



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 des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences



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**

Citer comme suit:

FAO. 2023. *Guide pratique pour la mise en oeuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Conservation des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences*. Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0021fr>

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 978-92-5-138247-9
© 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	15
3. Séchage et entreposage	19
4. Suivi de la viabilité des semences	27
5. Régénération	33
6. Caractérisation	39
7. Évaluation	45
8. Documentation	51
9. Distribution	57
10. Duplication de sécurité	65
11. Personnel et sécurité	71
12. Infrastructures et équipements	77
13. Références	83
14. Informations/Lectures complémentaires	87
Annexe: Risques et mesures d'atténuation connexes	97

Tableaux

Tableau 1. Principes fondamentaux du fonctionnement d'une banque de gènes et pratiques/activités connexes pour les banques de gènes de semences	5
Tableau 2. Infrastructures et équipements généraux recommandés pour une banque de gènes de semences	80

Figures

Figure 1. Processus liés à la conservation des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences	4
Figure 2. Itinéraire du matériel génétique dans une banque de gènes pour la conservation de semences orthodoxes	6
Figure 3. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'acquisition de matériel génétique	17
Figure 4. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées au séchage et à l'entreposage	25
Figure 5. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées au suivi de la viabilité des semences	32
Figure 6. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la régénération	38
Figure 7. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la caractérisation	44
Figure 8. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'évaluation	50
Figure 9. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la documentation	56
Figure 10. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la distribution du matériel génétique	63
Figure 11. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la duplication de sécurité du matériel génétique	70
Figure 12. Résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité	76

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), dont l'éradication de la faim d'ici 2030. Cet impératif de trouver et de diffuser des solutions qui fonctionnent auprès des 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 optimiser les systèmes agricoles et alimentaires 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.

Avec environ 80 pour cent des aliments d'origine végétale, ces efforts bénéficieront grandement de systèmes de production végétale durables, qui généreront 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. Afin de créer de telles variétés, il est nécessaire que les phytosélectionneurs aient accès au spectre le plus large possible de sources de variation héréditaire. Les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RPGAA) – qui comprennent les espèces agricoles 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, facilitée 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 RPGAA dans les banques de gènes 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 des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences*. En parallèle, ont été élaborés deux autres ouvrages: 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 dans les banques de gènes en champ* et 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*.

Ces volumes complémentaires, rédigés dans un format facile à comprendre, seront utiles aux techniciens des banques de gènes en tant que manuels opératoires, 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 des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences 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

Catherine Gold, Mary Bridget Taylor, 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, Rennie 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 actuelle 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 de 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 ce *Guide pratique pour la mise en œuvre des Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques: Conservation des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences*. 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 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 de matériel génétique; séchage et entreposage; suivi de la viabilité des semences; régénération; caractérisation; évaluation; documentation; distribution, duplication de sécurité et; personnel et sécurité. Un résumé du déroulement des opérations et des activités associées illustre chacune de ces sections. Une section supplémentaire examine les infrastructures et les équipements suggérés pour concevoir ou modifier les installations d'une banque de gènes de semences. Une dernière section liste des références présentant des conseils et/ou un contexte technique sur les opérations et la gestion des banques de gènes de semences. Une annexe identifie les risques potentiels associés aux différentes opérations de la banque de gènes de semences 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 comme base pour développer des procédures opérationnelles standardisées, des systèmes de gestion de la qualité ou, simplement, comme manuel.


1. Introduction





© CIAT/Neil Palmer

Diversité de haricots, Centre international d'agriculture tropicale (CIAT)



La majorité des espèces végétales, y compris de nombreuses cultures vivrières parmi les plus importantes, produisent des semences orthodoxes qui peuvent être déshydratées jusqu'à présenter une faible teneur en eau et entreposées à basse température. L'abaissement de la teneur en eau des semences et de la température d'entreposage prolonge la durée de conservation des semences orthodoxes.

Les espèces à semences orthodoxes conservables dans des banques de gènes de semences sont les céréales, les légumineuses à grains, les espèces fourragères, la plupart des légumes et certaines espèces fruitières. La plupart des espèces sauvages apparentées à ces cultures produisent également des semences orthodoxes, bien qu'elles nécessitent souvent un traitement spécial. Certaines espèces généralement multipliées par voie végétative, comme la pomme de terre, produisent également de vraies semences orthodoxes.

Les banques de gènes de semences reposent sur les mêmes principes fondamentaux 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 des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences peut être décomposée en une suite de processus interdépendants (figure 1). Ce guide présente les pratiques et les activités¹ essentielles liées aux principes fondamentaux d'une banque de gènes dans chaque domaine opérationnel (tableau 1). Il

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

décrit l'itinéraire du matériel génétique dans une banque de gènes pour la conservation des semences orthodoxes (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 de semences. Chaque banque de gènes œuvrant dans des circonstances qui lui sont propres et spéciales, 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 des semences orthodoxes dans les banques de gènes de semences

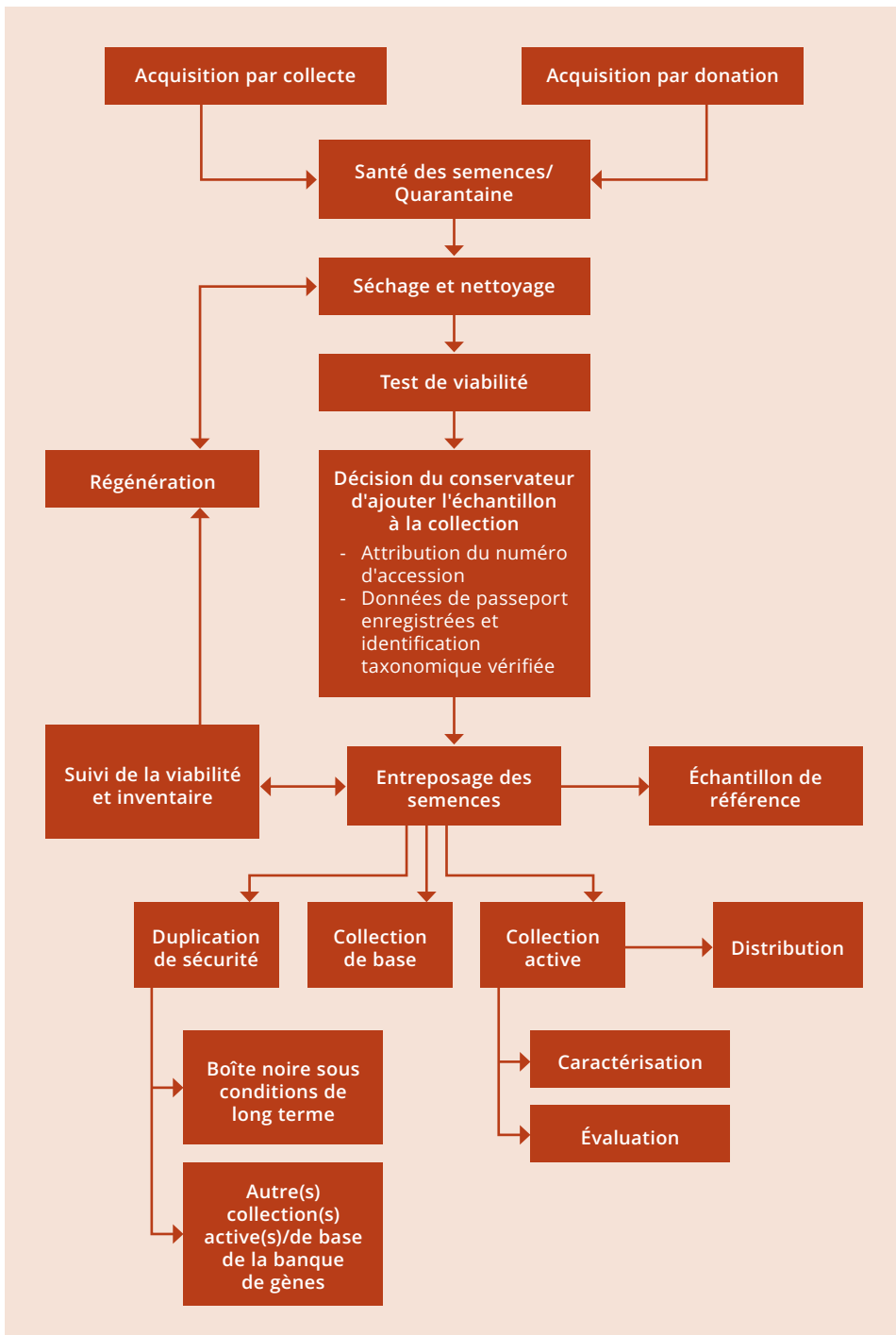


² Toutes les normes référencées dans ce document sont décrites dans les Normes de la FAO applicables aux banques de gènes.

Tableau 1. Principes fondamentaux du fonctionnement d'une banque de gènes et pratiques/activités connexes pour les banques de gènes de semences

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'accension permanent et unique attribué et utilisé pour toute documentation Accessions manipulées avec précaution pour éviter les mélanges, et chaque échantillon étiqueté et tracé dans toutes les opérations de la banque de gènes et lors de l'entreposage
Maintenance de la viabilité	Respect des meilleures pratiques et optimisation du calendrier lors de la collecte, de la régénération, du traitement et du transport des semences Optimisation et contrôle des conditions d'entreposage Contrôle régulier de la viabilité Régénération entreprise si nécessaire
Maintenance de l'intégrité génétique	Collecte et conservation des échantillons afin qu'ils soient les plus représentatifs possible de la population d'origine Meilleures pratiques suivies lors de l'emballage, de la régénération et de la multiplication
Maintenance de la santé du matériel génétique	Procédures de quarantaine mises en œuvre si nécessaire Respect des meilleures pratiques lors de la collecte, du traitement, de la régénération et de la multiplication Contrôle et gestion des contaminations
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 banque de gènes Duplication et sauvegarde de sécurité des accessions
Disponibilité et utilisation du matériel génétique	Acquisition et distribution du matériel génétique conformément aux obligations légales et phytosanitaires Stocks suffisants et envoi efficace et rapide des échantillons 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, si possible
Gestion proactive de la banque 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 Emploi d'un personnel bien formé protégé par des mesures de sécurité et de santé au travail Capacités du personnel de la banque de gènes actualisées et formation assurée si nécessaire

Figure 2. Itinéraire du matériel génétique dans une banque de gènes de semences pour la conservation des semences orthodoxes




2. Acquisition du matériel génétique





© Global Crop Diversity Trust

Collecte d'espèces apparentées sauvages, Népal



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 culture.
- 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 pertinente⁴**

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 phylogénétiques 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 4.1.1.

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'accèsion permanent et unique est attribué à chaque échantillon ajouté à la collection de la banque de gènes**

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

- Un identifiant d'objet numérique (DOI) peut également être demandé au Secrétariat du Traité (FAO, 2021a). Le numéro d'accèsion et le DOI restent associés à tout le matériel dérivé de l'accèsion tout au long du maniement de la banque de gènes.
- Si le matériel donné s'est déjà vu attribué par l'organisation donatrice un numéro d'accèsion, 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 d'au moins un minimum de données associées telles que détaillées dans les Descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity⁵**

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'accèsion unique doit être sans équivoque, par exemple en utilisant les numéros d'accèsion 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 accèsions et minimise les erreurs humaines.

⁵ Normes 4.1.4.

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 pertinente⁶

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 4.1.1.

✓ **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 concernées⁷**

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 multiplier les accessions collectées dont la quantité de semences est insuffisante 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 et les graines, épis, gousses, etc. et sont effectuées sur des plantes visiblement saines, exemptes de maladies et d'infestations d'insectes nuisibles ou d'autres dommages**

Le personnel de la banque de gènes doit consulter des sources d'information spécifiques à l'espèce cible à collecter. Afin de prévenir une éventuelle contamination phytosanitaire, il convient d'éviter, dans la mesure du possible, de collecter des graines dispersées au sol, des graines souillées ou des graines infestées par des champignons/bactéries ou insectes saprophytes ou pathogènes. Cela n'est pas toujours possible avec les espèces sauvages apparentées aux plantes cultivées, qui ont tendance à s'égrener facilement.

✓ **Les graines, les épis, les gousses, etc. sont collectés sur un nombre approprié de plantes individuelles tout en évitant l'appauvrissement de la population naturelle ciblée pour la collecte**

Il convient de prendre en considération le mode de reproduction de l'espèce cible afin de définir le nombre de plantes à échantillonner au sein d'une population et le nombre de graines (voir SGRP-CGIAR, 2011).

