable sur les semences produites dans les zones semi-arides, qui ont peu de précipitations et des températures élevées pendant la saison de croissance.

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Une pluie modérée à intervalles réguliers, surtout lorsqu'elle est accompagnée de vent et d'effet « splash ».	Dissémination des conidies favorisée implique le développement d'épidémies sévères.
Conditions météorologiques	Températures moyennes comprises entre 13 et 26°C avec un optimum allant de 17 à 20°C.	Infection favorisée.
Conditions météorologiques	Humidité relative supérieure à 92% durant tous les stades de la germination des conidies, à l'incubation et à la sporulation	Infection favorisée.

SURVEILLANCE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences propres, certifiées et exemptes d'infection par le champignon.	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.
Choix de variétés résistantes	Par exemple la variétés Paulista et Amy ainsi que d'autres (voir point 3.2.).	Infection limitée.
Eviter les précédents culturaux sensibles	Des rotations culturales de 2-3 ans sans légumineuse sont souvent recommandées parce-que le champignon peut survivre sur des débris infectés pendant plus de 2 ans.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé de ne pas semer les haricots verts près d'autres cultures infestées par des maladies fongiques qui pourraient les infester à leur tour.	Évitement d'une source d'infestation.
On évitera les situations de parcelles ombragées	Les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente la persistance de l'humidité sur le feuillage. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Réduire l'activité et les déplacements des travailleurs dans le champ	Lorsque le feuillage est mouillé après la pluie il y a un risque que les habits des travailleurs ne soient contaminés lors du frottement sur les feuilles et que de nouvelles plantes soient ainsi contaminées.	Évitement de la dispersion du champignon.
Désherbage régulier de la parcelle	Permet une meilleure aération des plants donc une moindre humidité sur la plante.	Infection réduite.
Eviter l'irrigation par aspersion.	L'excès d'eau risque d'être propice au développement de la maladie.	Infection réduite.
Arrachage et destruction des plants visiblement malades ou arrivés en fin de production	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum. Évitement de contamination de parcelles voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

L'anthracnose étant un problème mineur pour le haricot vert sous les tropiques, l'application de fongicides n'est le plus souvent pas justifiée.

PÉRIODE D'APPLICATION

Les semences de haricots sont généralement traitées au moyen de fongicides contre diverses maladies fongiques et cela contribuera au contrôle de l'anthracnose lors de la germination. Durant le cycle de croissance, les traitements s'effectuent, en cas de besoin, après l'apparition des premières feuilles et jusqu'à la formation des gousses. Dans les zones infestées il est conseillé d'effectuer 3 traitements au minimum en cours de végétation (apparition 1ère feuille trifoliée, 1ers boutons floraux et apparition des gousses). Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé.

LES SUBSTANCES

Les substances conseillées sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Les moyens de lutte biologique comprennent *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens*, *Streptomyces lydicus* WYEC 108, les extraits de neem et le cuivre.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Ephytia - INRA. (2017).
Colletotrichum lindemuthianum - Anthracnose du haricot.
Consulté le 09.06.21 sur http://ephytia.inra.fr/fr/C/22669/Vigi-Semences-Colletotrichum-lindemuthianum-Anthracnose-du-haricot

— Plantwise – CABI. (2016).
Guide de gestion des problèmes phytosanitaires : liste verte. Anthracnose du haricot - Colletotrichum lindemuthianum. Consulté le 09.06.21 sur
https://www.plantwise.org/FullTextPDF/2016/20167800888.pdf

— Helene Dillard, Margaret Tuttle McGrath. (2021).
Bean Anthracnose. Consulté le 09.06.21 sur
https://www.vegetables.cornell.edu/pest-management/disease-factsheets/bean-anthracnose/

— Amin Mohammed. (2013).
An Overview of Distribution, Biology and the Management of Common Bean Anthracnose. J Plant Pathol Microb, 4:8. Consulté le 09.06.21 sur
https://www.longdom.org/open-access/an-overview-of-distribution-biology-and-the-management-of-common-bean-anthracnose-2157-7471.1000193.pdf

— J.C. Tu. (1984).
Maladies des haricots et moyens de lutte. Consulté le 09.06.21 sur
http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/aac-aafc/A53-1758-1984-fra.pdf

— Syngenta. (2021).
Anthracnose du haricot. Consulté le 09.06.21 sur
https://www.syngenta.fr/traitements/anthracnose-du-haricot

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans.* Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.5.8. MALADIE DES TACHES ANGULAIRES DES FEUILLES

NOM SCIENTIFIQUE

Pseudocercospora griseola (*Isariopsis griseola - Phaeoisariopsis griseola*)

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

CONSERVATION	Le champignon survit sous forme de spores dans les débris végétaux des plantes infectées et le sol plusieurs mois (jusqu'à 19 mois).
SOURCES D'INOCULUM	Débris végétaux, semences et les plantes hôtes naturelles ou sauvages.
INFECTION	L'infection se fait par le stomate.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	La phase de développement intracellulaire est responsable de la nécrose. Des fructifications sont produites sur les lésions et par temps humide beaucoup de conidies apparaissent.
DISSÉMINATION	L'effet splash de la pluie peut favoriser la dissémination de spores mais les vents secs sont les agents principaux de disséminations. La dissémination se fait aussi par les semences.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Fabaceae comme le niébé, le soja, les *Desmodium* et *Dolichos lablab*.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

De la floraison à la fin de période de récolte.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
+	+	+	+++	++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Les lésions sont observables sur tiges, feuilles et gousses.

TIGE	Les lésions sur les tiges sont allongées et brunes.
FEUILLE	Sur les premières feuilles, les tâches sont circulaires, mais sur des feuilles trifoliées, on observe les tâches angulaires caractéristiques. La maladie se manifeste sur les feuilles inférieures du plant sous forme de tâches angulaires d'abord grises, puis brunes limitées par les nervures foliaires. Les lésions peuvent aussi être entourées d'un halo chlorotique sans bordure colorée. Sur la face inférieure des feuilles, on peut distinguer de petites touffes de couleur foncée. La forme angulaire des tâches est une caractéristique des symptômes. Les feuilles atteintes jaunissent et tombent prématurément.
GOUSSE	Les lésions sur les gousses sont moins fréquentes que sur les feuilles. Elles sont de forme ovale à circulaire, d'abord superficielles, avec des bordures noires et un centre rouge-brun. La largeur des tâches est variable mais elles grossissent ensuite pour fusionner et occuper toute la gousse. Les symptômes sont similaires à ceux de l'anthracnose.

Figure 99 — Taches angulaires sur feuille (source IT de base)

Figure 100 — Tache sur gousse. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de rendement par plant	À cause de la chute de feuilles.
Baisse de la qualité	Les taches sur les gousses les rendent invendables.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Une longue période (de 1 à 2 jours) chaude (16 à 28°C avec un optimum à 24°C) et humide persistante associée à une source d'inoculum primaire. Ces conditions doivent alterner avec des périodes sèches et venteuses pour la dispersion de spores.	Développement de l'infection.

SURVEILLANCE

Inspectez régulièrement les champs pour détecter l'apparition précoce de la tache angulaire et déterminer le moment de l'application du fongicide.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences propres, certifiées et exemptes d'infection par le champignon.	Evite que le champignon ne soit introduit dans un site sain.
Eviter les précédents culturaux sensibles	Des rotations culturales de 2 ans sans légumineuse sont souvent recommandées parce-que le champignon peut survivre sur des débris infectés jusqu'à 19 mois.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est recommandé de ne pas semer les haricots verts près d'autres cultures infestées par des maladies fongiques qui pourraient les infester à leur tour.	Évitement d'une source d'infestation.
On évitera les situations de parcelles à micro-environnement trop humide ombragées	Une culture trop dense, ombragée ou associée au maïs restera plus longtemps humide.	Infection limitée.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente la persistance de l'humidité sur le feuillage. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Réduire l'activité et les déplacements des travailleurs dans le champ.	Lorsque le feuillage est mouillé après la pluie il y a un risque que les habits des travailleurs ne soient contaminés lors du frottement sur les feuilles et que de nouvelles plantes soient ainsi contaminées.	Évitement de la dispersion du champignon.
Désherbage régulier de la parcelle	Permet une meilleure aération des plants donc une moindre humidité sur la plante.	Infection réduite.
Arrachage et destruction des plants visiblement trop attaqués ou arrivés en fin de production	L'arrachage doit être suivi immédiatement de la destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux).	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum. Évitement de contamination de parcelles voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

PÉRIODE D'APPLICATION

Le traitement des semences et la pulvérisation des feuilles permettent de lutter contre la maladie des taches angulaires.

Appliquer un fongicide en début de floraison (quand 10-30% des fleurs sont épanouies) lorsque les conditions sont propices à une éclosion de la maladie. Envisager d'effectuer un second traitement fongicide sept jours plus tard à la fin de la floraison (quand 50-70% des fleurs sont sorties) si des conditions propices à l'éclosion de la maladie et à sa propagation se manifestent entre le début et la fin de la floraison ou sont prévues après la fin de la floraison. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé.

Les fongicides s'avèrent efficaces lorsqu'ils sont appliqués avant la floraison et à la formation des gousses. Il est parfois possible d'éviter les traitements, car les attaques fongiques se produisent souvent tardivement dans le cycle de culture et ont donc très peu d'effet sur les récoltes.

LES SUBSTANCES

Les substances conseillées sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

Les moyens de biocontrôle comprennent le cuivre et le soufre.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. (2021).
La tache angulaire dans les haricots mange-tout. Consulté le 10.06.21 sur
http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/06-048.htm

— Claude Déclert. (1990).
Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale - Cultures de Côte-d'Ivoire.
Consulté le 10.06.21 sur
https://core.ac.uk/download/pdf/39864691.pdf.

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal. Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans.* Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.5.9. ROUILLE BRUNE DU HARICOT

NOM SCIENTIFIQUE

Uromyces appendiculatus. Anciennement *Uromyces phaseoli.*

CYCLE DE VIE DU CHAMPIGNON

CONSERVATION	Sous forme de téleutospores qui sont capables d'assurer la survie du parasite d'une année à l'autre.
SOURCES D'INOCULUM	Plantes hôtes proches.
INFECTION	Lorsque le feuillage du haricot se développe, il est susceptible d'être infecté par les spores portées par le vent. Les spores germent sur la feuille et pénètrent à travers les stomates, se nourrissant de la matière foliaire. Les symptômes apparaissent dans les 5 jours.
DÉVELOPPEMENT, SPORULATION	Au fur et à mesure de sa maturation, le champignon forme une pustule brun rougeâtre qui fait éruption à travers la surface de la feuille.
DISSÉMINATION	Les spores sont disséminées par l'air ou par des moyens mécaniques (mains des cueilleurs et matériel agricole) ou via des animaux dont des insectes. Certains types de spores sont spécialement adaptés à la survie et possèdent d'épaisses parois sombres ; ils peuvent survivre longtemps dans l'atmosphère et parcourir de grandes distances.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Principalement les espèces du genre *Phaseolus*

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Des jeunes plants à la fin de période de récolte

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
0	0	++	+++	++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

Bien que la maladie touche surtout les feuilles, elle s'attaque également aux pétioles et aux gousses et, dans les cas graves, à la tige.

TIGE	Mêmes symptômes que sur les feuilles mais plus rare.
FEUILLE	Les dégâts apparaissent, surtout à la face inférieure des feuilles, sous la forme de petites (1 à 2 mm de diamètre) pustules jaunes, devenant rapidement des masses de spores brun-rouge au milieu d'une tache jaune. Le halo jaune n'apparaît pas chez certaines variétés, les symptômes sont alors plus discrets. Sur les plantes fortement attaquées les feuilles se dessèchent et tombent. Comme les feuilles très atteintes flétrissent, les plantes gravement malades prennent rapidement un aspect étriqué.
GOUSSE	Les gousses sont parfois attaquées. Elles présentent des « îles Vertes » autour des pustules.

Figure 101 — Taches à la face inférieure et supérieure de feuilles. (source IT de base)

Figure 102 — Feuillage fortement attaqué. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 103 — Taches de rouille sur gousse. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Si l'infection commence aux stades précoces de la croissance végétative, la plante peut mourir.
Perte de rendement par plant	La photosynthèse diminue à la suite des dégâts sur les feuilles. La rouille a un effet maximal sur le rendement si elle infecte les haricots entre les stades de la troisième feuille trifoliée, de la préfloraison et du début de floraison.
Baisse de la qualité	La présence de taches sur les gousses déprécie la récolte.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Des conditions humides (environ 95% d'humidité relative) et des températures de 20 à 25°C. La germination des spores est maximale pour des températures comprises entre 17 et 22°C avec un pourcentage plus faible pour les spores et les pustules ayant envahi les feuilles les plus âgées. La maladie est réduite par les hautes températures.	Favorisent le développement du pathogène. Au Sénégal, dans la zone des Niayes, la période favorable à la rouille va de décembre à mars.
Fertilisation	Fumure azotée excessive et manque de potasse	La maladie est favorisée

SURVEILLANCE

Les symptômes induits par ce champignon sont facilement reconnaissables et il est possible de diagnostiquer la maladie sur le terrain. Voir le point 7.1.2 sur des indications pour la méthodologie à suivre.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix de variétés résistantes	Voir point 3.2.	Infection limitée.
Eviter les précédents culturaux sensibles	Des rotations culturales de 2-3 ans sans légumineuse sont souvent recommandées parce-que le champignon peut survivre sur des débris infectés pendant plus de 2 ans.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
Choix de l'emplacement de la parcelle	Il est conseillé d'éviter de cultiver dans les cuvettes où le brouillard persiste longtemps le matin, car cela fournit des conditions d'humidité et de température adéquate pour une infection. Il est recommandé de ne pas semer les haricots verts près d'autres cultures infestées par de la rouille qui pourrait les infester à leur tour.	Évitement d'une source d'infestation.
Plantez du maïs, des céréales ou du tournesol entre les parcelles de haricot vert	Permet de minimiser la propagation des maladies transmises par le vent, comme la rouille du haricot.	Infection limitée.
On évitera les situations de parcelles ombragées	Les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente la persistance de l'humidité sur le feuillage. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.

ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Désherbage régulier de la parcelle	Permet une meilleure aération des plants donc une moindre humidité sur la plante.	Infection réduite.
Eviter l'irrigation par aspersion le soir ou la nuit	L'excès d'eau risque d'être propice au développement de la maladie.	Infection réduite.
Assurer des fumures azotées et potassiques bien équilibrées	Permet le développement des microorganismes antagonistes et accroissent la résistance de la plante.	Moins d'effet de la maladie sur la croissance de la plante.
Arrachage et destruction des plants visiblement trop malades ou arrivés en fin de production	Après arrachage, destruction (enfouissement profond, brûlage ou aliment pour les animaux) des résidus de culture.	Permet d'éviter les sources d'inoculum primaire. Évitement de contamination de parcelles voisines.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

PÉRIODE D'APPLICATION

Les traitements recommandés incluent l'application hebdomadaire préventive de fongicides durant la période comprise entre la formation des boutons floraux et la floraison ou des traitements curatifs réalisés dès que l'on détecte les premières taches brunes. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé. Une détection précoce des symptômes est essentielle, ce qui nécessite une bonne formation du personnel agricole (ouvriers agricoles, surveillants).

LES SUBSTANCES

Les substances conseillées sont reprises dans le tableau de l'annexe 3.

