Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

COMMISSION DES
RESSOURCES GÉNÉTIQUES
POUR L'ALIMENTATION ET
L'AGRICULTURE

Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture

Conservation par culture *in vitro*



Guide pratique pour la mise en œuvre
des Normes applicables aux banques de gènes
pour les ressources phytogénétiques
pour l'alimentation et l'agriculture

Conservation par culture *in vitro*

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Rome, 2023

Citer comme suit:
FAO. 2023. *Guide pratique pour la mise en oeuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation par culture* in vitro. Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. https://doi.org/10.4060/cc0025fr

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

ISBN 978-92-5-138245-5
© FAO, 2023

Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY NC SA 3.0 IGO; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [Anglais] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

Table des matières

Avant-propos		v
Remerciements		vii
Préface		ix
1.	Introduction	1
2.	Acquisition du matériel génétique	7
	2.1 Matériel génétique acquis par des missions de collecte	11
	2.2 Matériel génétique acquis par transfert/donation	16
3.	Culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie	19
4.	Subculture et rajeunissement	27
5.	Caractérisation et évaluation	33
6.	Documentation	41
7.	Distribution	47
8.	Duplication de sécurité	55
9.	Personnel et sécurité	61
10.	Infrastructures et équipements	67
11.	Références	73
12.	Informations/lectures complémentaires	77
Annexe: Risques et mesures d'atténuation associées		87

Tableaux

Tableau 1. Principes fondamentaux du fonctionnement d'une banque de gènes et pratiques/activités connexes pour la culture *in vitro* 5

Tableau 2. Infrastructures et équipements généraux recommandés pour une banque de gènes *in vitro* 70

Figures

Figure 1. Processus liés à la conservation par culture *in vitro* 4

Figure 2. Itinéraire du matériel génétique dans une banque de gènes pour la conservation par culture *in vitro* 6

Figure 3. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'acquisition de matériel génétique 18

Figure 4. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la culture *in vitro* et l'entreposage en croissance ralentie 26

Figure 5. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées aux subcultures et au rajeunissement 32

Figure 6. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la caractérisation et à l'évaluation 39

Figure 7. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la documentation 46

Figure 8. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la distribution du matériel génétique 53

Figure 9. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la duplication de sécurité du matériel génétique 60

Figure 10. Résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité 66

Encadré

Encadré 1. Liste minimale des descripteurs de passeport 14

Avant-propos

La communauté internationale du développement et les gouvernements conjuguent leurs efforts afin d'atteindre les objectifs de développement durable (ODD), y compris, d'ici 2030, l'éradication de la faim. L'impératif de générer et de diffuser des solutions qui fonctionnent pour les agriculteurs comme moyen d'atteindre les ODD constitue la toile de fond du Cadre stratégique 2022-2031 de la FAO. Ce cadre stratégique vise à transformer les systèmes agricoles et alimentaires sous-optimaux actuels pour les rendre plus efficaces, inclusifs, résilients et durables, comme le prévoient ses quatre aspirations: une meilleure production, une meilleure nutrition, un meilleur environnement et une vie meilleure.

Environ 80 pour cent des aliments étant d'origine végétale, ces efforts bénéficieront grandement de systèmes de production végétale durables, qui génèreront des rendements accrus d'aliments nutritifs obtenus avec moins d'intrants externes qu'aujourd'hui, même sous des scénarios d'aggravation du changement climatique. Ces systèmes reposent essentiellement sur un ensemble diversifié de variétés culturales supérieures de plus en plus économes en intrants, nutritives, adaptées aux agroécologies ciblées et résistantes aux stress biotiques et abiotiques. Il est nécessaire que les phytosélectionneurs aient accès au spectre le plus large possible de sources de variations héréditaires afin de créer de telles variétés. Les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RPGAA) – qui comprennent les espèces culturales améliorées, les variétés/races locales des agriculteurs et les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées – sont les sources de ces variations. La sauvegarde des RPGAA caractérisées et documentées dans des banques de gènes est un moyen fiable d'assurer leur disponibilité pour les générations actuelles et futures – tant pour l'utilisation directe que pour la recherche et la sélection végétale.

La FAO et ses partenaires ont conscience de l'importance cruciale de l'efficacité des opérations des banques de gènes pour la durabilité des systèmes de production végétale. En outre, compte tenu de l'interdépendance mondiale des RPGAA, favorisée par l'échange de matériel génétique, la nécessité d'harmoniser les procédures des banques de gènes a toujours été au premier plan des travaux de la FAO sur la conservation et l'utilisation durable des RPGAA. C'est pourquoi, la FAO au travers de sa Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture, a publié en 2014 les *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (Normes applicables aux banques de gènes). Ces Normes applicables aux banques de gènes présentent des normes internationales pour la conservation *ex situ* des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans les banques de semences, les collections en champ, par culture *in vitro* et par cryoconservation.

D'après les utilisateurs des banques de gènes, l'utilité de ces Normes applicables aux banques de gènes, considérées comme un document de référence majeur, ne pourrait qu'être renforcée par l'élaboration de volumes complémentaires qui détailleraient pas à pas les opérations du flux du travail des banques de gènes et conseilleraient quant aux étapes complexes et aux décisions requises. En réponse à ces commentaires, la FAO a élaboré un *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation par culture* in vitro. En parallèle, ont été élaborés un *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences* et un *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation dans les banques de gènes en champ*.

Ces volumes complémentaires, rédigés dans un format facile à comprendre, seront utiles aux techniciens des banques de gènes en tant que manuels opérationnels, aux gestionnaires des banques de gènes en tant que matériel didactique simplifié et à tous ceux qui s'intéressent aux opérations des banques de gènes en tant que matériel de référence pratique.



Jingyuan Xia
Directeur
Division de la production végétale
et de la protection des plantes

Remerciements

Le *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation par culture* in vitro a été produit par la Division de la production végétale et de la protection des plantes de la FAO sous la supervision de M. Chikelu Mba. À sa dix-huitième session ordinaire, du 27 septembre au 1er octobre 2021, la Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO (Commission) a approuvé les orientations fournies par l'organe et les nombreuses et précieuses contributions de ses membres qui sont vivement remerciés.

Contributeurs

Bonnie Furman, Stefano Diulgheroff, Arshiya Noorani et Chikelu Mba
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Mary Bridget Taylor, Catherine Gold, Andreas Wilhelm Ebert et le Global Crop Diversity Trust méritent une mention spéciale pour leurs contributions significatives à l'élaboration de ce guide pratique. Les membres de la Commission et de la plateforme des banques de gènes du CGIAR ont également apporté leur contribution, ainsi que plusieurs personnes, en particulier Adriana Alercia, Joelle Braidy, Nora Castaneda-Alvarez, Paula Cecilia Calvo, Mirta Culek, Axel Diederichsen, Lucia de La Rosa Fernandez, Lianne Fernandez Granda, Luigi Guarino, Jean Hanson, Fiona Hay, Remmie Hilukwa, Visitación Huelgas, Yalem Tesfay Kahssay, Simon Linington, Charlotte Lusty, Medini Maher, Matlou Jermina Moeaha, Mina Nath Paudel, William Solano, Mohd Shukri Bin Mat Ali, Janny van Beem et Ines Van den Houwe.

Nous remercions tout particulièrement Alessandro Mannocchi pour la conception et la mise en page de cette publication. Merci également à Mirko Montuori, Dafydd Pilling

et Suzanne Redfern pour leurs contributions. La préparation et la publication de ce guide pratique ont été rendues possibles grâce à la contribution de nombreuses autres personnes. La FAO les remercie très sincèrement pour leur temps, leur engagement et leur expertise.

Préface

La conservation *ex situ* des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RPGAA) dans des banques de gènes vise leur sauvegarde en vue de leur utilisation actuelles et future – à la fois directement par les utilisateurs finaux et en tant que matériel pour la recherche et la sélection végétale. Les banques de gènes contribuent donc, au final, à la durabilité des systèmes de production végétale et ainsi, à la sécurité alimentaire et à la nutrition. C'est pourquoi, il convient que les banques de gènes soient gérées efficacement afin de conserver ces ressources dans les meilleures conditions et les rendre exploitables.

Les banques de gènes jouent également un rôle majeur en favorisant la collaboration mondiale sur les RPGAA grâce à l'échange de matériel génétique, même au-delà des frontières nationales. Les *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (Normes applicables aux banques de gènes), publiées en 2014, visent à harmoniser, entre les banques de gènes et les pays, les opérations des banques de gènes, c'est-à-dire l'entreposage des accessions, leur caractérisation, leur évaluation et la documentation des données connexes. Ces Normes applicables aux banques de gènes constituent la référence pour les meilleures pratiques scientifiques et techniques actuelles.

Pour répondre au besoin identifié d'articuler les différentes activités des flux opérationnels de routine des banques de gènes, nous avons rédigé un *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques: Conservation par culture* in vitro. Approuvé par la Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO lors de sa dix-huitième session ordinaire en 2021, ce guide pratique présente les informations contenues dans les Normes applicables aux banques de gènes dans un format déroulant progressivement les étapes du flux d'activités des banques de gènes. La suite

de processus interdépendants présentés se fonde sur les principes fondamentaux sous-tendant la gestion des banques de gènes, à savoir: l'identification des accessions; le maintien de la viabilité; le maintien de l'intégrité génétique pendant l'entreposage et la régénération; le maintien de la santé du matériel génétique; la sécurité physique des collections; la disponibilité, la distribution et l'utilisation du matériel génétique; la disponibilité de l'information; et la gestion proactive.

Les sections incluses dans ce guide pratique sont: acquisition du matériel génétique; culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie; subculture et rajeunissement; caractérisation et évaluation; documentation; distribution; duplication de sécurité et; personnel et sécurité. Un résumé du déroulement des opérations et des activités associées illustre chacune de ces opérations. Une section supplémentaire examine les infrastructures et les équipements suggérés pour concevoir ou modifier les installations d'une banque de gènes *in vitro*. Une dernière section liste des références présentant des conseils et/ou un contexte technique sur les opérations et la gestion des banques de gènes *in vitro*. Une annexe identifie les risques potentiels associés aux différentes opérations de la banque de gènes et les mesures d'atténuation respectives.

Ce guide pratique fait partie d'une série de publications conçues pour l'accompagnement des Normes applicables aux banques de gènes et destinées à faciliter leur mise en œuvre à plus grande échelle. Les gestionnaires de banques de gènes peuvent utiliser ce guide pratique comme base pour le développement de procédures opérationnelles standardisées, de systèmes de gestion de la qualité ou, simplement, comme manuel.

1. Introduction





©CIP/R. Medina

Vitroplant de patate douce, Centre international de la pomme de terre (CIP)

Parmi les cultures de plein champ, horticoles ou les espèces agroforestières, nombreuses sont celles difficiles, voire impossibles, à conserver sous forme de semences. Les raisons sont qu'elles ne produisent que des semences récalcitrantes à courte durée de vie lors du stockage des semences; ou que la production de semences prend de nombreuses années (cas de nombreuses espèces arboricoles); ou qu'elles sont hétérozygotes et donc ne produisent pas de graines conformes au type; ou qu'elles ne produisent pas de semences du tout, ne pouvant être multipliées que par voie végétative. Citons aussi d'autres cas comme les mâles des espèces dioïques et les plantes rares menacées par le surpâturage et manquant donc de temps pour produire des semences avant la disparition totale de la population. La conservation *in vitro* offre une option pour ces espèces. En outre, les techniques *in vitro* offrent une procédure d'entreposage du matériel génétique qui combine la possibilité d'éliminer les maladies avec celle d'une propagation clonale rapide, fournissant ainsi un moyen par lequel le matériel génétique peut être échangé et distribué en toute sécurité.

Les techniques d'entreposage *in vitro* en croissance ralentie sont couramment utilisées pour la conservation à moyen terme de nombreuses espèces d'origine tempérée et tropicale, y compris des plantes cultivées (par exemple, la pomme de terre, l'igname et le manioc), ainsi que des espèces rares et menacées. Le matériel génétique peut être stocké de plusieurs mois à 2-3 ans sans subculture, en fonction de la technique utilisée et du génotype du matériel végétal.

Les banques de gènes *in vitro* reposent sur les mêmes principes que les autres banques de gènes, à savoir l'identification des accessions, le maintien de la viabilité, le maintien de l'intégrité génétique pendant l'entreposage et la régénération, le maintien de la santé du matériel génétique, la sécurité physique des collections, la disponibilité, la distribution et l'utilisation du matériel génétique, la disponibilité de l'information et la gestion proactive (FAO, 2014: chapitre 2).

La conservation dans les banques de gènes par culture *in vitro* peut être décomposée en une série de processus interdépendants (figure 1). Ce guide présente les pratiques et les activités essentielles[1] liées aux principes fondamentaux d'une banque de gènes dans chaque domaine opérationnel (tableau 1). Il décrit l'itinéraire du matériel génétique conservé par culture *in vitro* (figure 2), et soutient la mise en œuvre des *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (Normes applicables aux banques de gènes) (FAO, 2014)[2]. L'objectif de ce guide est de présenter les informations contenues dans les Normes applicables aux banques de gènes pour en faciliter une large application en détaillant les différentes actions du flux de travail de la banque de gènes. Les banques de gènes peuvent utiliser les activités décrites dans ce guide comme base pour l'élaboration de procédures opérationnelles normalisées (SOP) (par ex. IITA, 2012) et de systèmes de gestion de la qualité (SGQ) (CGIAR Genebank Platform, 2021) pour la conservation des collections de matériel génétique, en définissant précisément la manière de mener à bien chaque activité.

Cet ouvrage ne fournit que des orientations générales sur les étapes et décisions complexes requises pour le fonctionnement d'une banque de gènes par culture *in vitro*. Chaque banque de gènes œuvrant dans des circonstances qui lui sont propres, une gestion efficace des collections particulières nécessitera un examen minutieux et des ajustements de procédure issus de l'expérience. Pour obtenir des spécifications techniques détaillées concernant les étapes décrites dans ce guide, le personnel de la banque de gènes devra consulter diverses sources d'information, dont certaines sont mentionnées dans cet ouvrage.

Figure 1. Processus liés à la conservation par culture *in vitro*



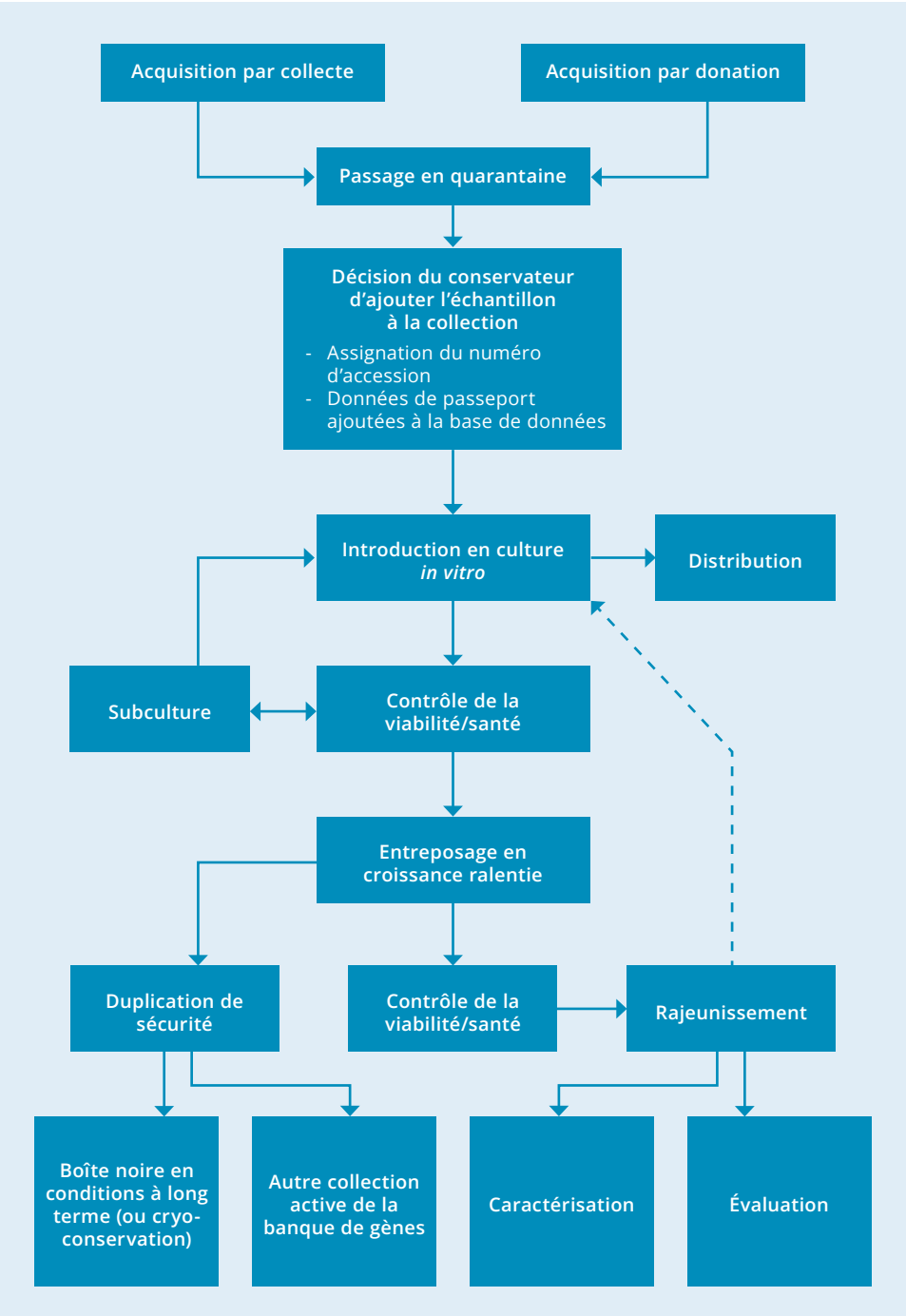
[1] Les opérations et les activités sont conformes aux meilleures pratiques décrites dans les Normes applicables aux banques de gènes.

[2] Toutes les normes référencées dans ce document sont décrites dans les Normes de la FAO applicables aux banques de gènes.