- Pour obtenir une représentativité raisonnable, il est recommandé de récolter des semences provenant d'au moins 30 parents pour les espèces à fécondation croisée et de 60 parents pour les espèces autogames, si possible⁸.

⁷ Normes 4.1.1.

⁸ Normes 4.1.5.

- Si la population source est de taille suffisante, il est souhaitable de récolter suffisamment de graines pour éviter d'avoir à procéder à une première étape de multiplication⁹.
- En règle générale, il convient d'éviter de collecter plus de 20 pour cent des graines disponibles d'une population sauvage, afin de laisser suffisamment de graines pour le renouvellement naturel de la population (Way, 2003).

✓ **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 de semences. Il est utile de protéger les étiquettes intérieures de la détérioration, par exemple en les plaçant dans un sac en plastique scellé ou en utilisant des étiquettes résistantes à l'humidité, si les semences/plantes ne sont pas sèches. 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 associées telles que détaillées dans les descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity¹⁰**

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:

- Identification taxonomique au niveau de l'espèce et au niveau intraspécifique, si possible, type de population végétale, habitat et écologie, conditions pédologiques sur le 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, telles que détaillées 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 culturelles, 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

⁹ La Crop Genebank Knowledge Base suggère d'entreposer une quantité minimale de 3 000 - 4 000 graines pour un échantillon génétiquement homogène, et de 4 000 - 12 000 graines pour un échantillon génétiquement hétérogène.

¹⁰ Normes 4.1.4.

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 herbes, cultivar traditionnel, etc.)

collecte 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 de l'échantillon¹¹**

La viabilité initiale est un facteur important de la longévité des échantillons de semences et est maximale au moment de la récolte/collecte; elle diminue à mesure que les semences vieillissent. Plus vite les échantillons de semences nouvellement récoltés sont placés en conditions de séchage contrôlées, plus il est probable qu'une viabilité initiale élevée sera atteinte (voir la section Suivi de la viabilité des semences).

✓ **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. Si des traitements sont appliqués, il faut les déclarer sur chaque emballage de semences et dans la documentation d'accompagnement.
 - Il est recommandé d'utiliser des sacs en tissu bien ventilés.

¹¹ Normes 4.1.3.

- L'utilisation d'enveloppes rigides et matelassées ou d'emballages étanches devrait protéger les échantillons de l'écrasement par les trieuses mécaniques et de la détérioration.

Transport

- En cas de transport routier de longue durée, il peut être nécessaire d'aérer périodiquement le matériel collecté si les semences/matériels sont humides, 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 semences.
 - 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.
- ✓ **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**
- Les semences de qualité médiocre ou contaminées ne sont pas plantées directement au champ.
 - 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 pertinente¹²**
- Si l'institut donateur appartient à un pays signataire du Traité et que le matériel génétique donné fait partie 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 (ATM) (par exemple, AVRDC, 2012), bien qu'un SMTA puisse également être utilisé.
 - Pour les dons provenant d'institutions, d'obteneurs ou d'autres fournisseurs de matériel génétique sans ATM, 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.

¹² Normes 4.1.1.

✓ **Le matériel génétique donné est accompagné des données associées telles que détaillées dans les descripteurs du passeport multi-cultures FAO/Bioversity¹³**

Il est recommandé de demander aux donateurs que les échantillons soient accompagnés des données associées telles que 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 concernées¹⁴**

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 régénérer les accessions données dont la quantité de semences est insuffisante en confinement ou dans une zone isolée, selon les conseils de l'autorité phytosanitaire nationale.

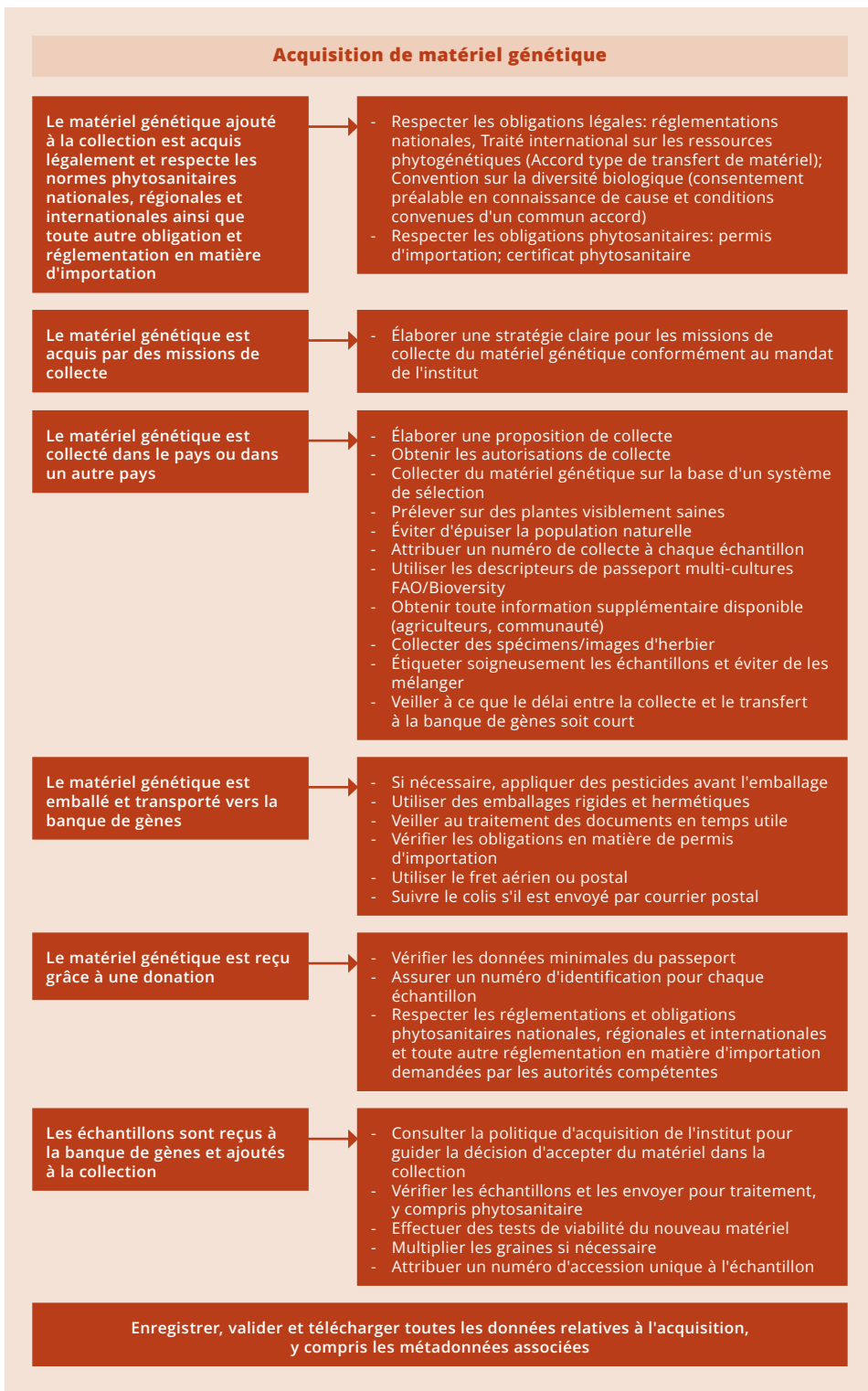
✓ **Tout le matériel entrant est examiné pour dépister tout dommage/contamination dans une zone de réception définie (par exemple, l'unité de santé des semences) et traité de manière à ne pas altérer son état physiologique**

- Les semences de qualité médiocre ou contaminées ne sont pas plantées directement au champ.
- Des mesures de quarantaine sont appliquées si nécessaire.

¹³ Normes 4.1.4.

¹⁴ Normes 4.1.1.

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




3. Séchage et entreposage





©FAO/A. Noorani

Entreposage des semences, Institut de recherche agricole de Zambie



Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour l'introduction du matériel génétique acquis en entreposage à long et à moyen terme et de veiller à ce qu'un nombre suffisant de semences soit disponible pour satisfaire dans les temps les demandes de distribution¹⁵.

✓ **Les échantillons collectés sont traités et subissent un premier nettoyage avant d'être séchés**

Le nettoyage des échantillons dans le cadre du processus initial d'entrée dans les banques de gènes est un élément essentiel de la gestion des échantillons. Les graines doivent être extraites des fruits charnus et secs, des gousses et des épis avant le séchage. Le matériel sec, en particulier les graines dans les gousses ou les épis secs, est battu pour extraire les graines de la plante et désagréger le matériel végétal restant. Si possible, un premier nettoyage est effectué avant le séchage pour éliminer les graines mortes cassées.

✓ **Les échantillons de graines sont séchés jusqu'à ce que leur teneur en eau soit optimale pour l'entreposage**

Il convient de sécher les graines jusqu'à l'équilibre dans un environnement contrôlé de 5 à 20 °C et de 10 à 25 pour cent d'humidité relative¹⁶. La teneur en eau optimale pour le stockage varie selon les espèces, mais ces conditions devraient garantir que les graines de la plupart des espèces soient séchées jusqu'à la teneur en eau optimale (environ 3 pour cent pour les graines oléagineuses et 7 pour cent pour les graines amylacées de céréales). Des outils disponibles en ligne peuvent être utilisés

¹⁵ Voir la figure 4 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées au séchage et à l'entreposage.

¹⁶ Normes 4.2.1.

pour vérifier la teneur en eau à l'équilibre atteinte dans différentes conditions de séchage (RBG Kew, 2018). Lorsque l'on ne dispose pas d'une chambre ou d'un local de séchage dédié, les graines peuvent être déshydratées à l'aide d'un produit dessiccateur tel que le gel de silice. Il est utile de:

- déterminer la méthode appropriée pour le séchage des graines, en tenant compte du type d'échantillon (fruits charnus, fruits secs ou graines), du nombre et de la taille des échantillons à sécher en une seule fois, des conditions climatiques locales et des ressources financières disponibles (Rao *et al.*, 2006),
- de surveiller le séchage à l'aide d'un humidimètre numérique, d'un gel de silice indicateur d'humidité ou d'hygromètres à cadran peu coûteux, le cas échéant.

✓ **Les semences subissent un nettoyage final avant d'être entreposées**

Les graines sont battues pour les séparer des débris végétaux et nettoyées pour éliminer les graines mortes cassées avant l'entreposage.

✓ **Après séchage, les échantillons destinés à un entreposage à long terme sont emballés en conditions contrôlées, dans des récipients hermétiques clairement étiquetés¹⁷**

Le fait de sceller les échantillons dans des récipients hermétiques garantit que les semences ne réabsorbent pas d'humidité pendant l'entreposage. L'emballage des graines dans une pièce sèche ou dans une pièce climatisée où l'humidité relative est contrôlée est utile pour maintenir la teneur en eau des graines. Il convient aussi:

- de bien remplir le conteneur pour minimiser l'espace d'air au-dessus des semences et ainsi éviter qu'elles ne réabsorbent de l'humidité (l'idéal est de posséder une gamme de récipients de taille variable pour s'adapter au volume des semences des différentes accessions),
- d'utiliser deux étiquettes (de préférence à code-barres), l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du récipient pour chaque échantillon afin de s'assurer que le matériel soit correctement identifié,
- de conserver suffisamment de semences pour trois régénérations (SGRP-CGIAR, 2010a)¹⁸.

Si les semences et les ressources disponibles sont suffisantes, il est recommandé d'emballer en même temps les échantillons pour la duplication de sécurité (voir la section Duplication de sécurité), le test de germination des semences (voir la section Suivi de la viabilité des semences) et un échantillon de référence (voir ci-dessous).

¹⁷ Normes 4.2.2.

¹⁸ La Crop Genebank Knowledge Base suggère d'entreposer une quantité minimale de 3 000–4 000 graines pour un échantillon génétiquement homogène, et de 4 000 –12 000 graines pour un échantillon génétiquement hétérogène.