En ce qui concerne les produits de biocontrôle, des bactéries telles que *Bacillus amyloliquefaciens (subtilis) souche QST 713*, le cuivre, le soufre, permettent de contrôler le champignon.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— J.C. Tu. (1984).
Maladies des haricots et moyens de lutte.
Consulté le 11.06.21 sur
http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/aac-aafc/A53-1758-1984-fra.pdf

— Syngenta. (2021).
Rouille du haricot. Consulté le 11.06.21 sur
https://www.syngenta.fr/traitements/rouille-du-haricot

— Infonet Biovision. (2021).
Bean rust. Consulté le 11.06.21 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/MinorPests/Bean-rust

— Talo Pastor-Corrales, Merion Liebenberg. (2010).
Common bean rust. Consulté le 11.06.21 sur
http://arsftfbean.uprm.edu/bic/wp-content/uploads/2018/04/Rust.pdf

— Claude Déclert. (1990).
Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale - Cultures de Côte-d'Ivoire.
Consulté le 11.06.21 sur
https://core.ac.uk/download/pdf/39864691.pdf

— RADHORT. (2012).
La culture du haricot nain au Sénégal.
Consulté le 12.05.2021 sur
http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021).
Beans. Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.6. LES MALADIES BACTÉRIENNES

7.2.6.1. GRAISSE DU HARICOT OU BACTÉRIOSE À HALO

NOM SCIENTIFIQUE

Pseudomonas savastanoi pv. *phaseolicola* ou *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*

CYCLE DE VIE DE LA BACTÉRIE

La graisse du haricot est une bactérie nécrotique qui tue les cellules devant le front de développement de la lésion et secondairement colonise les tissus morts. Son cycle de développement (de la contamination à l'apparition des symptômes) est rapide avec moins de 7 jours sous des conditions optimales.

CONSERVATION	L'agent pathogène survit dans les graines infestées. La graisse du haricot subsistera également dans les résidus de culture jonchant le sol.
SOURCES D'INOCULUM	Les semences, les déchets organiques et des plantes hôtes déjà infectées. Les adventices et certaines espèces non-hôtes peuvent aussi servir de source d'inoculum primaire car la bactérie peut vivre sur celles-ci de façon épiphyte et sans symptômes.
INFECTION	Lorsque le temps est très humide, l'agent pathogène pénètre dans la plante par les lenticelles, les stomates ou des blessures.
DÉVELOPPEMENT	Après être entrée dans les feuilles, la bactérie se multiplie à une vitesse exponentielle dans les espaces intercellulaires. Les symptômes se développent endéans 6 à 10 jours.
DISSÉMINATION	La maladie peut se propager d'une feuille à l'autre et d'une plante à l'autre par les éclaboussures de pluie et par l'eau d'irrigation. Elle peut se propager jusqu'à 26 mètres à partir du foyer principal. Si du matériel agricole atteint est laissé in situ, sur le sol, ou est traîné sur le reste de la superficie cultivée, il est susceptible de propager la maladie. La transmission via des insectes est également possible.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

Des infections naturelles ont été enregistrées sur plusieurs autres espèces de légumineuses, y compris tous les membres des *Phaseoleae* à l'exception de *Desmodium* spp. et *Pisum sativum*.

DESCRIPTION DE L'AGENT PATHOGÈNE

C'est une bactérie Gram négatif, aérobie, en forme de bâtonnet qui mesure 0,5 à 1,0 sur 1,5 à 4,0 µm, et qui se meut grâce à un flagelle polaire.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Stades de pré-émergence, de croissance végétative, de floraison et de fructification.

GRAINE	GERMINATION - LEVÉE	JEUNES PLANTS	BOUTONS FLORAUX ET FLORAISON	DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES	POST-RÉCOLTE
++	++	++	+++	++	+

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

La bactérie peut attaquer la plante entière, les feuilles, les bourgeons, les gousses et les graines.

GRAINE	Elles peuvent être ratatinées.
PLANTULE	Chlorose générale, rabougrissement et distorsion de la croissance. En cas de doute sur l'identification de la maladie chez les plantules, il faut couper la tige et plonger l'extrémité coupée dans un verre d'eau. S'il s'agit d'une infection bactérienne, de l'extrémité coupée dans l'eau, s'écoulera un suintement bactérien blanc. Cela ne se produira pas s'il s'agit d'une maladie causée par un champignon, tel que le *Fusarium*.
TIGE	Sur les jeunes plantes, les lésions sur la tige se présentent sous la forme de stries rougeâtres qui peuvent se fendre et libérer un exsudat bactérien par temps humide.
FEUILLE	Les premiers symptômes sur les feuilles sont de très petites (0,5 cm de diamètre) taches « imbibées d'eau ». Les tissus foliaires apparaissent initialement translucides et saturés d'eau sous l'effet d'une extrusion de l'eau vers les espaces intercellulaires. La nécrose qui apparaît ensuite est parfois entourée d'un halo chlorotique (2 à 3 cm de diamètre) induit par la diffusion d'une toxine responsable de la mort des cellules végétales. La confluence de ces halos aboutit à une chlorose plus ou moins généralisée du limbe. Si les températures sont très élevées, le halo peut ne pas apparaître du tout. Un examen attentif du centre des taches permet de révéler l'exsudat bactérien, qui est généralement de couleur crème clair ou argenté.
GOUSSE	Elles montrent des taches vert foncé, graisseuses, devenant partiellement brun rougeâtre, circulaires ou s'étendant le long des sutures. Il n'y a pas d'halo autour des taches.

Figure 104 — Chlorose et lésions isolées. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

Figure 105 — Sympômes sur jeunes feuilles. (source IT de base)

Figure 106 — Taches graisseuses sur gousse. Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

TYPE D'IMPACT	DESCRIPTION
Perte de plants	Le plant de haricot peut finir par mourir.
Perte de rendement par plant	Les dégâts sur les feuilles peuvent induire une chute de rendement.
Baisse de la qualité	Les lésions des gousses sont particulièrement importantes pour l'industrie du haricot vert car elles rendent la gousse inacceptable pour le marché du frais et les transformateurs.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

Maladie bactérienne majeure du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) dans les régions tempérées et au-dessus des altitudes moyennes dans les tropiques.

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Températures peu élevées, (16 à 24°C), un temps couvert et humide (humidité saturante). Les symptômes se développent endéans 6-10 jours mais peuvent être retardés quand les températures sont élevées. Pluies abondantes.	Développement rapide de la maladie.

SURVEILLANCE

Il est important d'identifier et d'éliminer les plantes atteintes dès qu'elles apparaissent dans le champ dans le but de ralentir la propagation de la maladie. Il convient de placer un sac sur la plante atteinte et de l'y enfermer avant de la retirer du champ. Lorsque l'on observe que des jeunes plants sont malades, une application localisée d'un produit à base de cuivre peut être effectuée.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les pratiques mentionnées ci-après permettent de contribuer au contrôle de la maladie.

ACTION	JUSTIFICATION ET/OU DESCRIPTION	EFFET
CHOIX PRÉALABLES		
Choix des semences	Il est important d'utiliser des semences propres, certifiées et exemptes d'infection par la bactérie. L'utilisation de graines que l'on a récoltées soi-même accroît le risque d'introduction de la graisse du haricot dans la zone de culture.	Evite que la bactérie ne soit introduite dans un site sain.
Choix de variétés résistantes ou tolérantes	Par exemple Paulista, Tania et Emelia	Infection limitée.
Eviter les précédents culturaux sensibles	La rotation des cultures de 3 ans ou plus avec des céréales (maïs) sont recommandées.	Baisse de l'inoculum dans le sol par rupture des cycles successifs.
On évitera les situations de parcelles ombragées	Les plantes restent plus longtemps humides en zones ombragées.	Infection limitée.

PRÉPARATION DE LA PARCELLE		
Nettoyage du matériel agricole	Les équipements utilisés dans les champs (charrues, etc.) peuvent déplacer la bactérie dans les champs et doivent être nettoyés, par exemple avec de l'eau, après et avant leur utilisation.	Évitement d'une source d'infestation.
PLANTATION		
Densité de semis adaptée	Une canopée dense augmente la persistance de l'humidité sur le feuillage. L'augmentation de l'espacement des plantes peut aider à réduire cette humidité.	Infection réduite.
ENTRETIEN DE LA CULTURE		
Réduire l'activité et les déplacements des travailleurs dans le champ.	Lorsque le feuillage est mouillé après la pluie il y a un risque que les habits des travailleurs ne soient contaminés lors du frottement sur les feuilles et que de nouvelles plantes soient ainsi contaminées.	Évitement de la dispersion de la bactérie.
Désherbage régulier de la parcelle	Permet une meilleure aération des plants, donc une moindre humidité sur la plante, et l'élimination de potentielles sources d'infestation.	Infection réduite.
Eviter l'irrigation par aspersion.	L'irrigation goutte à goutte est recommandée pour freiner la propagation de la maladie, car elle permet de réduire l'humidité dans le feuillage et de ne pas mouiller les feuilles.	Infection réduite.
Veillez à ce que les débris de récolte infestés soient rapidement et complètement incorporés au sol immédiatement après la récolte.	Étant donné que l'agent pathogène peut survivre pendant 12 mois sur des feuilles sèches exposées à une température de 24°C, il est essentiel de composter ou d'enterrer les plantes éliminées du champ. Il est possible d'utiliser les plantes éliminées comme fourrage pour les animaux tant que les débris de culture ne contiennent pas de résidus de pesticide.	Évitement de l'augmentation du potentiel d'inoculum.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Les pesticides à base de cuivre sont largement utilisés pour lutter contre la graisse du haricot, en dépit du fait qu'ils ne s'avèrent généralement pas très efficaces contre les maladies bactériennes. La pulvérisation peut être effectuée à l'aide de produits chimiques cuprifères tous les sept à dix jours après l'observation des premiers symptômes. Dans tous les cas ces recommandations devront être adaptées en fonction des recommandations fournies par le fabriquant du produit utilisé et les BPA devront être adaptées afin de respecter les LMR du marché ciblé.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Pas d'information disponible.

RÉFÉRENCES

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Dawn L Arnold, Helen C Lovell, Robert W Jackson, John W Mansfield. (2011).
Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola*: from 'has bean'to supermodel.
Mol Plant Pathol;12(7):617-27. Consulté le 14.06.21 sur
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21726364/

— Ephytia – INRA. (2017).
Pseudomonas savastanoi pv. phaseolicola - Graisse du haricot.
Consulté le 14.06.21 sur
http://ephytia.inra.fr/fr/C/22665/Vigi-Semences-Pseudomonas-savastanoi-pv-phaseolicola-Graisse-du-haricot

— Ronald J. Howard, J. Allan Garland et W. Lloyd Seaman. Publ. en collab.
Avec : Société d'entomologie du Canada. (1994). *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada : un traité pratique illustré.*
Partie 15 - Pois et haricot. Consulté le 14.06.21 sur
https://phytopath.ca/wp-content/uploads/2014/10/MRCLC/ch15-pois-haricot.pdf

— RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

— Infonet biovision. (2021). *Beans.* Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001). *A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.* Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.2.6.2. BACTÉRIOSE COMMUNE

NOM SCIENTIFIQUE

Xanthomonas axonopodis pv. *Phaseoli* ou *Xanthomonas campestris* f.sp. *Phaseoli.*

CYCLE DE VIE DE LA BACTÉRIE

Le cycle est similaire à celui de la bactérie de la graisse du haricot.

DESCRIPTION/IDENTIFICATION

AUTRES PLANTES HÔTES

D'autres légumineuses sont infectées naturellement, dont *P. lunatus*, *Vigna aconitifolia* et *V. radiata*.

DESCRIPTION DE L'AGENT PATHOGÈNE

Le *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* est une bactérie Gram négatif, aérobie, en forme de bâtonnet droit qui mesure 0,4 à 0,7 sur 0,7 à 1,8 µm, et se meut grâce à un flagelle polaire unique. Sur milieu gélosé, les colonies apparaissent muqueuses, convexes, jaunes et brillantes.

STADE(S) DE LA CULTURE AFFECTÉ(S)

Identique à la graisse du haricot.

SYMPTÔMES ET DÉGÂTS

GRAINE	Sur les variétés à graines blanches, des taches jaunes ou brunes peuvent apparaître sur le tégument, en particulier près de la zone du hile.
PLANTULE	L'annélation de la tige peut se développer au niveau du nœud cotylédonaire.
TIGE	L'infection des tiges est moins fréquente. Elle commence par une tache imbibée d'eau, qui devient une lésion brun-rougeâtre, généralement sans chlorose. La bactérie peut envahir le xylème, et un flétrissement peut se produire si un nombre suffisant de bactéries se développe dans le xylème.

FEUILLE	La maladie débute par de petites taches d'aspect imbibé d'eau, visibles à la face inférieure des feuilles. Un étroit halo de tissu jaune citron vif se développe souvent autour des lésions nécrotiques séchées, que l'on peut trouver dans les zones internervaires et le long des bords des feuilles. Les taches s'agrandissent, fusionnent et se nécrosent, déterminant l'apparition sur la face supérieure des limbes de plages brunâtres, irrégulières, flasques, limitées par une bordure jaune doré. Avec l'âge, ces lésions se dessèchent, deviennent brun clair, marquées de sinuosités brun foncé, et la bordure jaune s'estompe. De fortes attaques peuvent provoquer une chute de feuilles considérable.
GOUSSE	Développement de zones circulaires et imbibées d'eau qui peuvent également présenter des masses jaunes de bactéries sur les lésions. Plus tard, les taches sur les gousses deviennent brun rougeâtre et enfoncées. L'infection précoce des gousses entraîne des graines petites, ratatinées et décolorées.

Figure 107 — Décoloration de graines attaquées. V.R. Wallen, Agriculture and Agri-Food Canada, Bugwood.org

Figure 108 — Symptômes sur feuille. Howard F. Schwartz, Coloradoa University, Bugwood.org

IMPACT SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ

Identique à la graisse du haricot.

La maladie peut causer des pertes importantes dans les climats tropicaux, subtropicaux et tempérés. Cette maladie est plus grave dans les conditions tropicales à températures et précipitations élevées.

ORGANISME DE QUARANTAINE

Ce n'est pas un organisme de quarantaine de l'UE.

CONDITIONS FAVORABLES À L'INFESTATION

TYPE	CONDITION FAVORABLE	IMPACT / EXPLICATION
Conditions météorologiques	Temp chaud, température de l'air de 28° à 32°C, et humide.	Dommages les plus importants aux plants de haricots

SURVEILLANCE

Identique à la graisse du haricot.

CONTRÔLE PAR LES BONNES PRATIQUES DE CULTURE

Les mesures de contrôle sont semblables à celles recommandées pour la bactériose à halo.

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Pas d'information disponible.

CONTRÔLE À L'AIDE DE PRODUITS DE PROTECTION DES PLANTES

Même stratégie et même produits que pour la bactériose à halo.

AUTRES MÉTHODES DE CONTRÔLE

Les semences peuvent être désinfecté en les mettant à 60°C pendant 23 à 32°C avec une humidité relative de l'air de 45 à 55%.