Tableau 1. Principes fondamentaux du fonctionnement d'une banque de gènes et pratiques/activités connexes pour la culture *in vitro*

Principe fondamental de la banque de gènes	Revue des pratiques/activités connexes
Identité des accessions	Données de passeport collectées et enregistrées Identité taxonomique vérifiée Numéro d'accession permanent et unique attribué et utilisé pour toute documentation Accessions manipulées avec précaution pour éviter les mélanges, et chaque échantillon marqué et tracé pour toutes les opérations de la banque de gènes et au laboratoire, au champ, en serre ou sous abri
Maintien de la viabilité	Respect des meilleures pratiques et optimisation du calendrier lors de la collecte, du traitement, de l'introduction *in vitro*, de l'entreposage en croissance ralentie, de la régénération et du transport Optimisation et contrôle des conditions de culture *in vitro* et d'entreposage en croissance ralentie Contrôle régulier de la santé du matériel génétique Subculture/rajeunissement entrepris si nécessaire
Maintien de l'intégrité génétique	Collecte et conservation des échantillons de manière à ce qu'ils soient le plus représentatif possible de la population d'origine Respect des meilleures pratiques en matière de collecte, de traitement, d'introduction en culture *in vitro* et d'entreposage en croissance ralentie et de subculture/rajeunissement Stabilité génétique évaluée
Maintien de la santé du matériel génétique	Procédures de quarantaine mises en œuvre le cas échéant Respect des meilleures pratiques en matière de collecte, de traitement, d'introduction en culture *in vitro* et d'entreposage en croissance ralentie, de régénération et de transport Contrôle et gestion des contaminations en laboratoire, au champ, en serres/abris
Sécurité physique des collections	Élaboration et mise en œuvre d'une stratégie de gestion des risques Mise en place et entretien d'une infrastructure appropriée pour la banques de gènes Duplication et sauvegarde de sécurité des accessions
Disponibilité et utilisation du matériel génétique	Acquisition et distribution du matériel génétique conformément aux exigences légales et phytosanitaires Un stock suffisant et une expédition efficace et rapide des échantillons sont assurés Documentation pertinente fournie aux destinataires du matériel de la banque de gènes
Disponibilité de l'information	Système de gestion de l'information de la banque de gènes en place Données de passeport et de gestion des accessions sécurisées par des sauvegardes régulières des données Données de passeport et autres données pertinentes disponibles et accessibles aux utilisateurs externes, dans la mesure du possible
Gestion proactive des banques de gènes	Procédures opérationnelles normalisées élaborées et mises à la disposition du personnel Données et informations générées par les activités de la banque de gènes mises à la disposition des gestionnaires et du personnel Personnel bien formé employé et protégé par des mesures de sécurité et de santé au travail Capacités du personnel de la banque de gènes tenues à jour et formation assurée si nécessaire

Figure 2. Itinéraire du matériel génétique dans une banque de gènes pour la conservation par culture *in vitro*
Note: Chaque étape a sa propre documentation



2. Acquisition du matériel génétique





Collecte de noix de coco, Indonésie

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour l'acquisition de matériel génétique prenant en compte le respect des réglementations et obligations légales, phytosanitaires et autres[3].

✔ **Les décisions d'accepter du matériel génétique dans la collection d'une banque de gènes sont guidées par la politique d'acquisition de l'institut**
L'élaboration d'une politique d'acquisition garantit que les collections restent gérables et répondent aux besoins des utilisateurs (Guarino, Rao et Reid, eds., 1995).
- Les conservateurs de la banque de gènes peuvent prendre l'avis de sélectionneurs, de botanistes et autres scientifiques avant de décider de nouvelles acquisitions. Les instituts peuvent également avoir un comité consultatif général ou spécifique d'une espèce.
- L'état de santé et de viabilité des échantillons collectés ou donnés, la disponibilité des informations de passeport (identité taxonomique, origine du matériel génétique, etc.) et « l'unicité » de l'échantillon (afin d'éviter d'inutiles doublons) doivent également être pris en considération dans le processus de prise de décision.

✔ **Le matériel génétique ajouté à la collection est acquis légalement et accompagné de toute la documentation pertinente[4]**
Le processus d'acquisition du matériel génétique est régi par des réglementations nationales et internationales telles que les lois phytosanitaires/de quarantaine, le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et

[3] Voir la figure 3 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités conditionnant l'acquisition de matériel génétique.

[4] Normes 6.1.1.

l'agriculture (Traité) ou la Convention sur la diversité biologique (CDB) pour l'accès aux ressources génétiques (FAO, 2014).

- Il convient que la banque de gènes communique avec les points focaux nationaux pour le Traité ou d'autres autorités désignées sur les questions relatives à l'acquisition du matériel génétique.

✔ **Un numéro d'accession permanent et unique est attribué à chaque échantillon ajouté à la collection de la banque de gènes**

Une fois que le conservateur décide d'accepter un échantillon dans la banque de gènes, un numéro d'accession unique doit lui être attribué.

- Un identifiant d'objet numérique (DOI) peut également être demandé au Secrétariat du Traité (FAO, 2021a). Le numéro d'accession et le DOI restent associés à tout le matériel dérivé de l'accession tout au long de la manipulation de la banque de gènes.
- Si le matériel donné s'est déjà vu attribué par l'organisation donatrice un numéro d'accession, un DOI, ou les deux, il faut conserver ces numéros comme identifiants alternatifs dans les données de passeport. Il s'agit d'un moyen essentiel de garantir l'association sans ambiguïté des informations avec le matériel.

✔ **Le matériel génétique ajouté à la collection de la banque de gènes est accompagné des données décrites dans les Descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity[5]**

Il est recommandé que tous les échantillons, qu'ils soient obtenus dans le cadre de missions de collecte ou de dons d'autres instituts, soient accompagnés des données associées détaillées dans les Descripteurs de passeport multi-cultures de la FAO/Bioversity (Alercia, Diulgheroff et Mackay, 2015).

- Le couplage des données à l'accession unique doit être sans équivoque, par exemple en utilisant les numéros d'accession et/ou de DOI.

✔ **Toutes les données relatives à l'acquisition, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées vers le système de gestion de l'information de la banque de gènes**

Envisager l'utilisation d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

[5] Normes 6.1.2.

2.1 Matériel génétique acquis par des missions de collecte

✔ **Une stratégie claire pour les missions de collecte de matériel génétique est élaborée conformément au mandat de l'institut**

Il est essentiel de fixer les priorités de collecte avant toute mission de collecte. Il convient d'élaborer une proposition de collecte énonçant clairement l'objectif de la mission de collecte, le lieu ciblé et la méthodologie. Il peut s'avérer pertinent et utile:

- de souligner l'importance de réaliser des inventaires, d'identifier les lacunes pour éviter les doublons et d'avoir une stratégie claire pour les missions de collecte qui tienne compte des inventaires nationaux et des analyses des lacunes,
- d'établir une collaboration avec un institut ou des experts de la zone ciblée et de respecter les réglementations relatives à la collecte dans cette zone,
- de planifier la mission bien à l'avance afin de garantir les meilleures pratiques et le respect des réglementations et des obligations.

✔ **Le matériel génétique collecté est acquis légalement et accompagné de toute la documentation pertinente[6]**

Le processus d'acquisition du matériel génétique est régi par des réglementations nationales et internationales. Pour s'assurer de respecter ces réglementations:

- Il convient que la banque de gènes communique avec les autorités désignées pertinentes pour les questions concernant l'acquisition du matériel génétique.
  - Pour les missions de collecte dans d'autres pays, il peut être nécessaire de contacter les correspondants nationaux du Traité ou d'autres autorités désignées pour l'acquisition de matériel génétique.
  - Pour les missions de collecte dans le pays de la banque de gènes, il peut être nécessaire de contacter l'autorité nationale compétente afin de s'assurer de la compréhension et du respect des réglementations nationales et locales.
- Il convient de demander des permis de collecte délivrés par les autorités nationales, régionales ou locales, selon le cas, pour la collecte *in situ de* plantes sauvages apparentées à des plantes cultivées ou de matériel génétique semi-domestiqué dans des populations naturelles.
- Il peut être nécessaire de demander, lors de la collecte dans les champs/entrepôts des agriculteurs ou dans les zones communautaires, y compris dans certains habitats naturels, un consentement préalable en connaissance de cause (CPCC) et de définir des conditions convenues d'un commun accord (CCCA) (voir CDB, 2018), conformément aux lois et réglementations nationales, régionales ou internationales en vigueur.

[6] Normes 6.1.1.

✔ **La banque de gènes respecte les réglementations phytosanitaires nationales, régionales et internationales ainsi que toute autre réglementation et obligation en matière d'importation émanant des autorités concernées[7]**

Lors de transfert de matériel génétique, il existe un risque d'introduire accidentellement des ravageurs et des maladies des plantes en même temps que le matériel végétal hôte. Pour prévenir ces risques tout en garantissant la conformité avec les réglementations et les obligations, il convient:

- pour le matériel collecté dans un autre pays, d'obtenir un certificat phytosanitaire du pays fournisseur et un permis d'importation des autorités compétentes du pays de la banque de gènes (voir CIPV, 2021),
- de faire transiter les échantillons collectés par le processus de quarantaine approprié avant de les transférer à la banque de gènes, si nécessaire,
- de manipuler le matériel collecté en confinement ou dans une zone isolée, selon les conseils de l'autorité phytosanitaire nationale.

✔ **Les missions de collecte sont programmées au stade optimal de maturité/croissances et les propagules sont collectées sur des sujets visiblement sains, exempts de maladies et d'infestations d'insectes nuisibles ou d'autres dommages[8]**

Il peut être nécessaire de faire appel à un expert local si l'espèce n'est pas connue du personnel de la banque de gènes afin de garantir la qualité et la viabilité de l'échantillon collecté, qu'il s'agisse de matériel végétatif ou de graines récalcitrantes (ou de leurs fruits). Il convient d'éviter de collecter des graines récalcitrantes en fin de saison, quelle que soit l'espèce. Les fruits entiers ayant atteint un stade de maturité uniforme doivent être collectés sur les plantes mères juste avant leur abscission naturelle. Il convient d'éviter de collecter les fruits tombés au sol, en particulier ceux qui présentent des dommages ou des signes d'altération. La saisonnalité est à prendre en considération pour la collecte des bulbes, des tubercules et des espèces ligneuses.

✔ **Les propagules/explants sont prélevés sur un nombre approprié de plantes individuelles[9] tout en évitant l'appauvrissement de la population naturelle ciblée par la collecte**

Le système de reproduction de l'espèce cible doit être pris en considération afin de définir le nombre de plantes à échantillonner au sein d'une population ainsi que le type et la taille de la propagule (voir SGRP-CGIAR, 2011).

- Il est recommandé de prélever au moins 30 individus pour les espèces à fécondation croisée et 60 individus pour les espèces autogames, si possible.
  - En cas de collecte de graines récalcitrantes, la taille de l'échantillon à collecter sera généralement limitée par rapport aux graines orthodoxes. Néanmoins,

7 Normes 6.1.1.

8 Normes 6.1.3.

9 Normes 6.1.3.

tout doit être mis en œuvre pour maximiser la diversité génétique de la population cible.
    - Pour les racines et les tubercules, collecter au moins quatre propagules par échantillon, voire davantage si les techniques de culture de l'espèce ne sont pas fiables (Dansi, 2011).
    - En cas de collecte de tiges ligneuses, augmenter la taille de l'échantillon pour tenir compte d'éventuels problèmes de décontamination (et donc de pertes). Il est recommandé de prélever environ 5 à 10 boutures/propagules par plante (voir Thompson, 1995).
- Note: La collecte de matériel *in vitro* offre une alternative pour la collecte et le transport de matériel génétique et est particulièrement utile pour les espèces à multiplication végétative et pour celles dont les graines ou les embryons sont récalcitrants et se détériorent rapidement. Toutefois, les temps de transport devront encore être réduits au minimum.
    - Les explants prélevés *in vitro* sont souvent décontaminés en surface à l'aide d'éthanol à 70 pour cent, puis de NaOCl ou d'eau de Javel commerciale contenant généralement environ 3 pour cent de chlore actif. D'autres stérilisants, tels que des solutions diluées d'hypochlorite de calcium à 0,5-2 pour cent (poids/volume), peuvent également être utilisés. Après la décontamination, l'explant est généralement coupé à la taille finale pour le transport, y compris l'élimination des zones mortes causées par la pénétration de la solution stérilisante dans les surfaces coupées. Voir Pence et Engelmann (2011) pour des conseils supplémentaires sur les techniques de collecte *in vitro*.

✔ **Les échantillons collectés sont étiquetés et ne sont pas mélangés lors de la manipulation**

Utilisez de l'encre indélébile ou des étiquettes générées par ordinateur (de préférence à codes-barres), si possible, sur le récipient de collecte pour étiqueter l'échantillon. Il est conseillé de placer deux étiquettes, l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du paquet. Il est utile de protéger les étiquettes intérieures de la détérioration si le matériel est humide. Il est recommandé de tenir un registre avec tous les numéros de collecte attribués à chaque échantillon accompagnés des informations complémentaires, le cas échéant.

✔ **Le matériel génétique collecté est accompagné des données connexes décrites dans les descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity[10]**

Un formulaire de collecte standardisé est utile pour collecter les données associées à chaque échantillon obtenu. Un numéro de collecte est attribué à chaque échantillon afin que les échantillons puissent être reliés aux informations collectées. Il convient de recueillir les informations suivantes:

[10] Normes 6.1.2.

Encadré 1. Liste minimale des descripteurs de passeport

Les formulaires de collecte doivent au minimum contenir:

- Identifiant de collecte
- Nom/code de l'institut collecteur
- Nom du taxon, aussi détaillé/spécifique que possible
- Nom commun de la plante
- Localisation du site de collecte
- Latitude du site de collecte
- Longitude du site de collecte
- Altitude du site de collecte
- Date de collecte
- Statut biologique (sauvage, envahi de mauvaises hebes, cultivar traditionnel, etc.)

- Identification taxonomique au niveau de l'espèce et au niveau intraspécifique, si possible, type de population végétale, habitat et écologie, conditions pédologiques du site de collecte, coordonnées GPS et photos afin de permettre aux conservateurs et aux utilisateurs du matériel génétique de comprendre son contexte d'origine.
- Données associées pour chaque échantillon obtenu, comme indiqué dans les descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity (Alercia, Diulgheroff et Mackay, 2015; voir l'encadré 1).
- Informations sur l'origine du matériel génétique, les connaissances traditionnelles, les pratiques culturales, etc. en cas de collecte dans les champs/entrepôts des agriculteurs.
- Pour tout spécimen d'herbier obtenu comme référence à partir d'une population (par exemple des espèces sauvages), il est important d'utiliser le même numéro de collection que celui de l'échantillon collecté et de l'associer au numéro d'accession dans la base de données.

✔ **Le délai entre la collecte, le traitement et le transfert à la banque de gènes est aussi court que possible afin d'éviter la perte et la détérioration du matériel**[11]
Les graines récalcitrantes sont sensibles à la dessiccation et au froid. La perte d'eau réduit la durée de vie en stockage. De même, les explants clonaux ne conservent pas leur viabilité très longtemps et les propagules végétatives se décomposent facilement et assez rapidement. Le transport dans les pays tropicaux, où les températures et l'humidité sont élevées et où l'acheminement peut s'avérer difficile, lent et incertain, peut être un véritable défi. Dans ces conditions, il convient de veiller tout particulièrement à ce que les échantillons ne soient pas exposés au soleil et soient toujours conservés à l'ombre.

[11] Normes 6.1.4.

✔ **Le choix du matériel d'emballage et du transport permet une livraison sûre et rapide**

Le temps nécessaire au traitement des documents, la durée de l'expédition/du transit et les conditions (températures et/ou humidité) sont généralement pris en compte afin de garantir que le matériel arrive en bon état dans la banque de gènes de destination. Pour réduire le risque de perte de matériel génétique après les missions de collecte, il convient de tenir compte de ce qui suit:

Emballage

- Des précautions doivent être prises pour éviter les risques d'attaques fongiques ou d'insectes pendant le transport.
- Si un ravageur a été observé et correctement identifié, il convient d'appliquer un pesticide avant l'emballage. Il faut éviter tout traitement chimique inutile qui pourrait s'avérer nocif pour les échantillons collectés[12]. Si des traitements sont appliqués, il faut les déclarer sur chaque paquet et dans la documentation d'accompagnement.
- Pour les graines récalcitrantes, il est important de maintenir la teneur en eau lors de la collecte et pendant le transport en maintenant une humidité relative (HR) élevée dans les récipients de stockage.
  - Dans la mesure du possible, il est préférable de transporter les graines récalcitrantes à l'intérieur des fruits, à la fois pour les protéger et pour éviter leur déshydratation.
  - Pour les espèces dont les fruits sont volumineux ou qui peuvent être facilement endommagés pendant le transport, l'extraction des graines et leur désinfection de surface avant l'emballage devraient minimiser la prolifération fongique.
- Il est préférable d'emballer les scions dans du coton stérile ou un autre matériau approprié, dans un sac en plastique perforé, afin d'assurer une aération suffisante.
- Des enveloppes rigides matelassées ou des emballages hermétiques protègent les échantillons de l'écrasement par les trieuses mécaniques et de la détérioration (dans le cas de fruits charnus).
- Les vitroplants, s'ils sont disponibles, seront un moyen sûr de transporter le matériel génétique. Les échantillons collectés *in vitro* doivent être placés dans des flacons en plastique stériles, transparents et étanches. Il convient de les emballer stablement sans trop les serrer dans une boîte ou un carton, en ajoutant du papier froissé ou du polystyrène pour les protéger des chocs.

[12] De nombreux fruits de plantes aux graines récalcitrantes sont contaminés par des champignons, même s'ils ne sont pas visibles. Une désinfection des surfaces doit donc être effectuée avant le transport.

Transport

- En cas de transport routier de longue durée, il peut être nécessaire d'aérer périodiquement le matériel collecté afin d'éviter une perte potentielle de viabilité.
- L'envoi par le moyen le plus rapide possible, fret aérien ou postal, devrait éviter l'exposition à des conditions environnementales défavorables et la détérioration de la qualité des échantillons et une trop longue exposition à des conditions environnementales défavorables.
- Le suivi continu du colis, s'il est possible, permettra au personnel de la banque de gènes d'être prêt à traiter les échantillons dès leur réception.
- Il convient de noter que pour certaines cultures, telles que les *Musa* et le cacaoyer, l'expédition de matériel via des centres de transit ou de quarantaine dans des pays tiers non producteurs peut être la meilleure solution.

✔ **Tout le matériel entrant est examiné pour dépister tout dommage/contamination dans une zone de réception définie (par exemple, l'unité phytosanitaire) et traité de manière à ne pas altérer son état physiologique[13]**

- Les matériels de qualité médiocre ou contaminés ne sont pas plantés directement au champ.
- Une décontamination des échantillons, avec un agent désinfectant de surface, est utilisée pour éliminer tous les micro-organismes adhérents, en tenant compte de tout traitement de décontamination réalisé avant l'emballage et le transport.
- Des mesures de quarantaine sont appliquées si nécessaire.

2.2 Matériel génétique acquis par transfert/donation

✔ **Le matériel génétique donné est acquis légalement et accompagné de toute la documentation pertinente[14]**

- Si l'institut donateur appartient à un pays signataire du Traité et que le matériel génétique donné comprend des cultures ou des espèces inscrites à l'Annexe 1 du Traité (FAO, 1995), il faut utiliser un Accord type de transfert de matériel (SMTA) (FAO, 2021b, c).
- Si l'institut donateur est situé dans un pays non Partie contractante au Traité ou si le matériel génétique n'est pas couvert par l'Annexe 1, il convient d'employer un Accord de transfert de matériel (MTA) (par exemple, AVRDC, 2012), bien qu'un SMTA puisse également être utilisé.
- Pour les dons provenant d'institutions, d'obtenteurs ou d'autres fournisseurs de matériel génétique sans MTA, il convient que la banque de gènes obtienne un accord du donateur précisant les conditions de transfert de matériel génétique à la banque de gènes.

[13] Normes 6.1.5.

[14] Normes 6.1.1.

✔ **Le matériel génétique donné est accompagné des données connexes décrites dans les descripteurs du passeport multi-cultures FAO/Bioversity[15]**

Il est recommandé de demander aux donateurs que les échantillons soient accompagnés des données associées détaillées dans les descripteurs du passeport multi-cultures de la FAO/Bioversity (Alercia, Diulgheroff et Mackay, 2015; voir l'encadré 1).