✓ **Les échantillons des collections de base à long terme sont idéalement conservés à -18 °C¹⁹**

La température convenant à un entreposage à long terme est de -18 °C. Si la technologie le permettant n'est pas disponible, des congélateurs à basse température n'atteignant pas -18 °C sont acceptables. Pour les grandes collections de matériel génétique, une seule chambre froide peut être plus efficace sur le plan énergétique que plusieurs congélateurs autonomes. Il est très important de disposer d'une alimentation électrique de secours pour les chambres froides et les congélateurs. Il convient:

- d'éviter d'entrer dans les chambres froides ou d'ouvrir les congélateurs pendant les périodes de coupure de courant,
- de réduire au minimum la durée pendant laquelle les échantillons sont à température élevée (mais laisser aux récipients retirés de la chambre froide ou du congélateur le temps de s'équilibrer à la température extérieure avant d'ouvrir le récipient afin d'éviter la formation de condensation sur les graines froides).

✓ **Après séchage, les échantillons destinés à l'entreposage à moyen terme sont emballés en conditions contrôlées dans des récipients clairement étiquetés, hermétiques et faciles à ouvrir**

Les collections actives conservées à moyen terme contiennent du matériel génétique qui peut être utilisé pour la distribution, la régénération, la caractérisation et l'évaluation. Il convient:

- d'utiliser deux étiquettes (de préférence à code-barres), l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du récipient pour chaque échantillon afin de s'assurer que le matériel soit correctement identifié,
- d'utiliser des sachets de gel de silice indicateurs d'humidité dans le récipient pour surveiller l'entrée d'humidité,
- de stocker une quantité suffisante de semences pour la distribution et la régénération (SGRP-CGIAR, 2010a)²⁰.

✓ **Les échantillons des collections actives à moyen terme sont conservés à des températures réfrigérées**

Les collections actives peuvent être conservées dans des entrepôts frigorifiques spécialement conçus à cet effet ou dans des réfrigérateurs commerciaux, idéalement à une température de 5 à 10 °C et à une humidité relative de 15±3 pour cent²¹. Il est très important de disposer d'une alimentation électrique de secours pour les chambres froides et les réfrigérateurs. Il convient:

¹⁹ Normes 4.2.3.

²⁰ La Crop Genebank Knowledge Base suggère d'entreposer une quantité minimale de 3 000–4 000 graines pour un échantillon génétiquement homogène, et de 4 000–12 000 graines pour un échantillon génétiquement hétérogène.

²¹ Normes 4.2.4.

- d'éviter d'entrer dans les chambres froides ou d'ouvrir les réfrigérateurs pendant les périodes de coupure de courant,
- de réduire au minimum le temps passé à des températures élevées (mais laisser les récipients s'équilibrer à la température extérieure avant de les ouvrir pour éviter la formation de condensation sur les graines froides).

✓ **Un petit échantillon de référence de semences est conservé séparément pour chaque accession**

Il est utile de conserver un échantillon de semences de référence pour chaque accession issu idéalement de l'échantillon le plus original disponible dans un «fichier de semences». Si possible, environ 50 semences viables doivent être conservées dans un petit flacon en plastique ou en verre ou dans un sac en plastique scellé muni de deux étiquettes (de préférence à code-barres), l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur du flacon pour chaque échantillon afin de s'assurer que le matériel soit correctement identifié²². Cet échantillon de semences sera particulièrement utile pour la vérification de la conformité au type des semences après la régénération de l'accession.

✓ **Toutes les données relatives au nettoyage, au séchage et à l'entreposage, 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 de l'accession (collection active/de base, position dans la chambre froide), le nombre de semences par emplacement, la teneur en eau initiale (si elle est disponible) et la date d'entrée dans la collection. 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 accessions et minimise les erreurs humaines.

²² Normes 4.4.3.

Figure 4. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées au séchage et à l'entreposage




4. Suivi de la viabilité des semences





©Crop Trust/Neil Palmer



Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, décrivant le système de suivi de la viabilité²³ utilisé pour détecter les pertes de viabilité²⁴ des semences.

✓ **Les tests de germination des semences suivent des procédures optimisées et écrites**

Il est important d'utiliser des protocoles standardisés afin que les tests de suivi de la viabilité soient comparables, y compris dans le temps, idéalement en utilisant des procédures de test répliquées²⁵. De nombreuses banques de gènes ont développé des protocoles internes. Plusieurs ressources sont disponibles en ligne:

- L'Association internationale d'essais de semences (ISTA) (ISTA, 2021) et l'Association of Official Seed Analysts (AOSA) (AOSA, 2021) publient des procédures d'essai de germination, y compris le substrat suggéré, le régime de température optimal et les traitements spéciaux qui peuvent être nécessaires pour lever la dormance.
- Des lignes directrices spécifiques aux espèces pour les tests de viabilité sont disponibles via la Crop Genebank Knowledge Base (SGRP-CGIAR, 2010b).
- La Seed Information Database (SID) de Kew détaille les protocoles de germination réussis pour plus de 12 424 espèces sauvages, y compris les espèces sauvages apparentées aux cultures (RBG Kew, 2018).

²³ La viabilité est généralement évaluée en testant la faculté germinative, en tenant compte des graines dormantes qui sont viables mais ne germent pas.

²⁴ Voir la figure 5 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées au suivi de la viabilité des semences.

²⁵ Voir la section 4.3.

✓ **Le test initial de germination des semences est effectué dès que possible après l'obtention de l'accession²⁶**

Tous les lots de semences destinés à être entreposés dans la banque de gènes doivent faire l'objet d'un test de viabilité des semences. Ce test est particulièrement important si la source des semences indique que la viabilité peut être compromise. Des essais effectués au bon moment fournissent des données importantes pour décider d'une éventuelle régénération anticipée d'accessions de mauvaise qualité et minimisent la baisse de la viabilité entre la collecte et l'entreposage des semences.

Certaines espèces possèdent une période de dormance primaire et le protocole de germination doit garantir que cette dormance ne perturbe pas les résultats. Les graines plus anciennes peuvent présenter une dormance secondaire. Il convient de consulter la littérature sur les méthodes spécifiques permettant de lever la dormance des graines (voir ci-dessus).

✓ **Le seuil de viabilité est aussi élevé que possible pour assurer une longévité maximale de l'échantillon**

La viabilité est un facteur important de la longévité des semences, car les semences ayant une viabilité élevée ont tendance à survivre plus longtemps à l'entreposage. Le taux de viabilité minimal est généralement fixé à plus de 85 pour cent de germination des semences²⁷. Un seuil inférieur peut être acceptable pour certaines accessions qui n'atteignent pas normalement 85 pour cent²⁸ (par exemple, certaines espèces forestières et sauvages).

- La plupart des semences qui sont collectées au stade optimal de maturité, manipulées de manière appropriée et séchées rapidement devraient facilement atteindre une viabilité initiale de ≥ 85 pour cent.
- Pour les accessions qui n'atteignent pas normalement des niveaux élevés de germination des semences, il convient de tenir compte des semences dormantes mais viables. L'utilisation de méthodes alternatives telles que les tests de dissection (RBG Kew, 2015) ou les tests au tétrazolium (RBG Kew, 2014) devrait fournir une estimation plus précise de la véritable viabilité de l'accession.
 - La réalisation d'une dissection des graines n'ayant pas germé permet de déterminer si elles sont mortes ou malades. Il est toutefois recommandé de le vérifier en effectuant une dissection de semences fraîches provenant du même lot de semences.

✓ **Pour les semences dont la viabilité est très faible, les semences germées sont plantées directement pour être régénérées si nécessaire**

Si la viabilité est très faible, le seul moyen de sauver l'accession peut être de cultiver les plantules ayant germé lors du test de viabilité. Dans ce cas, les graines germées

²⁶ Normes 4.3.1.

²⁷ Normes 4.3.2.

²⁸ Normes 4.3.4.

sont transplantées directement dans des pots pour être cultivées dans la serre ou la chambre de culture, si c'est réalisable. Cette situation doit être évitée, si possible, afin de ne pas compromettre l'intégrité génétique de l'échantillon original.

✓ **Un système de suivi est en place pour tester périodiquement la viabilité des échantillons au cours du stockage**

Le suivi de la viabilité vise à identifier, aussi précisément que possible, le moment où celle-ci atteint le seuil déterminé pour la régénération ou s'en approche. Établir des intervalles de contrôle est un compromis entre la nécessité d'éviter le gaspillage de semences et de ressources et le risque de perdre du matériel précieux si la surveillance est trop tardive ou trop peu fréquente. Les pratiques suivantes peuvent être envisagées:

- optimiser, dans la mesure du possible, les intervalles des tests pour maintenir les échantillons au-dessus des seuils de viabilité pour chaque espèce, en notant les différences de longévité des semences entre les espèces (voir par exemple Ellis *et al.*, 2019; Nagel et Börner, 2010),
- idéalement, établir les intervalles de suivi de la viabilité à un tiers du temps prévu pour que la viabilité tombe au seuil de régénération déterminé, sans dépasser 40 ans²⁹,
- établir des intervalles de suivi pour les collections à moyen terme, à 5-10 ans pour les espèces à courte durée de vie,
- surveiller la viabilité de la collection de base lorsque les échantillons entreposés à moyen terme sont proches du seuil fixé pour la régénération (Hay et Whitehouse, 2017).

✓ **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 viabilité des semences, et le signalement des accessions nécessitant une régénération**

✓ **Toutes les données relatives au suivi de la viabilité des semences, 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 les dates des tests de germination et la procédure, le nombre de graines mortes ou vides, le pourcentage de germination, 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 accessions et minimise les erreurs humaines.

²⁹ Normes 4.3.3.

Figure 5. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées au suivi de la viabilité des semences




5. Régénération





©Crop Trust/Michael Major

Régénération de fève, Centre international de recherche agricole dans les zones arides (ICARDA), Liban



Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la régénération³⁰ du matériel génétique, comprenant des instructions étape par étape pour le suivi de l'inventaire et de la viabilité des semences, la préparation du terrain, la sélection des accessions, la taille de l'échantillon, l'ensemencement, la gestion de la culture, le contrôle de la pollinisation, la vérification de l'identité, la récolte et la gestion post-récolte et la documentation³¹.

✓ **L'inventaire et la viabilité des semences sont contrôlés régulièrement**

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 viabilité des semences, et le signalement des accessions nécessitant une régénération. Il est également important de tenir compte de considérations pratiques afin d'éviter de planter un nombre excessif d'accessions.

✓ **Les accessions sont régénérées lorsque la viabilité des semences ou la quantité de semences est inférieure à leurs seuils de régénération respectifs**

La régénération est nécessaire si/quand la viabilité tombe en deçà du seuil de viabilité ou si les stocks de semences sont insuffisants pour répondre aux demandes de distribution. Une régénération initiale peut également être nécessaire pour les nouvelles acquisitions dont le nombre de semences est faible. Il convient de:

- procéder à une régénération lorsque la viabilité tombe en dessous de 85 pour cent³²,

³⁰ Le terme régénération est utilisé ici pour décrire à la fois la multiplication et la régénération afin de se conformer aux termes employés dans le chapitre 4 des Normes applicables aux banques de gènes.

³¹ Voir la figure 6 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la régénération.

³² Normes 4.4.1.

- procéder à une régénération lorsque le nombre de graines restantes ne suffit pas à réaliser trois ensemencements d'une population représentative de l'accession.

✓ **Des pratiques de régénération optimales sont utilisées pour garantir des semences saines et en quantité suffisante**

Il est important de réduire le nombre de cycles de régénération pour éviter les risques. Il convient de:

- sélectionner un environnement de régénération qui soit aussi écologiquement similaire que possible au site de collecte d'origine afin de réduire les éventuelles pressions de sélection,
- faire très attention aux exigences en matière de régénération des espèces sauvages afin d'éviter la perte totale ou partielle d'accessions subissant des conditions inadaptées, par exemple en les cultivant dans des lieux alternatifs tels que des stations de recherche, dans des serres, ou dans des conditions ombragées, etc.,
- créer des copies papier et électroniques des cartes de terrain élaborées avant la plantation,
- étiqueter clairement les parcelles de régénération (de préférence avec des codes-barres),
- suivre des pratiques appropriées de gestion des cultures, y compris la préparation du terrain, les traitements avant le semis, la période de plantation, l'espacement entre les plantes, l'irrigation, l'application d'engrais et la lutte contre les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes.