RÉFÉRENCES

— AGCD - Coopération Belge. (1989).
Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale (No. 24). (232 p.). Consulté le 04.06.21 sur
http://www.nzdl.org/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0tulane--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-------0-1l--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.4&d=HASH017effd0ae3acd4ea49da90e.5.10&x=1

— Harveson R. M. (2009).
Common Bacterial Blight of Dry Beans in Nebraska. Consulté le 14.06.21 sur
https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1956.pdf

— CABI - Invasive Species Compendium.
Xanthomonas axonopodis pv. Phaseoli (bean blight). Consulté le 14.06.21 sur
https://www.cabi.org/isc/datasheet/56962

— Infonet biovision. (2021). *Beans*. Consulté le 12.05.2021 sur
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans
https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Beans

— A. Self, A. M. Varela, S. Michalik, B. Lohr. (2001).
A Guide to IPM in French Beans Produdion with Emphasis on Kenya.
Consulté le 12.05.21 sur
https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

7.3. PRINCIPAUX POINTS À RETENIR

7.3.1. PRINCIPAUX BIOAGRESSEURS PAR STADE DE LA CULTURE

Sont repris ci-après les principaux bioagresseurs à prendre en compte par stade de développement de la culture.

Il est rappelé ici que des mesures de suivi et de lutte ne sont à prévoir que si le bioagresseur est connu comme étant problématique dans la zone de culture.

LA GRAINE

Elle doit être exempte des microorganismes suivants afin d'éviter des pertes à la germination, la levée et la croissance des plantes

- *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*
- *Macrophomina phaseolina*
- *Rhizoctonia solani*
- *Colletotrichum lindemuthianum*
- *Pseudocercospora griseola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*

LA GERMINATION ET LA LEVÉE

La graine en germination, dans le sol, constitue une riche source de nourriture pour les larves d'insectes, les nématodes et les champignons qui vivent dans le sol. Les pertes occasionnées, perte de plants, peuvent être très importantes notamment à la suite des attaques des bioagresseurs suivants

- *Ophiomyia* spp.
- *Delia platura*
- *Meloidogyne* spp.
- *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*
- *Macrophomina phaseolina*
- *Rhizoctonia solani*
- *Sclerotium rolsfii*
- *Pythium aphanidermatum*
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*

Dès que les plantules sortent du sol elles peuvent être attaquées par des bioagresseurs aériens comme

- *Ophiomyia* spp.
- *Aphis* spp.
- *Bemisia tabaci* (risques de transmission de viroses)
- Thrips
- *Colletotrichum lindemuthianum*
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*

LES JEUNES PLANTS ET LA PHASE VÉGÉTATIVE

Les maladies foliaires peuvent être plus évidentes au cours du développement ultérieur du couvert des haricots, en raison du vieillissement de la plante qui devient plus sensible et de la densité du couvert qui favorise le développement des maladies. Cependant, les maladies commencent à se développer bien plus tôt dans la vie d'une culture et c'est à ce moment-là qu'il faut éviter leur apparition par des mesures préventives (pratiques culturales ou applications de PPPs). En effet une fois que les symptômes apparaissent la lutte curative devient difficile et pour les PPPs des contraintes de délais avant récolte peuvent se présenter. Les maladies à prendre en considération sont

- *Colletotrichum lindemuthianum*
- *Pseudocercospora griseola*
- *Uromyces appendiculatus*
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*

Les maladies foliaires peuvent être plus évidentes au cours du développement ultérieur du couvert des haricots, en raison du vieillissement de la plante qui devient plus sensible et de la densité du couvert qui favorise le développement des maladies. Cependant, les maladies commencent à se développer bien plus tôt dans la vie d'une culture et c'est à ce moment-là qu'il faut éviter leur apparition par des mesures préventives (pratiques culturales ou applications de PPPs). En effet une fois que les symptômes apparaissent la lutte curative devient difficile et pour les PPPs des contraintes de délais avant récolte peuvent se présenter. Les maladies à prendre en considération sont

- *Aphis* spp.
- *Bemisia tabaci*
- Thrips
- *Liriomyza trifolii*
- *Tetranychus* spp.

Les attaques racinaires et du collet à ce stade seront les plus dommageables pour la culture. C'est dès le début de cette période qu'il faut mettre en place des mesures préventives (pratiques culturales ou applications de PPPs) pour éviter leur développement. Les ravageurs et maladies à considérer sont

- *Meloidogyne* spp.
- *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*
- *Macrophomina phaseolina*
- *Rhizoctonia solani*
- *Sclerotium rolsfii*
- *Pythium aphanidermatum*

L'APPARITION DES BOUTONS FLORAUX, LA FLORAISON ET LE DÉVELOPPEMENT DES GOUSSES

Pendant cette phase de croissance ces 3 stades apparaissent successivement sur une plante. Mais à certains moments ces 3 stades coexistent sur une plante, c'est-à-dire que l'on peut observer en même temps des gousses prêtes à être récoltées, de nouveaux boutons floraux et des floraisons.

Cette période est très attrayante pour les ravageurs qui se nourrissent du pollen et des fleurs des haricots verts et ceux se nourrissant des gousses. Ceux à contrôler sont plus particulièrement

- Les thrips
- Helicoverap *armigera*
- *Spodoptera* spp. (s'attaque surtout au feuillage mais peut se retouver aussi sur gousse)

Pendant cette phase les ravageurs et maladies foliaires cités pour la phase végétative peuvent continuer à se développer ou apparaitre et nécessiter un contrôle. Il s'agit de

- *Aphis* spp. (pouvant parfois aussi apparaitre sur gousses)
- *Bemisia tabaci* (pouvant provoquer indirectement des dégâts sur gousse par le miellat)
- *Tetranychus* spp.
- *Colletotrichum lindemuthianum* (pouvant parfois aussi apparaitre sur gousses)
- *Pseudocercospora griseola* (pouvant parfois aussi apparaitre sur gousses)
- *Uromyces appendiculatus* (pouvant parfois aussi apparaitre sur gousses)
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*

Les bioagresseurs des racines et du collet peuvent continuer à se développer pendent cette phase mais aucun contrôle n'est plus possible pour éviter des dégâts.
Ils doivent être maîtrisés aux stades précédents.

LA RÉCOLTE ET LE POST-RÉCOLTE

La présence ou non de ravageurs ou maladies sur les gousses à la récolte et en post-récolte résulte de l'efficacité de leur contrôle en cours de culture. Un bon tri permet d'éviter d'avoir des gousses qui pourraient être rejetées par les acheteurs, et pour les organismes de quarantaine (OQ) en UE être de plus détruites par les autorités de contrôle au frais de l'exportateur, suite à la présence des organismes suivants

- Les thrips (OQ)
- *Liriomyza trifolii* (rarement sur gousse, OQ)
- *Helicoverpa armigera* (OQ)
- *Spodoptera frugiperda* (OQ)
- *Colletotrichum lindemuthianum*
- *Pseudocercospora griseola*
- *Uromyces appendiculatus*
- *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*
- *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*
- Fumagine (suite à de fortes attaques de pucerons ou mouches blanches)

7.3.2. RAPPEL DES PRINCIPALES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES FAVORABLES AUX ENNEMIS DES CULTURES

Sont rappelées ci-après de manière synthétique dans des x les principales conditions de l'environnement qui sont favorables au développement des bioagresseurs. Elles sont classées dans deux principales catégories : les conditions météorologiques et le sol.

Cette synthèse permet d'identifier les conditions favorables qui sont communes à plusieurs bioagresseurs. Celles qui sont communes au plus grand nombre de bioagresseurs seront évidemment celles qu'il faudra éviter en priorité.

Le tableau des conditions météorologiques montre quels sont les bioagresseurs qui sont les plus abondants pendant les périodes sans pluie (ou pluies faibles) et ceux qui sont favorisés par les pluies.

Le tableau montre aussi l'effet de la température sur l'abondance des bioagresseurs. Certains sont plus adaptés aux températures relativement assez fraiches (conditions que l'on retrouve surtout en altitude en zone tropicale) ; comme : *Trialeurodes*, *Megalurothrips sjostedti,* alternariose, anthracnose, rouille et graisse bactérienne. D'autres sont plus adaptés aux températures plus élevées comme : *Bemisia*, *Frankliniella occidentalis,* tétranyques, *Meloidogyne*, *Macrophomina*, *Sclerotium*, bactériose commune.

Sont aussi indiquées les humidités relatives optimales au développement des différents bioagresseurs.

7.3.2.1. LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Tableau 23 — Conditions météorologiques favorables

	PÉRIODE SANS PLUIE	SAISON DES PLUIES	TEMPÉRATURES OPTIMALES EN °C																									HUMIDITÉ RELATIVE OPTIMALE
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Mouche du haricot	+		Pas de disponibilité d'information détaillée, mais il s'agit d'un insecte de climat subtropical et tropical, donc avec des optimums thermiques relativement élevés.																									
Mouche du semis			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Pucerons	+										■	■	■	■	■													65%
Mouches blanches (*Bemisia*)												■	■	■	■	■	■											Elevée
Mouches blanches (*Trialeurodes*)							■	■	■	■	■	■																
Mineuse des feuilles	+		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
Thrips - *Frankliniella occidentalis*	+											■	■	■	■	■	■											
Thrips - *Megalurothrips sjostedti*		+						■	■	■	■	■	■															
Noctuelle (*Helicoverpa*)												■																
Foreuse des gousses		+	Pas de disponibilité d'information détaillée, mais il s'agit d'un insecte de climat tropical, donc avec des optimums thermiques relativement élevés.																									Très élevée
Chenilles légionnaires															■													
Mylabres		+	Pas de disponibilité d'information détaillée, mais il s'agit d'un insecte de climat tropical, donc avec des optimums thermiques relativement élevés.																									Très élevée
Tétranyques	+											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Méloidogynes		+													■	■	■	■	■									
Pratylenchus		+																				■						
Fusariose							■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Macrophomina	+																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Assez faible
Pythium		+																	■	■	■	■	■	■				Très élevée

	PÉRIODE SANS PLUIE	SAISON DES PLUIES	TEMPÉRATURES OPTIMALES EN °C																									HUMIDITÉ RELATIVE OPTIMALE
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Rhizoctone brun		+																										75-80%
Sclerotium		+																										Très élevée
Alternarioses		+																										Très élevée
Anthracnose		+																										>90%
Taches angulaires		+																										Très élevée
Rouille																												+/-95%
Graisse		+																										Très élevée
Bactériose commune		+																										Très élevée

7.3.2.2. LE SOL

Les caractéristiques du sol ont un impact essentiellement sur les organismes telluriques s'attaquant aux racines et au collet des plantes.

Tableau 24 — Caractéristiques du sol favorables au développement des bioagresseurs

	MATIÈRE ORGANIQUE EN DÉCOMPOSITION ENFOUIE PEU PROFONDÉMENT	FORTE HUMIDITÉ PERSISTANTE	MANQUE D'EAU	SABLEUX	PAUVRE EN MATIÈRE ORGANIQUE	PAUVRE EN ARGILE	PAUVRE EN AZOTE	LÉGER	COMPACTÉ	PH BAS (ACIDE)	PH ÉLEVÉ	PRÉSENCE D'AUTRES PATHOGÈNES TELLURIQUES
Mouche du semis	+	+										
Pucerons			+									
Méloidogynes		+	+	+	+	+		+				
Pratylenchus		+								+		
Fusariose		+	+						+			+
Macrophomina			+									+
Pythium											+	
Rhizoctone brun		+							+			
Sclerotium	+					+	+			+		
Alternarioses							+					

7.3.3. LES PRINCIPALES BONNES PRATIQUES DE CULTURE CONTRIBUANT AU CONTRÔLE DES BIOAGRESSEURS

Sont rappelées ci-après de manière synthétique dans des tableaux les pratiques culturales qui contribuent au contrôle des bioagresseurs. Elles sont classées dans 4 principales catégories :

1. Les choix préalables
2. La préparation de la parcelle
3. La plantation (semis)
4. L'entretien de la culture

Cette synthèse permet d'identifier les pratiques qui sont utiles au contrôle de plusieurs bioagresseurs. Celles qui sont communes au plus grand nombre de bioagresseurs seront évidemment celles qu'il faudra mettre en place en priorité tout en tenant compte en priorité des principaux bioagresseurs connus comme étant problématique dans la zone de culture. Il faudra aussi veiller à ce que les pratiques mises en place ne risquent pas des favoriser des bioagresseurs jusque-là considéré comme mineurs dans la zone de production.

Le type d'effet attendu des différentes pratiques est également rappelé dans ces tableaux.

7.3.3.1. LES CHOIX PRÉALABLES

Tableau 25 — Pratiques culturales pour le contrôle des bioagresseurs, à prendre en compte lors des chois préalables

PRATIQUE CULTURALE		SEMENCES SAINES CERTIFIÉES	VARIÉTÉS RÉSISTANTES / TOLÉRANTES	EVITER PROXIMITÉ D'UNE PARCELLE AVEC PLANTE HÔTE	ROTATION AVEC CULTURE NON-HÔTE	PRÉFÉRER UN SOL LÉGER À MI-LOURD	EVITER UN SOL COMPACTÉ OU ASPHYXIANT	TERRAIN SANS DÉPRESSIONS	EVITER UNE SOURCE D'EAU CONTAMINÉE	EVITER EAU TROP SALÉE	ENGRAIS VERT EN PRÉCÉDENT	TERRAIN INONDÉ AVANT LA CULTURE	PAS DE PRÉSENCE D'ARBRES HÔTES	PARCELLE PAS TROP OMBRAGÉE
TYPE D'EFFET	ÉVITEMENT	√	√	√			√	√	√	√			√	√
	RUPTURE CYCLE BIOAG-RESSEUR				√						√	√		
	DÉFENSE DE LA PLANTE AMÉLIORÉE		√			√	√			√				
Mouche du haricot				+	+	+								
Mouche du semis						+								
Pucerons				+										
Mouches blanches				+										
Mineuse des feuilles				+										
Thrips			+	+	+									
Tétranyques				+										
Méloidogynes					+		+		+		+	+	+	
Pratylenchus					+				+			+		
Fusariose		+			+	+		+						
Macrophomina		+												
Pythium					+			+	+					
Rhizoctone brun		+					+	+		+				+
Sclerotium					+									+
Alternarioses				+	+									+
Anthracnose		+		+	+									+
Taches angulaires		+		+	+									+
Rouille			+	+	+									+
Graisse		+	+		+									+
Bactériose commune		+	+		+									+

7.3.3.2. PRÉPARATION DE LA PARCELLE

Tableau 26 — Pratiques culturales pour le contrôle des bioagresseurs ; à prendre en compte lors de la préparation de la parcelle

PRATIQUE CULTURALE		TRAVAIL INTENSIF DU SOL (LABOUR PROFOND)	TRAVAIL LIMITÉ DU SOL*	PLATES-BANDES SURÉLEVÉES / DRAINAGE	MATIÈRE ORGANIQUE INCORPORÉE COMPLÈTEMENT SOUS LE LIT DE SEMIS	MATIÈRE ORGANIQUE BIEN DÉCOMPOSÉE ENFOUIE DANS LES PREMIERS CM DU SOL	CHAULAGE DU SOL	NETTOYAGE DU MATÉRIEL AGRICOLE	SOLARISATION	TERRAIN NU ET IRRIGUÉ PENDANT 2 SEMAINES	ASSOCIATION DE CULTURES	BANDES FLEURIES	HAIES	BRISE-VENTS (BARRIÈRES)
TYPE D'EFFET	ÉVITEMENT		√	√	√	√	√	√		√	√			√
	RUPTURE CYCLE BIOAGRESSEUR	√							√					
	DÉFENSE DE LA PLANTE AMÉLIORÉE				√	√								
	ACTION AUXILIAIRES RENFORCÉE		√		√	√				√	√	√	√	
Mouche du haricot		+									+	+	+	
Mouche du semis			+		+	-							+	
Pucerons											+	+		
Mouches blanches											+	+		+
Mineuse des feuilles		+									+	+		+
Thrips		+							+		+	+		
Noctuelle (*Helicoverpa*)											+	+	+	
Foreuse des gousses											+	+	+	
Chenilles légionnaires												+	+	
Mylabres		+												
Tétranyques												+		+
Méloidogynes					+			+	+	+				
Pratylenchus					+			+						
Fusariose				+		+		+						
Macrophomina						+		+						
Pythium				+		+								
Rhizoctone brun				+		+								
Sclerotium				+		+	+							
Rouille											+			
Graisse								+						
Bactériose commune								+						