✔ **La banque de gènes respecte les réglementations phytosanitaires nationales, régionales et internationales ainsi que toute autre réglementation et obligation en matière d'importation émanant des autorités concernées**

Lors de transfert de matériel génétique, il existe un risque d'introduire accidentellement des ravageurs et des maladies des plantes en même temps que le matériel végétal hôte. Pour atténuer ces risques tout en garantissant la conformité avec les réglementations et les obligations, il convient:

- pour le matériel collecté dans un autre pays, d'obtenir un certificat phytosanitaire du pays fournisseur et un permis d'importation des autorités compétentes du pays de la banque de gènes (voir CIPV, 2021),
- de faire transiter les échantillons collectés par le processus de quarantaine approprié avant de les transférer à la banque de gènes, si nécessaire,
- de vérifier s'il faut traiter le matériel donné par une manipulation spéciale des graines, comme la levée de la dormance,
- de traiter les matériels donnés en confinement ou dans une zone isolée, selon les conseils de l'autorité phytosanitaire nationale.

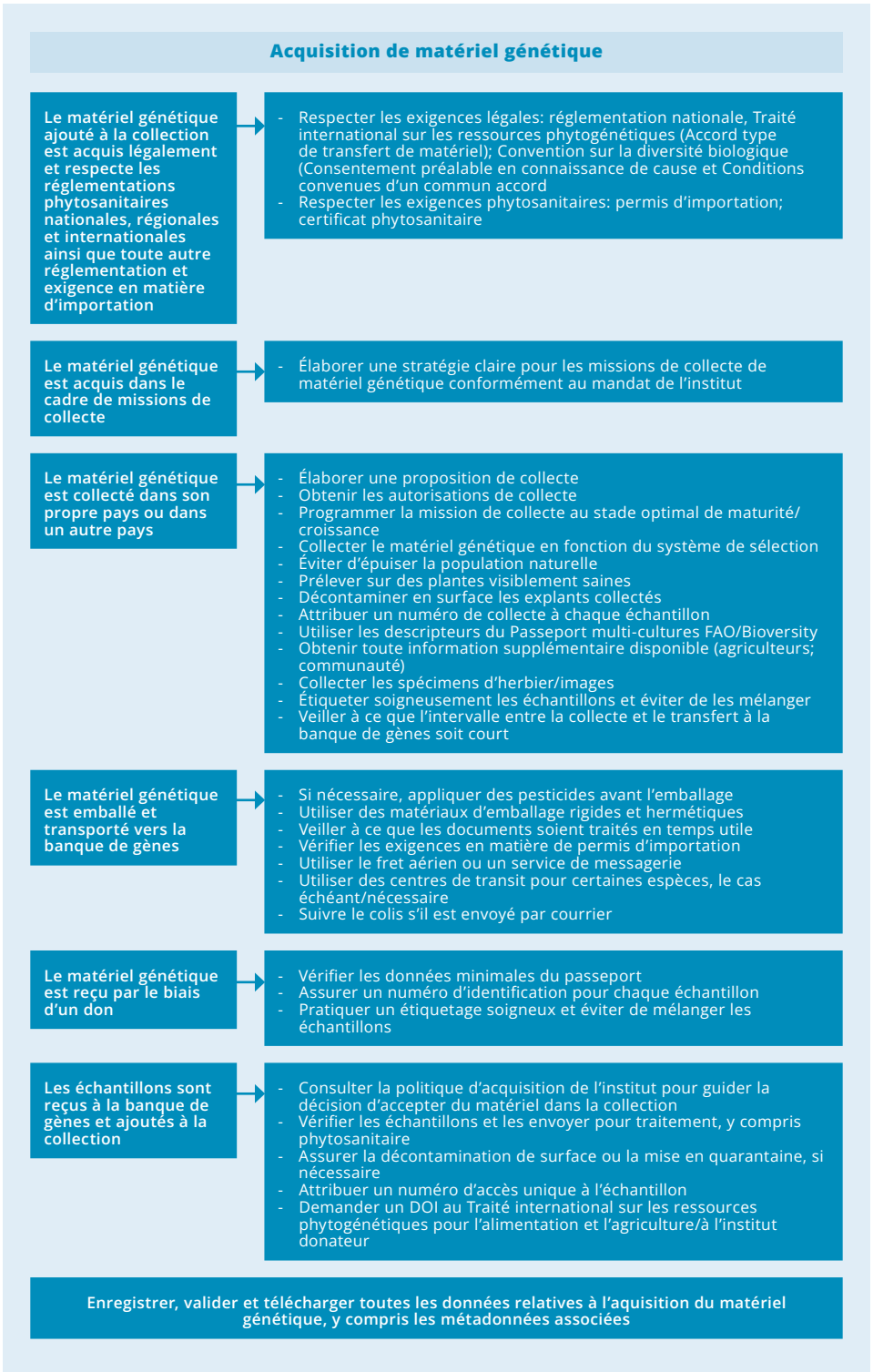
✔ **Tout le matériel entrant est examiné pour dépister tout dommage/contamination dans une zone de réception définie (par exemple, l'unité de santé des semences) et traité de manière à ne pas altérer son état physiologique[16]**

- Les matériels végétaux de qualité médiocre ou contaminés ne sont pas plantés directement au champ.
- Une décontamination des échantillons, avec un agent désinfectant de surface, est utilisée pour éliminer tous les micro-organismes adhérents, en tenant compte de tout traitement de décontamination réalisé avant l'emballage et le transport.
- Des mesures de quarantaine sont appliquées si nécessaire.

[15] Normes 6.1.2.

[16] Normes 6.1.5.

Figure 3. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'acquisition de matériel génétique



3. Culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie





©CIAT/Georgina Smith

Banque de gènes du Centre de ressources végétales, Viet Nam

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la culture *in vitro* et l'entreposage en croissance ralentie, y compris des lignes directrices et des méthodologies pour l'identification des explants, l'introduction en culture *in vitro*, la subculture/le rajeunissement, la composition des milieux et les régimes de lumière et de température[17].

A. Culture *in vitro*

✔ **La composition du milieu de culture pour l'introduction de l'explant *in vitro* et pour sa multiplication est déterminée en fonction de l'espèce**

Il convient de procéder à une analyse documentaire afin de déterminer si les conditions de culture *in vitro* ont été établies pour le génotype ciblé ou toute autre espèce apparentée. Dans la plupart des cas, des modifications des techniques publiées seront nécessaires ou de nouvelles techniques seront développées pour des taxons non cités dans la littérature.

✔ **Le type d'explant approprié et le moment optimal (stade de croissance et âge physiologique de la plante mère) pour l'introduction en culture *in vitro* sont déterminés pour un genre ou une espèce particulière à partir de la littérature ou par expérimentation**

Il existe différents types d'explants fréquemment utilisés pour l'initialisation de la culture: segments nodaux, méristèmes apicaux, racines, cotylédons, embryons, disques foliaires, limbes foliaires, pédoncules, pétioles, anthères, ovaires, etc.

[17] Voir la figure 4 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités relatives à la culture *in vitro* et à l'entreposage en croissance ralentie.

✔ **Les explants sont exempts de maladies connues et de contaminants microbiens**

Pour garantir un établissement viable et exempt de maladies, il convient:

- d'obtenir des explants à partir de plantes mères vigoureuses et saines,
- d'indexer les plantes mères pour déterminer la présence ou l'absence de virus connus:
  - les procédures d'indexation de routine comprennent le test d'immuno-absorption enzymatique (ELISA), la réaction en chaîne de la polymérase (PCR), la réaction en chaîne de la polymérase par transcription inverse (RT-PCR) et les techniques d'hybridation de l'acide nucléique par sonde non radioactive (NASH) (voir Selvarajan *et al*., 2009),
- d'appliquer des méthodes de décontamination de surface pour éliminer les contaminants des explants prélevés sur du matériel cultivé en plein champ ou en serre (*ex vivo*):
  - il s'agit d'effectuer, par exemple, une stérilisation à l'aide d'une solution d'eau de Javel, un traitement à l'eau chaude ou un traitement à l'ozone dissous dans l'eau (voir Umber *et al*., 2020),
- de transférer les explants sur un milieu de détection enrichi, favorable à la croissance des micro-organismes qui permettra donc de déterminer rapidement s'il y a contamination, et s'il faut traiter ou éliminer les cultures contaminées (voir Reed et Tanprasert, 1995; Reed *et al*., 2004),
- si nécessaire, de régénérer les plantules *in vitro* à partir de plantes infectées par le virus et employer diverses techniques chimiques ou de thermothérapie pour produire du matériel exempt de virus avant l'entreposage à long terme.

✔ **Une fois introduite en culture avec succès, l'accession est multipliée en vue d'une croissance normale (conditions de croissance active) ou d'un entreposage en croissance ralentie**

Les vitroplants servent de sources de matériel exempt de maladies pour la distribution et la multiplication et de sources d'explants pour la cryoconservation. Il est essentiel d'assurer un suivi régulier et de retirer et d'éliminer en toute sécurité le matériel infecté.

Une propagation rapide du matériel sélectionné est nécessaire pour la recherche ou la distribution. Il est important de noter que le taux de multiplication dépend fortement du génotype de l'accession et est influencé par la composition du milieu (en particulier la concentration en cytokinine), la taille de l'explant, l'âge de la culture et la taille du flacon de culture (SGRP-CGIAR, 2010a).

✔ **Toute culture présentant une variation somaclonale est éliminée**

La variation somaclonale est le résultat de changements génétiques ou épigénétiques qui se produisent *in vitro* parmi les clones régénérés et les plantes donatrices correspondantes (voir Leva et Rinaldi, 2017). L'apparition d'une variation somaclonale

pendant la culture *in vitro* a un effet négatif sur la production rapide de plantes clonales pour la distribution et les cultures la subissant doivent être éliminées.

✔ **Les récipients de culture sont clairement étiquetés conformément aux pratiques des banques de gènes**

Les informations figurant sur les étiquettes peuvent comprendre le numéro d'accession, la date d'introduction et un numéro de ligne (lié au nombre de boutures de l'accession).

B. Entreposage en croissance ralentie

✔ **Les conditions de conservation en croissance ralentie sont optimisées pour l'espèce cible[18]**

Il convient de procéder à une analyse documentaire afin de déterminer si des conditions de conservation en croissance ralentie ont déjà été établies pour l'espèce ou le génotype cible, ou pour toute autre espèce apparentée. Si cette information n'est pas disponible, les conditions devront être établies par expérimentation. Des protocoles standards ont été publiés et peuvent être utilisés à titre d'orientation[19]. Les conditions d'entreposage en croissance ralentie peuvent inclure:

- Une limitation physique de la croissance, par l'emploi: (a) de basses températures; (b) d'une faible luminosité ou d'une photopériode restreinte; (c) d'un confinement minimal; (d) d'O2 minimal; ou (e) d'un stress osmotique (eau).
- Une limitation chimique de la croissance, par l'emploi: a) de régulateurs de croissance retardateurs ou b) d'inhibiteurs de croissance.
- Une limitation des nutriments, par l'emploi, notamment: a) de faibles concentrations de macronutriments ou b) de faibles concentrations de micronutriments.
- La prévention de la formation de cals et d'autres anomalies, telles que l'hyperhydrie (vitrification) et la variation somaclonale. En tenant compte que:
  - Le matériel conservé *in vitro* maintenu sous forme de plantules ou de tiges entières[20] peut éviter l'hyperhydrie.
  - Les techniques permettant d'éviter l'hyperhydrie sont la culture sur un milieu contenant de la 6-bensyladénine (BA), de la kinétine (Kin) ou du thidiazuron (TDZ) (Badr-Elden *et al.*, 2012), ainsi que la modification du rapport NH4+/NO3 (voir Ivanova et Van Staden, 2009; El-Dawayati et Zayed, 2017).
  - En évitant l'utilisation excessive de régulateurs de croissance dans les milieux, on peut réduire la possibilité de formation ultérieure de cals en cours de stockage et donc minimiser le risque de variation somaclonale. Éviter un trop grand nombre de subcultures peut également diminuer le risque de variation somaclonale.

18 Normes 6.4.1.

19 Voir la section Informations/lectures complémentaires.

20 Normes 6.4.2.

✔ **Le matériel génétique destiné à l'entreposage est sélectionné à partir de cultures jeunes qui n'ont pas subi un trop grand nombre de subcultures afin de minimiser le risque de sélection d'un variant**

La capacité d'entreposage des cultures dépendant fortement de leur qualité initiale, il convient:

- d'effectuer une évaluation visuelle de la performance générale de chaque culture avant la sélection pour l'entreposage en croissance ralentie à l'aide des critères suivants: vigueur et absence de contamination fongique et bactérienne, chlorose, noircissement ou nécrose des tissus,
- d'éliminer immédiatement les cultures contaminés ou de qualité médiocre,
- de multiplier les cultures sur un nouveau milieu si tous ceux évalués se sont révélés inférieurs à la norme par le non-respect d'au moins un des critères mentionnés.

✔ **La recherche des conditions optimales d'entreposage se fait en évaluant visuellement les performances générales de chaque culture sur la base des critères suivants: vigueur, contamination fongique et bactérienne, chlorose, noircissement, nécrose des tissus, hyperhydrie et étiolement**

Les conditions optimales d'entreposage sont les conditions de croissance minimale qui s'avèrent acceptables pour la plupart des génotypes. Toutes les accessions et tous les génotypes ne réagissent pas de la même manière aux conditions appliquées. Pour les espèces tolérantes au froid, les conditions d'entreposage sont souvent comprises entre 0 et 5 °C; les températures les plus basses tolérées par de nombreuses espèces tropicales sont souvent comprises entre 15 et 20 °C[21].

✔ **Le nombre de réplicats à entreposer est déterminé**

Il est important de conserver un nombre suffisant de réplicats par accession pour garantir le maintien de l'intégrité génétique[22], en tenant compte: (a) du coût; (b) des risques potentiels (plus les risques sont grands, plus la taille de l'échantillon doit être importante); (c) de la durée entre les périodes de subculture et la manière dont les conditions de croissance ralentie affectent le potentiel de propagation (nombre de tigelles/nœuds disponibles pour la multiplication après l'entreposage); et (d) le but de la collection (active ou de base). Si une accession ne produit que quelques plants par subculture et est utilisée pour une distribution active, il faudra un plus grand nombre de réplicats que si elle est maintenue uniquement dans une collection de sauvegarde.

[21] Voir la section 6.4 des Normes applicables aux banques de gènes.

[22] Cela varie selon l'espèce.

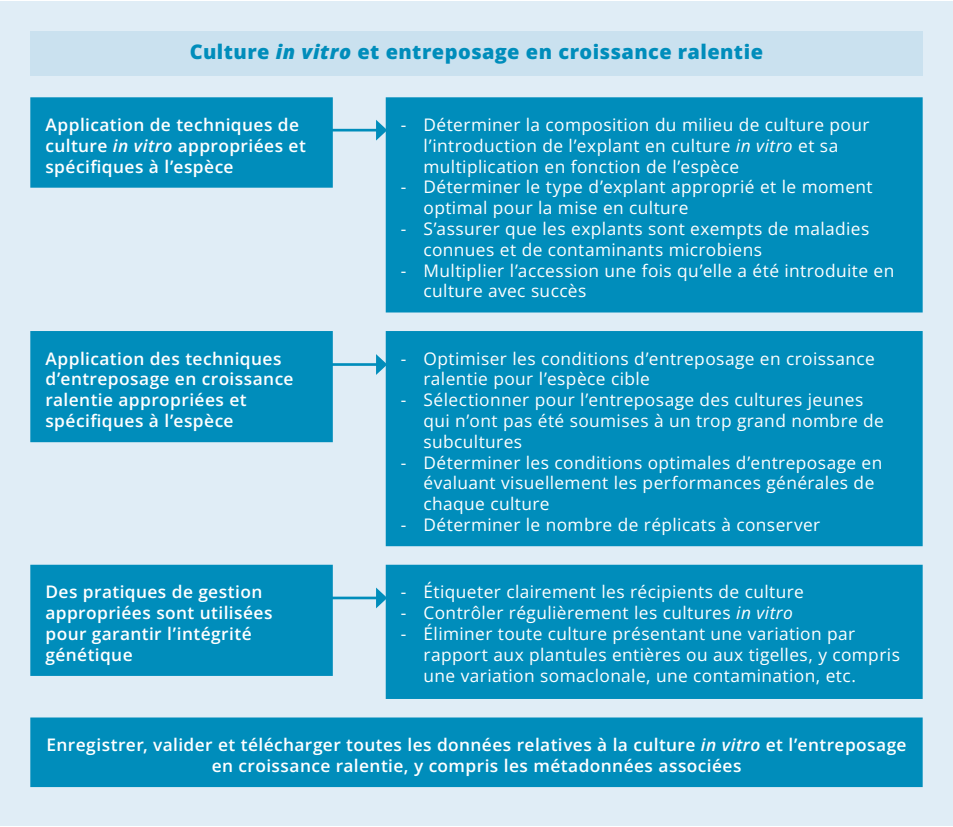
- ✔ **Les récipients de culture sont clairement étiquetés conformément aux pratiques des banques de gènes**
  Les informations figurant sur les étiquettes doivent comporter le numéro d'accession, la date d'introduction et le numéro de ligne (lié au nombre de boutures de l'accession).

- ✔ **Un contrôle régulier est effectué pour détecter et éliminer les cultures présentant une variation par rapport aux plantules entières, comme une variation somaclonale, une contamination, une hyperhydrie, etc.**[23]

- ✔ **Toutes les données relatives à la culture *in vitro* et à l'entreposage en croissance ralentie, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes**
  Les données à prendre en compte sont le type d'explant; la date d'introduction en culture *in vitro* de l'explant/de la culture; le milieu d'initiation/d'établissement; le milieu de multiplication; le milieu d'enracinement; le milieu d'entreposage en croissance ralentie; le nombre de réplicats pour l'entreposage en croissance ralentie; les indicateurs de performance pour la culture *in vitro* et l'entreposage en croissance ralentie; le nombre de subcultures et la durée de la période de subculture; et toute caractéristique de croissance spécifique, telle que la formation de cals pendant l'entreposage et la tendance à l'hyperhydrie. Envisager l'utilisation d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

[23] Normes 6.4.3.

Figure 4. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la culture *in vitro* et l'entreposage en croissance ralentie



4. Subculture et rajeunissement





©FAO/A. Noorani

**Subculture de matériel génétique conservé *in vitro*,
Indian Institute of Horticultural Research**

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour les subcultures et le rajeunissement, y compris les orientations et les méthodologies pour le suivi, la subculture, l'acclimatation et le transfert au champ[24].

✔ **L'inventaire et l'état de santé des échantillons en culture *in vitro* et en entreposage en croissance ralentie font l'objet d'un suivi régulier**
Le système de gestion de l'information de la banque de gènes est doté idéalement d'outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la santé des accessions, et le signalement des accessions nécessitant une subculture ou un rajeunissement. Il est également important de tenir compte de considérations pratiques afin d'éviter de gérer un nombre excessif d'accessions.

Subculture:

✔ **Une subculture est effectuée à la fin du cycle d'entreposage, lorsque les accessions présentent des signes évidents de détérioration et/ou lorsque le stock devient faible et qu'il est nécessaire de procéder à une multiplication ou à une duplication de sécurité**
Les accessions doivent être régulièrement contrôlées pour détecter les signes de nécrose. À la fin d'un cycle d'entreposage, il est préférable de placer les nouvelles cultures pendant une courte période dans des conditions optimales afin d'encourager la repousse avant le début du cycle d'entreposage suivant. Pour la sécurité des collections, il est prudent de conserver quelques cultures viables et saines du cycle

[24] Voir la figure 5 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités de subculture et de rajeunissement.

de subculture précédent comme «matériel de réserve» jusqu'à ce que l'ensemble nouvellement sous-cultivé soit sain et en croissance.