✓ **Des procédures de régénération optimales sont utilisées afin de minimiser les risques pour l'intégrité génétique de l'accession**

La compréhension de la génétique et de la structure de la collection de la banque de gènes dans son ensemble facilite la prise de décisions éclairées sur les procédures de régénération, y compris les exigences spécifiques à l'espèce. Il convient:

- d'utiliser l'échantillon le plus original en stock pour régénérer les accessions dans l'objectif d'un entreposage à long terme et utiliser des semences de la collection active pour régénérer les accessions dans le but d'un entreposage à moyen terme (avec un maximum de trois cycles, après quoi il faudra utiliser un échantillon des semences les plus originales entreposées à long terme),
- d'établir une population efficace représentative de la composition génétique de l'accession (pour des informations spécifiques à la culture, voir SGRP-CGIAR, 2010c),
- de contrôler la pollinisation si nécessaire, par exemple par la maîtrise du mode de reproduction de la culture, qui peut nécessiter un isolement spatial et la fourniture de services de pollinisation (insectes),
- d'éliminer les plantes qui poussent en dehors des rangs plantés,
- d'utiliser des spécimens/images d'herbiers et des échantillons de semences de référence, si disponibles, pour vérifier l'identité de l'accession (conformité au

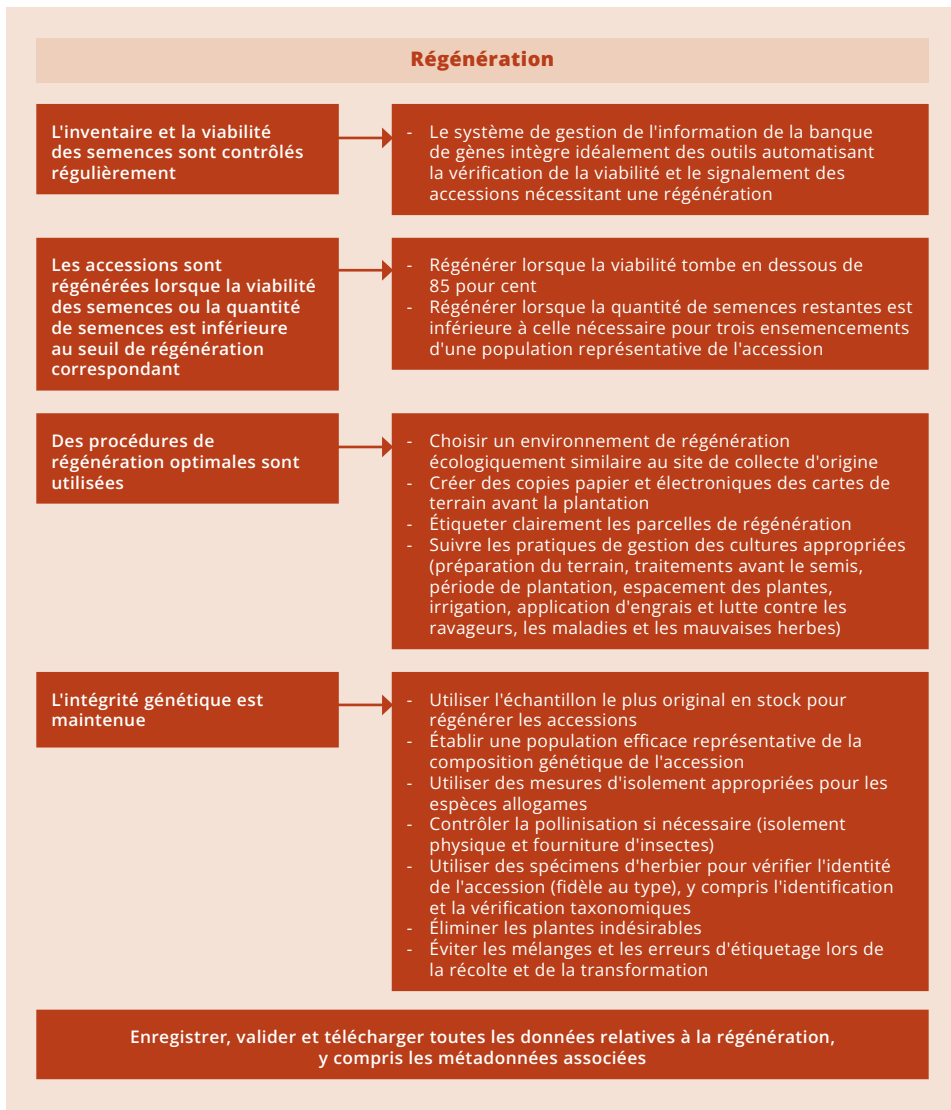
type), y compris l'identification et la vérification taxonomiques, et pour combler toute lacune dans la documentation,

- de supprimer les plantes phénotypiquement différentes lorsqu'il est absolument certain qu'il s'agit de plantes indésirables issues de la contamination de l'accession d'origine,
- si possible, de prendre et conserver des photos des plantes et des semences pendant chaque régénération pour servir de référence ultérieure,
- d'observer et d'enregistrer l'hétérogénéité phénotypique qui peut être basée sur l'hétérogénéité génotypique:
 - envisager de subdiviser l'accession en accessions distinctes afin de préserver la diversité et de permettre une caractérisation et une utilisation plus efficaces,
 - enregistrer que les populations issues de la subdivision (dotées de nouveaux numéros d'accession chacune) sont issues de l'accession originale (voir Lehmann et Mansfeld, 1957).
- d'ajouter un identifiant spécifique au lot de semences après la récolte qui permet de retracer toutes les générations de lots de semences récoltées jusqu'au matériel original obtenu par la banque de gènes,
- de prélever des spécimens d'herbier et des photos pendant la période de végétation et un petit échantillon de semences lors de la récolte pour vérifier l'identité de l'accession,
- d'éviter soigneusement les mélanges et les erreurs d'étiquetage pendant la récolte et le traitement.

✓ **Toutes les données relatives à la régénération, 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 les dates de plantation et de récolte, les pratiques culturales utilisées (espacement, désherbage, irrigation, application d'engrais, de pesticides, etc.) et les dates auxquelles elles ont été mises en œuvre, le nombre de plantes récoltées, le rendement, 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 accessions et minimise les erreurs humaines.

Figure 6. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la régénération




6. Caractérisation





©Crop Trust/Neil Palmer



Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour la caractérisation du matériel génétique, y compris des instructions étape par étape décrivant le modèle expérimental sur le terrain, les stades du cycle de croissance au cours desquels les données de caractérisation sont obtenues, les descripteurs utilisés (taxonomiques, morphologiques, phénotypiques, biochimiques, nutritionnels, physiologiques et moléculaires) et la manière dont les données sont collectées et validées³³.

✓ **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 caractérisées dès que possible³⁴. Plus l'information est disponible rapidement, plus l'accession a de chances d'être utilisée. Il est essentiel que le personnel soit bien formé à l'enregistrement des données et au travail sur le terrain.

✓ **La caractérisation peut être combinée avec la régénération**

Pour les espèces autogames, les accessions peuvent être plantées à proximité les unes des autres. Pour les espèces allogames, il est préférable de planter des pépinières de caractérisation spéciales en utilisant des méthodes d'isolement appropriées telles que des abris d'isolement. Il convient:

- d'utiliser un modèle expérimental augmenté, éventuellement répliqué, avec des accessions ou des variétés de contrôle soigneusement choisies, car elles facilitent la génération de données de caractérisation fiables (IPGRI, 2001)³⁵,

³³ Voir la figure 7 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la caractérisation.

³⁴ Normes 4.5.1.

³⁵ Voir la section 4 du chapitre 6.

- de créer des copies papier et électroniques des cartes de terrain élaborées avant la plantation,
- d'étiqueter clairement les parcelles (de préférence avec des codes-barres).

Il est conseillé de caractériser en même temps le plus grand nombre possible d'accessions afin d'accroître l'efficacité.

✓ **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 international³⁶**

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. De nombreuses listes de descripteurs de cultures ont été élaborées (par exemple par Bioversity International (2018), l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (CIPV, 2011) et le National Plant Germplasm System (NPGS) du Département de l'agriculture 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,
- d'accorder de l'importance à l'observation et la documentation de 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 espèces à fort niveau de variabilité afin de capturer des informations sur la variabilité entre les plantes d'une même accession.

Si une accession est hétérogène, il serait préférable de la subdiviser en deux ou plusieurs accessions différentes, chacune phénotypiquement homogène, afin d'en faciliter la caractérisation et l'utilisation. Dans ce cas, la composition de l'accession originale doit être correctement enregistrée et documentée, et de nouveaux numéros d'accession doivent être attribués aux accessions nouvellement définies (voir Lehmann et Mansfeld, 1957). Dans certains cas, il peut être nécessaire de créer des lignées pures basées sur la descendance d'une seule plante pour des plantes autogames (Diederichsen et Raney, 2008).

³⁶ Normes 4.5.2.

✓ **Les technologies des marqueurs moléculaires et les outils génomiques pour la caractérisation 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 meilleure méthode dépendra des besoins et des ressources³⁷. La caractérisation moléculaire peut être confiée à des laboratoires spécialisés.

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

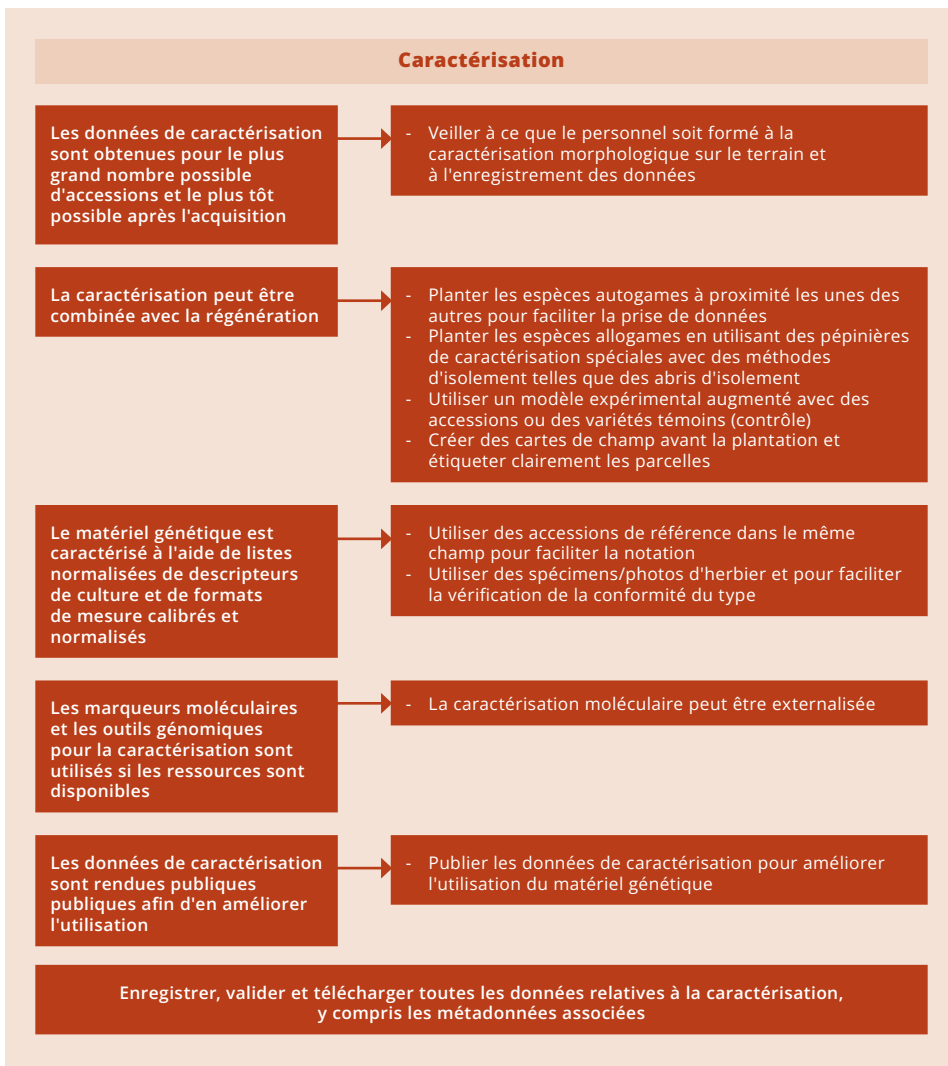
Les données à prendre en compte sont les dates de plantation et de récolte, les pratiques culturales utilisées (espacement, désherbage, irrigation, application d'engrais, de pesticides, etc.) et les dates de mise en œuvre, les accessions de contrôle ou les variétés utilisées, les descripteurs mesurés et les résultats, les dates d'enregistrement, le personnel responsable, les techniques de laboratoire (moléculaires, etc.) et les dates d'exécution. 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 accessions et minimise les erreurs humaines.