*Travail du sol préconisé en agriculture de conservation (no tillage)

7.3.3.3. PLANTATION

Tableau 27 — Pratiques culturales pour le contrôle des bioagresseurs ; à prendre en compte lors de la plantation

PRATIQUE CULTURALE		SEMER À LA BONNE PROFONDEUR	ENROBAGE SEMENCE AVEC FERTILISANT ET/OU STIMULANT	SEMER À HAUTE DENSITÉ	SEMER À FAIBLE DENSITÉ	COUVERTURE AVEC UN FILET APRÈS SEMIS
TYPE D'EFFET	ÉVITEMENT			√		√
	RUPTURE CYCLE BIOAGRESSEUR					
	DÉFENSE DE LA PLANTE AMÉLIORÉE	√	√			
	MEILLEURE ACTION DES PPPs PULVÉRISÉS				√	
Mouche du haricot		+				
Mouche du semis		+	+	+		
Pucerons					+	
Mouches blanches					+	+
Rhizoctone brun		+			+	
Sclerotium					+	
Alternarioses					+	
Anthracnose					+	
Taches angulaires					+	
Rouille					+	
Graisse					+	
Bactériose commune					+	

7.3.3.4. ENTRETIEN DE LA CULTURE

Tableau 28 — Pratiques culturales pour le contrôle des bioagresseurs ; à prendre en compte pendant l'entretien de la culture

PRATIQUE CULTURALE		BUTTAGE DES PLANTS	BONNE FERTILISATION	FUMURE AZOTÉE ÉQUILIBRÉE	FERTILISATION FOLIAIRE	BONNE IRRIGATION RÉGULIÈRE	IRRIGATION PAR ASPERSION	IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE	PAILLAGE	DÉSHERBAGE RÉGULIER	EVITER LE PASSAGE DANS LES CHAMPS MOUILLÉS	ARRACHAGE PLANTS ATTEINTS*	ELIMINATION ORGANES FORTEMENT INFESTÉS	ARRACHAGE PLANTS EN FIN DE PRODUCTION*	DISQUAGE DU SOL APRÈS NETTOYAGE DU TERRAIN	LABOUR PROFOND APRÈS DERNIÈRES RÉCOLTES
TYPE D'EFFET	ÉVITEMENT			√			√	√		√	√					
	RUPTURE CYCLE BIOAG-RESSEUR	√					√					√	√	√	√	√
	DÉFENSE DE LA PLANTE AMÉLIORÉE	√	√		√	√			√							
	MEILLEURE ACTION DES PPPs PULVÉRISÉS			√						√						
Mouche du haricot		+	+			+			+			+		+		+
Mouche du semis												+				
Pucerons				+		+	+			+				+		
Mouches blanches				+						+				+		
Mineuse des feuilles													+	+		+
Thrips										+				+		+
Noctuelle (*Helicoverpa*)				+									+	+		
Foreuse des gousses				+									+	+		
Chenilles légionnaires				+										+		
Fausse arpenteuse														+		
Mylabres																+
Tétranyques				+			+			+				+		
Méloidogynes		+												+	+	
Pratylenchus		+												+		
Fusariose				+		+		+				+*		+*		+
Macrophomina				+		+						+		+		
Pythium			+	+		+		+				+		+		
Rhizoctone brun					+	+		+				+		+		
Sclerotium				+		+				+		+		+		

PRATIQUE CULTURALE		BUTTAGE DES PLANTS	BONNE FERTILISATION	FUMURE AZOTÉE ÉQUILIBRÉE	FERTILISATION FOLIAIRE	BONNE IRRIGATION RÉGULIÈRE	IRRIGATION PAR ASPERSION	IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE	PAILLAGE	DÉSHERBAGE RÉGULIER	EVITER LE PASSAGE DANS LES CHAMPS MOUILLÉS	ARRACHAGE PLANTS ATTEINTS*	ELIMINATION ORGANES FORTEMENT INFESTÉS	ARRACHAGE PLANTS EN FIN DE PRODUCTION*	DISQUAGE DU SOL APRÈS NETTOYAGE DU TERRAIN	LABOUR PROFOND APRÈS DERNIÈRES RÉCOLTES
TYPE D'EFFET	ÉVITEMENT			√			√	√		√	√					
	RUPTURE CYCLE BIOAG-RESSEUR	√					√					√	√	√	√	√
	DÉFENSE DE LA PLANTE AMÉLIORÉE	√	√		√	√			√							
	MEILLEURE ACTION DES PPPs PULVÉRISÉS			√						√						
Alternarioses			+	+								+		+		
Anthracnose								+		+	+	+		+		
Taches angulaires										+	+	+		+		
Rouille			+	+				+		+		+		+		
Graisse								+		+	+	+		+		+
Bactériose commune								+		+	+	+		+		+

* Ne pas donner comme fourrage aux animaux car le champignon risque de passer dans le fumier

7.3.4. LES STRATÉGIES D'APPLICATION DES PPPs

Sont synthétisées ci-après les périodes de contrôle par des PPPs pour les différents bioagresseurs en fonction des stades de développement de la culture et s'il doit s'agir de traitements préventifs, curatifs sur base d'une surveillance (observations au champ) ou préventifs sur base d'une surveillance (piégeage ou conditions météorologiques favorables).

Tableau 29 — Périodes de contrôle contre insectes et acariens

ENNEMI DE LA CULTURE	SOL	SEMENCE	PLANTULE	JEUNES PLANTS	DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF	FLORAISON	DÉVELOPPEMENT GOUSSES ET PÉRIODE DE RÉCOLTES
			NBRE JOURS APRÈS ÉMERGENCE				
			3-4	10	17 ET PLUS		
Mouche du haricot		P	P	C/S	C/S		
Mouche du semis	P	P					
Pucerons		P	P ou C/S	C/S	C/S	C/S	
Mouches blanches		P	P ou C/S	C/S	C/S	C/S	
Mineuse des feuilles			P ou C/S	C/S	C/S	C/S	
Thrips			P ou C/S	C/S	C/S	P ou C/S	C/S
Noctuelle (*Helicoverpa*)						P/S	P/S
Foreuse des gousses						C/S	C/S
Chenilles légionnaires						C/S	C/S
Fausse arpenteuse				C/S	C/S		
Mylabres						C/S	
Tétranyques					C/S	C/S	C/S

Tableau 30 — Périodes de contrôle contre nématodes, champignons et bactéries

ENNEMI DE LA CULTURE	SOL	SEMENCE	PLANTULE	JEUNES PLANTS	DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF	BOUTONS FLORAUX	FLORAISON	APPARITION GOUSSES	DÉVELOPPEMENT GOUSSES ET PÉRIODE DE RÉCOLTES
Méloidogynes	P		P	P	P				
Fusariose	P	P							
Macrophomina	P	P							
Pythium	P	P							
Rhizoctone brun	P	P							
Sclerotium	P	P							
Alternarioses									C/S
Anthracnose		P			C/S	C/S	C/S	C/S	
Taches angulaires		P				P/S	P/S	P/S	P/S
Rouille						C/S	C/S	C/S	
Graisse				C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S
Bactériose commune				C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S

Légende :
P = préventif
C/S = curatif sur base d'une surveillance
P/S = préventif sur surveillance

Note sur le traitement des semences : Les effets fongicides du traitement des semences ne dureront qu'environ 2 à 3 semaines, certains des produits les plus récents offrant jusqu'à 3 à 4 semaines de protection. Cette fenêtre de protection commence au moment du semis. Par conséquent, s'il faut deux semaines pour que la culture émerge au cours d'une période fraîche, le traitement peut ne protéger les plantules que pendant une semaine après leur émergence.

7.3.5. LES PRINCIPAUX PRODUITS DE BIOCONTRÔLE

Les principaux produits de biocontrôle utilisables (tirés de l'annexe 3) sont repris dans les deux tableaux ci-après.

Tableau 31 — Principaux produits de biocontrôle contre les insectes et acariens

	AZADIRACHTINE OU EXTRAITS DE NEEM	HUILE ESSENTIELLE D'ORANGE	OXYMATRINE	PYRÉTHRINE	*BACILLUS THURINGIENSIS*	BACULOVIRUS	*BEAUVERIA BASSIANA*	*CHROMOBACTERIUM SUBTSUGAE*	*METARHIZIUM ANISOPLIAE*	METHARIZIUM *RILEYI*	*PAECILOMYCES FUMOSOROSEUS*	*VERTICILIUM LECANII*	ACIDE CITRIQUE	ACIDE GRAS	HUILE HORTICOLE	HUILE DE PARAFFINE	MALTODEXTRINE	FARINE ET AMIDON
Mouche du haricot	√																	
Mouche du semis							√		√									
Pucerons	√	√	√	√			√	√	√		√	√	√	√		√	√	
Mouches blanches	√	√	√	√			√	√	√		√	√	√	√	√			√
Mineuse des feuilles	√															√		
Thrips	√			√			√	√	√					√		√		
Noctuelle (*Helicoverpa*)	√		√		√	√			√									
Foreuse des gousses	√				√				√									
Chenilles légionnaires	√		√	√	√	√				√								
Fausse arpenteuse	√				√	√	√			√								
Tétranyques	√	√	√				√	√					√	√		√	√	√

Tableau 32 — Principaux produits de biocontrôle contre nématodes, champignons et bactéries

	AZADIRACHTINE OU EXTRAITS DE NEEM	EXTRAITS D'AIL	*BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS*	*BACILLUS SUBTILIS*	CUIVRE	*GLIOCLADIUM* SPP.	*PAECILOMYCES LILACINUS*	*PENICILLIUM* SPP.	SOUFRE	*STREPTOMYCES* K61	*STREPTOMYCES LYDICUS*	*TRICHODERMA ASPERELLUM*	*TRICHODERMA* SP.	*TRICHODERMA HARZIANUM*	*TRICHODERMA VIRIDE*
Méloidogynes	√	√					√					√			
Fusariose										√			√		
Macrophomina														√	
Pythium			√			√				√	√			√	
Rhizoctone brun			√			√				√	√		√		
Sclerotium				√		√		√			√			√	√
Alternarioses															√
Anthracnose	√				√	√					√			√	√
Taches angulaires					√				√						
Rouille			√		√				√						
Graisse					√										
Bactériose commune					√										

8

RÉCOLTE

Selon les types de haricots et les variétés, selon les marchés de destinations, les rendements varient autour de 4-6 tonnes de haricots/ ha pour les extra fins à fin et le filet et de 9 à 12 -14 tonnes pour les haricot bobby.

QUALITÉ COMMERCIALE

La qualité commerciale des haricots récoltés dépend des spécifications exigées pour chaque variété produite. Ainsi en fonction des marchés de destination, les paramètres de taille, longueur, diamètre, turgescence et couleur de la gousse sont précisés.

Ce sont ces critères exigés par les importateurs et la grande distribution sous un label, une marque bien donnée qui facilitent la commercialisation et la réalisation de bons prix de vente.

PÉRIODE DE RÉCOLTE

En Afrique de l'Ouest les récoltes se font à partir de début décembre et se poursuivent jusqu'en avril de l'année suivante. Par contre, comme expliqué plus tôt, au Kenya les récoltes se font toute l'année du fait de la production étalée dans différentes zones du pays et selon les saisons.

La fréquence de récolte sera adaptée au type de haricot exporté et du mode d'expédition. Pour le haricot extra fin (Kenya), les récoltes se font tous les jours. Pour le Bobby, une récolte tous les deux à trois jours est conseillée et tous les deux jours pour le haricot filet. Il est nécessaire de garder ces fréquences de récolte tout au long de la production pour éviter de pénaliser les rendements commerciaux par des écarts de triage importants.

La récolte dure, selon les variétés et la zone et la période de culture, de 20 à 25 jours.

MODE DE RÉCOLTE

La récolte du haricot en Afrique sub-saharienne est généralement manuelle, elle se fait le matin tôt pour éviter aux plantes de souffrir de la chaleur de la mi-journée. Les récolteurs ou récolteuses arpentent les lignes de plantation pour cueillir les gousses de haricot turgescentes, avec le pédoncule et les mettre dans des casiers agricoles. Ces derniers devront être bien aérés et empilables pour éviter que les haricots logés dans un cageot ne subissent le poids de ceux des cageots supérieurs.

La récolte de haricot d'exportation est pratiquement toujours réalisée manuellement en pays ACP et elle est généralement exécutée exclusivement par les femmes.

Cependant dans les exploitations orientées vers la production de conserverie, les plantes à production groupée et érigée, peuvent être récoltées par des machines, mais les haricots ne peuvent être commercialisés avec le label haricots verts frais primeurs (le battage mécanique de la récolte fait perdre la fraicheur et turgescence des produits).

Les gousses doivent être récoltées selon le calibre attendu pour la commercialisation. Le calibre est déterminé par la largeur maximale de la gousse mesurée perpendiculairement à la fente.

Tableau 33 — classification des calibres en fonction du type de haricot vert souhaité

TYPE	CALIBRE
extra fins	maximum 6 mm
très fins	maximum 8 mm
fins	maximum 9 mm
« fins bobbys »	maximum 9 -10 mm
moyens	maximum 12 mm *Les haricots en filet « moyens » ne peuvent pas être classés dans la Catégorie « Extra »*
gros	supérieure à 12 mm

MAIN D'ŒUVRE

Pour respecter ce qui précède, elle doit être formée et consciente de l'importance de la récolte. Elle doit être contrôlée. Elle peut récolter de 5 à 10 kg à l'heure et par personne, selon le calibre, le type, le moment dans la saison et le nombre de récoltes.

9

POST-RÉCOLTE

MANIPULATION AU CHAMP

Il faut mettre régulièrement (idéalement toutes les 10 minutes) les gousses récoltées sous un abri ombragé et ventilé en attente de l'évacuation en station de conditionnement (au Kenya sous Charcol cooler, en Afrique de l'Ouest sous abri de Crinting, panneau de bambous tressés)

Il est souhaitable d'évacuer rapidement les caisses de haricots vers le centre de conditionnement (idéalement toutes les 30-45 minutes ou au plus tard une à deux heures après récolte).

En cas de triage/conditionnement différé, mettre au frais les gousses récoltées. Un « refroidisseur au charbon de bois », fabriqué avec du charbon de bois entouré de grillage de basse-cour, est utile s'il n'y a pas d'électricité. Il doit être conçu de manière à garantir que l'air qui circule à l'intérieur passe à travers le charbon de bois (pas d'espace dans les couches de charbon). Le charbon de bois doit être humide pour renforcer l'effet de refroidissement. Cette humidification peut être réalisée en plaçant une ligne d'égouttage au sommet du tas de charbon de bois, alimentée par une citerne d'eau sur le toit (charcol cooler). Maintenir la traçabilité des produits durant toutes les opérations, de la récolte à l'entreposage et à l'expédition.

TRANSPORT

Il est souhaitable que les produits récoltés soient évacués à la station de traitement dans des camions couverts ventilés voir frigorifiques pour préserver la fraîcheur des produits et éviter de les exposer à la chaleur ou au soleil.