✔ **La stabilité génétique est régulièrement vérifiée par évaluation visuelle, par transfert au champ pour des observations morphologiques, ou par l'emploi de techniques cytologiques ou moléculaires**
Il est important de mettre au point un système de contrôle de la qualité, de la viabilité, de la stabilité et de la contamination. Une fois que le matériel a été entreposé pendant un certain temps, des critères de surveillance quantitatifs et qualitatifs doivent être utilisés pour évaluer la viabilité d'une accession et pour déterminer le moment où elle doit être repiquée.

Rajeunissement:

✔ **Les cultures nécessitant un rajeunissement (transfert des accessions en serre et au champ, suivi d'une réintroduction en culture de tissus) sont déterminées**
Les cultures trop vieilles et ayant subi trop de cycles de subculture sont rajeunies. Le moment où le rajeunissement est nécessaire dépend du génotype et des conditions *in vitro*.
- Souvent, une valeur seuil est établie par expérimentation (ou est connue de la littérature). La valeur seuil est le nombre de cycles de culture pour un génotype donné à partir duquel, d'après les expériences, la vigueur diminue et/ou les cultures deviennent trop vieilles.
- Si le nombre de subcultures atteint ce seuil, l'accession doit être transférée en serre ou en plein champ pour être rajeunie et réintroduite en culture de tissus.

✔ **En cas de contamination de tous les réplicats, le matériel est soumis à un rajeunissement et/ou un traitement de décontamination**
La décontamination de surface peut être effectuée à l'aide d'éthanol à 70 pour cent, suivi de NaOCl ou d'un agent de blanchiment commercial qui contient généralement environ 3 pour cent de chlore actif. D'autres stérilisants, tels que des solutions diluées d'hypochlorite de calcium à 0,5-2 pour cent (poids/volume), peuvent également être utilisés.

✔ **Le matériel génétique sélectionné subit un processus d'acclimatation avant d'être transféré en serre ou en champ**
Le changement progressif d'environnement avant le transfert aux conditions en champ est appelé acclimatation ou endurcissement. Il s'agit de la première plantation en pot dans un environnement de serre pour laquelle il convient, notamment:
- de sélectionner des plantules dotées de système racinaire et de pousses bien développés pour l'acclimatation,
- d'éliminer tout milieu racinaire avant la plantation en pot,
- d'utiliser un sol ou un support de plantation stérile.

✔ **Des pratiques de gestion et de culture appropriées sont appliquées sur le terrain**

✔ **Des procédures optimales sont utilisées pour minimiser les risques pouvant affecter l'intégrité génétique de l'accession**

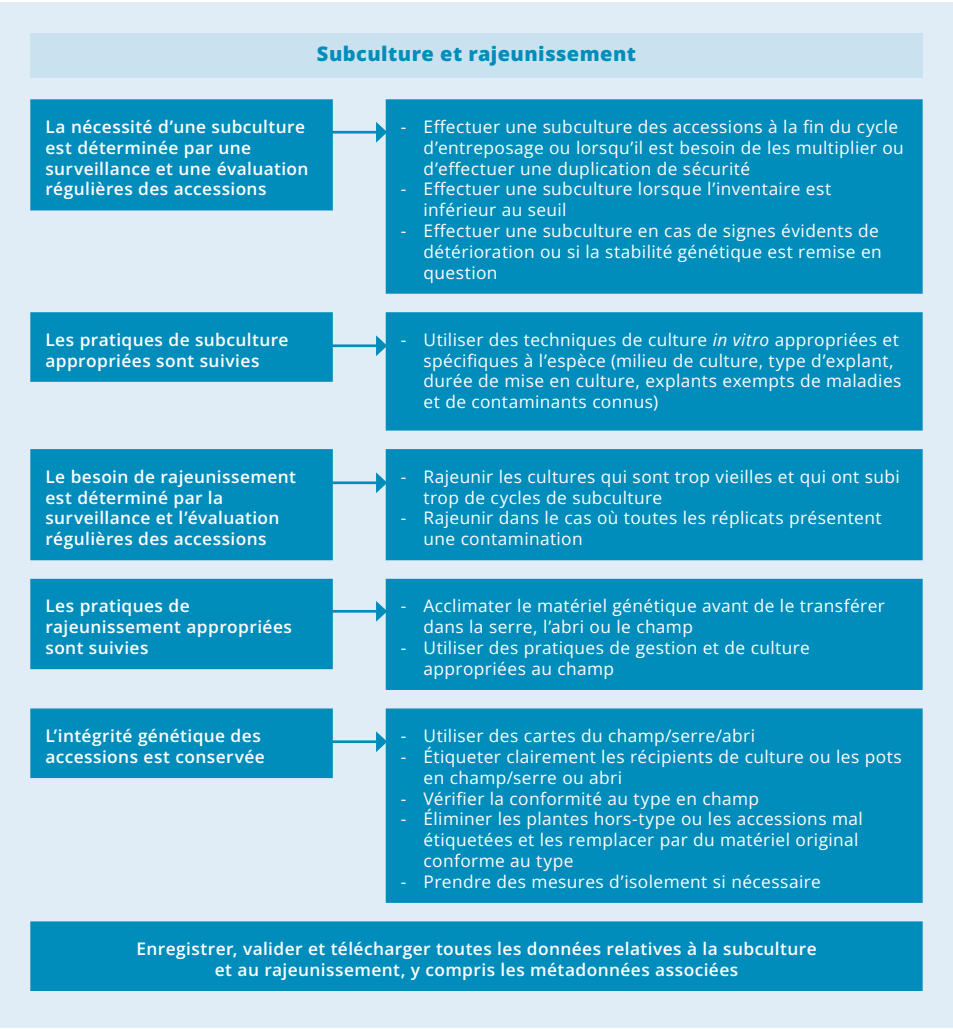
Les accessions présentant les mêmes caractéristiques que le génotype d'origine sont considérées comme conformes au type. La fidélité au type est évaluée en comparant les caractéristiques morphologiques et taxonomiques des plantes avec celles de l'accession originale. Idéalement, les accessions sont cultivées dans une collection en champ à côté de la plante mère originale.

- Les accessions conformes au type peuvent être rétablies en culture *in vitro*.
- Les accessions identifiées comme des plantes hors-type sans valeur, ou les accessions dont l'étiquetage est erroné, doivent être éliminées et remplacées par le matériel original conforme au type de la source donneuse.
- Note: L'utilisation de plantes établies en plein champ pour rajeunir l'accession entreposée nécessitera une ré-indexation pour les virus: les plantes ayant pu y avoir été exposées.

✔ **Toutes les données relatives à la subculture et au rajeunissement, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes**

Les données à prendre en compte sont: inventaire, date de la subculture, date du début de l'acclimatation, date de plantation, pratiques culturales utilisées en serre et au champ, date de réinitialisation de la culture, etc. Envisager l'utilisation d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

Figure 5. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées aux subcultures et au rajeunissement



5. Caractérisation et évaluation





©Crop Trust/Neil Palmer

Évaluation du matériel génétique d'ananas *in vitro*, Centre d'étude des cultures et des arbres du Pacifique (CePaCT), Fidji

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la caractérisation et l'évaluation du matériel génétique, y compris des instructions étape par étape décrivant les techniques d'échantillonnage, les modèle expérimentaux, les descripteurs utilisés (taxonomiques, morphologiques, phénotypiques, biochimiques, nutritionnels, physiologiques et moléculaires) et la manière dont les données sont collectées et validées[25].

- ✔ **Les données de caractérisation sont obtenues pour le plus grand nombre possible d'accessions et le plus rapidement possible après leur acquisition**
  Idéalement, toutes les accessions devraient être évaluées afin de maximiser leur utilité. En réalité, les banques de gènes ne sont généralement en mesure d'évaluer que des sous-ensembles de leur matériel génétique. Il est donc utile de collaborer avec des organismes de recherche nationaux ou internationaux, ayant des stations agronomiques situées dans des environnements agro-écologiques différents ou avec des membres de réseaux de ressources génétiques nationaux ou régionaux. Si le matériel génétique est partagé à des fins d'évaluation, il est recommandé de demander que les données soient renvoyées pour être incluses dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes.

- ✔ **La caractérisation et l'évaluation de la plupart des caractères sont effectuées lorsque les accessions sont sorties des conditions *in vitro***
  Le fait de retirer les accessions des conditions *in vitro* permet de générer des données de caractérisation et d'évaluation en serre ou sur le terrain. Si le matériel génétique est partagé à des fins d'évaluation, il est recommandé de demander que les données

[25] Voir la figure 6 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la caractérisation et l'évaluation.

soient renvoyées pour être incluses dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes.

✔ **L'évaluation est effectuée dans des conditions *in vitro* pour certains caractères faciles à cribler, tels que la tolérance au sel et à la sécheresse**
La corrélation entre les données d'évaluation obtenues dans des conditions *in vitro* et dans des conditions de terrain doit être établie au préalable.

✔ **Le matériel génétique est caractérisé pour un ensemble de caractères morphologiques hautement héréditaires, et les procédures de caractérisation spécifiques aux espèces sont basées sur des formats et des catégories de mesure normalisés et calibrés, en suivant autant que possible des listes de descripteurs convenues au niveau international**
L'utilisation de listes normalisées de descripteurs de cultures et de formats de mesure calibrés et normalisés permet de comparer les données entre les institutions et les pays[26]. Un large éventail de listes de descripteurs de cultures a été élaboré (par exemple par Bioversity International (2018), l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV, 2011) et le National Plant Germplasm System (NPGS) des États-Unis d'Amérique (USDA-ARS, 2021). S'il n'existe pas de listes de descripteurs pour une espèce, il est recommandé d'utiliser les lignes directrices pour l'élaboration de listes de descripteurs de cultures de Bioversity International (Bioversity International, 2007). Il convient:
- d'utiliser des accessions de référence dans le même champ pour faciliter la notation,
- d'utiliser des spécimens d'herbiers et éventuellement des images numériques de haute qualité pour guider l'identification conforme au type, y compris l'identification et la vérification taxonomiques, si nécessaire,
- de bien observer et documenter l'homogénéité/hétérogénéité d'une accession,
- de prendre des mesures au niveau de la plante individuelle plutôt qu'au niveau de la parcelle pour les cultures présentant des niveaux élevés de variabilité afin de capturer des informations sur la variabilité entre les plantes d'une même accession.

✔ **Des modèles expérimentaux soumis à des répétitions sont utilisés et les évaluations sont menées dans différents environnements et/ou sur plusieurs années[27]**
Les caractères mesurés lors de l'évaluation, tels que le rendement et la hauteur des plantes, sont pour la plupart, hérités de l'expression d'un grand nombre de gènes. Ils sont donc quantitatifs et soumis à une interaction environnementale considérable, les rendant plus difficiles à mesurer. En raison de la forte interaction entre le

[26] Normes 5.6.3.

[27] Normes 5.7.3.

génotype et l'environnement (G x E), les caractéristiques telles que le rendement (et ses composantes) sont spécifiques au site. Il convient:

- de définir et d'identifier les accessions ou variétés de contrôle à inclure dans le modèle statistique et à utiliser au fil du temps, car elles facilitent les comparaisons des données collectées entre les sites et les années,
- de travailler avec des sélectionneurs et d'autres spécialistes (par exemple, virologues, entomologistes, mycologues, phytopathologistes, chimistes, biologistes moléculaires et statisticiens) pour se mettre d'accord sur les caractères à évaluer, les accessions qui seront testées et les plans expérimentaux à mettre en œuvre,
- d'utiliser des protocoles de criblage appropriés pour s'assurer que les protocoles validés au niveau international sont respectés,
- de créer des copies papier et électroniques des cartes de champ élaborées avant la plantation,
- d'étiqueter clairement les parcelles (de préférence avec des codes-barres).

✔ **Les données d'évaluation sont présentées à l'aide de méthodes appropriées**
L'utilisation de listes normalisées de descripteurs de cultures et de formats de mesure calibrés et normalisés permet de comparer les données entre les institutions et les pays. Les données sont présentées soit sous forme de valeurs discrètes (scores pour la sévérité des symptômes de maladies ou des symptômes de stress abiotiques), soit sous forme de valeurs continues (longueur, hauteur, poids) basées sur des mesures.

✔ **Les marqueurs moléculaires et les outils génomiques sont utilisés si les ressources sont disponibles, en complément de la caractérisation phénotypique**
Les marqueurs moléculaires permettent de garantir l'identité des plantes et d'identifier les plantes mal étiquetées et les doublons. Ils sont également très utiles pour détecter la diversité génétique et les parentés au sein des accessions et entre elles. Les marqueurs moléculaires sont stables et détectables dans tous les tissus. Les technologies de marquage moléculaire comprennent les marqueurs à base d'ADN et le séquençage direct. La détermination de la meilleure méthode à utiliser dépendra des besoins et des ressources[28]. Si vous le souhaitez, collaborez avec des sélectionneurs moléculaires pour identifier les associations marqueur-caractère.

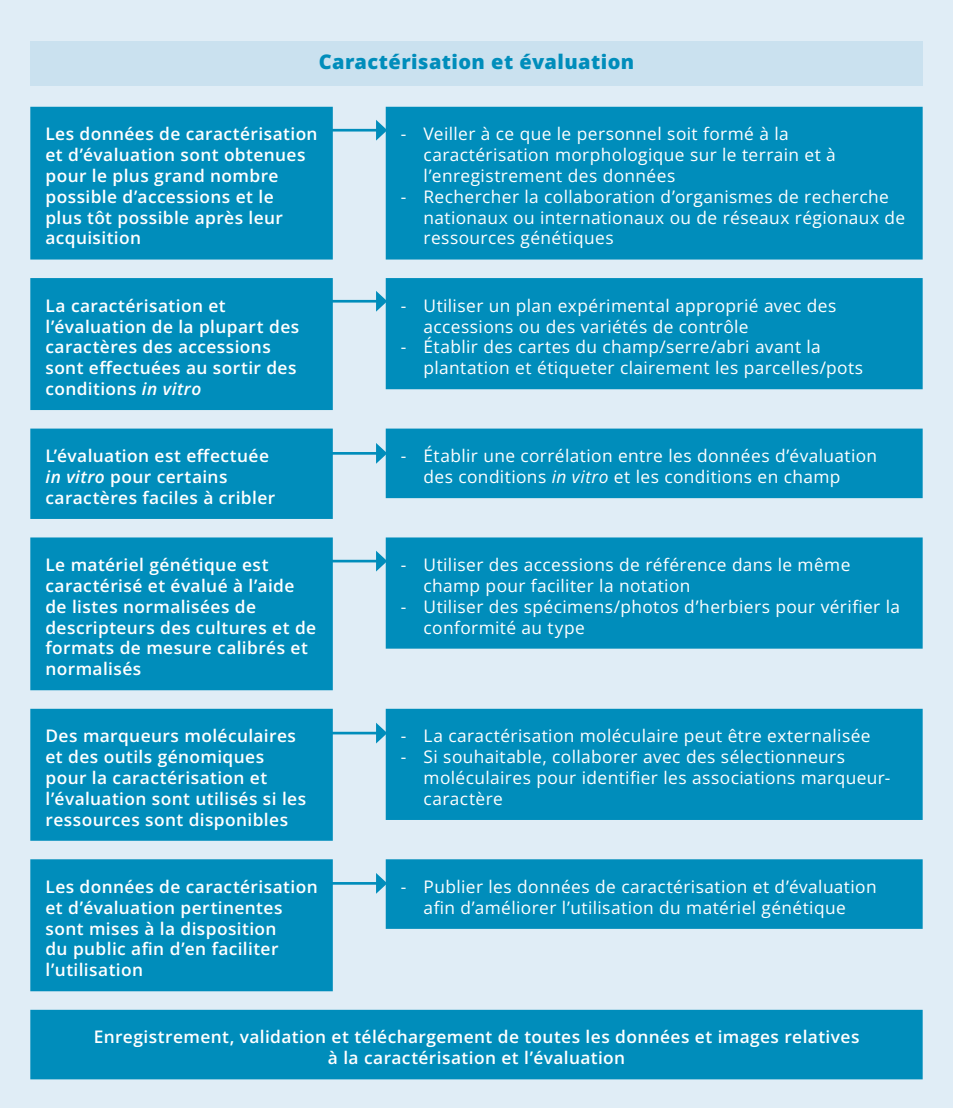
✔ **Toutes les données relatives à la caractérisation et l'évaluation, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes**
Les données à prendre en compte comprennent le descripteur mesuré et les résultats, la date d'enregistrement, le personnel responsable, les techniques de laboratoire (moléculaires, etc.) et les dates d'exécution. Envisager l'utilisation

[28] Plusieurs ressources sur les différentes technologies moléculaires possibles sont consultables en ligne ou sur papier. Voir la section Informations/lectures complémentaires.

d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

✔ **Les données d'évaluation pertinentes sont mises à la disposition du public**
Le fait de mettre les données sélectionnées à la disposition des utilisateurs potentiels de matériel génétique aux niveaux des banques de gènes, au niveau national, régional et mondial améliorera leur utilisation (voir la section Documentation). La publication des données de caractérisation et d'évaluation est donc fortement recommandée.

Figure 6. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la caractérisation et à l'évaluation



6. Documentation





©Crop Trust/Michael Major

Codage à barres, Centre mondial d'agroforesterie (ICRAF)

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la gestion des données et des informations de la banque de gènes, y compris des lignes directrices pour le partage des données[29].

✔ **Un système de gestion de l'information de la banque de gènes est développé spécifiquement pour la banque de gènes ou l'un des systèmes disponibles est utilisé/adapté**

Le système d'information de la banque de gènes est idéalement conçu pour gérer toutes les données et informations générées relatives à tous les aspects de la conservation *in vitro* et l'utilisation de matériel génétique, y compris les données et métadonnées relatives au passeport, à la culture *in vitro* et à l'entreposage en croissance ralentie, à la régénération, à la caractérisation, à l'évaluation et à la gestion. Il est souhaitable de disposer d'outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la santé des propagules/plantules, et le signalement des accessions nécessitant une régénération.

GRIN-Global a été développé par l'USDA-ARS, le Global Crop Diversity Trust et Bioversity International pour permettre aux banques de gènes de stocker et de gérer les informations associées aux ressources phytogénétiques. Il est disponible gratuitement (GRIN-Global, 2021). Parmi les autres systèmes figurent le système d'information sur les ressources génétiques végétales (AVGRIS) de l'AVRDC (AVRDC, 2021), le système allemand d'information sur les banques de gènes (GBIS) (GBIS/I, 2021) et Alelo développé par l'Institut national de recherche agronomique brésilien (Embrapa) (Embrapa, 2021).

[29] Voir la figure 7 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités relatives à la documentation.

✔ **Des normes de données internationales sont adoptées pour assurer la cohérence des données partagées entre les différents systèmes d'information et programmes**

L'enregistrement des données de passeport des accessions à l'aide des descripteurs de passeport multi-cultures de la FAO/Bioversity (Alercia, Diulgheroff et Mackay, 2015) et l'utilisation de descripteurs normalisés, convenus à l'échelle internationale et spécifiques aux cultures pour la caractérisation et l'évaluation[30] facilitent l'échange de données et la comparaison des accessions entre différents pays et institutions. Il convient que les données de passeport soient disponibles pour toutes les accessions de la collection de la banque de gènes[31].