✓ **Les données de caractérisation pertinentes sont mises à la disposition du public**

Le fait de mettre des données sélectionnées à la disposition des utilisateurs potentiels de matériel génétique des banques de gènes, aux niveaux national, régional et mondial permettra d'améliorer l'utilisation du matériel génétique (voir la section Documentation). La publication des données de caractérisation est donc fortement recommandée.

³⁷ Plusieurs ressources sur les technologies des marqueurs moléculaires sont disponibles en ligne et en version imprimée. Voir la section "Informations/lectures complémentaires".

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




7. Évaluation





© CIAT/Georgina Smith



Il convient que la banque de gènes se dote de politiques et/ou procédures écrites, selon le cas, pour l'évaluation du matériel génétique, y compris des instructions étape par étape décrivant la méthodologie d'échantillonnage des semences, les réplifications des modèles expérimentaux sur plusieurs sites et plusieurs années, les stades du cycle de croissance au cours desquels les données d'évaluation sont obtenues, les données collectées (performance agronomique, résistance biotique, tolérance abiotique et valeur nutritionnelle) et la manière dont les données sont analysées et validées. Les méthodes/protocoles, les formats et les mesures d'évaluation doivent être correctement documentés, accompagnés des citations référentes³⁸.

✓ **Des données d'évaluation sont obtenues pour le plus grand nombre possible d'accessions par le biais d'essais en laboratoire, en serre et/ou sur le terrain, selon le cas³⁹**

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 des 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.

³⁸ Voir la figure 8 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'évaluation.

³⁹ Normes 4.6.2.

✓ **Des modèles expérimentaux soumis à des répétitions sont utilisés et les évaluations sont menées dans différents environnements et/ou sur plusieurs années⁴⁰**

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 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 modèles expérimentaux à mettre en œuvre,
- d'utiliser des protocoles de criblage appropriés pour s'assurer que les protocoles validés au niveau international soient 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 (voir la section Caractérisation)⁴¹. 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**

L'utilisation de marqueurs moléculaires en liaison forte avec un caractère agronomique fournit une méthodologie de criblage rapide et relativement peu coûteuse pour l'évaluation du matériel génétique. Les marqueurs moléculaires 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

⁴⁰ Normes 4.6.3.

⁴¹ Normes 4.6.1.

méthode à utiliser dépendra des besoins et des ressources⁴². Si vous le souhaitez, collaborez avec des sélectionneurs moléculaires pour identifier les associations marqueur-caractère.

✓ **Toutes les données relatives à 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**

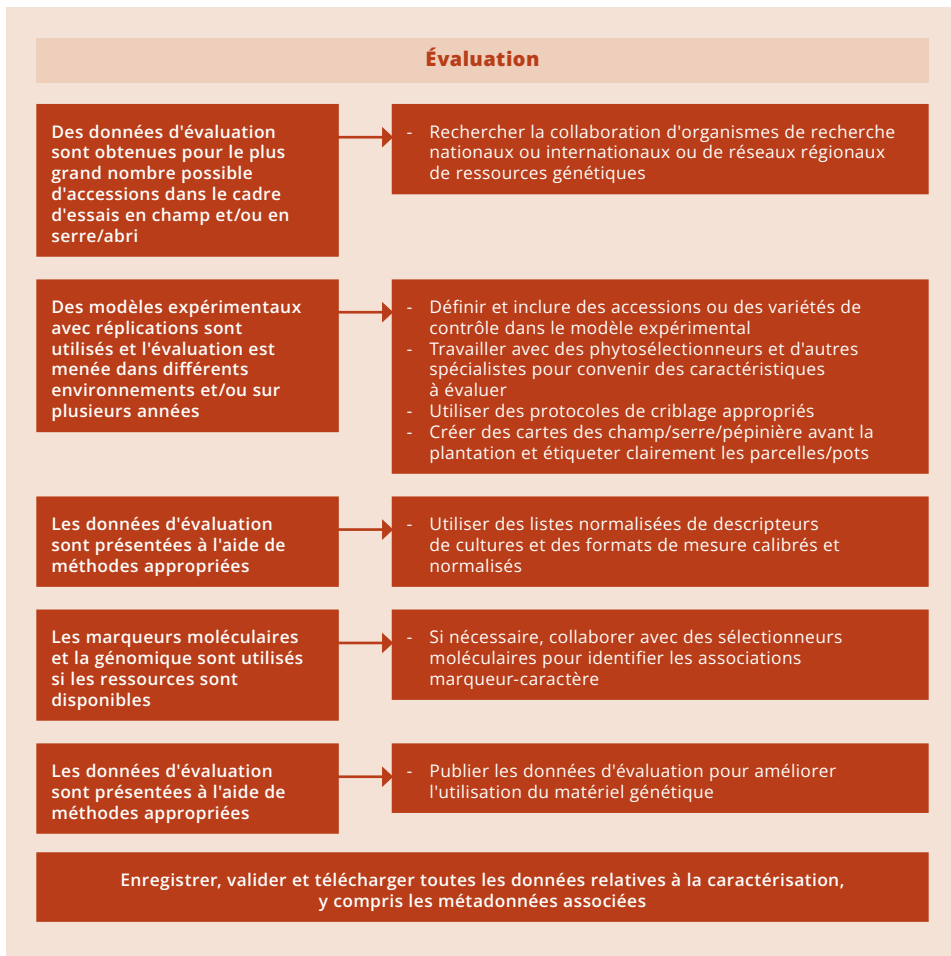
Les données à prendre en compte sont le lieu, les dates de plantation et de récolte, les pratiques culturales utilisées (espacement, désherbage, irrigation, application de pesticides, etc.) et les dates de mise en œuvre, le nombre de répétitions, les accessions ou variétés de contrôle utilisées, les descripteurs mesurés et les résultats, les dates d'enregistrement, le personnel responsable, les techniques de laboratoire (moléculaires, etc.) et les dates auxquelles elles ont été effectuées. 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 accessions 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 des banques de gènes, au niveau national, régional et mondial améliorera leur utilisation (voir la section Documentation). La publication des données d'évaluation favorisera également l'utilisation de la collection de matériel génétique, en particulier par les phytosélectionneurs.

⁴² Plusieurs ressources sur les différentes technologies moléculaires possibles sont consultables en ligne ou sur papier. Voir la section Informations/lectures complémentaires.


Figure 8. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à l'évaluation



8. Documentation







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 données⁴³.

✓ **Un système de gestion de l'information de la banque de gènes bien conçu est utilisé**

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 et de l'utilisation du matériel génétique stocké dans la banque de gènes, y compris le passeport, la caractérisation, l'évaluation, l'entreposage des semences et les données et métadonnées de gestion. Il convient de disposer d'outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la viabilité des lots de semences 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 Institut national de recherche agronomique brésilien (Embrapa) (Embrapa, 2021).

⁴³ Voir la figure 9 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'évaluation⁴⁴ facilitent l'échange de données et la comparaison des accessions entre différents pays et institutions. Il est souhaitable que les données de passeport soient disponibles pour toutes les accessions de la collection de la banque de gènes⁴⁵. Un numéro d'accession unique et permanent, élément clé d'une documentation et d'une identification correctes, doit être attribué à chaque accession lors de son acceptation dans la collection de la banque de gènes. En outre, il faut aussi attribuer un identifiant unique aux différentes accessions issues de lots de semences ou de générations de semences. 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.

✓ **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 gènes⁴⁶**

Il est important que le personnel soit formé à l'enregistrement et à 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.

✓ **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.

⁴⁴ Voir la section Caractérisation et la section Évaluation

⁴⁵ Normes 4.7.1.

⁴⁶ Normes 7.7.2.

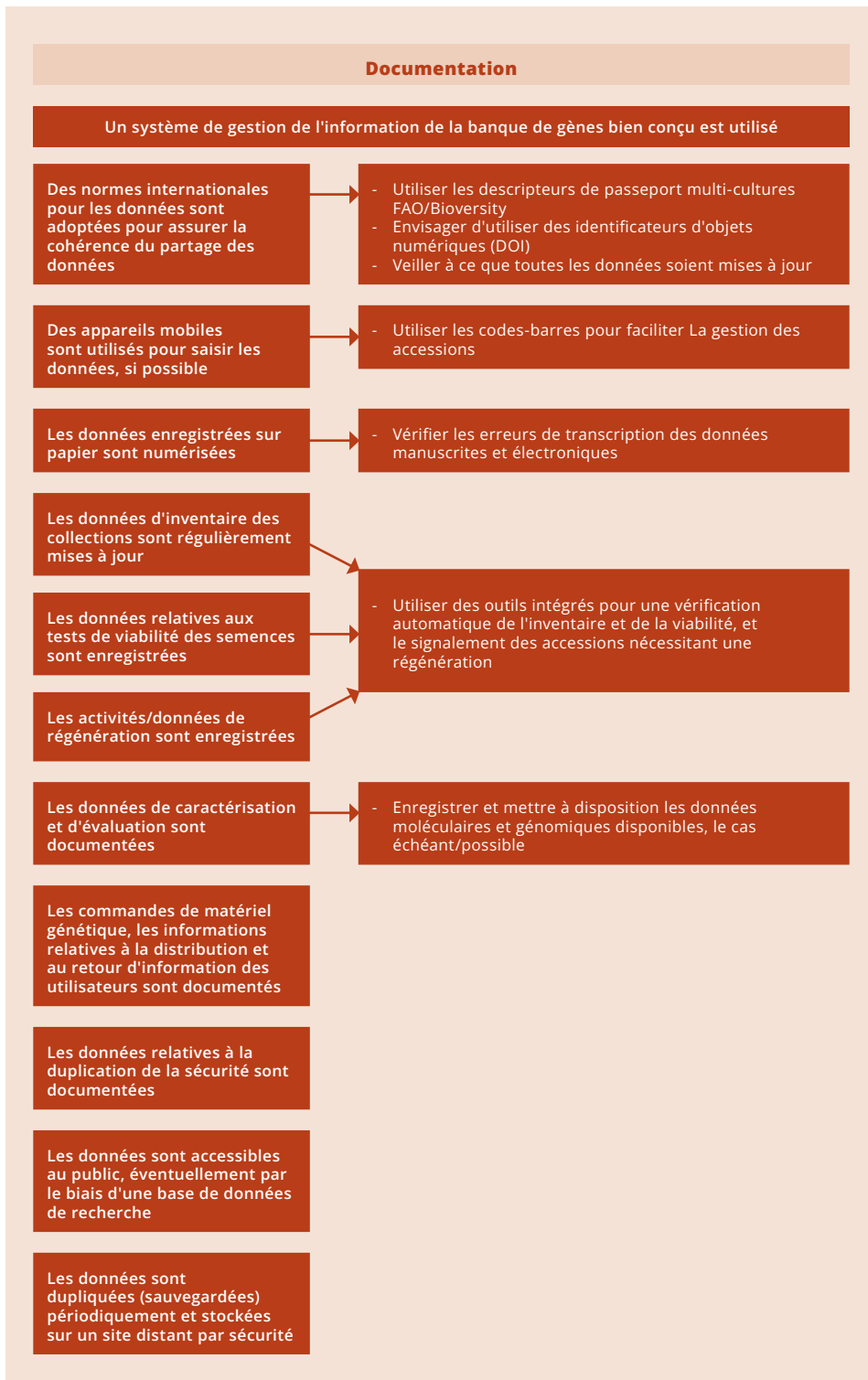
- ✓ **Les données enregistrées sur papier sont numérisées et des mesures sont mises en place pour vérifier les erreurs de transcription des données manuscrites et électroniques**

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

La publication des données sur les ressources détenues par la banque de gènes augmente les possibilités d'utilisation du matériel génétique, accroissant la valeur et le prestige de la banque 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 fournir des 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. 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) périodiquement 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 9. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la documentation



9. Distribution







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 échéant⁴⁷.

✓ **La banque de gènes respecte les réglementations et accords nationaux, régionaux et internationaux⁴⁸**

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

⁴⁷ Voir la figure 10 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités relatives la distribution de matériel génétique.

⁴⁸ Normes 4.8.1.

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 établie concernant le nombre de semences à distribuer pour une espèce donnée**

Pour la plupart des espèces, un échantillon de 100 à 200 semences viables sera fourni pour les accessions ayant suffisamment de semences⁴⁹.