Il faut mettre les récoltes le plus rapidement possible en chambre froide, y compris avant le triage final et le conditionnement si ce dernier est différé.

10

BIBLIOGRAPHIE

1. AgriMaroc. (2021).
Fiche Technique de la culture du haricot vert au Maroc. Consulté le 07.04.2021 sur https://www.agrimaroc.ma/haricot-vert-maroc/

2. Diouf L-E et Dieng O. (2015).
Guide des pratiques agroécologiques. Département de Mbour, Sénégal.
JAPPOO et AGRISUD. Consulté le 13.07.2021 sur
https://www.alimenterre.org/system/files/ressources/pdf/977-guide-agroecologie-agrisud-fr.pdf

3. FellahTrade. (2021).
Fiche technique haricot vert. Consulté le 13.07.2021 sur
https://www.fellah-trade.com/ressources/pdf/haricot.pdf

4. FiBL. (2021).
Manuel de formation en agriculture biologique pour l'Afrique. Module 09 Gestion des cultures : Unité 8 Haricots. Version 1.0, 2021.
Institut de recherche en agriculture biologique FiBL, Frick.
Consulté le 12.12.2021 sur
https://www.organic-africa.net/fileadmin/organic-africa/documents/training-manual/French/chapitre-09/Manuel_M09-08_Haricots.pdf

5. Gagnon M.
Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation. (2018). *Guide de production des légumes de transformation. Haricot.*
Consulté le 05.11.2021 sur
https://www.legumes-transformation.qc.ca/wp-content/uploads/2018/02/guide-complet-haricots-version-pdf-site-web-1.pdf

6. Gardarin A. (2014).
L'agroécologie : principes, méthodes & processus clés à dynamiser en systèmes de grandes cultures pour l'agriculture de demain.
Consulté le 22.12.2021 sur
https://www.umc.edu.dz/images/141016_GARDARIN.pdf

7. Hallouin I.
Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône. (2012).
Tout savoir sur la culture du Haricot sous abris et en plein air.
Consulté le 30.11.2021 sur
https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Maraichage_bio/ITK-Provence-Haricot-2012.pdf

8. Harold F., Reetz Jr. (2016).
Fertilizers and their efficient use.
https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2023/01/2016_ifa_reetz.pdf

9. Husson O, Séguy L, Charpentier H, Rakotondramanana, Michellon R, Raharison T *et al.* (2013). *Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV).* Consulté le 10.02.2022 sur https://www.researchgate.net/publication/283259038_Manuel_pratique_du_Semis_direct_sur_Couverture_Vegetale_permanente_SCV_Application_a_Madagascar/link/562f65b508ae4742240aca6d/download

10. ISRA-CDH. (1987). *Guide pratique du maraîchage au Sénégal.* Consulté le 20.12.2021 sur https://duddal.org/s/bibnum-promap/item/920

11. Leverrier B. (2009). *French bean cultivation in Africa.* FruiTrop n°169, page 25 à 26. Consulté le 21.12.2021 sur https://www.fruitrop.com/en/Articles-by-subject/Agronomy/2009/French-bean-cultivation-in-Africa

12. Masabni J., Dainello F., Lillard P. (2021). *Organic Vegetable Production Guide.* Consulté le 16.12.2021 sur https://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/guides/organic-vegetable-production-guide/

13. RADHORT. (2012). *La culture du haricot nain au Sénégal.* Consulté le 12.05.2021 sur http://www.fao.org/3/az781f/az781f.pdf

14. Skiredj A., Elattir H. et Elfadl A. (2003). *Fiches techniques VI - La patate douce, le navet, le choux, le petit pois, le haricot-filet.* BULLETIN MENSUEL D'INFORMATION ET DE LIAISON DU PNTTA – février 2003. Consulté le 10.12.2021 sur https://www.agrimaroc.net/bulletins/btta_101.pdf

15. Syngenta. (2015). *Illustration de l'échelle BBCH pour les haricots.* Consulté le 12.05.2021 sur https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/reglementation/dossier-bbch/article/echelle-bbch-haricot

16. Terre vivante. (2021). *Comment cultiver le haricot ?* Consulté le 13.07.2021 sur https://www.terrevivante.org/contenu/culture-haricot-varietes-semis-entretien-recolte/

17. Value Magazine Team. (2020). *Guide to French Beans Farming in Kenya.* Consulté le 07.04.2021 sur https://value.co.ke/article/guide-french-beans-farming-kenya

18. Wikipedia. (2021). *Haricot vert - Définition et Explications.* Consulté le 15.11.2021 sur https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Haricot-vert.html#ref_1

11

ANNEXES

ANNEXE 1: ÉCHELLE BBCH COMPLÈTE

STADE PRINCIPAL 0	GERMINATION
00	Semence sèche
01	Début de l'imbibition de la graine
03	Imbibition complète
05	La radicule sort de la graine
07	Hypocotyle et cotylédons percent les téguments de la graine
08	Hypocotyle et cotylédons se dirigent vers la surface du sol
09	Levée : les cotylédons percent la surface du sol
STADE PRINCIPAL 1	**DÉVELOPPEMENT DES FEUILLES**
10	Les cotylédons sont étalés
12	2 feuilles sont étalées (une paire de feuilles est étalée)
13	3 feuilles étalées (première feuille trifoliolée)
1.	Et ainsi de suite...
19	9 ou davantage de feuilles étalées (2 feuilles simples et 7 ou davantage de feuilles trifoliolées)
STADE PRINCIPAL 2	**FORMATION DE POUSSES LATÉRALES**
21	La première pousse latérale est visible
22	2 pousses latérales sont visibles
23	3 pousses latérales sont visibles
2.	Et ainsi de suite...
29	9 ou davantage de pousses latérales sont visibles
STADE PRINCIPAL 5	**APPARITION DE L'INFLORESCENCE**
51	Les premiers boutons floraux sont visibles et dépassent les feuilles
55	Les premiers boutons floraux individuels, mais toujours fermés sont visibles et dépassent les feuilles
59	Les premiers pétales sont visibles, les boutons floraux sont nombreux mais toujours fermés
STADE PRINCIPAL 6	**LA FLORAISON**
60	Les premières fleurs sont ouvertes (sporadiquement)
61	Début de la floraison [2]
62	20% des fleurs sont ouvertes [1]
63	30% des fleurs sont ouvertes [1]
64	40% des fleurs sont ouvertes [1]

65	Pleine floraison : 50% des fleurs sont ouvertes [1] Période de floraison principale [2]
67	La floraison s'achève : la majorité des pétales sont tombés ou desséchés [1]
69	Fin de la floraison : les premières gousses sont visibles [1]
STADE PRINCIPAL 7	DÉVELOPPEMENT DU FRUIT
71	10% des gousses ont atteint leur longueur finale [1] Début du développement des gousses
72	20% des gousses ont atteint leur longueur finale [1]
73	30% des gousses ont atteint leur longueur finale [1]
74	40% des gousses ont atteint leur longueur finale [1]
75	50% des gousses ont atteint leur longueur finale, les graines commencent à remplir la gousse [1] Période principale du développement des gousses [2]
76	60% des gousses ont atteint leur longueur finale [1]
77	70% des gousses ont atteint leur longueur finale, les gousses se cassent proprement [1]
78	80% des gousses ont atteint leur longueur finale [1]
79	Les gousses ont atteint leur longueur finale, les haricots sont visibles individuellement [1]
STADE PRINCIPAL 8	MATURATION DES FRUITS ET GRAINES
81	10% des gousses sont mûres (les gaines sont dures) [1] Début de la maturation des graines [2]
82	20% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
83	30% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
84	40% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
85	50% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1] Période de maturation principale [2]
86	60% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
87	70% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
88	80% des gousses sont mûres (les graines sont dures) [1]
89	Maturation complète : les gousses sont mûres (les graines dures) [1]
STADE PRINCIPAL 9	SÉNESCENCE
97	La plante est morte
99	Produit après récolte

1 Pour les variétés à période de floraison limitée.
2 Pour les variétés à période de floraison non limitée.

ANNEXE 2 : EXEMPLES DE FICHES HEBDOMADAIRES ET DE SYNTHÈSE POUR LE SUIVI PHYTOSANITAIRE

FICHE DE SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE (À COMPLÉTER CHAQUE SEMAINE)

FERME				BLOC		ÂGE DE LA CULTURE (SEMAINES)				DATE DE L'OBSERVATION				NOM DE L'OBSERVATEUR								HEURE DE L'OBSERVATION					
RANG	*Diglyphus* adultes sur 5 points d'obs. par rangée	mineuses de feuilles adultes sur 5 points d'obs. par rangée	thrips sur cinq feuilles par rangée	thrips dans cinq fleurs par rangée	total de mouches blanches adultes sur cinq points d'obs. par rangée	total d'*Encarsia* adultes sur dix feuilles inférieures par rangée	larves de mouches blanches >L2 sur dix feuilles inférieures par rangée	Larves noircies sur dix feuilles inférieures par rangée	nombre d'agents de biocontrôle des pucerons dans les colonies de pucerons par rangée	nombre de colonies de pucerons dans la rangée	Lépidoptères adultes obs. en train de voler au-dessus du champ durant l'examen (indique les œufs pondus)	nombre de larves de chenille dans toute la rangée	la nymphose a-t-elle commencé ? (nombre de pupes vues par rangée)	total de *Phytoseiulus* adultes sur 5 feuilles infestées de tétranyques rouges par rangée	total d'*Amblyseius* adultes sur 5 feuilles infestées de tétranyques rouges par rangée	total de tétranyques adultes sur 5 feuilles infestées par rangée	niveau de fond de tétranyques rouges adultes sur 5 feuilles choisies au hasard dans la rangée	mouche des haricots	vers gris	nématode à galle	rouille	tache angulaire	pourritures des racines	graisse	*Ascochyta*	autres maladies	autres problèmes
																		PRÉSENCE/ABSENCE DANS LA RANGÉE									
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
14																											
18																											
19																											
20																											
TOTAL																											
moy. par rangée																		REMARQUES									
RATIO					% P				RATIO					RATIO													

Utiliser les données des RANGÉES individuelles pour procéder à des traitements ponctuels précoces des ravageurs et maladies dans certaines rangées avant que le problème se généralise. Transférer les données des cases noircies dans le résumé hebdomadaire pour mesurer l'effet de la mesure de protection de la culture semaine après semaine. Marquer tous les points chauds de tétranyques rouges dans le champ et sur la carte du champ - traiter rapidement avec des acariens prédateurs (vérifier les points chauds chaque semaine pour s'assurer de la prolifération des prédateurs). Les mouches des haricots et les mouches des semis ne constituent normalement un problème que les cinq premières semaines et en particulier dans les rangées extérieures ou dans les zones plus humides du champ par temps sec. Pour la section de « mouche des haricots » à « autres problèmes », inscrire le nombre total de rangées où il y a des parasites ou des maladies. Case des remarques : sévérité des maladies, identification des pourritures des racines, indiquer les régions saturées d'eau, etc. Indiquer le traitement recommandé.

FICHE DE SYNTHÈSE
(TRANSFÉRER LES MOYENNES CHAQUE SEMAINE, POUR VOIR L'ÉVOLUTION)

FERME		BLOC				ÂGE DE LA CULTURE (SEMAINES)				DATE DE L'OBSERVATION					NOM DE L'OBSERVATEUR (IMPRIMÉ)								HEURE DE L'OBSERVATION	
données transférées des cases noircies des formulaires hebdo. d'observation		moyenne hebdo. par rangée de thrips sur cinq feuilles par rangée	moyenne hebdo. par rangée de thrips sur cinq fleurs par rangée	moyenne hebdo. par rangée de mouches blanches adultesà 5 points d'obs. par rangée examinée	moyenne hebdo. par rangée d'*Encarsia* adultes à 5 points d'observation par rangée	moyenne hebdo. par rangée de larves de mouches blanches >L2 sur dix feuilles inférieures par rangée	pourcentage hebdomadaire de parasitisme (% de larves noircies sur dix feuilles inférieures par rangée)	ratio total des agents de bio-contrôle des pucerons par rangée/ nbre total de colonies de pucerons	total hebdo. de lépidoptères adultes obs. en train de voler au-dessus du champ durant l'examen	total hebdomadaire de larves de chenille dans toute la rangée	total hebdomadaire de pupes par rangée	ratio prédateurs/tétranyques rouges sur les feuilles infestées (le cas échéant)	moyenne hebdo. du niveau de fond de tétranyques rouges par rangée	mouche des haricots	vers gris	nématode à galles	rouille	tache angulaire	pourritures des racines	graisse	*Ascochyta*	autres maladies	autres problèmes	pesticides et agents de biocontrôle appliqués (et à quelle date)
âge de la culture (sem.)	Dig : LM																							
1									:				:											
2									:				:											
3									:				:											
4									:				:											
5									:				:											
6									:				:											
7									:				:											
8									:				:											
9									:				:											

Notes: Pour obtenir le ratio *Diglyphus*/mineuses de feuilles (devrait être inférieur à 1:5 pour un bon contrôle), diviser le nombre total de mineuses de feuilles adultes par le nombre total de *Diglyphus* adultes chaque semaine.

Il est essentiel d'évaluer la présence de thrips sur les feuilles avant que les fleurs n'apparaissent, la protection de la culture est alors appliquée lorsque le contact est plus facile (sur les feuilles). Le contrôle de la présence de thrips dans les fleurs est difficile et présente des contraintes relatives à l'intervalle avant la récolte.

Les larves de mouches blanches les plus âgées, les plus grandes (dans lesquelles un *Encarsia* peut se développer) se trouveront uniquement sur les feuilles inférieures. Le pourcentage hebdomadaire de parasitisme des larves de mouches blanches est calculé à partir du nombre de larves noircies divisé par (total de larves noircies plus grandes larves de mouches blanches >L2) = %P (ne pas compter les petites larves, car elles ne peuvent être parasitées).

Pour obtenir le ratio agents de biocontrôle des pucerons/colonies de pucerons, diviser le nombre total de colonies de pucerons observées dans toutes les rangées chaque semaine par le nombre total d'agents de biocontrôle des pucerons. *Bacillus thurigiensis* ne donne de bons résultats que sur les jeunes chenilles qui sont difficiles à trouver. S'il y a des lépidoptères adultes, ils pondront des œufs et le Bt devrait idéalement être appliqué rapidement après cette période. Lorsque la plus grande partie des chenilles sont devenues chrysalides, les pesticides sont sans effet sur ce stade de la vie et il convient d'attendre qu'elles éclosent avant d'appliquer la protection de la culture à la prochaine génération. Pour la section de « mouche des haricots » à « autres problèmes » - inscrire le nombre hebdomadaire total de rangées présentant des problèmes.

ANNEXE 3 : SUBSTANCES ACTIVES ET ARTHROPODES AUXILIAIRES RECOMMANDÉS

Substances et arthropodes auxiliaires contre les insectes, acariens et nématodes. Le COLEAD souligne l'importance de respecter les consignes indiquées sur l'étiquette des PPP. De plus avant d'appliquer tout produit, il est conseillé de consulter les dernières modifications réglementaires dans les base de données de l'UE sur les pesticides et du *Codex Alimentarius* et de vous assurer de la conformité des BPA appliquée aux demandes du marché ciblé (LMR et cahier des charges des acheteurs). Des informations sur les BPA permettant de respecter les LMR de l'UE et du *Codex Alimentarius* sont disponibles dans la base de données du COLEAD e-BPA.