Un numéro d'accession unique et permanent est un élément clé d'une documentation et d'une identification correctes. L'utilisation volontaire d'identificateurs d'objets numériques (DOI) (Alercia, Diulgheroff et Mackay, 2015; FAO, 2021a) est une option supplémentaire pour le partage d'informations entre différents systèmes d'information et différentes communautés, mais ne peut pas remplacer l'attribution du numéro d'accession unique et permanent de la banque de gènes.

✔ **Des appareils mobiles sont utilisés pour saisir les données, si possible**

L'utilisation de codes-barres facilite tous les aspects de la gestion des banques de gènes, en particulier la documentation.

✔ **Les données enregistrées sur papier sont numérisées et des mesures sont mises en place pour vérifier les erreurs de transcription des données manuscrites et électroniques.**

✔ **Toutes les données et informations relatives à tous les aspects de la conservation et de l'utilisation du matériel génétique, y compris les images et les métadonnées, sont enregistrées, validées et téléchargées vers le système de gestion de l'information de la banque de gènes[32]**

Le contrôle de la qualité sera facilité par un personnel qualifié en charge de l'enregistrement et de la saisie des données, en étroite collaboration avec les responsables de la documentation et les conservateurs des collections de matériel génétique. Il serait utile que des membres du personnel soient chargés de gérer le système de gestion de l'information de la banque de gènes, et notamment de veiller à ce que les données soient toujours actualisées. Il est recommandé que les conservateurs des banques de gènes et les responsables de la documentation valident les données avant qu'elles ne soient téléchargées dans le système de gestion de l'information des banques de gènes.

30 Voir la section Caractérisation et évaluation.

31 Normes 6.6.1.

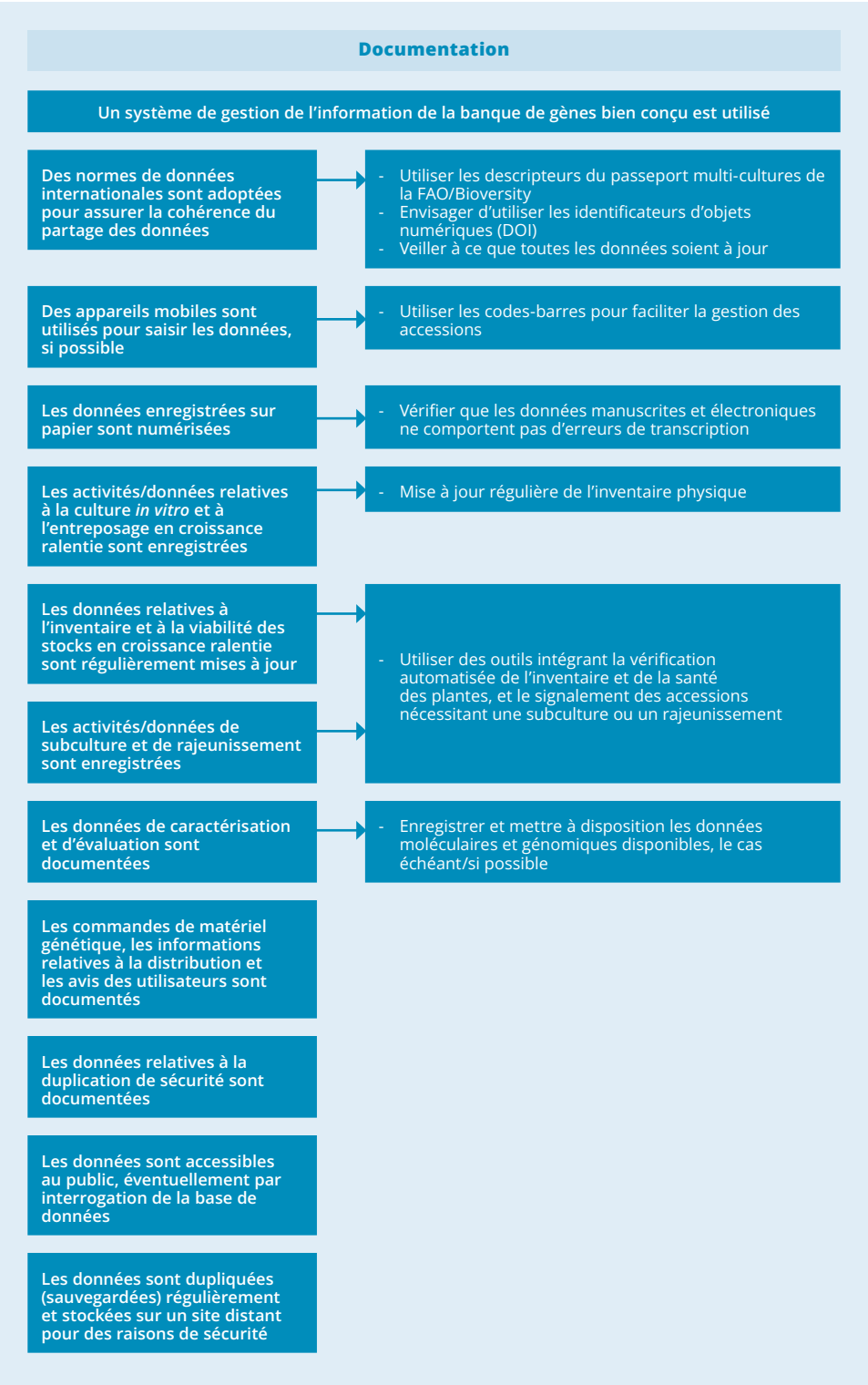
32 Normes 6.6.3.

- ✔ **Les données sont accessibles au public par interrogation de la base de données, si possible**

  La publication de données sur les fonds de la banque de gènes accroît les possibilités d'utilisation du matériel génétique et ajoute donc à la valeur et au prestige des banques de gènes. Toutes les banques de gènes ne sont pas en mesure de maintenir un portail web pour l'accès externe aux informations sur les collections, aussi, il est souhaitable d'envisager l'option de proposer ces informations par l'intermédiaire de Genesys, un portail international géré par le Global Crop Diversity Trust (Global Crop Diversity Trust, 2021). Genesys permet de partager les données relatives aux accessions des banques de gènes du monde entier et facilite la commande de matériel génétique. Il comprend des données de passeport, de caractérisation et d'évaluation au niveau de l'accession, ainsi que des informations environnementales associées aux sites de collecte des accessions. Une autre option pour rendre les données de passeport des accessions des banques de gènes accessibles au public est fournie par le Système mondial d'information et d'alerte rapide sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (WIEWS) de la FAO (FAO, 2021d). En servant de référentiel de données pour l'indicateur végétal de la cible 2.5 des objectifs de développement durable (Nations Unies, 2021), le WIEWS stocke et publie des données de passeport au niveau des accessions pour le plus grand inventaire mondial de collections *ex situ* (FAO, 2021e).

- ✔ **Les données sont dupliquées (sauvegardées) régulièrement et stockées sur un site distant pour se prémunir contre toute perte due à un incendie, une panne informatique, une violation de données, etc.**

Figure 7. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la documentation



7. Distribution





©Crop Trust/Michael Major

Distribution de vitroplants de matériel génétique de bananier, Centre international de transit du matériel génétique de Musa

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la distribution de matériel génétique, y compris le processus d'examen permettant de vérifier le respect des réglementations et obligations juridiques, phytosanitaires et autres, ainsi que des instructions étape par étape pour la préparation de l'envoi, le suivi après l'envoi et l'établissement de rapports au Secrétariat du Traité ou à un point focal national ou à une autre autorité désignée, le cas échéant[33].

✔ **La banque de gènes respecte les réglementations et accords nationaux, régionaux et internationaux[34]**

Le processus de distribution du matériel génétique est régi par des réglementations nationales et internationales. Il convient que la banque de gènes communique avec les autorités désignées appropriées sur les éventuelles questions concernant la distribution du matériel génétique. Les points suivants permettent de s'assurer du respect de ces obligations:

- Il convient que la banque de gènes communique avec le Secrétaire du Traité ou un point focal national ou une autre autorité désignée si d'autres pays sont impliqués dans la distribution du matériel génétique.
- Si le pays de la banque de gènes est signataire du Traité et que du matériel génétique de cultures ou d'espèces inscrites à l'Annexe 1 du Traité (FAO, 1995) est distribué pour les utilisations prévues par le Traité (c'est-à-dire la recherche, la sélection et la formation pour l'alimentation et l'agriculture), il est nécessaire d'utiliser un SMTA (FAO, 2021b; c).
- Si le pays de la banque de gènes n'est pas une Partie contractante au Traité ou si le matériel génétique n'est pas couvert par l'Annexe 1, il est recommandé

[33] Voir la figure 8 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités pour la distribution du matériel génétique.

[34] Normes 6.7.1.

de conclure un accord avec le bénéficiaire sur les termes et conditions de la distribution du matériel génétique – couvrant, par exemple, l'utilisation et le partage ultérieur du matériel ou de ses dérivés, la communication des données, etc. Un Accord de transfert de matériel (MTA) est généralement utilisé (par exemple, AVRDC, 2012), bien qu'un SMTA puisse également être utilisé.

✔ **Une politique est en place concernant le nombre de plantules à distribuer pour une espèce donnée**

La quantité moyenne d'échantillons distribués par les banques de gènes *in vitro* est d'environ 3–5 plantules par accession. Pour les accessions ayant insuffisamment de plantules au moment de la demande, et en l'absence d'une autre accession appropriée, des échantillons sont fournis après la régénération, sur la base d'une demande renouvelée. Pour certaines espèces et pour certaines utilisations, un plus petit nombre de plantules est suffisant.

✔ **La capacité du destinataire à gérer adéquatement le matériel *in vitro* est évaluée, si possible**

S'assurer que l'échantillon de matériel génétique distribué sera utilisé efficacement est une étape importante dans la gestion des ressources. Souvent, un simple questionnaire fournira les informations nécessaires à cette évaluation.

✔ **Le matériel génétique distribué est de haute qualité**

Il peut être nécessaire de soumettre le matériel à un rajeunissement et/ou à un traitement de décontamination si toutes les réplicats sont contaminés.

✔ **Les conditions de transfert de matériel sont établies entre la banque de gènes et le destinataire et les moyens adéquats de rétablissement des plantes issus de cultures sont confirmés[35]**

Les récipiendaires du matériel doivent avoir les moyens de transférer le matériel soit dans des pots, soit au champ. Il est également possible de prendre des dispositions avec d'autres instituts pour assurer un transfert réussi. Les banques de gènes peuvent partager avec les destinataires des informations sur la manipulation du matériel génétique afin d'en faciliter l'utilisation.

✔ **La documentation requise est demandée et obtenue**

Les règlements relatifs aux permis d'importation, qui précisent les exigences phytosanitaires et toute autre obligation d'importation, y compris les exigences en matière d'emballage, doivent être demandés à l'autorité nationale compétente du pays destinataire. Les documents souvent exigés par l'autorité nationale compétente du pays destinataire comprennent un certificat phytosanitaire, des déclarations supplémentaires, un certificat de donation, un certificat d'absence de valeur commerciale et un permis d'importation.

[35] Normes 6.7.3.

- ✔ **Des dispositions sont prises avec les autorités ou agents compétents (c'est-à-dire l'organisation nationale de protection des végétaux du pays) pour inspecter ou tester le matériel afin de s'assurer qu'il est conforme à la réglementation du pays importateur et de délivrer le certificat phytosanitaire correspondant**

- ✔ **Le délai entre la réception d'une demande d'échantillons et leur expédition est réduit au minimum**

- ✔ **Les échantillons sont soigneusement étiquetés et ne sont pas mélangés pendant la manipulation**
  Les échantillons sont correctement étiquetés, de préférence avec des étiquettes générées par ordinateur pour réduire les erreurs de transcription, dont l'une placée à l'extérieur et l'autre à l'intérieur de chaque paquet pour garantir que le matériel soit correctement identifié.

- ✔ **Tous les documents requis sont inclus dans l'envoi (à l'attention du destinataire) et attachés à l'extérieur du conteneur (à l'attention des fonctionnaires des douanes) afin de garantir un traitement fluide pendant le transit et à la frontière du pays de destination**[36]
  Envisagez de scanner les documents et de les envoyer par courrier électronique, ou d'envoyer des copies papier par la poste, avant l'expédition du matériel génétique. Les documents à prendre en considération sont:
  - les données relatives aux accessions (y compris une liste détaillée avec l'identification de l'accession, le nombre et/ou le poids des échantillons, et les principales données du passeport),
  - le permis d'importation, le certificat phytosanitaire ou la déclaration de douane, le cas échéant.

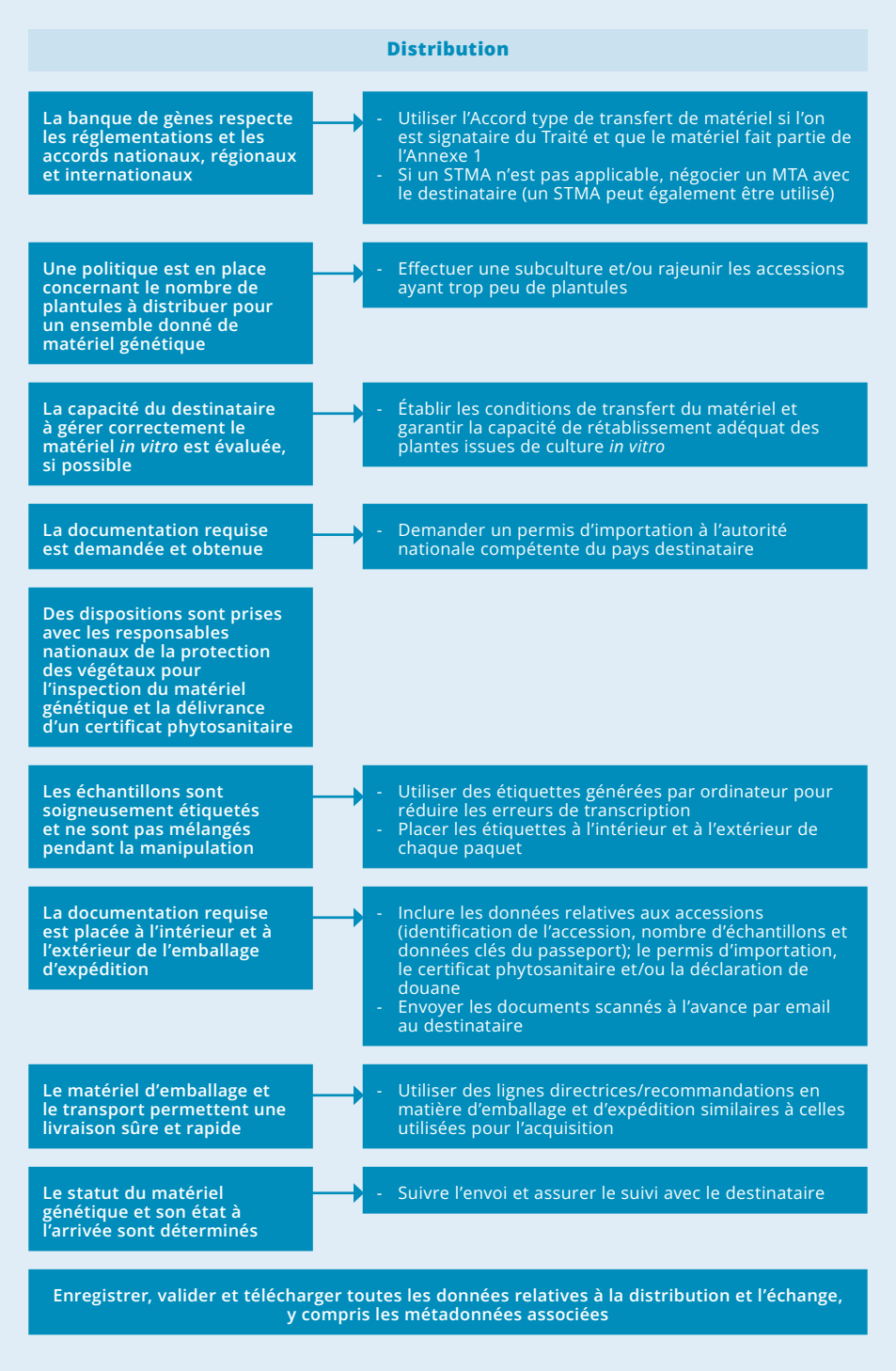
- ✔ **Le choix du matériel d'emballage et du transport permet une livraison sûre et rapide**
  Veillez à ce que le matériel parvienne à la banque de gènes de destination en bon état, en tenant compte du temps nécessaire au traitement des documents, de la durée de l'expédition, du temps de transit et des conditions de transit (températures et/ou humidité élevées dans les pays tropicaux). Les échantillons *in vitro* doivent être placés dans des sacs en plastique stériles et étanches ou dans des flacons fermés en plastique stériles, transparents et étanches. Il convient de les emballer stablement sans trop les serrer dans une boîte ou un carton, en ajoutant du papier froissé ou du polystyrène pour les protéger des chocs.

[36] Normes 6.7.2.

- ✔ **La livraison et l'état du matériel génétique à son arrivée à destination font l'objet d'un suivi afin de confirmer que le matériel génétique est parvenu au destinataire suffisamment rapidement**
  Il est suggéré que les envois soient suivis et que la banque de gènes assure un suivi avec le destinataire en ce qui concerne l'état et l'usage du matériel génétique distribué.

- ✔ **Toutes les données relatives à la distribution, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées vers le système de gestion de l'information de la banque de gènes**
  Les données à prendre en compte sont: le nom et l'adresse du demandeur, l'objet et la date de la demande; les échantillons demandés, les échantillons envoyés, le nombre de plantules par échantillon; la méthode d'indexation des virus; la référence au certificat phytosanitaire et au SMTA ou au MTA; le registre d'expédition et le retour d'information de l'utilisateur. Envisager l'utilisation d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

Figure 8. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la distribution du matériel génétique



8. Duplication de sécurité





©Crop Trust/Shawn Landersz

Centre international de transit du matériel génétique de Musa, Belgique

Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la duplication de sécurité du matériel génétique, y compris le processus d'examen pour vérifier le respect des réglementations et obligations légales, phytosanitaires et autres, et des instructions étape par étape pour la préparation de l'envoi, le suivi après l'envoi et les calendriers d'expédition[37,38].

✔ **Un double de sécurité pour chaque accession originale est entreposé dans un endroit distant, dans des conditions appropriées et en utilisant les meilleures pratiques, et/ou est sauvegardé par une méthode/stratégie de conservation alternative[39]**

Les doubles de sécurité sont généralement déposés dans un site distant, loin de la collection principale, généralement dans un autre pays. L'emplacement du double de sécurité est choisi de manière à minimiser les risques éventuels et à offrir les meilleures conditions possibles, en tenant compte de la nécessité de disposer d'installations, de personnel et de ressources financières adéquats. Il doit être situé dans un endroit stable sur le plan sociopolitique et géophysique. La banque de gènes/l'institut qui héberge les doubles de sécurité doit avoir la capacité de fournir des conditions de terrain et/ou *in vitro* appropriées pour les accessions dupliquées. Les échantillons peuvent également être cryoconservés dans le centre de duplication[40]. Il est essentiel de bien sélectionner le récipiendaire du double de sécurité et d'obtenir un accord clair avec lui.