- Pour les accessions ayant trop peu de graines 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 graines est suffisant.
- Si cela est possible, envisager la distribution d'échantillons avec un accord de régénération mutuellement signé. Dans ce cas, l'institut demandeur doit disposer des capacités techniques nécessaires et la régénération doit être effectuée sous la supervision du personnel de la banque de gènes, conformément aux protocoles de cette dernière.

✓ **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.

✓ **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 de semences et l'expédition des semences est réduit au minimum⁵⁰**

⁴⁹ Normes 4.8.4.

⁵⁰ Normes 4.8.3.

✓ **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 de semences pour garantir une identification correcte du matériel.

✓ **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). Il est recommandé d'utiliser des lignes directrices/recommandations en matière d'emballage et d'expédition similaires à celles utilisées pour l'acquisition (voir la section Acquisition).

✓ **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 destination⁵¹**

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, l'identification du lot de semences/de la génération, 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.

✓ **La livraison du matériel génétique et son état à l'arrivée à destination sont vérifiés par un suivi auprès du destinataire**

Il est recommandé de suivre l'expédition et d'assurer un suivi avec le destinataire sur l'état et la performance 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 semences par échantillon et/ou le poids; la référence au certificat

⁵¹ Normes 4.8.2.

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. 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 accessions et minimise les erreurs humaines.


Figure 10. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la distribution du matériel génétique



10. Duplication de sécurité







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'expédition⁵².

✓ **Un échantillon faisant office de double de sécurité pour chaque accession originale est stocké dans un endroit distant, dans des conditions appropriées et en utilisant les meilleures pratiques**

Les doubles de sécurité sont généralement déposés dans une collection de base située dans un autre endroit, généralement dans un autre pays. La duplication de sécurité peut également impliquer le placement d'accessions dans une banque de gènes où elles sont activement gérées. 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. En outre, de nombreuses banques de gènes envoient des échantillons en «boîte noire» à la Chambre forte semencière mondiale de Svalbard ou à d'autres instituts, par mesure de sécurité. Dans ce cas, l'institut destinataire conserve le matériel uniquement dans son installation d'entreposage de base à long terme et ne doit pas ouvrir les boîtes ou les paquets de semences.

⁵² Voir la figure 11 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la duplication de sécurité du matériel génétique.

✓ **Il existe un accord juridique entre la banque génétique dépositrice et la banque de gènes destinataire qui spécifie clairement les conditions dans lesquelles le matériel est conservé et géré**

Si la banque de gènes dépositrice n'a pas encore conclu d'accord avec une autre banque de gènes pour dupliquer en toute sécurité les accessions originales, il convient de réfléchir à l'endroit le plus approprié pour les dupliquer.

✓ **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 hôte 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 transfert du matériel génétique en temps voulu.

✓ **Les doubles de sécurité sont de haute qualité et contiennent une quantité suffisante de semences**

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

- de s'assurer que le matériel dupliqué est propre et sain et présente une viabilité initiale élevée,
- de s'assurer que les échantillons doubles de sécurité sont suffisamment importants pour permettre au moins trois régénérations (FAO, 2014)⁵³,
- d'inclure un sous-ensemble de matériel à utiliser pour les tests de viabilité ultérieurs,
- d'utiliser les données de suivi de la viabilité du même lot de semences stockées dans la collection de base de la banque d'origine pour déterminer si le suivi de la viabilité du double de sécurité doit débiter (si les échantillons sont inclus pour le suivi) ou, sinon, si le double de sécurité doit être remplacé.

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

Il est important d'utiliser des paquets de semences durables et imperméables à l'humidité afin de maintenir la viabilité et 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.

⁵³ Si possible, le double de sécurité d'une accession dans une banque de gènes de semences devrait contenir au moins 500 graines viables pour les espèces à pollinisation croisée et un minimum de 300 graines pour les accessions génétiquement uniformes (voir les Normes applicables aux banques de gènes section 4.9).

✓ **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'emballer tous les échantillons de semences pour la duplication de sécurité dans des paquets aluminisés triple couche, clairement étiquetés et scellés sous vide, cousus sur les quatre côtés sans soufflet,
- d'inclure deux étiquettes (de préférence à code-barres), l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur de chaque paquet afin de s'assurer que le matériel soit correctement identifié,
- d'utiliser des directives/recommandations d'emballage et d'expédition similaires à celles utilisées pour la distribution (voir la section Distribution).

✓ **Chaque échantillon en double de sécurité est accompagné des informations pertinentes associées⁵⁴**

Il est recommandé de joindre les informations pertinentes à l'envoi, y compris une liste détaillée comprenant l'identification de l'accession, les données clés du passeport, la quantité totale de semences (en poids ou en quantité), 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 semences et/ou par échantillon et les informations relatives à l'emballage; le registre d'expédition et 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 accessions 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 nouvelle accession non dupliquée par sécurité est identifiée et préparée pour la duplication de sécurité, le cas échéant**

⁵⁴ Normes 4.9.2.

Figure 11. Résumé du déroulement des opérations et des activités liées à la duplication de sécurité du matériel génétique



11. Personnel et sécurité





©Shawn Landersz

Batteuse employée en sécurité, 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 régulièrement⁵⁵.

- ✓ **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 accessions⁵⁶. 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 une série de domaines, tels que la taxonomie, la physiologie, la phytopathologie, la sélection et la génétique des populations,

⁵⁵ Voir la figure 12 à la fin de cette section pour un résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité

⁵⁶ Normes 4.10.3.

- d'organiser régulièrement des sessions de formation sur site et, si possible, de veiller à ce que le personnel puisse participer périodiquement à des formations afin de rester instruit 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 auxquels 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 civils⁵⁷. 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),
- *Évaluation du risque*: déterminer le niveau de risque acceptable,

⁵⁷ Normes 4.10.1.

- *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 risques⁵⁸. 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).

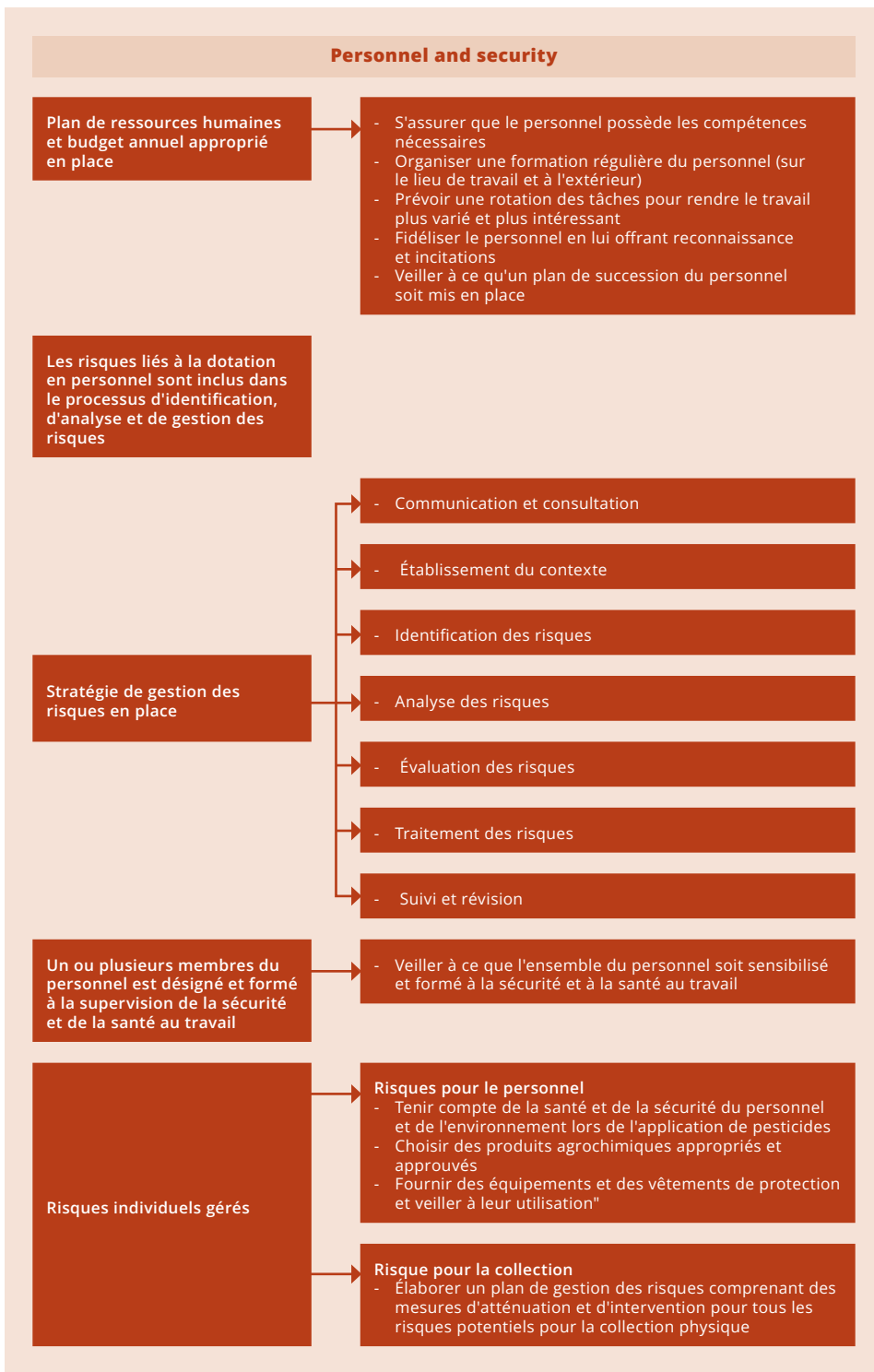
✓ **L'ensemble du personnel est conscient des exigences en matière de SST et est tenu au courant de tout changement**

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.

⁵⁸ Normes 4.10.2.

Figure 12. Résumé du déroulement des opérations et des activités concernant le personnel et la sécurité




12. Infrastructures et équipements





©FAO/A. Noorani

Étagères d'entreposage des semences, Banque de gènes nationale d'Indonésie



Cette section examine les infrastructures et les équipements suggérés pour une banque de gènes de semences (tableau 2). L'entreposage à long terme des semences orthodoxes repose sur la réduction de leur teneur en eau, suivie de leur stockage hermétique à basse température. Les infrastructures d'une banque de gènes de semences sont donc centrées sur les installations de séchage et de stockage des semences, ainsi que sur les installations de laboratoire, de serre, de terrain et de bureau pour les opérations associées telles que le nettoyage des semences, les tests de viabilité, les tests phytosanitaires, la régénération, la caractérisation et l'évaluation, la documentation et la distribution des semences (tableau 2).

Les facteurs à prendre en compte lors de la conception ou de la modification des installations des banques de gènes sont: (a) la fonction de l'installation (recherche, entreposage à moyen et long terme); (b) le débit prévu et la quantité, le volume et le poids des accessions à stocker; (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 qualifié.

Une étude de cas utile réalisée en Inde a permis de calculer les coûts liés à la création de banques de gènes de semences et à l'acquisition, au traitement, à l'entreposage (à moyen et long terme), au suivi et à la régénération du matériel génétique (Singh, Varaprasad et Venkateswaran, 2012). La série de fiches d'information technique de la Banque de semences du Millénaire fournit des informations de base utiles et des spécifications pour les activités et domaines clés des banques de gènes de semences (RBG Kew, non daté). Il est important de noter que des installations coûteuses ne sont pas toujours nécessaires – des banques de gènes de semences de haute qualité et à petite échelle peuvent être réalisées avec de simples techniques de séchage par dessiccation et des réfrigérateurs/congélateurs domestiques.