SUBSTANCE ACTIVE	MOUCHE DU HARICOT ET DES SEMIS	PUCERONS	MOUCHES BLANCHES	MINEUSE *LIRIOMYZA*	THRIPS	NOCTUELLE	FOREUR DES GOUSSES	LÉGIONNAIRES	TÉTRANYQUES	NÉMATODES
abamectine				×	×				×	×21
acétamipride	×	×	×		×					
acide citrique		×	×		×				×	
acides gras (sel de potassium, savon)		×	×22,29		×				×14,22,29	
ail (extrait)										×
Ambyseius *californicus*									×	
Aphidius transcaspinus		×								
azadirachtine	×17	×	×	×	×	×	×5	×16	×10	×
Bacillus thuringiensis var. *aizawai*						×	×	×16		
Bacillus thuringiensis var. *kurstaki*						×		×15,29		
Beauveria bassiana		×	×		×	×		×16	×9	
bifenazate									×7,29	
chlorantraniliprole						×	×	×15		
Chromobacterium subtsugae strain PRAA4-1		×28	×16,28		×16,28				×16,28	
cyantraniliprole	×20	×	×		×			×15		
cyperméthrine		×	×		×			×15		

SUBSTANCE ACTIVE	MOUCHE DU HARICOT ET DES SEMIS	PUCERONS	MOUCHES BLANCHES	MINEUSE *LIRIOMYZA*	THRIPS	NOCTUELLE	FOREUR DES GOUSSES	LÉGIONNAIRES	TÉTRANYQUES	NÉMATODES
deltaméthrine		×	×		×	×	×			
Digliphus isaea				×						
emamectine benzoate		×			×	×	×	× 15	×	
Encarsia formosa			×							
esfenvalerate					× 29	× 29				
farine et amidon (solution à 10%)			× 1							
fenazaquin									× 7	
fenpyroximate									× 8	
flonicamid		× 23	×		×					
flubendiamide							× 6	× 15		
fluopyram										×
fosthiazate										×
gamma-cyhalothrine		×	×		×					
Geraniol Citronellol Nerolidol Farnesol									× 9	
hexythiazox									×	
huile de paraffine		×	×	×	× 16,29				× 9,29	
huile essentielle d'orange		× 24	× 2						× 12	
lambda-cyhalotrine		×	×		×	×	×	× 15		
malathion		×	×		×					
maltodextrin									× 13	
Metarhizium anisopliae		×	×		×		× 5			
Metarhizium rileyi strain PHP1705						× 26		× 26		
methoxyfenozide						×	×	× 16		
Nucleopolyhedrovirus						× 29		× 15		
Paecilomyces fumosoroseus		×	×							
Paecilomyces lilacinus										×

SUBSTANCE ACTIVE	MOUCHE DU HARICOT ET DES SEMIS	PUCERONS	MOUCHES BLANCHES	MINEUSE *LIRIOMYZA*	THRIPS	NOCTUELLE	FOREUR DES GOUSSES	LÉGIONNAIRES	TÉTRANYQUES	NÉMATODES
Phytoseilus *persimilis*									×	
pyridaben									× 8	
pirimicarb		×								
pyrethrins	×	×	×		×			× 16		
pyriproxyfen		×	×		×					
soufre									×	
spinetoram					×	×	×	× 15		
spinosad	× 18			× 3	× 16		× 6	× 16		
spirotetramate		×	×		×				× 11	
sulfoxaflor			×		× 29					
tebufenpyrad									× 7	
tefluthrine	× 19									
Trichoderma asperellum										×
Verticillium *lecanii*		×	×		×					

RÉFÉRENCES

× PCPB https://www.pcpb.go.ke/

×1 https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Flour-preparation

×2 https://www.anses.fr/fr/system/files/phyto/evaluations/PREVAM_PREV_2015-0016_Ans.pdf

×3 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5388319/

×4 https://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=9A829CD58B-891BE390E5ED3072D105BA?request_locale=es&recordID=PH2009000644&sourceQuery=&-query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=&centerString=&enableField=

×5 https://www.actahort.org/books/1102/1102_17.htm

×6 https://www.nepjol.info/index.php/janr/article/view/33250

×7 http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Nature-agriculture/Nouvelles-du-terrain/Dossiers-thematiques/Fiches-plantes-maladies-insectes/Les-insectes-ravageurs/Les-acariens/Methodes-de-lutte-contre-les-acariens

×8 https://www.cabi.org/isc/datasheet/53366

×9 Essai COLEAD sur maïs doux au Sénégal

×10 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22807305/

×11 https://www.researchgate.net/publication/317041041_Usefulness_of_spirotetramat_Movento_100_SC_to_control_spider_mites_on_apple_blackcurrant_and_raspberry_in_Poland

×12 https://www.researchgate.net/publication/290240961_Biocontrol_of_Tetranychus_urticae_in_greenhouse_tomato_crops

×13 https://www.fnseacvl.com/

×14 https://www.adalia.be/acariens-phytophages

×15 https://www.pcpb.go.ke/crops/

×16 https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIG%5CIG15100.pdf

×17 https://www.plantwise.org/FullTextPDF/2015/20157801465.pdf

×18 https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/8670/1/Rekinger-M%C3%A9lanie_TFE.pdf

×19 https://www.syngentaseedcare.com/sites/g/files/zhg821/f/2019/09/25/07514_productguide_asta_nov_2017-lr.pdf

×20 https://www.syngenta.ca/Productsdetail/Fortenza/soybeans

×21 https://www.syngenta.ma/en/product/crop-protection/insecticide/solvinovar

×22 https://contratsolutions.fr/le-contrat-de-solutions/lutte-contre-les-pucerons-en-cultures-legumieres-sous-abris-avec-des-acides-gras/

×23 https://ag.fmc.com/ca/sites/ca/files/2020-05/Beleaf%2050SG%20Insecticide%2029796-20200505%20F1%20F%20Label_0.pdf

×24 https://www.groupesaoas.com/limocide-p58.html

×25 https://www.researchgate.net/publication/291887061_Studies_on_the_management_of_fruit_borer_with_new_botanical_pesticide_Oxymatrine_on_Tomato_lycopersicum_esculentum

×26 https://www.readkong.com/page/product-portfolio-2020-9110409

×27 État de la situation en matière de protection des cultures pour planification d'essais - Sweet/baby corn - FAW - COLEAD - juin 2021

×28 https://attra.ncat.org/attra-pub/biorationals/product_details.php?pestType=&pestName=&actingredients=&page=8&tradeName=Grandevo

×29 https://ausveg.com.au/app/uploads/2017/05/Beans_and_peas_SARP_report_March_14_2014.pdf

SUBSTANCES ET ARTHROPODES AUXILIAIRES CONTRE LES CHAMPIGNONS ET BACTÉRIES

SUBSTANCE ACTIVE	*FUSARIUM SOLANI*	*MACROPHOMINA PHASEOLINA*	*PYTHIUM*	*RHIZOCTONIA SOLANI*	*SCLEROTIUM ROLFSII*	*ALTERNARIA*	*ANTHRACNOSE*	TÂCHES ANGULAIRES	ROUILLE	HALO BLIGHT	BACTERIAL BLIGHT
acide benzoique							×	×	×		
azoxystrobine				× 4,24	× 6	× 14	×	×	×		
Bacillus amyloliquefaciens (*subtilis*) souche QST 713			× 5	× 5					× 8		
captan	× 9		× 10	× 4	× 6		× 15	× 29			
cuivre							×	×	×	×	×
cymoxanil							×	×	×		
cyprodinil							× 17				
difenoconazole				× 24		× 12	×	×	×		
dimétomorphe							×	×	×		
dithianon							×	×	×		
fluazinam						× 14					
fludioxonil	× 9		× 1	× 24							
fluopicolide			× 28								
fluopyram							× 16		×		
fluoxastrobine					× 6				×		
fluxapyroxad						× 13					
foséthyl								×			
Gliocladium catenulatum strain J1446			× 20	× 20	× 20						
Gliocladium virens (*Trichoderma virens* strain GL-21)			× 18	× 18	× 19		× 27				
metalaxyl			× 10								
metalaxyl-M (mefenoxam)			× 1								
metam-sodium				× 25	× 6						
neem (extrait)							× 7				
penthiopyrad						× 21	× 21	× 21	× 21		
propamocarbe-HCl			× 2,10								

SUBSTANCE ACTIVE	*FUSARIUM SOLANI*	*MACROPHOMINA PHASEOLINA*	*PYTHIUM*	*RHIZOCTONIA SOLANI*	*SCLEROTIUM ROLFSII*	*ALTERNARIA*	*ANTHRACNOSE*	TÂCHES ANGULAIRES	ROUILLE	HALO BLIGHT	BACTERIAL BLIGHT
prothioconazole							× 16		× 16		
pyraclostrobine					× 6						
pyrimethanil							×	×	×		
sedaxane				× 24							
soufre							×	×	×		
Streptomyces K61 (formerly *S. griseoviridis*)	× 22		× 22	× 22							
Streptomyces lydicus WYEC 108	× 23	× 23	× 23	× 23	× 23	× 23	× 23				
tebuconazole							×	×	×		
tetraconazole									×		
Trichoderma asperellum (str. T34)	×		×	× 26							
Trichoderma harzianum	×	× 30	× 11	× 3			× 27				
Trichoderma viride							× 27				
trifloxystrobine				× 24					×		

RÉFÉRENCES

× PCPB https://www.pcpb.go.ke/

× 1 https://www.syngentaseedcare.com/fr/farmore/legumes/maladies/pythium/pythium-aphanidermatum ; https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/dry-beans/seedling-diseases/

× 2 https://www.agrireseau.net/documents/Document_98695.pdf

× 3 https://www.cabi.org/isc/datasheet/54463

× 4 https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/dry-beans/seedling-diseases/

× 5 https://www.abim.ch/fileadmin/abim/documents/presentations2010/session4/8_Sarah_Reiter_ABIM2010.pdf ; https://www.cropscience.bayer.ca/products/fungicides/serenade-soil

× 6 https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CPP%5CPP27200.pdf

× 7 https://www.chemijournal.com/archives/2017/vol5issue4/PartL/5-4-81-741.pdf

× 8 https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/decision_PC-006479_9-Aug-06.pdf

× 9 https://wiki.bugwood.org/HPIPM:Fusarium_Root_Rot

× 10 https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=9019#tocto1n5

× 11 https://www.koppert.fr/defis/maitrise-des-maladies/fonte-des-semis/

× 12 https://www.laterre.ca/du-secteur/communiques-de-presse/syngenta-lance-fongicide-aprovia-top-maitriser-maladies-foliaires-pommes-de-terre

× 13 https://www.agro.basf.be/fr/Products/Information-produit/Fongicide/DAGONIS.html

× 14 http://www.fmcagro.fr/fr/nos-produits/fongicides/vendetta/

× 15 https://plantix.net/fr/library/plant-diseases/100177/anthracnose-of-blackgram

× 16 https://www.cropscience.bayer.ca/fr-CA/Products/Fungicides/Propulse

× 18 https://www.ohp.com/PIB/PDF/soilgard_850_pib.pdf

× 19 http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/Reports/2342.htm

× 20 http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/Reports/2470.htm

× 21 https://www.bartlett.ca/Bartlett/nmb/MSDSLabel.nsf/0/2C77EB1FF7E326D7852580E9006490EE/$-file/Fontelis+Label+French.pdf

× 22 https://www.lallemandplantcare.com/fr/canada/produits/details/mycostop/

× 23 https://www.organicapproach.com/products/actinovate-ag/label/actinovate-ag-label.pdf

× 24 https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203259374

× 25 https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1988Articles/PlantDisease72n02_160.PDF

× 26 https://scialert.net/fulltext/?doi=ppj.2020.89.97

× 27 https://www.cabi.org/ISC/abstract/20103319304

× 28 https://ausveg.com.au/app/uploads/2017/05/Beans_and_peas_SARP_report_March_14_2014.pdf

× 29 https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/75398

× 30 http://www.plantprotection.pl/Biocontrol-mechanisms-of-Trichoderma-harzianum-against-soybean-charcoal-rot-caused,93994,0,2.html

ANNEXE 4 : TABLEAUX CONCERNANT LA SENSIBILITÉ DES AUXILIAIRES AUX PESTICIDES

Remarque importante : Certains produits mentionnés ci-dessous sont classés comme pesticides hautement dangereux et ne sont en aucun cas recommandés pour une utilisation par le COLEAD. Cependant, étant donné qu'ils font toujours l'objet d'homologation locale ce tableau à pour objectif de mettre en garde sur l'impact de l'utilisation de ces produits sur les auxillaires.

Ce tableau n'est donc en aucun cas une recommandation pour l'usage de produits mais se concentre sur l'impact théorique des pesticides sur les auxiliaires.

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR ACARIENS ET THRIPS			PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR GÉNÉRAL ET DE THRIPS		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*FELTIELLA ACARISUGA*			*ORIUS LAEVIGATUS*		
		ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
abamectine	pulv.	?	>75%	2w	?	?	?	?	>75%	?	>75%	>75%	3w
acéphate	pulv.	?	>75%	>3w	?	>75%	>2w	?	>75%	>8w	>75%	>75%	?
acrinathrine	pulv.	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?
alphacyperme-thrine	pulv.	>75%	>75%	>8w	?	?	?	?	>75%	>8w	>75%	>75%	?
Amblyseius californicus	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
amitraze	pulv.	>75%	>75%	3w	?	>75%	0w	?	?	?	?	50-75%	3w
Aphidius transcaspinus	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
azadirachtine	pulv.	?	<25%	?	?	?	?	?	?	?	<25%	?	?
azocyclotin	pulv.	50-75%	50-75%	3 jours	25-50%	25-50%	?	?	?	?	?	25-50%	?
beta cyfluthrine (voir cyfluthrine)	pulv.	>75%	>75%	>8w	50-75%	50-75%	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
bifenthrine	pulv.	>75%	>75%	>8w	?	?	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
Bt var kurstaki	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
Bt var kurstaki	dust	25-50%	25-50%	0.5w	?	?	?	<25%	?	?	?	?	?
buprofézine	pulv.	<25%	25-50%	0w	<25%	<25%	0w	25-50%	<25%	1w	25-50%	<25%	0w
carbaryle	pulv.	?	>75%	2w	?	?	?	50-75%	>75%		>75%	>75%	?