37 Le matériel dupliqué comprend les plantes à gérer sur le terrain, les plantules maintenues *in vitro* ou les tissus méristématiques en cours de cryoconservation.

38 Voir la figure 9 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités relatives à la duplication de sécurité du matériel génétique.

39 Normes 5.10.4.

40 Voir les Normes applicables aux banques de gènes (chapitre 6).

✔ **Il existe un accord juridique entre la banque de gènes déposante et la banque de gènes récipiendaire qui spécifie clairement les conditions dans lesquelles le matériel est conservé et géré**

Si la banque de gènes déposante n'a pas encore d'accord avec une autre banque de gènes pour dupliquer en toute sécurité ses accessions originales, il convient de réfléchir à l'endroit le plus approprié pour les dupliquer, endroit qui dépendra de la méthode choisie pour la duplication de sécurité.

✔ **La banque de gènes respecte les réglementations et obligations légales, phytosanitaires et autres, et chaque échantillon faisant office de double de sécurité est accompagné des informations pertinentes qui s'y rapportent**

Dès le début du processus de planification, il convient de discuter avec la banque de gènes récipiendaire de la documentation requise (à la fois pour la banque de gènes et le pays hôte) et des procédures douanières et de quarantaine applicables. Cela permettra d'assurer le déplacement du matériel génétique en temps voulu.

✔ **Les doubles de sécurité sont de haute qualité et contiennent une quantité suffisante de matériel**

Il incombe au déposant de s'assurer que le matériel déposé est de haute qualité. Il convient:

- de dupliquer du matériel propre et sain,
- de soumettre le matériel à un rajeunissement et/ou à un traitement de décontamination si nécessaire,
- de veiller à ce que les échantillons dupliqués pour des raisons de sécurité soient en nombre suffisant pour éviter tout risque de perte[41].

✔ **Les échantillons sont soigneusement étiquetés et ne sont pas mélangés pendant la manipulation**

Il est important que les échantillons soient correctement étiquetés, de préférence avec des étiquettes générées par ordinateur, afin de réduire les erreurs de transcription des noms et des numéros.

✔ **Le choix du matériel d'emballage et du transport permet une livraison sûre et rapide**

Veiller à ce que le matériel parvienne à la banque de gènes de destination en bon état, en tenant compte du temps nécessaire au traitement des documents, de la durée de l'expédition, du temps de transit et des conditions de transit (températures et/ou humidité élevées dans les pays tropicaux). Il convient d'utiliser des directives/recommandations d'emballage et d'expédition similaires à celles utilisées pour la distribution (voir la section Distribution).

[41] Il est recommandé de dupliquer un minimum de trois à cinq réplicats/échantillons par accession *in vitro*.

✔ **Chaque échantillon en double de sécurité est accompagné des informations pertinentes associées**[42]

Il est recommandé d'envoyer les informations pertinentes avec l'envoi, y compris une liste détaillée avec l'identification de l'accession, les données clés du passeport, la quantité totale de plantules, le type de récipient et le permis d'importation, le certificat phytosanitaire ou la déclaration de douane, le cas échéant. Il est souhaitable de scanner les documents et de les envoyer par courrier électronique, ou d'envoyer des copies papier par la poste, avant l'expédition du matériel génétique.

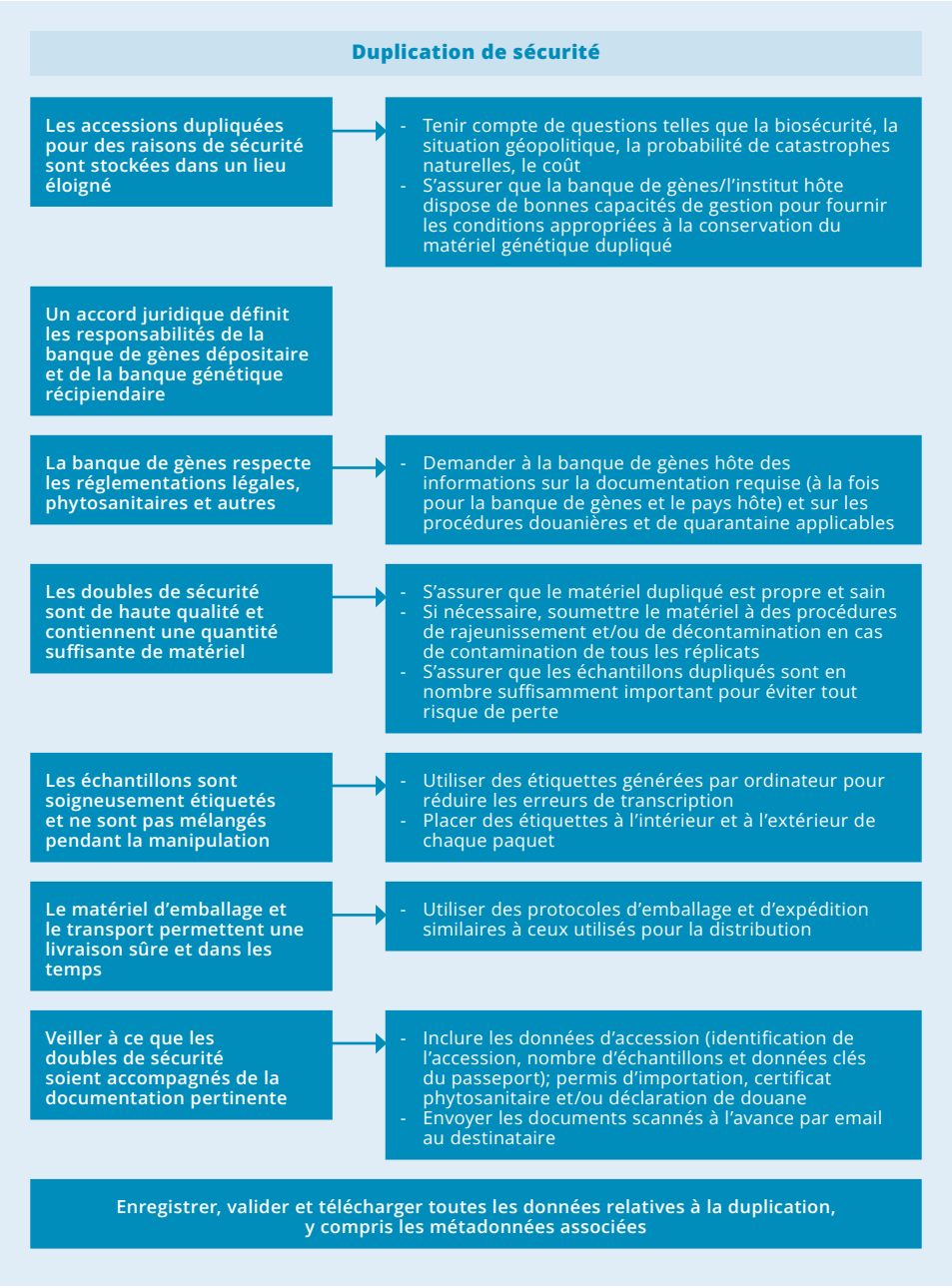
✔ **Toutes les données relatives à la duplication de sécurité, y compris les métadonnées associées, sont enregistrées, validées et téléchargées dans le système de gestion de l'information de la banque de gènes**

Les données à prendre en compte sont: l'emplacement des accessions dupliquées pour des raisons de sécurité; la date d'emballage, les échantillons envoyés, le nombre de réplicats/plantules par échantillon; la méthode d'indexation, le cas échéant; le registre d'expédition et le formulaire retour d'information; la référence à l'accord juridique, au certificat phytosanitaire, etc. Envisager l'utilisation d'appareils électroniques pour éviter les erreurs de transcription et faciliter le téléchargement. À défaut, l'utilisation d'une encre indélébile (ou d'un crayon) et d'une écriture claire et lisible sont nécessaires lors de l'enregistrement des données. L'emploi d'étiquettes et de lecteurs de codes-barres facilite la gestion des entrées et minimise les erreurs humaines.

✔ **Le système de gestion de l'information de la banque de gènes est régulièrement vérifié pour s'assurer que toute nouveau matériel non dupliqué par sécurité dans la banque de gènes récipiendaire est identifié et préparé pour la duplication de sécurité, le cas échéant**

[42] Normes 6.8.5.

Figure 9. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la duplication de sécurité du matériel génétique



9. Personnel et sécurité





©AGRA/Jeff Haskins

Personnel de la banque de gènes, Institut international d'agriculture tropicale (IITA)

Personnel

Il convient que la banque de gènes se dote d'une stratégie en place pour le personnel, y compris une planification de la relève; un budget correspondant doit être alloué et révisé régulièrement[43].

✔ **La banque de gènes dispose d'un plan de ressources humaines assorti d'une allocation budgétaire annuelle appropriée. Le personnel possède les connaissances, les compétences, l'expérience et les qualifications nécessaires pour exécuter toutes les tâches de la banque de gènes de manière efficace et efficiente**

Une gestion réussie de la banque de gènes nécessite un minimum de personnel bien formé assumant des responsabilités clairement définies pour la gestion des accessions[44]. Il convient:

- de s'assurer que le directeur de la banque de gènes et le personnel chargé de tâches spécifiques revoient et mettent à jour régulièrement les SOP, le cas échéant,
- de s'assurer que les conservateurs et le personnel d'appui technique possèdent des connaissances et des compétences en agriculture, horticulture et taxonomie des plantes cultivées et de leurs parents sauvages,
- de pouvoir consulter des spécialistes disciplinaires et techniques dans plusieurs domaines, tels que la taxonomie, la physiologie, la phytopathologie, l'amélioration des plantes et la génétique des populations,

[43] Voir la figure 10 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité.

[44] Normes 6.8.3.

- d'organiser régulièrement des sessions de formation en cours d'emploi et, si possible, de veiller à ce que le personnel puisse participer à des formations à intervalles réguliers afin de rester informé des derniers développements,
- de prévoir une rotation des tâches pour rendre le travail aussi varié que possible et impliquer tout le personnel (dans la mesure du possible) dans les réunions et les discussions,
- de retenir le personnel compétent en reconnaissant et en récompensant ses excellentes performances.

✔ **Les risques associés à la dotation en personnel sont inclus dans l'identification, l'analyse et la gestion des risques**

La sécurité de la conservation dépend d'une évaluation précise et d'une gestion appropriée des risques (voir l'annexe). Par conséquent, il importe que toutes les banques de gènes établissent et mettent en œuvre des stratégies de gestion des risques qui traitent des risques physiques et biologiques dans l'environnement quotidien auquel le personnel, les collections et les informations connexes sont exposés.

Sécurité

Il convient que la banque de gènes se dote d'une stratégie écrite de gestion des risques qui comprenne des mesures pour faire face aux coupures de courant, aux incendies, aux inondations, aux tremblements de terre, aux guerres et aux troubles civils[45]. Cette stratégie et le plan d'action qui l'accompagne doivent être régulièrement revus et mis à jour pour tenir compte de l'évolution des circonstances et des nouvelles technologies.

✔ **Une stratégie de gestion des risques est en place**

Une stratégie de gestion des risques comporte les éléments suivants (SGRP-CGIAR, 2010d):

- *Communication et consultation*: veiller à ce que tous ceux qui seront impliqués dans la mise en œuvre d'un système de gestion des risques connaissent les concepts, la méthodologie, la terminologie, les exigences en matière de documentation et les processus de prise de décision du système.
- *Etablir le contexte*: prendre en compte les objectifs/activités/tâches de la banque de gènes, l'environnement dans lequel ces activités se déroulent et les parties prenantes.
- *Identification des risques*: lister les risques pertinents pour les opérations de la banque de gènes.
- *Analyse des risques*: évaluer l'impact (ou la conséquence) potentiel des risques identifiés et leur vraisemblance (probabilité).

[45] Normes 6.8.1.

- *Évaluation du risque*: déterminer le niveau de risque acceptable.
- *Traitement des risques*: identifier les actions à entreprendre afin de traiter les risques pour lesquels le niveau de risque total actuel est considéré comme inacceptable, en donnant la priorité aux risques résiduels les plus élevés.
- *Suivi et révision*: analyser le système de gestion des risques et déterminer s'il est nécessaire de le modifier. Les responsabilités en matière de suivi et d'examen doivent être clairement définies et documentées.

✔ **Un membre du personnel est nommé responsable de la sécurité et de la santé au travail (SST) dans la banque de gènes et reçoit une formation en SST**

La SST traite de tous les aspects de la santé et de la sécurité sur le lieu de travail et met fortement l'accent sur la prévention primaire des risques[46]. La plupart des pays disposent d'une politique en matière de SST. L'Organisation internationale du travail (OIT) fournit des profils de pays sur la SST (OIT, 2021).

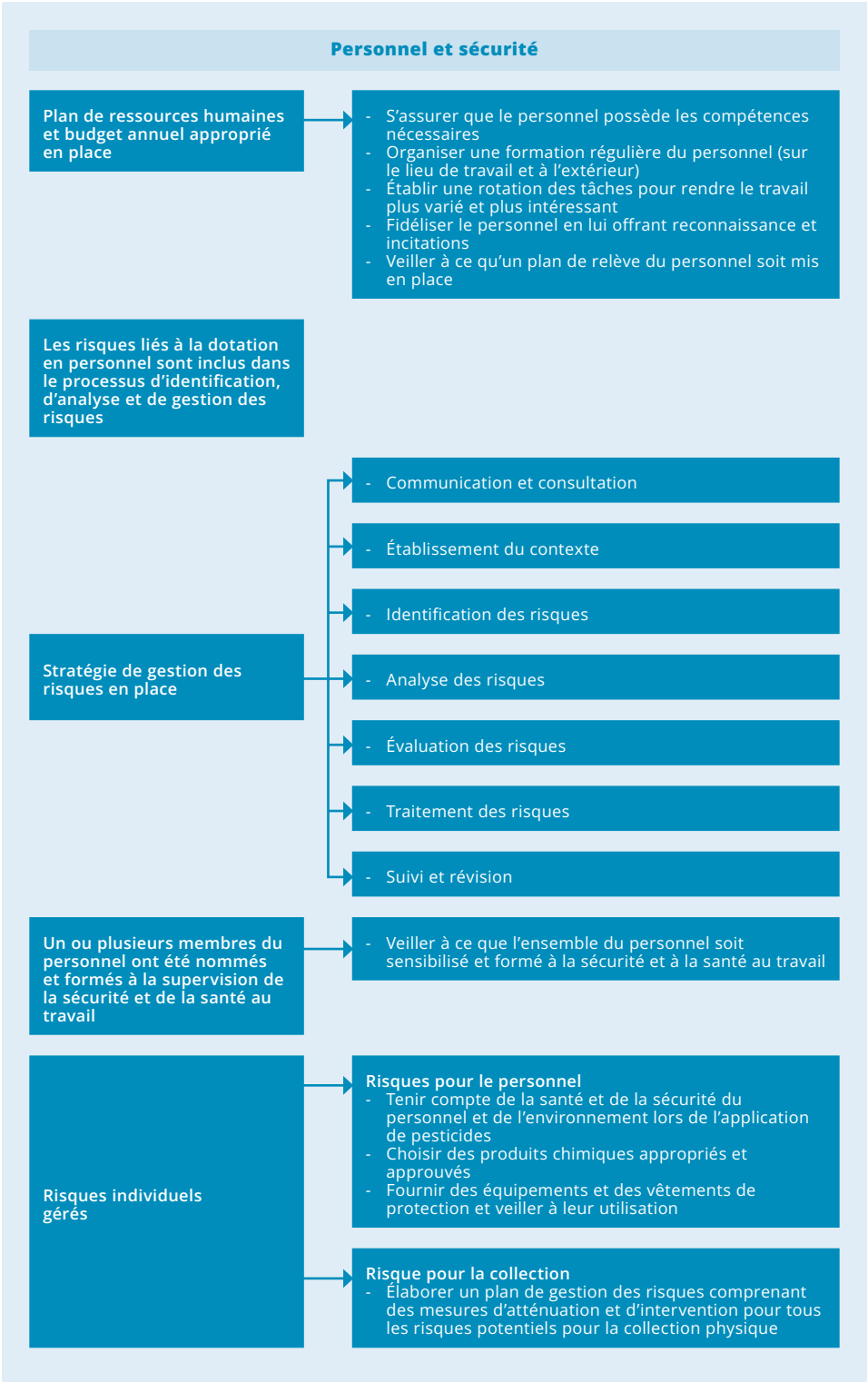
✔ **L'ensemble du personnel est conscient des exigences en matière de SST et est tenu au courant de tout changement**

Il est recommandé que l'ensemble du personnel de la banque de gènes soit informé des détails de la stratégie de gestion des risques et comprenne clairement les responsabilités en matière de mise en œuvre et de suivi de la stratégie et du plan d'action. Il convient:

- de veiller à ce que les règles de sécurité et de santé au travail soient visibles dans les zones de la banque de gènes les plus exposées aux risques,
- d'instruire le personnel sur l'utilisation correcte et sûre de l'équipement, avec une formation régulière sur la santé et la sécurité dans les environnements de terrain, de serre et de laboratoire,
- de choisir des produits agrochimiques appropriés et approuvés au niveau national pour réduire les risques,
- de fournir des équipements et des vêtements de protection en bon état de fonctionnement, conformément aux exigences de la SST, et de veiller à ce qu'ils soient régulièrement vérifiés et utilisés comme prévu. Le responsable SST est chargé de l'entretien des équipements de sécurité.

[46] Normes 6.8.2.

Figure 10. Résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité



10. Infrastructures et équipements





©Global Crop Diversity Trust

Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Allemagne

Cette section examine les infrastructures et les équipements suggérés pour une banque de gènes *in vitro* (tableau 2). Les banques de gènes *in vitro* sont généralement dotées: (a) d'un équipement de base pour la culture des tissus, des chambres de culture et des installations de soutien; (b) d'un équipement d'entreposage spécialisé, tel que des incubateurs et des chambres d'acclimatation; (c) de microscopes et d'un équipement analytique et moléculaire pour l'authentification du matériel génétique et les tests de performance et de stabilité; et (d) d'un équipement de sécurité, tel que des alarmes et des détecteurs de fumée.

Les facteurs à prendre en compte lors de la conception ou de la modification des installations des banques de gènes sont les suivants: (a) la fonction de l'installation (collection active, recherche et entreposage à long terme); (b) le débit prévu et la quantité des accessions à entreposer; (c) les taux de distribution prévus; (d) le climat local (particulièrement important sous les tropiques en raison des problèmes de contamination potentiels); et (e) le nombre de personnel.

Des références sont disponibles pour la mise en place et le fonctionnement des installations *in vitro*, et sont incluses dans la section Informations/lectures complémentaires. Une règle importante à retenir est que les opérations et la conception de l'espace de travail doivent être planifiées de manière à ce que le matériel génétique et les matériaux ne soient pas contaminés, perdus ou égarés. La délimitation physique des zones propres et sales, permettant une avancée unidirectionnelle des échantillons progressant à travers des niveaux croissants de propreté et de sécurité, est un moyen de contrôler la contamination et le flux de travail.