Tableau 2. Infrastructures et équipements généraux recommandés pour une banque de semences

Processus/ 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 à la littérature scientifique et technique; accès à l'internet
Acquisition
Matériel de collecte dont sacs en tissu et/ou papier, étiquettes (de préférence à code-barres), loupes, ciseaux, sécateurs, bâches, matériaux d'emballage, presses à herbarium, séchoir à dessiccation simple Fiches de collecte ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, GPS ou altimètre
Séchage et entreposage
Salle de séchage et salle de traitement des semences et/ou autres installations de séchage pertinentes, hygromètre électronique ou autre moyen de mesurer l'humidité Récipients hermétiques ou sachets aluminisés triple couche/machine à sceller les sacs pour l'entreposage à long terme, récipients hermétiques à ouverture facile pour l'entreposage à moyen terme, étiquettes (de préférence à code-barres), balances, compteurs de graines, fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres Chambre(s) froide(s) comprenant un local pour l'équipement de réfrigération et un système de rayonnement et/ou des réfrigérateurs, un thermostat, alarme de basse température, bouton d'alarme pour le personnel
Suivi de la viabilité des semences
Installations pour les tests de germination, comprenant une zone de préparation des milieux, une zone de préparation et de notation des tests, matériel de dissection, microscopes, installations en environnement contrôlé, chambre de culture des plantes, chambre(s) de germination, incubateur(s), fiches de test de viabilité, fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres
Régénération
Accès au champ ou à la serre/à l'entrepôt, selon les besoins Abris d'isolement; stockage d'hivernage pour les légumes bisannuels; zone clôturée pour les pépinières de plantes pérennes Équipement/incubateurs pour l'élevage de pollinisateurs, le cas échéant Chambres de culture si nécessaire pour la quarantaine Équipement et machines pour les champs, les serres et les abris, si nécessaire, en fonction des espèces

Tableau 2. (Suite)

Processus/ gestion de la banque de gènes
<p>Piquets et étiquettes pour les parcelles (idéalement à code-barres), sacs en tissu étiquetés ou autres récipients pertinents</p> <p>Fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres</p>
Caractérisation et évaluation
<p>Accès au champ, au laboratoire ou à la serre, selon les besoins</p> <p>Équipement et machines pour les champ, les laboratoires, les serres ou les abris, selon les espèces et les caractéristiques enregistrées</p> <p>Piquets et étiquettes pour les parcelles (idéalement des étiquettes à code-barres), sacs en tissu étiquetés ou autres récipients pertinents</p> <p>Matériel d'analyse moléculaire (RAPD, ISSR, SSR), si possible</p> <p>Fiches de données ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres</p>
Documentation
<p>Système de gestion de l'information de la base de données/banque de gènes bien conçu et conforme aux normes des descripteurs de passeport multi-cultures FAO/Bioversity et à d'autres normes de données, comme, par exemple GRIN-Global</p> <p>Base de données dotée d'outils intégrant la vérification automatisée de l'inventaire et de la viabilité des lots de semences et le signalement des accessions nécessitant une régénération</p> <p>Sauvegarde/stockage des données</p>
Distribution et duplication de sécurité
<p>Balances, compteur de graines, sachets aluminisés triple couche, machine à sceller les sacs, étiquettes (de préférence à code-barres), matériel d'emballage</p> <p>Fiches techniques ou appareils mobiles pour l'enregistrement électronique des données, lecteur de code-barres</p>
Sécurité et personnel
<p>Générateur(s), équipement anti-incendie, caméras de sécurité, systèmes d'alarme, portes de sécurité</p> <p>Vêtements et équipements de protection tels que masques anti-poussière, gants et chaussures</p>

13. 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/>
- AOSA (Association of Official Seed Analysts).** 2021. *Association of Official Seed Analysts*. Wichita, États-Unis d'Amérique. <https://www.analyzeseeds.com> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- 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).
- 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, Canada. <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).

- Diederichsen, A. et Raney, J.P.** 2008. Pure lining of flax (*Linum usitatissimum* L.) genebank accessions for efficiently exploiting and assessing seed character diversity. *Euphytica*, 164: 255–273. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9725-2>
- Ellis, R.H., Nasehzadeh, M., Hanson, J. et Woldemariam, Y.** 2019. Medium-term seed storage of diverse genera of forage grasses, evidence-based genebank monitoring intervals, and regeneration standards. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66: 723–734. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0558-5>
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria).** 2021. *Alelo*. Brasília. https://alelo.cenargen.embrapa.br/index_en.html (page web consultée le 29 octobre 2021).
- FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture).** 1995. *Liste des espèces cultivées couvertes par le système multilatéral*. Rome. <https://www.fao.org/3/bc084f/bc084f.pdf>
- FAO.** 2014. *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. Rome. <https://www.fao.org/3/i3704f/i3704f.pdf>
- FAO.** 2021a. *Identificateurs d'objets numériques*. 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 phylogénétiques 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'ensemble*. 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-the-german-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>
- Hay, F.R. et Whitehouse, K.J.** 2017. Rethinking the approach to viability monitoring in seed genebanks. *Conservation Physiology*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cox009>

- 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
- IPGRI (Institut international des ressources phytogénétiques [remplacé par Bioversity International]).** 2001. *Design and analysis of evaluation trials of genetic resources collections. A guide for genebank managers*. IPGRI Technical Bulletin No. 4. Rome. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin4.pdf
- ISTA (Association internationale d'essais de semences).** 2021. *International Seed Testing Association – ISTA*. Wallisellen, Suisse. <https://www.seedtest.org/en/home.html> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- Lehmann, C. et Mansfeld, R.** 1957. Zur Technik der Sortimentserhaltung. *Die Kulturpflanze*, 5: 108–138. <https://doi.org/10.1007/BF02095492>
- Nagel, M. et Börner, A.** 2010. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. *Seed Science Research*, 20(1): 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0960258509990213>
- 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).
- RBG Kew (Royal Botanic Gardens Kew).** undated. *Resources*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <https://brahmsonline.kew.org/msbp/Training/Resources> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- RBG Kew.** 2014. *Identifying desiccation sensitive seeds*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/10-Desiccation-tolerance.pdf> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- RBG Kew.** 2015. *Germination testing: procedures and evaluation*. Technical Information Sheet_13a. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/13a-Germination-testing-procedures.pdf> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- RBG Kew.** 2018. *Seed Information Database (SID). Version 7.1*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://data.kew.org/sid> (page web consultée le 29 octobre 2021).
- Rao, N.K., Hanson, J., Dulloo, M.E., Ghosh, K., Nowell, D. et Larinde, M.** 2006. *Handbooks for Genebanks No. 8: Manual of seed handling in genebanks*. Rome, Biodiversity International. <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/seed-handling-ingenebanks>
- 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).

SGRP-CGIAR. 2010c. *Crop Genebank Knowledge Base - Regeneration*. Rome. <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/procedures-mainmenu-242/regeneration-mainmenu-206> (page web consultée le 29 octobre 2021).

SGRP-CGIAR. 2010d. *Crop Genebank Knowledge Base - Risk management*. Rome. <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/management-mainmenu-433/risk-management-mainmenu-236> (page web consultée le 29 octobre 2021).

SGRP-CGIAR. 2011. *Crop Genebank Knowledge Base - Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines. 2011 update* [online]. Rome. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=390&Itemid=557 (page web consultée le 29 octobre 2021).

Singh, A.K., Varaprasad, K.S. et Venkateswaran, K. 2012. Conservation costs of plant genetic resources for food and agriculture: seed genebanks. *Agricultural Research*, 1(3): 223–239. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0029-3>

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).

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, Royal Botanic Gardens.

14. Informations/Lectures complémentaires

La liste de références ci-dessous présente des conseils et/ou des informations techniques sur les opérations et la gestion des banques de gènes. Des références supplémentaires peuvent être trouvées dans les *Normes applicables aux banques de gènes pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (FAO, 2014).

Général

Ellis, R.H., Hong, T.D. et Roberts, E.H. 1985. *Handbook of seed technology for genebanks*. Rome, IBPGR. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/handbook-of-seed-technology-for-genebanks-1>

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://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/a-guide-to-effective-management-of-germplasm-collections>

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>

FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture). 2021. *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome. <https://www.fao.org/plant-treaty/en/> (page web consultée le 2 novembre 2021).

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> (page web consultée le 2 novembre 2021).

Upadhyaya, H.D. et Gowda, C.L. 2009. *Managing and Enhancing the Use of Germplasm Strategies and Methodologies. Technical Manual No. 10*. Patancheru, Inde, Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides. 236 p.

Wiersema, J.H. et Schori, M. 1994. *Taxonomic information on cultivated plants in GRINGlobal*. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/abouttaxonomy.aspx>

Acquisition et distribution

- Biodiversity International.** 2009. *Descriptors for farmers' knowledge of plants*. Rome. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/74492>
- ENSCONET (European Native Seeds Conservation Network).** 2009. *Seed collecting manual for wild species*. <http://www.plants2020.net/document/0183>
- 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*, 8: 331–653. <http://www.abctaxa.be/volumes/volume-8-manualatbi>
- 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, Biodiversity 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*. Rome. 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, Association internationale d'essais de semences.
- 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, Biodiversity 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.
- 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. http://www.anayglorious.in/sites/default/files/04-Post%20harvest%20handling%20web_0.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, International Seed Testing Association.

Way, M. 2011. Collecting and recording data in the field: media for data recording. 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=659

Séchage et entreposage

Ellis, R.H. 1991. The Longevity of Seeds. *HortScience*, 26: 1119–1125.

Ellis, R.H. et Hong, T.D. 2006. Temperature sensitivity of the low-moisture-content limit to negative seed longevity–moisture content relationships in hermetic storage. *Annals of Botany*, 97(5): 785–791. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl035>

Ellis, R.H. et Hong, T.D. 2007. Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermetic storage. *Seed Science and Technology*, 35: 432–444. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.2.18>

Ellis, R.H., Hong, T.D. et Roberts, E.H. 1985. *Handbook of seed technology for genebanks. Vol I: Principles and methodology*. Rome, International Board for Plant Genetic Resources. <https://cgispace.cgiar.org/handle/10568/104237>

Pérez-García, F., Gómez-Campo, C. et Ellis, R.H. 2009. Successful long-term ultra-dry storage of seed of 15 species of *Brassicaceae* in a genebank: variation in ability to germinate over 40 years and dormancy. *Seed Science and Technology*, 37(3): 640–649. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.3.12>

RBG Kew. 2014. *Selecting containers for long-term seed storage. Millennium Seed Bank technical information sheet 06*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/06-Containers.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, Reino Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. http://www.anayglorious.in/sites/default/files/04-Post%20harvest%20handling%20web_0.pdf

Whitehouse, K.J., Hay, F.R. & Ellis, R.H. 2015. Increases in the longevity of desiccation-phase developing rice seeds: response to high-temperature drying depends on harvest moisture content. *Annals of Botany*, 116(2): 247–259. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv091>

Suivi de la viabilité

- AOSA (Association of Official Seed Analysts).** 2016. *AOSA Rules for Testing Seeds. Volume 1 Principles and Procedures*. <http://www.agriculture.ks.gov/docs/default-source/publiccomment-on-proposed-regulations/docs-adopted-for-kar-4-2-8/volume-1---aosa-rules-for-testing-seeds.pdf?sfvrsn=4>
- AOSA & SCST (Society of Commercial Seed Technologists).** undated. *Test Methods for Species without Rules*. <https://www.analyzeseeds.com/test-methods-for-species-withoutrules>
- Ellis, R.H., Nasehzadeh, M., Hanson, J. & Woldemariam, Y.** 2017. Medium-term seed storage of 50 genera of forage legumes and evidence-based genebank monitoring intervals. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65: 607–623. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0558-5>
- ENSCONET (Réseau européen de conservation de graines indigènes).** 2009. *ENSCONET Curation Protocols and Recommendations*. http://ensconet.maich.gr/PDF/Curation_protocol_English.pdf
- ENSCONET.** 2009. *ENSCONET Germination Recommendations UPDATED*. http://ensconet.maich.gr/PDF/Germination_recommendations_English.pdf
- Hay, F.R., Mead A., Manger, K. et Wilson F.J.** 2003. One-step analysis of seed storage data and the longevity of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 54(384): 993–1011. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg103>
- Hay, F.R. et Probert, R.J.** 2013. Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. *Conservation Physiology*, 1(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cot030>
- Hay, F.R. et Whitehouse, K.J.** 2017. Rethinking the approach to viability monitoring in seed genebanks. *Conservation Physiology*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cox009>
- ISTA (Association internationale d'essais de semences).** 2018. *International Rules for Seed Testing 2018*. Basserdorf, Suisse. https://www.seedtest.org/en/international-rules-_content---1--1083.html
- Nagel, M., Rehman Arif, M.A., Rosenhauer, M. et Börner, A.** 2010. *Longevity of seeds – intraspecific differences in the Gatersleben genebank collections*. Tagungsband der 60. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009, pp. 179–181. http://www.ecpgr.cgiar.org/fileadmin/templates/ecpgr.org/upload/NW_and_WG_UPLOADS/Wheat_Misc/GUMP_NAGEL_2010.pdf
- Mondoni, A., Probert, R.J., Rossi, G., Vegini, E. et Hay, F.R.** 2011. Seeds of alpine plants are short lived: implications for long-term conservation. *Annals of Botany*, 107(1): 171–179. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq222>
- Probert, R.J., Daws, M.I. et Hay, F.R.** 2009. Ecological correlates of *ex situ* seed longevity: a comparative study on 195 species. *Annals of Botany*, 104(1): 57–69. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp082>
- RBG Kew.** undated. *Seed Information Database: Seed Viability*. Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://data.kew.org/sid/viability> (page web consultée le 2 novembre 2021).