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR ACARIENS ET THRIPS			PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR GÉNÉRAL ET DE THRIPS		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*FELTIELLA ACARISUGA*			*ORIUS LAEVIGATUS*		
		ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
carbofuran	pulv.	?	>75%	>3w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
carbosulfan	pulv.	25-50%	25-50%	1w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
chlorpyrifos-méthyl	pulv.	<25%	<25%	0w	?	25-50%	2w	?	>75%	?	>75%	>75%	?
cyfluthrine	pulv.	>75%	>75%	>8w	50-75%	50-75%	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
cyperméthrine (voir aussi profenofos)	pulv.	>75%	>75%	>8w	?	?	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
cyromazine	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	>75%	0w	?	<25%	?
cyromazine	gout	<25%	<25%	0w	?	?	?	?		?	?	?	?
deltaméthrine	pulv.	>75%	>75%	>8w	?	?	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
diazinon	pulv.	<25%	<25%	1w	?	25-50%	2w	>75%	>75%	>6w	25-50%	50-75%	?
dichlorvos	pulv.	<25%	>75%	1w	?	?	?	?	>75%	<1w	>75%	>75%	1w
diméthoate	pulv.	>75%	>75%	8w	?	50-75%	?	50-75%	25-50%	?	>75%	>75%	?
Encarsia formosa	bio												
fénazaquin	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
fénitrothion	pulv.	?	>75%	?	?	?	?	?	?	?	?	>75%	?
fipronil	pulv.	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	25-50%	25-50%	?
gamma - cyhalothrine	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
ail (voir aussi pyréthrins)	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
hexythyazox	pulv.	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?
imidachlopride	pulv.	50-75%	50-75%	?	>75%	>75%	5 jours	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?
imidachlopride	gout	25-50%	25-50%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	25-50%	25-50%	1w
lambda - cyhalothine	pulv.	>75%	>75%	>8w	<25%	<25%	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR ACARIENS ET THRIPS			PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR GÉNÉRAL ET DE THRIPS		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*FELTIELLA ACARISUGA*			*ORIUS LAEVIGATUS*		
		ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
malathion	pulv.	25-50%	25-50%	>1w	?	?	?	50-75%	>75%	2w	>75%	>75%	?
méthomyl	pulv.	>75%	>75%	2w	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	1w
méthoxyfé-nozide	pulv.	?	?	?	<25%	<25%	?	?	?	?	>75%	>75%	?
huiles minérales	pulv.	?	?	?	?	25-50%	>2w	?	?	?	?	?	?
oxamyl	pulv.	>75%	>75%	>8w	?	?	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
oxamyl	gout	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	?	?	?	>75%	?
oxydemeton - méthyl	pulv.	?	>75%	1w	?	?	?	50-75%	>75%	?	?	?	?
parathion méthyl	pulv.	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	?	?	?	>75%	?
pirimiphos-méthyl	pulv.	>75%	>75%	>2w	?	>75%	?	?	>75%	?	?	?	?
propargite	pulv.	>75%	50-75%	0w	?	50-75%	?	25-50%	<25%	?	?	50-75%	?
pymétrozine	pulv.	<25%	<25%	0w	25-50%	25-50%	?	?	?	?	25-50%	25-50%	1w
pymétrozine	gout	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	?	?	?	?	<25%	<25%	1w
pyéthrine (+ P.B.O)	pulv.	<25%	>75%	1w	?	?	?	?	>75%	>1w	?	?	?
spinosad	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?	25-50%	25-50%	3 jours
soufre	pulv.	25-50%	25-50%	?	50-75%	50-75%	?	25-50%	25-50%	?	25-50%	<25%	?
teflubenzuron	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?	>75%	<25%	?
tétradifon	pulv.	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	<25%	?	?	?	?
tétradifon + dicofol	pulv.	50-75%	50-75%	2w	50-75%	50-75%	?	<25%	>75%	?	<25%	<25%	?
thiamethoxam	pulv.	>75%	>75%	?	<25%	<25%	?	?	?	?	>75%	>75%	>2w
thiocyclam	pulv.	?	25-50%	0.5s	?	?	?	?	?	?	?	?	?
trichlorfon	pulv.	>75%	>75%	2w	?	?	?	?	?	?	>75%	>75%	?

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR DE PUCERON			PARASITE DE PUCERON			PARASITE DE MOUCHE BLANCHE			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		COCCINELLES			*APHIDIUS COLEMANI*			*ENCARSIA FORMOSA*			*DIGLYPHUS & DACNUSA*		
		LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
abamectine	pulv.	?	>75%	1w	?	>75%	?	>75%	>75%	3w	?	>75%	?
acéphate	pulv.	?	>75%	>6w	?	>75%	?	>75%	>75%	>8w	?	>75%	?
acrinathrine	pulv.	>75%	>75%	?	25-50%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?
alphacyper-méthrine	pulv.	?	>75%	?	?	>75%	?	>75%	>75%	>8w	?	>75%	?
Amblyseius californicus	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
amitraze	pulv.	?	50-75%	?	?	?	?	>75%	>75%	3w	?	?	?
Aphidius transcaspinus	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
azadirachtine	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
azinfos-méthyl	pulv.	?	>75%	>6w	?	>75%	?	>75%	>75%	>8w	?	>75%	?
azocycloin	pulv.	50-75%	>75%	?	?	?	?						
beta cyfluthine (voir cyfluthine)	pulv.	50-75%	>75%	>8w	>75%	>75%	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
Bt var kurstaki	pulv.	?	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
Bt var kurstaki	dust	?	<25%	0w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
buprofézine	pulv.	?	50-75%	1w	<25%	<25%	0w	25-50%	<25%	0.5s	?	<25%	0w
carbaryle	pulv.	25-50%	>75%	?	?	>75%	?	50-75%	>75%	4w	?	>75%	
carbofuran	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?id
carbosulfan	pulv.	?	>75%	>8w	?	?	?	?	?	?	?	>75%	?
chlorpyrifos-méthyl	pulv.	?	?	?	>75%	>75%	?	50-75%	?	>8w	?	>75%	?
cyfluthrine	pulv.	50-75%	>75%	>8w	>75%	>75%	?	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
cyhexatine	pulv.	?	<25%	0w	?	>75%		<25%	>75%	2w	?	>75%	
cyperméthrine	pulv.	?	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR DE PUCERON			PARASITE DE PUCERON			PARASITE DE MOUCHE BLANCHE			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		COCCINELLES			*APHIDIUS COLEMANI*			*ENCARSIA FORMOSA*			*DIGLYPHUS & DACNUSA*		
		LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
cyromazine	pulv.	50-75%	25-50%	0w	?	<25%		<25%	<25%	0w	?	<25%	?
cyromazine	drip	?	?	?	?	<25%		?	<25%	?	?	?	?
deltaméthrine	pulv.	?	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
diazinon	pulv.	25-50%	25-50%	?	>75%	>75%	?	25-50%	>75%	4-6w	?	>75%	?
dichlorvos	pulv.	?	>75%	<1w	?	>75%	?	>75%	>75%	1w	?	>75%	?
dicofol	pulv.	?	<25%	0w	?	50-75%	?	<25%	>75%	>1w	?	50-75%	?
dicofol + tetradifon	pulv.	?	<25%	0w	?	50-75%	?	<25%	>75%	>1w	?	50-75%	?
Diglyphus isaea	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	>0w	<25%	<25%	0w
diméthoate	pulv.	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	>8w	?	?	?
Encarsia formosa	bio												
endosulfan	pulv.	?	>75%	2w	50-75%	?	?	<25%	>75%	>8w	?	>75%	?
fénitrothion	pulv.	?	>75%	?	?	?	?	50-75%	?	>6w	?	?	?
fipronil	pulv.	?	?	?	?	?	?	<25%	<25%	?	?	?	?
gamma - cyhalothrine	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
ail (voir aussi pyréthrine)	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
hexythyazox	pulv.	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?
imidaclopride	pulv.	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?
imidachlopride	pulv.	25-50%	25-50%	?	25-50%	25-50%	?	25-50%	25-50%	?	25-50%	25-50%	?
malathion	pulv.	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
méthomyl	pulv.	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?	>75%	>75%	?
methoxy-fenozide	pulv.	?	?	?	?	?	?	<25%	<25%	?	?	?	?

INSECTICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR DE PUCERON			PARASITE DE PUCERON			PARASITE DE MOUCHE BLANCHE			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		COCCINELLES			*APHIDIUS COLEMANI*			*ENCARSIA FORMOSA*			*DIGLYPHUS & DACNUSA*		
		LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
huile minérale	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
oxamyl	pulv.	50-75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w	>75%	>75%	>8w
oxamyl	gout	?	<25%	0w	?	<25%	?	25-50%	<25%	?	?	<25%	?
oxydemeton-méthyl	pulv.	?	>75%	?	?	?	?	>75%	>75%	>8w	?	?	?
parathion méthyl	pulv.	>75%	>75%	?	?	?	?	?	>75%	?	?	?	?
pirimicarbe	pulv.	?	>75%	1w	?	<25%	?	<25%	50-75%	<1w	?	50-75%	<1w
pirimiphos-méthyl	pulv.	?	<25%	0w	>75%	>75%	?	>75%	>75%	>6w	?	>75%	
propargite	pulv.	?	50-75%	?	<25%	<25%	?	50-75%	50-75%	1w	?	?	?
pymétrozine	pulv.	?	?	?	<25%	25-50%	?	<25%	<25%	?	?	?	?
pymétrozine	pulv.	?	?	?	<25%	25-50%	?	<25%	<25%	?	?	?	?
pyréthrine (+ P.B.O)	pulv.	?	>75%	>2w	?	?	?	25-50%	>75%	2w	?	>75%	1w
spinosad	pulv.	?	?	?	?	50-75%	?	?	50-75%	1w	?	?	?
soufre	pulv.	<25%	25-50%	?	25-50%	25-50%	?	<25%	>75%	>4w	?	25-50%	<1w
teflubenzuron	pulv.	?	25-50%	?	?	<25%	?	<25%	25-50%	<1w	?	>75%	0w
tétradifon	pulv.	?	<25%	?	?	<25%	?	<25%	>75%	<1w	?	<25%	0w
tetradifon + dicofol	pulv.	<25%	<25%	?	50-75%	50-75%	?	<25%	>75%	>1w	50-75%	50-75%	?
thiamethoxam	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
thiocyclam	pulv.	50-75%	25-50%	?	25-50%	>75%	?	<25%	25-50%	<1w	?	>75%	?
trichlorfon	pulv.	?	>75%	?	?	>75%	?	<25%	50-75%	?	?	>75%	?

FONGICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR DE THRIPS ET ACARIENS			PRÉDATEUR DE THRIPS ET AUTRES			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*ORIUS LAEVIGATUS*			*DIGLYPHUS*		
		ŒUFS	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUFS	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	NYMPH	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
azoxystrobine	pulv.	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	?	?	?
bénomyl	pulv.	<25%	50-75%	>2w	?	?	?	?	?	?	?	<25%	0w
bitertanol	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	25-50%	<25%	?	?	<25%	0w
buprimate	pulv.	<25%	25-50%	4d	?	<25%	0w	50-75%	50-75%	0w	?	25-50%	0w
captane	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?
chlorothalonil	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	<25%	0w
oxychlorure de cuivre	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	<25%	?	?	?	?
difénoconazole	pulv.	?	<25%	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
dithianon	pulv.	?	<25%	?	?	<25%	?	?	<25%	?	?	?	?
fosétyl-aluminium	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	?	?	?	<25%	0w
ail (voir aussi pyréthrine)	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
hexaconazole	pulv.	?	<25%	?	?	<25%	?	?	<25%	?	?	?	?
iprodione	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	<25%	0w
mancozèbe	pulv.	<25%	50-75%	0w	<25%	<25%	0w	25-50%	<25%	0w	?	<25%	0w
métalaxyl (voir zoxamide)	pulv.	?	50-75%	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
métalaxyl + mancozèbe	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	?	?
métiram	pulv.	?	50-75%	?	?	?	?	<25%	<25%	0w	?	?	?
myclobutanil	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	25-50%			?	?	?
propamocarbe	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	<25%	0w
propamocarbe	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	?	?	?	<25%	0w

FONGICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR DE THRIPS ET ACARIENS			PRÉDATEUR DE THRIPS ET AUTRES			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*ORIUS LAEVIGATUS*			*DIGLYPHUS*		
		ŒUFS	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUFS	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	NYMPH	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
propiconazole	pulv.	?	<25%	?	?	?	?	25-50%	<25%	?	?	<25%	0w
propinèbe (voir aussi cymoaxanil)	pulv.	50-75%	>75%	1w	?	?	?	?	<25%	?	?	?	?
pyriméthanil	pulv.	?	25-50%	?	?	?	?	<25%	?	?	?	?	?
soufre	pulv.	<25%	<25%	0w	?	?	?	25-50%	<25%	?	?	50-75%	<1w
soufre	poudre	<25%	25-50%	1w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
soufre	fum	<25%	25-50%	1w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
tebuconazole	pulv.	?	<25%		?	?	?	?	?	?	?	?	?
thiamethoxam (seul trait semence)	trait se-mence	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w

FONGICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR DE PUCERON			PARASITE DE PUCERON			PARASITE DE MOUCHE BLANCHE		
		COCCINELLE			*APHIDIUS*			*ENCARSIA*		
		LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
azoxystrobine	pulv.	?	?	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?
bénomyl	pulv.	?	>75%	?	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
bitertanol	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
buprimate	pulv.	?	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
captane	pulv.	?	<25%	0w	?	?	?	<25%	<25%	0w
chlorothalonil	pulv.	?	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
oxychlorure de cuivre	pulv.	<25%	<25%	0w	?	?	?	<25%	50-75%	<1w
difénoconazole	pulv.	?	?	?	?	<25%	?	?	<25%	?
dithianon	pulv.	<25%	<25%	?	?	<25%	?	<25%	<25%	0w
fosétyl-aluminium	pulv.	?	<25%	0w	?	?	?	?	<25%	?
ail (voir aussi pyréthrine)	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?
hexaconazole	pulv.	25-50%	<25%		?	<25%	?	?	?	?
iprodione	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
mancozèbe	pulv.	?	2	0w	<25%	<25%	0w	<25%	25-50%	0w
métalaxyl (voir aussi zoxamide)	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	<25%	?
métalaxyl+mancozèbe	pulv.	?	<25%	0w	?	?	?	<25%	<25%	?
métiram	pulv.	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?	?	>75%	4w
myclobutanil	pulv.	?	<25%	0w			?	?	?	?
propamocarbe	pulv.	?	<25%	0w	?	?	?	<25%	<25%	0w
propamocarbe	gout	?	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
propiconazole	pulv.	25-50%	?	?	<25%	<25%	?	<25%	<25%	?
propinèbe (voir aussi cymoaxanil)	pulv.	50-75%	>75%	0w	?	<25%	?	<25%	>75%	>4w
pyrimethanil	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?
soufre	pulv.	25-50%	25-50%		25-50%	50-75%	?	<25%	>75%	>4w
soufre	poudre	?	>75%	>6w	?		?	<25%	>75%	>3w
soufre	fum	?	?	?	?		?	?	>75%	<1w
tebuconazole	pulv.	?	?	?	?	25-50%	?	<25%	25-50%	?
thiamethoxam (seul trait semence)	trait semence	<25%	<25%	0w						

FONGICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR ARAIGNÉES ROUGES			PRÉDATEUR DE THRIPS ET AUTRES			PARASITE DE MINEUSE DES FEUILLES		
		PHYTOSEIULUS PERSIMILIS			*AMBLYSEIUS CALIFORNICUS*			*ORIUS LAEVIGATUS*			*DIGLYPHUS*		
		ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)	ŒUF	ADULTE	PERSISTENCE (W=SEMAINE)
thiophanate-méthyl	pulv.	25-50%	>75%	>2w	?	?	?	25-50%	?	?	?	<25%	0w
thirame (pulv sur culture non autorisée)	pulv.	?	25-50%		?	?	?	<25%	25-50%	?	?	<25%	0w
thirame (poud sur culture non autorisé)	poudre	50-75%	<25%	>1w	?	?	?	?	?	?	?	?	?
thirame (seul trait semence autorisé)	sem.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
triadimefon	pulv.	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	?	<25%	?	?	<25%	0w
Trichoderma	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
triforine	pulv.	<25%	25-50%	0w	?	?	?	?	<25%		?	<25%	0w
zoxamide	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

FONGICIDES (HARICOT VERT) MATIÈRES ACTIVES	MÉTHODE D'APPLICATION	PRÉDATEUR DE PUCERON			PARASITE DE PUCERON			PARASITE DE MOUCHE BLANCHE		
		COCCINELLE			*APHIDIUS*			*ENCARSIA*		
		LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W = SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W = SEMAINE)	LARVE	ADULTE	PERSISTENCE (W = SEMAINE)
thiophanate-méthyl	pulv.	?	<25%	0w	<25%	<25%	?	<25%	<75%	0w
thirame (pulv sur culture non autorisée)	pulv.	?	25-50%	0w	<25%	<25%	?	<25%	50-75%	<1w
thirame (poud sur culture non autorisée)	poudre	?	?	?	?	?	?	<25%	50-75%	<1w
thirame (seul trait semence autorisé)	trait semence	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
triadimefon	pulv.	?	<25%	0w	?	?	?	<25%	<25%	0w
Trichoderma	bio	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
triforine	pulv.	25-50%	<25%	0w	<25%	<25%	0w	<25%	<25%	0w
zoxamide	pulv.	?	?	?	?	?	?	?	?	?