Tableau 2. Infrastructures et équipements généraux recommandés pour une banque de gènes *in vitro*

Domaines d'exploitation/de gestion de la banque de gènes
Besoins généraux
Espace de bureau et fournitures; ordinateurs, imprimantes et accessoires; enregistreurs de données climatiques; appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données et lecteurs de codes-barres; accès aux ressources scientifiques et techniques; accès à l'internet
Acquisition
Matériel de collecte, y compris des sacs en tissu et/ou en papier, des sacs/récipients retenant l'humidité (idéalement à code-barres), loupes, ciseaux, bâches, sécateurs, matériaux d'emballage, presses à herbier
Fiches de données de collecte ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, GPS ou altimètre
Incinérateur, solutions de décontamination des surfaces, couteaux, pinces, scalpels, balance pour peser les fruits et les graines, appareil photo pour enregistrer les échantillons à l'arrivée
Culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie
Autoclave, pH-mètre, balance, système de distillation de l'eau, agitateurs magnétiques, bain-marie, pipettes automatiques, verrerie, produits chimiques, hottes à flux laminaire, stérilisateur à billes de verre ou becs bunsen, réfrigérateur/congélateur, microscopes stéréoscopiques à dissection, instruments de dissection, composants de milieux de culture, divers récipients de culture, composants des milieux de culture de croissance ralentie, chambres de cultures à température contrôlée, étagères et lumières pour les chambres de culture, milieux de dépistage des contaminants, antibiotiques, fongicides
Subculture et rajeunissement
Champ/serres/abris et équipements pour l'acclimatation en extérieur des vitroplants pour le rajeunissement ou pour évaluer les modifications morphologiques
Characterization and evaluation
Accès au champ, au laboratoire ou à la serre/abri selon les besoins
Équipement et machines pour le champ, le laboratoire, la serre ou l'abri, selon les besoins, en fonction des espèces et des caractères enregistrées
Pots, piquets et étiquettes (idéalement à code-barres), sacs en tissu étiquetés ou autres contenants appropriés
Matériel d'analyse moléculaire (RAPD, ISSR, SSR), si possible
Fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres

Tableau 2 *(Suite)*

Domaines d'exploitation/de gestion de la banque de gènes
Documentation
Système de gestion de la base de données/de l'information de la banque de gènes conçu de manière appropriée et aligné sur les MCPD de la FAO/Bioversity et autres normes pour les données, par exemple GRIN-Global
Base de données dotée d'outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la santé des plantes et le signalement des accessions nécessitant une acclimatation et un rajeunissement
Sauvegarde/stockage des données
Distribution et duplication de sécurité
Sacs en plastique stériles pour l'envoi du matériel génétique *in vitro*
Sacs en plastique thermoscellables et machine à sceller, étiquettes (de préférence à code-barres), matériaux d'emballage
Fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres
Sécurité et personnel
Générateur(s), équipement d'extinction d'incendie, caméras de sécurité, systèmes d'alarme, portes de sécurité
Vêtements et équipements de protection tels que masques anti-poussière, gants et chaussures

11. Références

Alercia, A., Diulgheroff, S. et Mackay, M. 2015. *FAO/Bioversity Multi-Crop Passport Descriptors V.2.1 [MCPD V.2.1]*. Rome, FAO and Bioversity International. 11 p. http://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/faobioversity-multi-crop-passportdescriptors-v21-mcpd-v21/

AVRDC (World Vegetable Center). 2012. *Material Transfer Agreement for Germplasm Accessions*. Shanhua, la Province chinoise de Taïwan. https://avrdc.org/?wpfb_dl=524 (page web consultée le 29 octobre 2021).

AVRDC. 2021. *Vegetable Genetic Resources Information System*. Shanhua, la Province chinoise de Taïwan. https://avrdc.org/our-work/managing-germplasm (page web consultée le 29 octobre 2021).

Badr-Elden, A.M., Nower, A.A., Ibrahim, I.A., Ebrahim, M.K.H. et Elaziem, T.M.A. 2012. Minimizing the hyperhydricity associated with *in vitro* growth and development of watermelon by modifying the culture conditions. *African Journal of Biotechnology*, 11(35): 8705–8717. https://academicjournals.org/article/article1380809020_Badr-Elden%20et%20al.pdf

Bioversity International. 2007. *Developing crop descriptor lists: guidelines for developers.* Bioversity Technical Bulletin Series. Rome. https://hdl.handle.net/10568/74489

Bioversity International. 2018. *Bioversity Descriptors.* Rome. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/56589 (page web consultée le 29 octobre 2021).

CBD (Convention sur la diversité biologique). 2018. *Frequently Asked Questions on Access and Benefit-Sharing (ABS).* Montreal, Canadá. https://www.cbd.int/abs/doc/abs-factsheet-faq-en.pdf

CGIAR Genebank Platform. 2021. *Quality Management.* Bonn, Allemagne. https://www.genebanks.org/the-platform/quality-management/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

CIPV (Convention internationale pour la protection des végétaux). 2021. *List of NPPOs of IPPC Contracting parties.* https://www.ippc.int/fr/countries/nppos/list-countries/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

Dansi, A. 2011. Collecting vegetatively propagated crops (especially roots and tubers). Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et Goldberg, E., eds. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines–2011 update*. Rome, Bioversity International. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=666

El-Dawayati, M.M. et Zayed, Z.E. 2017. Controlling hyperhydricity in date palm *in vitro* culture by reduced concentration of nitrate nutrients. Dans: J. Al-Khayri, S. Jain et D. Johnson, eds. *Date palm biotechnology protocols Volume I. Methods in molecular biology,* pp. 175–183. New York, États-Unis d›Amérique, Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7156-5_15

EMBRAPA (Société brésilienne de recherche agricole). 2021. *Alelo.* Brasilia. https://alelo.cenargen.embrapa.br/index_en.html (page web consultée le 29 octobre 2021).

FAO. 2014. *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. Rome. https://www.fao.org/3/i3704f/i3704f.pdf

F**AO.** 2021a. *Identificateurs d'objets numérique*s. Rome. https://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/global-information-system/doi/fr/ *(page web consultée le 29 octobre 2021).*

FAO. 2021b. *Le Système Multilatéral*. Rome. https://www.fao.org/plant-treaty/areas-of-work/the-multilateral-system/landingmls/fr/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

FAO. 2021c. *Page d'accueil de Easy-SMTA*. Rome. https://mls.planttreaty.org/itt/index.php?r=site/index&lang=fr (page web consultée le 29 octobre 2021).

FAO. 2021d. *WIEWS* - Le Système mondial d'information et d'alerte rapide sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. https://www.fao.org/wiews/fr/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

FAO. 2021e. Ex Situ *(ODD 2.5.1.a)* - Vue d'ansemble. Rome. https://www.fao.org/wiews/data/ex-situ-sdg-251/overview/fr/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

GBIS/I. 2021. GBIS - *The information system of the German Genebank*. Gatersleben, Allemagne. https://www.denbi.de/services/349-gbis-the-information-system-of-thegerman-genebank (page web consultée le 29 octobre 2021).

Global Crop Diversity Trust. 2021. *Genesys*. Bonn, Allemagne. https://www.genesys-pgr.org/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

GRIN-Global. 2021. *The GRIN-Global Project.* Fort Collins, États-Unis d›Amérique. https://www.grin-global.org/ (page web consultée le 29 octobre 2021).

Guarino, L.G., Rao, L.R. et Reid, V., eds. 1995. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines*. Wallingford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, CAB International. https://hdl.handle.net/10568/104265

IITA (Institut international d'agriculture tropicale). 2012. *Standard Operation Procedures (SOP) for IITA Seedbank*. Ibadan, Nigéria. https://www.iita.org/wp-content/uploads/2017/SOP_for_IITA_Seedbank.pdf

Ivanova, M. et Van Staden, J. 2009. Nitrogen source, concentration, and NH 4+: NO 3 – ratio influence shoot regeneration and hyperhydricity in tissue cultured *Aloe polyphylla*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC),* 99(2): 167–174. https://doi.org/10.1007/s11240-009-9589-8

Leva, A. et Rinaldi, L.M.R. 2016. Somaclonal variation. Dans: B. Thomas, B.G. Murray et D.J. Murphy, eds. *Encyclopedia of applied plant sciences,* pp.468–473. Waltham, États-Unis d›Amérique, Academic Press, Elsevier.

Nations Unies. 2021. *SDG Indicators.* Rome. https://unstats.un.org/sdgs/metadata?Text=&Goal=2&Target=2.5 (page web consultée le 29 octobre 2021).

OIT (Organisation internationale du travail). 2021. *Country profiles on occupational safety and health and labour inspection.* Genève, Suisse. https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/country-profiles/lang--en/index.htm (page web consultée le 29 octobre 2021).

Pence, V.C. et Engelmann, F. 2011. Collecting *in vitro* for genetic resources conservation. Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et E. Goldberg, eds. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines – 2011 update*. Rome, Bioversity International. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/collecting

Reed, B.M., F. Engelmann, M.E. Dulloo et Engels, J.M.M. 2004. *Technical guidelines for the management of field and* in vitro *germplasm collections.* IPGRI handbooks for genebanks No. 7. Rome, IPGRI. https://hdl.handle.net/10568/105045

Reed, B.M. et Tanprasert, P. 1995. Detection and control of bacterial contaminants of plant tissue cultures. A review of recent literature. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 1: 137–142. https://www.researchgate.net/publication/222714440_Detection_and_control_of_bacterial_contaminants_of_plant_tissue_cultures_A_review_of_recent_literature

Selvarajan, R.A., Balasubramanian, V., Sheeba, M.M., Raj Mohan, R. et Mustaffa, M.M. 2009. Virus-indexing technology for production of quality banana planting material: a boon to the tissue-culture industry and banana growers in India. *Acta Horticulturae*, 897: 463–469. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.897.63

SGRP-CGIAR (**Programme sur les ressources génétiques à l'échelle du Système CGIAR**). 2010a. *Crop Genebank Knowledge Base - Seed Bank*. Rome. https://cropgenebank.sgrp. cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/conservation-mainmenu-198/seedbank-mainmenu-199 (page web consultée le 29 octobre 2021).

SGRP-CGIAR. 2010b. *Crop Genebank Knowledge Base - Guidelines for testing germination of the most common crop species*. Rome. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/procedures/guidelines%20for%20testing%20germination%20of%20the%20most%20common%20crop%20species.pdf (page web consultée le 29 octobre 2021).

Thompson, L. 1995. Collecting woody perennials. Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et R. Reid, eds. *Collecting Genetic Plant Diversity: Technical Guidelines*, pp. 485–509. Wallingford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, CAB International.

Umber, M., Filloux, D., Gélabale, S., Gomez, R-M., Marais A., Gallet, S., Gamiette, F., Pavis, C. et Teycheney, P-Y. 2020. Molecular viral diagnosis and sanitation of yam genetic resources: implications for safe yam germplasm exchange. *Viruses*, 12(10): 1101. https://doi.org/10.3390/v12101101

UPOV (Union internationale pour la protection des obtentions végétales). 2011. *Descriptor lists*. Genève, Suisse. https://www.upov.int/test_guidelines/en/list.jsp (page web consultée le 29 octobre 2021).

USDA-ARS (United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service). 2021. *U.S. National Plant Germplasm System – Descriptors.* Fort Collins, États-Unis d›Amérique. https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/descriptors (page web consultée le 29 octobre 2021).

12. Informations/lectures complémentaires

Général

Ebert, A.W. et Waqainabete, L.M. 2018. Conserving and sharing taro genetic resources for the benefit of global taro cultivation: a core contribution of the centre for Pacific crops and trees. *Biopreservation and Biobanking*, 16(5): 361–367. https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/bio.2018.0017

Engelmann, F. 2012. Germplasm collection, storage and conservation. Dans: A. Altman et P.M. Hasegawa, eds. *Plant biotechnology and agriculture*, pp. 255–268. Oxford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Academic Press.

Engels, J.M.M. et Visser, L., eds. 2003. *A guide to effective management of germplasm collections.* IPGRI handbooks for genebanks No. 6. Rome, IPGRI. 165 p. https://hdl.handle.net/10568/104369

Greene, S.L., Williams, K.A., Khoury, C.K., Kantar, M.B. et Marek, L.F. 2018. *North American Crop Wild Relatives, Volume 1*. Cham, Allemagne, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95101-0

IPK (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research). undated. *Mansfeld's World Database of Agriculture and Horticultural Crops*. Gatersleben, Allemagne. http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/apex/f?p=185:3

Normah, M.N., Kean, C.W., Vun, Y.L. et Mohamed-Hussein, Z.A. 2011. *In vitro* conservation of Malaysian biodiversity – achievements, challenges and future directions. *In vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*, 47: 26–36. https://doi.org/10.1007/s11627-010-9306-7

Normah, M.N., Narimah, M.K. et Clyde, M.M., eds. In vitro *conservation of plant genetic resources*. Kuala Lumpur, Percetakan Watan Sdn Bdh.

Upadhyaya, H.D. et Gowda, C.L. 2009. *Managing and Enhancing the Use of Germplasm – Strategies and Methodologies*. Manual técnico No. 10. Patancheru, Inde, Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas. 236 p.

USDA-ARS (United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service). 1994. *Taxonomic information on cultivated plants in GRIN-Global*. https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/abouttaxonomy.aspx

Acquisition et distribution

Bioversity International. 2009. *Descriptors for farmers' knowledge of plants*. Rome. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/74492

SGRP-CGIAR (Programme sur les ressources génétiques à l'échelle du Système CGIAR). 2018. *Distribution*. http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=208&lang=english

SGRP-CGIAR. 2018. *Safe transfer of germplasm (STOG).* https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/management-mainmenu-433/stogs-mainmenu-238

Crossa, J. et Vencovsky, R. 2011. Basic sampling strategies: theory and practice. Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et E. Goldberg, eds. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines – 2011 update.* Rome, Bioversity International. ISBN 978- 92-9043- 922- 926. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/collecting

Eymann, J., Degreef, J., HŠuser, C., Monje, J.C., Samyn, Y. et VandenSpiegel, D., eds. 2010. Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories and monitoring. *Abc Taxa,* 331–653. http://www.abctaxa.be/volumes/volume-8-manual-atbi

Greiber, T., Peña Moreno, S., Ahrén, M., Nieto Carrasco, J., Kamau, E.C., Cabrera Medaglia, J., Oliva, M.J. et Perron-Welch, F. (en coopération avec Ali, N. et Williams, C.). 2012. *An Explanatory Guide to the Nagoya Protocol on Access and Benefit-sharing*. Gland, Suisse, IUCN. xviii + 372 p. https://cmsdata.iucn.org/downloads/an_explanatory_guide_to_the_nagoya_protocol.pdf

Hay, F.R. et Probert, R.J. 2011. Collecting and handling seeds in the field. Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et E. Goldberg, eds. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines – 2011 update.* Rome, Bioversity International. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=655

Lopez, F. 2015. *Digital Object Identifiers (DOIs) in the context of the International Treaty.* http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/WGS/10_FAO_gs_activities_ITPGRFA_20151207.pdf

Mathur, S.B. et Kongsdal, O. 2003. *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*. Bassersdorf, Suisse, Asociación Internacional de Análisis de Semillas.

Maya-Lastra, C.A. 2016. ColectoR, a digital field notebook for voucher specimen collection for smartphones. *Applications in Plant Sciences*, 4(7). https://doi.org/10.3732/apps.1600035

Moore, G. et Williams, K.A. 2011. Legal issues in plant germplasm collecting. Dans: L. Guarino, V. Ramanatha Rao et E. Goldberg, eds. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines – 2011 update*. Rome, Bioversity International. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=669

Ni, K.J. 2009. Legal aspects of prior informed consent on access to genetic resources: An analysis of global law-making and local implementation toward an optimal normative construction. *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 42: 227–278. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1843070

Pence, V.C., Sandoval, J., Villalobos, V. et Engelmann, F., eds. 2002. In vitro *collecting techniques for germplasm conservation.* IPGRI Technical Bulletin No 7. Rome. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin7.pdf

RBG Kew (Royal Botanic Gardens Kew). 2014. *Assessing a population for seed collection. Millennium Seed Bank Technical Information Sheet 02*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/02-Assessing-population.pdf

RBG Kew. 2014. *Seed collecting techniques*. *Millennium Seed Bank Technical Information Sheet 03*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/03-Collecting-techniques.pdf

RBG Kew. 2014. *Post harvest handling*. *Millennium Seed Bank Technical Information Sheet 04*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. https://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/04-Post-harvest-handling.pdf

Smith, R.D., Dickie, J.B., Linington, S.H., Pritchard, H.W. et Probert, R.J., eds. 2003. *Seed conservation: turning science into practice*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Royal Botanic Gardens

Sheppard, J.W. et Cockerell, V. 1996. *ISTA handbook of method validation for the detection of seedborne pathogens*. Basserdorf, Suisse, ISTA.

Way, M. 2003. Collecting seed from non-domesticated plants for long-term conservation. Dans: R.D. Smith, J.D. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard et R.J. Probert, eds. *Seed conservation: turning science into practice*, pp. 163–201. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

Way, M. 2011. *Collecting and recording data in the field: media for data recording*. Crop Genebank Knowledge Base. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=659

Culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie

Benson, E.E., Harding, K., Debouck, D., Dumet, D., Escobar, R., Mafla, G., Panis, B., Panta, A., Tay, D., Van den houwe, I. et Roux, N. 2011. *Refinement and standardization of storage procedures for clonal crops – Global Public Goods Phase 2: Part I. Project landscape and general status of clonal crop* in vitro *conservation technologies*. Rome, Programme sur les ressources génétiques à l'échelle du Système. http://hdl.handle.net/10568/66354

Cassells, A.C. et Doyle-Prestwich, B. 2009. Contamination detection and elimination in plant cell culture. *Encyclopedia of Industrial Biotechnology*, pp. 1–14. Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470054581.eib241

Chin, H.F. 1996. Strategies for conservation of recalcitrant species. Dans: M.N. Normah, M.K. Narimah. et M.M. Clyde, eds. In vitro *conservation of plant genetic resources*, pp. 203–215. Kuala Lumpur, Percetakan Watan Sdn Bdh.

El-Dawayati, M.M. et Zayed, Z.E. 2017. Controlling hyperhydricity in date palm *in vitro* culture by reduced concentration of nitrate nutrients. Dans: J. Al-Khayri, S. Jain et D. Johnson, eds. *Date palm biotechnology protocols Volume I*, pp. 175–183. New York, États-Unis d'Amérique, Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7156-5_15

Jones, A.M.P. et Saxena, P.K. 2013. Inhibition of phenylpropanoid biosynthesis in *Artemisia annua* L.: a novel approach to reduce oxidative browning in plant tissue culture. *PLoS One,* 8(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076802

Leifert, C. et Cassells, A.C. 2001 Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In vitro Cellular et Developmental Biology*, 37(2): 133–138. https://doi.org/10.1007/s11627-001-0025-y

Leva, A.R., Petruccelli, R. et Rinaldi, L.M.R. 2012. Somaclonal variation in tissue culture: a case study with olive. Dans: A. Leva et L. Rinaldi, eds. *Recent advances in plant* in vitro *culture*. https://doi.org/10.5772/52760

Leva, A.R. et Rinaldi, L.M.R. 2017. Breeding genetics and biotechnology. Dans: B. Thomas, D.J. Murphy et B.G. Murray, eds. *Encyclopedia of applied plant sciences*. Academic Press.