- Santos, L.G.** 2017. *Sequential sampling for seed viability testing at CIAT's genebank*. Paper presented 23 May 2017, Addis Ababa, Éthiopie. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89648/SEEDS_SEQUENTIAL_SAMPLING_ETHIOPIA_May-22-2017.pdf?sequence=1
- Walters, C., Wheeler, L.M. et Grotenhuis, J.M.** 2005. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Science Research*, 15(1): 1–20. <https://doi.org/10.1079/SSR2004195>

Régénération

- Ahuja, M.R. et Jain, S.M.** 2015. *Genetic diversity and erosion in plants: indicators and prevention*. New York, États-Unis d'Amérique, Springer. 327 p.
- Breese, E.L.** 1989. *Regeneration and multiplication of germplasm resources in seed genebanks: the scientific background*. Rome, Conseil international des ressources phylogénétiques. http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/209/begin.htm
- Crossa, J.** 1995. Sample size and effective population size in seed regeneration of monocious species. Dans: J.M.M. Engels et R. Rao, eds. *Regeneration of seed crops and their wild relatives*, pp. 140–143. Proceedings of a consultation meeting, 4–7 December 1995. Hyderabad, Inde, ICRISAT, and Rome, IPGRI. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/regeneration_seed_crops.pdf
- 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, Biodiversity International. ISBN 978- 92-9043- 922- 926. <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/procedures/collecting2011/Chapter5-2011.pdf>
- Dulloo, M.E., Hanson, J., Jorge, M.A. et Thormann, I.** 2008. *Regeneration guidelines: General guiding principles*. Rome, Biodiversity International. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/other_crops/Introduction_ENG.pdf
- Engels, J.M.M. et Rao, R., eds.** 1995. *Regeneration of seed crops and their wild relatives*, pp. 140–143. Proceedings of a consultation meeting, 4–7 December 1995. Hyderabad, Inde, ICRISAT, and Rome, IPGRI.
- Jorge, M.A.** 2009. *Introduction to guidelines on regeneration of accessions in genebanks*. Paper presented at International Course on Plant Genetic Resources and Genebank Management, 2009, Suwon, République de Corée. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/korea_workshop/lecture1and2/Lecture%20%20-%20regeneration%20guidelines.pdf
- Sackville Hamilton, N.R et Chorlton, K.H.** 1997. *Regeneration of accessions in seed collections: A decision guide. Handbook for Genebanks No. 5*. Rome, IPGRI. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/regeneration-of-accessions-in-seedcollections>

Caractérisation et évaluation

Alercia, A. 2011. *Key characterization and evaluation descriptors: methodologies for the assessment of 22 crops*. Rome, Bioversity International. 602 p. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/744910>

FAO. 2011. *Pre-breeding for effective use of plant genetic resources*. Rome. <http://www.fao.org/elearning/#/elc/en/course/PB>

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. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/Predictive_characterization_guidelines_1840.pdf

Thormann, I. 2015. *Predictive characterization: an introduction*. Paper presented at Regional Training Workshop, 13 April 2015, Pretoria, Afrique du Sud. http://www.crowildrelatives.org/fileadmin/templates/crowildrelatives.org/upload/sadc/project_meetings/Lectures_Predictive_characterization_pre-breeding/Introduction_Predictive_Characaterization_Thormann.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>
- 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.
- 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 (Centre nordique de ressources génétiques).** 2008. *Agreement between (depositor) and the Royal Norwegian Ministry of Agriculture and Food concerning the deposit of seeds in the Svalbard Global Seed Vault*. Chambre forte semencière mondiale de Svalbard, 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>
- Linington, S.H.** 2003. The design of seed banks. Dans: R.D. Smith, J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard et R.J. Probert, eds. *Seed conservation: turning science into practice*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Royal Botanic Gardens.
- RBG Kew.** 2014. *Post-harvest handling. Millennium seed bank technical information sheet 04*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/04-Postharvest-handling.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Measuring seed moisture status using a hygrometer. Millennium seed bank technical information sheet 05*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/05-eRH-moisture-measurement.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Selecting containers for long-term seed storage. Millennium seed bank technical information sheet 06*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/05-eRH-moisture-measurement.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Low-cost monitors of seed moisture status. Millennium seed bank technical information sheet 07*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/07-Low-cost-moisture-monitors.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Small-scale seed drying methods. Millennium seed bank technical information sheet 08*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/08-Small-scale-drying-methods.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Seed bank design: seed drying rooms. Millennium seed bank technical information sheet 11*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/11-Seed-drying-room-design.pdf>
- RBG Kew.** 2014. *Seed bank design: cold rooms for seed storage. Millennium seed bank technical information sheet 12*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/12-Cold-room-design.pdf>
- RBG Kew.** 2015. *Germination testing: procedures and evaluation. Millennium seed bank technical information sheet 13a*. Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/13a-Germination-testing-procedures.pdf>

RBG Kew. 2015. *Germination testing: environmental factors and dormancy-breaking treatments. Millennium seed bank technical information sheet_13b.* Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/13b-Germination-testing-dormancy.pdf>

RBG Kew. 2014. *Cleaning seed collections for long-term conservation. Millennium seed bank technical information sheet 14.* Kew, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. <http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/14-Seed-cleaning.pdf>

Annexe:

Risques et mesures d'atténuation connexes

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	<ul style="list-style-type: none">■ 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■ S'assurer que les fiches de collecte de données incluent les autres descripteurs à enregistrer au cours de la mission de collecte
Mauvais étiquetage/perte d'étiquettes	<ul style="list-style-type: none">■ Fixer fermement une étiquette à l'extérieur de chaque sachet de collecte; placer une autre étiquette à l'intérieur du sachet de collecte
Erreurs de transcription	<ul style="list-style-type: none">■ 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 des semences (et une régénération prématurée)	<ul style="list-style-type: none">■ Assurer le transfert en temps voulu dans des conditions de séchage contrôlées■ Assurer une manipulation post-récolte appropriée en fonction de la maturité des graines et des conditions environnementales prévalant

Séchage et entreposage

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Réduction de longévité des semences en raison du taux d'humidité lors de l'emballage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emballer les graines dans un environnement contrôlé et sec
Réduction de longévité des semences et régénération précoce en raison d'une fuite du récipient	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effectuer un test d'étanchéité sur chaque nouveau lot de matériel d'emballage ■ S'assurer que la machine à sceller fonctionne correctement ■ S'assurer que les bouchons à vis sont hermétiquement fermés ■ Mettre en place un système de contrôle périodique du taux d'humidité d'échantillons choisis au hasard dans la banque de gènes et de toutes les accessions prélevées pour être testées ou distribuées
Mélange/étiquetage erroné des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emballer soigneusement pour éviter les mélanges ■ Placer des étiquettes à l'intérieur et à l'extérieur des sachets ■ Utiliser des étiquettes à code-barres générées par ordinateur pour minimiser les erreurs
Les échantillons stockés tombent en dessous des seuils de viabilité ou de quantité	<ul style="list-style-type: none"> ■ Veiller à ce que le système de documentation intègre des outils permettant la vérification automatisée de l'inventaire et de la viabilité des lots de semences et le signalement des accessions nécessitant une régénération
Température d'entreposage inadéquate à cause de coupures de l'alimentation électrique	<ul style="list-style-type: none"> ■ Veiller à ce que des générateurs de secours et du carburant soient disponibles

Suivi de la viabilité des semences

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
La viabilité réelle des accessions n'est pas reflétée lors des tests de germination	<ul style="list-style-type: none"> ■ Optimiser les méthodes de test de germination et de levée de dormance ■ Utiliser des procédures de test répétées ■ Effectuer des tests de dissection pour identifier les semences qui sont encore fermes/fraîches afin d'estimer la viabilité des accessions dormantes ■ Sous-traiter les tests de germination si nécessaire
Des intervalles inappropriés pour les tests de viabilité entraînent un appauvrissement des semences ou une baisse significative de la viabilité	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utiliser toutes les données disponibles sur le contrôle de la viabilité (par exemple, le taux de germination et le nombre de plantules anormales) pour l'accession et la collecte afin de fixer des intervalles de contrôle appropriés. ■ Envisager de raccourcir les intervalles de contrôle lorsque l'on sait/prévoit que les lots de semences s'approchent du seuil de viabilité.

Régénération

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Perte d'allèles adaptatifs due aux pressions de sélection	<ul style="list-style-type: none"> ■ Régénérer dans des conditions environnementales contrôlées. ■ Régénérer sur un site dont le climat est similaire à celui du site de collecte d'où provient le matériel ■ Sous-traiter la régénération
Perte de pureté due à la pollinisation croisée à partir d'autres accessions de la même espèce ou de cultures voisines	<ul style="list-style-type: none"> ■ Respecter les distances d'isolement recommandées pour chaque espèce ou utiliser des abris d'isolement, des sacs ou d'autres mesures de contrôle de la pollinisation
Niveaux de pollinisation insuffisants	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utiliser des abris de pollinisation pour enfermer les insectes pollinisateurs ■ Assurer une disponibilité adéquate des insectes pollinisateurs ■ Polliniser à la main si nécessaire/possible
Mauvaise identification des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vérifier les étiquettes des parcelles et des sacs avant le semis et la récolte; utiliser des codes-barres
Perte de pureté due à la contamination/mélange des échantillons de semences lors de la préparation des semences, du semis, de la récolte et de la manipulation post-récolte	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inspecter et nettoyer soigneusement toutes les machines entre chaque étape du processus ■ Comparer le matériel récolté au matériel de référence pour les accessions régénérées

Caractérisation et évaluation

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Données mal enregistrées et peu fiables	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bien former le personnel ■ Utiliser des pratiques culturelles 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 des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vérifier les étiquettes des parcelles pendant la collecte des données ■ Vérifier les étiquettes des parcelles et des sacs avant le semis et la récolte

Distribution

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Mélange/étiquetage erroné des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emballer soigneusement pour éviter les mélanges ■ Utiliser des étiquettes à l'intérieur et à l'extérieur des paquets de semences ■ Utiliser des étiquettes à code-barres générées par ordinateur pour minimiser les erreurs
Perte de viabilité due à des envois retardés ou endommagés	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emballer les semences dans un emballage approprié pour minimiser l'absorption d'humidité ■ S'assurer que les semences sont expédiées rapidement et utiliser le moyen le plus rapide et le plus sûr pour les envoyer

Duplication de sécurité

Risques	Mesures de contrôle/d'atténuation
Mélange/étiquetage erroné des échantillons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emballer soigneusement pour éviter les mélanges. ■ Utiliser des étiquettes à l'intérieur et à l'extérieur des paquets de semences ■ Utiliser des étiquettes à code-barres générées par ordinateur pour minimiser les erreurs
Perte de viabilité due à des envois retardés ou endommagés	<ul style="list-style-type: none"> ■ S'assurer que les semences sont expédiées rapidement et utiliser le mode d'envoi le plus rapide et le plus sûr ■ Evaluer la probabilité d'une baisse significative de la viabilité sur la base du pire scénario des conditions de transport (en particulier la température si les semences sont dans des paquets étanches à l'humidité) ■ Inclure des échantillons de contrôle de la viabilité et décider si ces échantillons seront testés par le destinataire ou renvoyés à l'institution expéditrice

La FAO a élaboré *Ice Guide pratique pour l'application 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*, 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 semences sont présentées de manière séquentielle et des conseils sont proposés pour les étapes complexes et les décisions nécessaires au fonctionnement d'une banque de semences. 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 semences orthodoxes. Bien que ce guide pratique soit particulièrement utile aux techniciens des banques de gènes de semences 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 978-92-5-138247-9



9 789251 382479

CC0021FR/1/11.23