ANNEXE 5 : COMPLÉMENT D'INFORMATION SUR *ENCARSIA*

Il est possible de concevoir un programme de lutte prophylactique contre les parasites en utilisant des *Encarsia* adultes pour les cultures de pleins champs. Les taux d'introduction d'*Encarsia* se basent sur une estimation du nombre de pupes d'aleurodes qui pourraient être présentes sur chaque feuille à trois folioles, si AUCUN autre moyen de lutte n'est utilisé et que la migration naturelle des parasites a lieu sans encombre (scénario le plus défavorable).

Après un certain temps, si la lutte s'avère efficace, le taux de migration naturelle des aleurodes vers la culture, peu de temps après la plantation, est susceptible de baisser et, par conséquent, les taux d'introduction requis d'*Encarsia* diminueraient également.

Un système d'échantillonnage efficace dans le cadre de la lutte intégrée contre les parasites permet aux cultivateurs de mesurer la lutte effectuée en estimant le nombre moyen de pupes d'aleurodes et d'aleurodes adultes par feuille après un certain temps.

En Europe et ailleurs, *Encarsia* s'achète normalement auprès d'entreprises spécialisées dans la lutte biologique sous la forme de pupes noires d'aleurodes parasitées contenant une jeune pupe d'*Encarsia* qui donnera naissance à un *Encarsia* adulte. Cet *Encarsia* adulte constitue l'agent de lutte biologique, car il s'envole pour aller pondre des œufs dans d'autres pupes d'aleurodes présentes dans la culture. Cette méthode présente des avantages en ce sens que la production et la distribution des pupes coûtent moins cher que les adultes et qu'il est possible de stocker plus longtemps les pupes que les adultes avant leur emploi. Cela convient aux cultivateurs de l'UE qui produisent des cultures dans des serres.

L'utilisation d'*Encarsia* dans les cultures extérieures est très rare. Toutefois, les *Encarsia* adultes sont préférés aux pupes d'*Encarsia* (c'est-à-dire les pupes d'aleurodes parasitées) pour les cultures extérieures du Kenya, car, dans les champs, les pupes d'*Encarsia* risquent d'être mangées par des fourmis, de se déshydrater ou d'être emportées par le vent si elles sont introduites seules. Au contraire, les *Encarsia* adultes se placeront directement sur la face inférieure des feuilles, à la recherche de pupes d'aleurodes pour se nourrir de celles-ci et pour y pondre leurs œufs.

Il est également plus aisé d'intégrer l'utilisation des *Encarsia* adultes dans le calendrier des applications d'autres fongicides et insecticides compatibles, puisque le cultivateur connaît la date exacte à laquelle les adultes ont été introduits dans la culture. Si, dans le cas contraire, le cultivateur avait introduit *Encarsia* au stade de pupes, il ne connaîtrait pas la date exacte à laquelle elles seraient sorties des pupes noires. De ce fait, il serait difficile de programmer d'autres pulvérisations de pesticides et de garantir que les *Encarsia* adultes ne sont pas tués. Les *Encarsia* sont très sensibles aux pesticides et même aux fongicides. (Consulter l'annexe 4 à propos de la sensibilité aux pesticides) Il convient de demander des conseils techniques pour l'utilisation de moyens de lutte biologique contre l'aleurode. Cependant, les indications suivantes aideront les cultivateurs qui souhaitent appliquer des moyens de lutte biologique sur des cultures extérieures. Des formations d'une semaine permettent d'acquérir les compétences nécessaires en matière d'échantillonnage et de gestion pour mettre ces programmes en œuvre.

MÉTHODE « TRADITIONNELLE » D'UTILISATION D'*ENCARSIA*

L'utilisation commerciale d'*Encarsia*, l'hyménoptère parasite le plus couramment utilisé contre l'aleurode, est normalement limitée aux cultures protégées en raison du coût de ces prédateurs naturels, dont l'utilisation ne serait pas rentable dans des cultures extérieures.

Néanmoins, *Encarsia*, comme tous les autres prédateurs naturels, vient de l'extérieur ! Ce ne sont pas des raisons biologiques, mais bien économiques qui empêchent son utilisation efficace à l'extérieur. Au Kenya, la production des *Encarsia* est très bon marché et donc ils peuvent être utilisés en bien plus grandes quantités que ne pourraient se permettre les cultivateurs de l'UE du point de vue économique.

La méthode traditionnelle d'utilisation d'*Encarsia* consiste à acheter des pupes d'aleurodes parasitées (elles sont noires lorsqu'elles sont parasitées). Elles sont collées sur des cartons que l'on pend aux plantes. Les *Encarsia* adultes sortent (ou non) de ces pupes et cherchent dans la culture des pupes d'aleurodes suffisamment grandes, dans lesquelles ils pondent un œuf. Si l'œuf d'*Encarsia* est pondu dans une grande pupe d'aleurode, il croîtra dans la pupe d'aleurode parasitée pour finalement devenir un *Encarsia* adulte (parce que la grande pupe contient assez de nourriture). En l'absence de grandes pupes dans la culture, *Encarsia* sera forcé de pondre un œuf dans une pupe plus petite, qui ne disposera pas de suffisamment de « chair » pour permettre le développement complet d'*Encarsia* jusqu'au stade adulte. De ce fait, tant l'*Encarsia* en développement que la pupe meurent et la population d'*Encarsia* présente dans la culture ne pourra pas se développer. Toutefois, la pupe d'aleurode meurt, ce qui est l'objectif du cultivateur.

Le choix de la date d'introduction d'*Encarsia*, qui doit coïncider avec la présence de grandes pupes d'aleurodes, détermine la réussite de la méthode de l'introduction au compte-goutte d'*Encarsia*. Il s'agit de l'introduction hebdomadaire d'*Encarsia* en faible quantité, mais fréquente, à un taux fixe par hectare, qui vise à vaincre certains problèmes susmentionnés. Les introductions prophylactiques hebdomadaires d'*Encarsia* s'arrêtent généralement dès que l'on observe un parasitisme à 95% des pupes d'aleurodes (c'est-à-dire lorsque l'on détecte 95% de pupes noires sur les feuilles des plantes).

PROGRAMME PROPHYLACTIQUE/PRÉVENTIF À L'AIDE D'*ENCARSIA*

Un programme prophylactique intense est un autre moyen d'utiliser *Encarsia*. En Europe, pour les plantes ornementales en pots (par exemple, les poinsettias), un programme prophylactique intense concernant l'introduction d'*Encarsia* est utilisé à la place du programme hebdomadaire régulier peu intense (la méthode du « compte-goutte » décrite ci-dessus) utilisé par exemple dans les cultures de tomates, étant donné que le consommateur ne veut pas acheter de poinsettias ornementaux comportant des pupes noires sur les feuilles. Dans les cultures de tomates, peu importe si des pupes noires se trouvent sur les feuilles.

Pour les poinsettias, une introduction régulière d'*Encarsia* est appliquée avant la ponte des œufs d'aleurodes sur les feuilles, de telle sorte qu'*Encarsia* tue en réalité

les pupes d'aleurodes pendant leur développement au lieu de les parasiter. En effet, les *Encarsia* adultes se nourrissent aussi de jeunes pupes (les dégâts excessifs dus à l'alimentation tuent les pupes, qui tombent ensuite de la feuille.) Les pupes meurent également si *Encarsia* a pondu un œuf à l'intérieur de celles-ci, même si les pupes sont trop petites pour assurer le développement complet des larves d'*Encarsia*. Dès lors, le taux de parasitisme traditionnel ne sera pas élevé et peu de pupes noires seront présentes dans la culture, car le développement de la population d'aleurodes dans la culture s'est arrêté au stade L2. Cette technique est dénommée « désamorçage ». Le désamorçage aura généralement lieu lorsque le rapport entre les *Encarsia* adultes et les pupes d'aleurodes présents dans la culture est proche de un pour trente (c'est-à-dire un *Encarsia* adulte pour trente pupes d'aleurodes).

Ce type de programme de « désamorçage » utilisera inévitablement plus d'*Encarsia* que les méthodes traditionnelles du compte-goutte et n'est normalement appliqué que dans des cultures de grande valeur, comme les cultures de plantes ornementales. Néanmoins, s'il est possible de réduire le coût des *Encarsia* en les élevant en masse dans l'exploitation agricole, les plus grandes quantités d'*Encarsia* adultes peuvent être utilisées de manière économique.

Le principe général de la lutte biologique est que plus le nombre d'insectes utiles présents (ou introduits) est élevé par rapport au nombre de parasites présents, plus la lutte sera réalisée rapidement.

Le taux d'introduction d'*Encarsia* doit donc être mis en rapport avec le nombre d'aleurodes réellement présents ou avec l'estimation du nombre d'aleurodes pouvant migrer dans la culture.

Afin de calculer le nombre possible d'*Encarsia* nécessaires, le cultivateur doit d'abord évaluer correctement le développement hebdomadaire probable des pupes d'aleurodes dans la culture si AUCUN moyen de lutte n'est appliqué. Cette évaluation peut se faire soit sur la base de l'expérience du cultivateur concernant le nombre moyen de pupes d'aleurodes sur chaque feuille à trois folioles à un stade donné de la croissance de la culture, soit en constituant une parcelle non pulvérisée dans le même champ afin de permettre aux aleurodes adultes de migrer dans cette parcelle.

L'échantillonnage hebdomadaire de cette parcelle permet d'obtenir le nombre moyen de :

- pupes d'aleurodes par feuille et par semaine (développement des pupes),
- feuilles par plante et par semaine (croissance des feuilles). (Consulter le tableau ci-contre afin de savoir comment utiliser ces informations).

Le taux d'introduction hebdomadaire d'*Encarsia* adultes (et non des pupes noires parasitées) se calcule en divisant par trente le nombre hebdomadaire estimé de pupes d'aleurodes par hectare (*). Cela permet de déterminer le nombre d'*Encarsia* adultes nécessaires pour établir un rapport de un pour trente entre les *Encarsia* adultes et les pupes d'aleurodes dans le feuillage de la culture. Lorsque ce rapport est atteint, il convient de pratiquer le « désamorçage ». Si le cultivateur peut se permettre d'introduire davantage d'*Encarsia* adultes dans la culture, il assurerait une lutte encore meilleure (mais cela coûterait plus cher).

* L'estimation du nombre total de pupes d'aleurodes par hectare = (le nombre moyen de pupes d'aleurodes par feuille x le nombre total de feuilles par plante) x le nombre total de plantes par hectare.)

Calculs pour le taux d'introduction prophylactique (*Encarsia* chez les haricots fins)

Ce taux élevé serait uniquement nécessaire durant la période où l'on a forcé la réduction de la population d'aleurodes de la plantation jusqu'à un niveau plus aisé à gérer. Les taux ultérieurs d'introduction seraient adaptés en fonction du nombre moyen réel de pupes d'aleurodes présentes (et non en fonction de la moyenne élevée de vingt pupes par feuille utilisée dans la méthode de calcul présentée ci-dessous).

Tableau 1: Indications concernant les calculs relatifs à l'introduction d'*Encarsia* adultes dans les cultures extérieures de haricots fins Plantes/ ha = 200 000. Utiliser un taux de 20 pupes par feuille à trois folioles pour calculer le nombre maximal d'aleurodes par hectare (scénario le plus défavorable), pour le programme initial.

Tant qu'aucune pulvérisation de produits chimiques nuisibles n'est appliquée durant cette phase et qu'il n'y a pas d'invasion massive d'aleurodes adultes venant d'une culture adjacente, il ne devrait pas être nécessaire de réaliser d'autres introductions d'*Encarsia* adultes au-delà de la sixième semaine. (Consulter le tableau concernant la sensibilité aux pesticides dans les annexes).

SEMAINE APRÈS LA PLANTATION	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	SEM. 8	SEM. 9	SEM. 10
feuilles à 3 folioles par plante	1	3	9	12	18	22	26	26
Total des feuilles à 3 folioles par ha (en milliers)	200	600	1 800	2 400	3 600	4 400	5 200	5 200
estimation du total de pupes par ha	4 million	12 million	36 million	48 million				
taux d'introd. par ha En milliers d'*Encarsia* rapport de 1 pour 30 (arrondi)	140 000	400 000	1,2 million	1,6 million				

La mise en œuvre de cette technique entraîne un certain développement de pupes noires (parasitées) d'aleurodes, du fait qu'une partie des larves d'aleurodes se sont développées au-delà du stade L3 et qu'elles peuvent être adéquatement parasitées par *Encarsia* et devenir noires.

L'échantillonnage déterminera la nécessité de poursuivre les introductions d'*Encarsia*. Les introductions d'*Encarsia* adultes doivent se poursuivre si l'échantillonnage hebdomadaire révèle :

— que le nombre moyen de pupes d'aleurodes continue d'augmenter chaque semaine pour atteindre un niveau inacceptable ou,

— que le taux de parasitisme des plus grandes pupes sur les feuilles inférieures plus anciennes est inférieur à 50%.

Le cultivateur doit déterminer si le taux de pupes présentes est « acceptable » (seuil économique). Il doit tenir compte du nombre de semaines de présence de la culture dans le sol et doit examiner si le miellat des larves présentes cause trop de dégâts aux haricots ou si la culture ne pousse pas assez vigoureusement à cause des prélèvements alimentaires considérables des aleurodes. Cependant, à 5 livres sterling le millier (coût commercial dans l'UE des pupes parasitées), une introduction d'environ trois millions d'*Encarsia* adultes par hectare coûterait approximativement 150 000 livres, un coût qui est prohibitif.

Le seul moyen d'y parvenir est d'élever *Encarsia* dans l'exploitation afin de réduire le coût. Il est également possible de détruire les pupes d'aleurodes en effectuant des pulvérisations à base de détergent, comme Teepol, mais, encore une fois, il convient de demander conseil aux autorités responsables de la réglementation des pesticides afin de déterminer si cette utilisation ne doit pas faire l'objet d'un enregistrement en tant que produit antiparasitaire à usage agricole. Dans de nombreux pays, ce type d'agent de protection des cultures est exempt d'enregistrement parce qu'il provoque la mort par des moyens physiques, en dissolvant l'épiderme et en permettant la mort de la pupe par déshydratation.

D'autres agents de lutte comprennent des substances comme l'amidon, qui, lorsqu'il est pulvérisé sur une feuille portant des pupes d'aleurodes, empêche l'éclosion des pupes, car il forme une couche qui étouffe la pupe ou la déshydrate en raison de l'osmose. Il est possible d'obtenir des effets similaires en pulvérisant des huiles végétales ou minérales. De nouveau, ces types de substance sont exempts d'enregistrement dans d'autres pays en raison de leur mode d'action physique. Il convient de demander conseil sur les exigences locales en matière d'enregistrement.

GROWING PEOPLE

AVRIL 2023

colead.link