Murashige, T. et Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15: 473–497. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Nwauzoma, A.B. et Jaja, E.T. 2013.A review of somaclonal variation in plantain (*Musa* spp): mechanisms and applications. *Journal of Applied Biosciences,* 67: 5252–5260. https://doi.org/10.4314/jab.v67i0.95046

Onuoha, I.C., Eze, C.J. et Unamba, C.I.N. 2011. *In vitro* prevention of browning in plantain culture. *OnLine Journal of Biological Sciences,* 11(1): 13–17. http://thescipub.com/pdf/10.3844/ojbsci.2011.13.17

Pijut, P.M., Woeste, K.E. et Michlet, C.H. 2011. Promotion of adventitious root formation of difficult-to-root hardwood tree species. Dans: J. Janick, ed. *Horticultural Reviews*, 38, Wiley-Blackwell. https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2011/nrs_2011_pijut_002.pdf

Rajasekharan, P.E. et Sahijram, L. 2015. *In vitro* conservation of plant germplasm. Dans: B. Bahadur, M.V. Rajam, L. Sahijram et K.V. Krishnamurthy, eds. *Plant biology and biotechnology. Volume II: Plant genomics and biotechnology,* pp. 417-443. New Delhi, Springer.

Reed, B.M., Paynter, C.L., Denoma, J. et Chang, Y. 1998. Techniques for medium- and long-term storage of *Pyrus* L. genetic resources. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 115: 1–5. https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=88725

Rival, A., Ilbert, P., Labeyrie, A., Torres, E., Doulbeau, S., Personne, A., Dussert, S., Beulé, T., Durand-Gasselin, T., Tregear, J.W. et Jaligot, E. 2013. Variations in genomic DNA methylation during the long-term *in vitro* proliferation of oil palm embryogenic suspension cultures. *Plant Cell Reports*, 32: 359–368. http://doi.org/10.1007/s00299-012-1369-y

Rojas-Martinez, L., Visser, R.G.F. et De Klerk, G-J. 2010. The hyperhydricity syndrome: waterlogging of plant tissues as a major cause. *Propagation of Ornamental Plants*, 10(4): 169–175. https://www.researchgate.net/publication/241869171_The_hyperhydricity_syndrome_Waterlogging_of_plant_tissues_as_a_major_cause

Schellenbaum, P., Mohler, V., Wenzel, G. et Walter, B. 2008. Variation in DNA methylation patterns of grapevine somaclones (*Vitis vinifera* L.). *BMC Plant Biology,* 8: 78. http://doi.org/10.1186/1471-2229-8-78

Scowcroft, W.R. 1984. *Genetic variability in tissue culture: impact on germplasm conservation and utilization*. Report AGPG: IBPGR/84/152. Rome, Conseil international des ressources phytogénétiques.

Sedlak, J., Zidova, P. et Paprstein, F. 2018. Slow growth *in vitro* conservation of fruit crops. *Acta Horticulturae,* 1234: 119–124. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1234.15

Sharma, P.K., Trivedi, R. et Purohit, S.D. 2012. Activated charcoal improves rooting in *in vitro* derived *Acacia leucophloea* shoots. *International Journal of Plant Developmental Biology*, 6 (Special Issue 1): 47–50. http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2012/AAJPSB_6(SI1)/AAJPSB_6(SI1)47-50o.pdf

Sharma, S.K., Bryan, G.J., Winfield, M.O. et Millam, S. 2007. Stability of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants regenerated via somatic embryos, axillary bud proliferated shoots, microtubers and true potato seeds: a comparative phenotypic, cytogenetic and molecular assessment. *Planta*, 226: 1449–1458. http://doi.org/10.1007/s00425-007-0583-2

Sobhakumari, V.P. 2012 Assessment of somaclonal variation in sugarcane. *African Journal of Biotechnology*, 11(87): 15303–15309. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/130319

Van den houwe, I., De Smet, K., Tezenas du Montcel, H. et Swennen, R. 1995. Variability in storage potential of banana shoot cultures under medium term storage conditions. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 42: 269–274. https://doi.org/10.1007/BF00029998

Van den houwe, I., Panis, B., Arnaud, E., Markham, R., et Swennen, R. 2006. The management of banana (*Musa* spp.) genetic resources at the IPGRI/INIBAP genebank: the conservation and documentation status, Dans: H. Segers, P. Desmet et E. Baus, eds. *Tropical Biodiversity: Science, Data, Conservation,* pp. 143–152. Proceedings of the 3rd GBIF Science Symposium, 18–19 April 2005, Brussels. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/bananapublication_proceedings.pdf

Subculture et rajeunissement

Chandra, S., Bandopadhyay, R., Kumar, V. et Chandra, R. 2010. Acclimatization of tissue cultured plantlets: from laboratory to land. *Biotechnology letters*, *32*(9): 1199–1205. https://doi.org/10.1007/s10529-010-0290-0

Debergh, P.C. 1991. Acclimatization techniques of plants from *in vitro*. *Acta Horticulturae*, 289: 291–300. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.289.77

Debergh, P.C. et Zimmerman, R.H., eds. 1991. *Micropropagation technology and application*. Dordrecht, Royaume des Pays-Bas, Springer

Hazarika, B.N. 2003. Acclimatization of tissue-cultured plants. *Current Science*, 85(12): 1704– 1712. https://www.jstor.org/stable/24109975

Kane, M.E. 1996. Propagation from preexisting meristems. Dans: R.N. Trigiano et D.J. Gray, eds. *Plant tissue culture concept and laboratory exercises*. Boca Raton, États-Unis d'Amérique, CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203743133

Lucia, G., Castiglione, M.R., Turrini, A., Ronchi, V.N. et Chiara, G. 2011. Cytogenetic and histological approach for early detection of "mantled" somaclonal variants of oil palm regenerated by somatic embryogenesis: first results on the characterization of regeneration system, *Caryologia*, 64(2): 223–234. http://doi.org/10.1080/00087114.2002.10589787

Marin, J.A. 2003. High survival rates during acclimatization of micropropagated fruit tree rootstocks by increasing exposures to low relative humidity. *Acta Horticulturae*, 616(616): 139–142. http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.616.13

Menéndez-Yuffá, A., Barry-Etienne, D., Bertrand, B., Georget, F. et Etienne, H. 2010. A comparative analysis of the development and quality of nursery plants derived from somatic embryogenesis and from seedlings for large-scale propagation of coffee (*Coffea arabica* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 102(3): 297–307. https://doi.org/10.1007/s11240-010-9734-4

Rani V. et Raina, S.N. 2000. Genetic fidelity of organized meristem-derived micropropagated plants: a critical reappraisal. *In vitro Cellular and Developmental Biology Plant,* 36: 319–330. http://doi.org/10.1007/s11627-000-0059-6

Rajeskharan, P.E. et Sahijram, L. 2015. *In vitro* conservation of plant germplasm. Dans: B. Bahadur, M.V. Rajam, L. Sahijram et K.V. Krishnamurthy, eds.) *Plant biology and biotechnology: Volume II: Plant genomics and biotechnology*. New Delhi, Springer. https://www.researchgate.net/publication/278900645_In_Vitro_Conservation_of_Plant_Germplasm

Read, P.E. et Preece, J.E., eds. 2013. V International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants, Nebraska City, NE, États-Unis d'Amérique, 186 p. *ISHS Acta Horticulturae*, 988. https://www.actahort.org/books/988/

Sandoval, J.A., Côte, F.X. et Escoute, J. 1996. Chromosome number variations in micropropagated true-to-type and off-type banana plants (*Musa* AAA Grande Naine cv.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 32 (1): 14–17. https://doi.org/10.1007/BF02823007

Caractérisation et évaluation

Alercia, A. 2011. *Key characterization and evaluation descriptors: methodologies for the assessment of 22 crops*. Rome, Bioversity International. 602 pp. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/74491

Bioversity International. 2007. *Guidelines for the development of crop descriptor lists.* Bioversity Technical Bulletin Series. Rome, Bioversity International. Xii +72 p. https://hdl.handle.net/10568/74489

FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture). 2019. *Pre-breeding for effective use of plant genetic resources*. Rome. https://elearning.fao.org/course/view.php?id=488 (page web consultée le 29 octobre 2021).

Thormann, I. 2015. *Predictive characterization: an introduction*. Paper presented at Regional Training Workshop, 13 April 2015, Pretoria, Afrique du Sud. http://www.cropwildrelatives.org/fileadmin/templates/cropwildrelatives.org/upload/sadc/project_meetings/Lectures_Predictive_characterization_pre-breeding/Introduction_Predictive_Characaterization_Thormann.pdf

Thormann, I., Alercia, A. et Dulloo, M.E. 2013. *Core descriptors for* in situ *conservation of crop wild relatives v.1.* Rome, Bioversity International, 28 p.

Thormann, I., Parra-Quijano, M., Endresen, D.T.F., Rubio-Teso, M.L., Iriondo, M.J. et Maxted, N. 2014. *Predictive characterization of crop wild relatives and landraces.* Technical guidelines version 1. Rome, Bioversity International. http://www.cropwildrelatives.org/fileadmin/templates/cropwildrelatives.org/upload/documents/Predictive_characterization_guidelines_final.pdf

Caractérisation et évaluation moléculaire

Arif, I.A., Bakir, M.A., Khan, H.A., Al Farhan, A.H., Al Homaidan, A.A., Bahkali, A.H., Sadoon, M.A. et Shobrak, M. 2010. A brief review of molecular techniques to assess plant diversity. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(5): 2079–2096. https://doi.org/10.3390/ijms11052079

Ayad, W.G., Hodgkin, T., Jaradat, A. et Rao, V.R. 1997. *Molecular genetic techniques for plant genetic resources*. Report on an IPGRI workshop, 9–11 October 1995, Rome, IPGRI, 137 p. https://hdl.handle.net/10568/105422

Bretting, P.K. et Widrlechner, M.P. 1995. Genetic markers and plant genetic resource management. *Plant Breeding Reviews*, 13:11–86.

D'Agostino, N. et Tripodi, P. 2017. NGS-based genotyping, high-throughput phenotyping and genome-wide association studies laid the foundations for next-generation breeding in horticultural crops. *Diversity*, 9(3): 38. https://doi.org/10.3390/d9030038

de Vicente, M.C. et Fulton, T. 2004. *Using molecular marker technology in studies on plant genetic diversity*. Rome, IPGRI, and Ithaca, New York, États-Unis d'Amérique, Institute for Genetic Diversity.

de Vicente, M.C., Metz, T. et Alercia, A. 2004. *Descriptors for genetic markers technologies*. https://hdl.handle.net/10568/74490

Govindaraj, M., Vetriventhan, M. et Srinivasan, M. 2015. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*. https://www.hindawi.com/journals/gri/2015/431487/

Jia, J., Li, H., Zhang, X., Li, Z. et Qiu, L. 2017. Genomics-based plant germplasm research (GPGR). *The Crop Journal*, 5(2): 166–174. https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.10.006

Jiang, G.-L. 2013. Molecular markers and marker-assisted breeding in plants. Dans: S.B. Andersen. *Plant breeding from laboratories to fields*. IntechOpen, Dinamarca. https://doi.org/10.5772/52583

Kaçar, Y.A., Byrne, P.F. et da Silva, J.A.T. 2006. Molecular markers in plant tissue culture Dans: J.A. Teixeira da Silva, ed. *Floriculture, ornamental and plant biotechnology: advances and topical Issues*, *Vol. II, Edition 1*, Chapter 57, pp. 444–449. Global Science Books.

Karp, A., Kresovich, S., Bhat, K.V., Ayad, W.G. et Hodgkin, T. 1997. *Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies*. IPGRI Technical Bulletin No. 2. Rome, IPGRI. https://hdl.handle.net/10568/104971

Keilwagen, J., Kilian, B., Özkan, H., Babben, S., Perovic, D., Mayer, K.F.X., Walther, A. *et al.* 2014. Separating the wheat from the chaff – a strategy to utilize plant genetic resources from *ex situ* genebanks. *Scientific Reports*, 4: 5231. https://doi.org/10.1038/srep05231

Kilian, B. et Graner, A. 2012. NGS technologies for analyzing germplasm diversity in genebanks. *Briefings in Functional Genomics*, 11(1): 38–50. https://doi.org/10.1093/bfgp/elr046

Laucou, V., Lacombe, T., Dechesne, F., Siret, R., Bruno, J.P., Dessup, M., Dessup, P. *et al.* 2011. High throughput analysis of grape genetic diversity as a tool for germplasm collection management. *Theoretical and Applied Genetics*, 122(6): 1233–1245. https://doi.org/10.1007/s00122-010-1527-y

Mishra, K.K., Fougat, R.S., Ballani, A., Thakur, V., Jha, Y. et Madhumati, B. 2014. Potential and application of molecular markers techniques for plant genome analysis. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 2(1): 169–188. http://www.ijpab.com/form/2014%20Volume%202,%20issue%201/IJPAB-2014-2-1-169-188.pdf

van Treuren, R. et van Hintum, T. 2014. Next-generation genebanking: Plant genetic resources management and utilization in the sequencing era. *Plant Genetic Resources*, 12(3): 298–307. http://doi.org/10.1017/S1479262114000082

Documentation

Ougham, H. et Thomas, I.D. 2014. Germplasm databases and informatics. Dans: M. Jackson, B., Ford-Lloyd et M. Parry, eds. *Plant genetic resources and climate change*, pp.151–165. Wallingford, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, CABI International.

Painting, K.A, Perry, M.C, Denning, R.A. et Ayad, W.G. 1993. *Guidebook for genetic resources documentation*. Rome, IPGRI. https://hdl.handle.net/10568/104239

Duplication de sécurité

Nordgen (Centro Nórdico de Recursos Genéticos). 2008. *Agreement between (depositor) and the Royal Norwegian Ministry of Agriculture and Food concerning the deposit of seeds in the Svalbard Global Seed Vault.* The Svalbard Global Seed Vault, Norvège. https://seedvault.nordgen.org/common/SGSV_Deposit_Agreement.pdf

Infrastructures et équipements

Bretting, P.K. 2018. 2017 Frank Meyer Medal for Plant Genetic Resources Lecture: Stewards of Our Agricultural Future. *Crop Science*, 58(6): 2233–2240. https://doi.org/10.2135/cropsci2018.05.0334

Fu, Y-B. 2017. The vulnerability of plant genetic resources conserved *ex situ*. *Crop Science*, 57(5):2314. https://doi.org/10.2135/cropsci2017.01.0014

CIP (Centro International de la Papa). 2014. *Tissue culture*. CIP Training Manual. 1. Miraflores, Perú. http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Tissue.pdf

IPGRI/CIAT (IPGRI/Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1994. *Establishment and operation of a pilot* in vitro *active genebank*. Report of a CIAT-IBPGR collaborative project using cassava (*Manihot esculenta* Crants) as a model. Cali, Colombie, IPGRI et CIAT. https://hdl.handle.net/10568/54010

Annexe: Risques et mesures d'atténuation associées

Il est important que le personnel soit correctement formé et qu'il suive des procédures écrites à tous les stades des opérations de la banque de gènes. Les risques spécifiques à prendre en compte lors des opérations des banques de gènes sont présentés ci-dessous.

Acquisition

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
La diversité de la population source n'est pas représentée correctement dans l'échantillon prélevé	■ Élaborer et suivre une stratégie et une méthodologie de collecte convenues qui respectent bien les lignes directrices en matière d'échantillonnage génétique
Erreur d'identification taxonomique	■ Inclure un taxonomiste dans l'équipe de collecte et former le personnel de la banque de gènes à la taxonomie ■ Prélever des spécimens et prendre des photos transmis à des experts pour vérification
Mauvais étiquetage/perte d'étiquettes	■ Fixer fermement une étiquette à l'extérieur de chaque sac de collecte; placer une autre étiquette à l'intérieur du sac de collecte
Erreurs de transcription	■ Envisager l'utilisation d'appareils mobiles, en veillant à la sauvegarde régulière des données et à la disponibilité de batteries suffisamment chargées ■ Mettre en œuvre la validation des données
Perte de viabilité au cours des missions de collecte/transport entraînant une réduction de la longévité	■ Assurer le transfert en temps voulu dans des conditions contrôlées ■ Assurer une manipulation post-récolte appropriée en fonction de la maturité des plantules et des conditions environnementales et phytosanitaires prévalant

Culture *in vitro* et entreposage en croissance ralentie

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Longévité réduite des plantules	■ Garantir des conditions de milieux et de conservation appropriées, y compris la gestion des maladies
Perte d'intégrité génétique due à la variation somaclonale	■ Éviter l'utilisation de régulateurs de croissance en excès dans les milieux ■ Limiter le nombre de subcultures ■ Éliminer toute culture présentant une variation somaclonale
Mélange/étiquetage erroné des échantillons	■ Étiqueter soigneusement pour éviter les mélanges ■ Utiliser des étiquettes à code-barres générées par ordinateur pour minimiser les erreurs
L'échantillon stocké n'atteint pas les seuils de viabilité ou de quantité	■ Veiller à ce que le système de documentation comprenne des outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la santé des plantes, et le signalement des accessions nécessitant une régénération

Subculture et rajeunissement

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Perte d'allèles adaptatifs due aux pressions de sélection	■ Veiller à ce que les milieux et les conditions de subculture soient appropriés ■ Rajeunir dans des conditions environnementales contrôlées
Mauvaise identification de l'échantillon/accession	■ Vérifier les étiquettes des conteneurs et des pots; utiliser des codes-barres

Caractérisation et évaluation (*in vitro*)

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Données mal enregistrées et peu fiables	■ Bien former le personnel ■ Utiliser des appareils mobiles pour enregistrer les données de terrain ■ Assurer la validation des données par le conservateur et/ou le responsable de la documentation
Mauvaise identification de l'échantillon	■ Vérifier les étiquettes des récipients lors de la collecte des données

Caractérisation et évaluation (serre ou champ)

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Données mal enregistrées et peu fiables	■ Bien former le personnel ■ Utiliser un modèle statistique approprié ■ Choisir des sites de plantation pertinents ■ Pratiques culturales appropriées ■ Utiliser des appareils mobiles pour enregistrer les données de terrain ■ Assurer la validation des données par le conservateur et/ou le responsable de la documentation
Mauvaise identification de l'accession	■ Utiliser des accessions/variétés de contrôle ■ Vérifier les étiquettes des parcelles lors de la collecte des données ■ Vérifier les étiquettes des parcelles et des sacs avant le semis et la récolte

Distribution et duplication de sécurité

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Mélange/étiquetage erroné des échantillons	■ Emballer soigneusement pour éviter les mélanges ■ Placer les étiquettes à l'intérieur et à l'extérieur de l'emballage ■ Utiliser des étiquettes à code-barres générées par ordinateur pour minimiser les erreurs
Perte de viabilité due à des envois retardés ou endommagés	■ Veiller à ce que les échantillons soient expédiés rapidement et utiliser le moyen d'envoi le plus rapide et le plus sûr

La FAO a élaboré le *Guide pratique pour l'application des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture Conservation par culture* in vitro, en tant qu'ouvrage complémentaire des *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. Les étapes du flux de travail d'une banque de gènes sont présentées de manière séquentielle et des conseils sont proposés pour les étapes complexes et les décisions nécessaires au fonctionnement d'une banque de gènes *in vitro*. Les tableaux récapitulatifs qui accompagnent les différentes étapes soulignent que ce guide pratique est destiné à servir de manuel pour les opérations de routine des banques de gènes en vue de la conservation des plantules par culture *in vitro*. Bien que ce guide pratique soit particulièrement utile aux techniciens des banques de gènes pour leurs activités quotidiennes, il peut également servir de base à l'élaboration de procédures opérationnelles normalisées et de systèmes de gestion de la qualité. Les gestionnaires de banques de gènes le trouveront également utile pour mener des exercices de formation.

ISBN 978-92-5-138245-5

9 789251 382455

CC0025FR/1/11.23