

RESUME

Les ressources génétiques sont un patrimoine très précieux qu'il faut sauvegarder et préserver. Dans le cadre d'une nouvelle vision de diversification, d'innovation et de développement de la recherche, l'INRA a lancé la construction d'un Centre National des Ressources Génétiques pour faciliter la gestion des ressources génétiques au Maroc. Le Centre Nationale des Ressources Génétiques (CNRG) conservera les ressources génétiques et biologiques. Pour que ce Centre puisse prétendre au statut de Centre de renom, il doit satisfaire à un certain nombre d'exigences. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette partie d'étude. Il s'agit, dans un premier temps, de lister et de comparer les infrastructures et les activités de quelques Centres internationaux par une analyse benchmark et d'analyser les attentes des chercheurs de l'INRA concernant les services proposés par le CNRG par un questionnaire et de combiner les résultats de l'analyse comparative et des résultats des enquêtes qui nous a permis de proposer un modèle que le nouveau CNRG devrait adopter pour répondre aux critères élevés de qualité et d'expertise exigés par la communauté scientifique nationale et internationale.

Les tomates sont l'une des cultures les plus importantes au Maroc. Le secteur génère des milliers d'emplois et constitue l'un des piliers de l'économie du pays grâce aux exportations, d'où l'étude de caractérisation d'une collection de tomates locales et commerciales issue d'accessions collectées des différentes régions du Maroc.

Cette étude a été conduite au sein du jardin botanique d'essai de Rabat. Elle a comme objectif la caractérisation et l'évaluation de quelques génotypes de tomate.

Pour répondre à cet objectif, nous avons testé 11 variétés de tomates, mais seulement 6 variétés qui ont été retenues pour les tests, les autres variétés ont été exclues, car elles n'ont pas atteint le stade de maturité. Les mesures ont concerné les variables suivantes : variables quantitatives, qualitatives et physico-chimiques. Les caractères mesurés ont montré une assez grande variabilité pour les différentes variétés testées. Les résultats des travaux ont révélé que, sur la base des variables quantitatives étudiées, une variation génétique importante a été observée chez les accessions de tomates collectées. Les variétés qui présentent des performances quantitatives importantes sont, Campbell 33 (V1), Rio grande (V2), Cerise (V9) et Taliouine. De plus, les trois variétés les mieux appréciées quant aux variations qualitatives (goût) sont : Campbell 33 (V1), Cerise (V9) et Oufella (V5). Des Variations significatives des variétés ont été également observées entre les différentes variables physico-chimiques.

De tels résultats aideront à identifier les variables importantes qui peuvent être utilisées pour l'amélioration variétale. Ces variables peuvent constituer des critères de base pour différencier les accessions de tomate. Dans le but d'éviter la perte des ressources génétiques, cette collection de tomate sera destinée à la conservation afin que les sélectionneurs puissent les utiliser pour la création et l'amélioration de variétés performantes.

Mots clés : Ressources génétiques, gestion, conservation, tomates, variabilité, INRA.

DEDICACES

Je dédie ce travail

À ma famille, elle qui m'a dotée d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis

aujourd'hui et particulièrement

À ma chère mère,

À mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour

que je puisse atteindre mes objectifs.

*À mes frères, **Wanis, Saber, Yassir,***

*À ma chère sœur **Btissam** et son mari,*

Je vous dédie ce travail en témoignage des liens solides et intimes qui nous unissent, et pour vos

soutiens moraux et vos conseils précieux tout au long de mes études

En vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

À mes chères amies, pour leurs aides et supports dans les moments difficiles, puisse Dieu vous

donne santé, bonheur, courage et surtout réussite

À toute ma famille,

À tous mes autres amis,

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Merci d'être toujours là pour moi.

REMERCIEMENTS

*J'aimerais en premier lieu remercier mon Dieu **Allah** qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.*

*Mes remerciements s'adressant particulièrement à **Mr Bekkaoui Faouzi, le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique**, en tant qu'encadrant, de m'avoir proposé ce sujet de recherche auquel j'ai beaucoup d'intérêt. Ses critiques et ses conseils me sont d'ores et déjà précieux. Et je le remercie surtout pour sa disponibilité, son enthousiasme et le temps qu'il a consacré pour réaliser ce travail.*

*Je tiens à remercier également mon professeur, **Mr El Ghadraoui Lahsen, Directeur du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Génie de l'Environnement à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès** qui m'a beaucoup aidé dans ma recherche de stage. Son écoute et ses conseils m'ont permis de cibler ma candidature et de trouver ce stage qui était en totale adéquation avec mes attentes. Ainsi pour son encadrement, ses conseils, ses corrections et ses orientations au cours de son encadrement.*

*Je voudrais aussi témoigner ma profonde reconnaissance à mon Co-encadrant, **Mr Ali Sahri, chercheur au CRRA de Settat**, pour son Co-encadrement, sa gentillesse, et pour toute l'aide qu'il m'a apportée.*

*Je tiens à remercier vivement **Mr Zouine Mohamed, Vice-Président de l'Institut Nationale Polytechnique de Toulouse**, pour le partage de son expertise au quotidien. Grâce aussi à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Il était d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats.*

*J'adresse aussi mes reconnaissances à **Mme HARRAK Hassna Directeur de Recherche du Laboratoire de Technologie Agro-alimentaire et Qualité de CRRA Marrakech** et **Mme Belghazi Fatima, chercheur au CRRA d'Agadir**, qui m'ont apportée leur aide précieuse. Je remercie également toute l'équipe du jardin d'essais botaniques de Rabat pour leur accueil, et leur conseil et leurs témoignages.*

*Je tiens à remercier sincèrement tous les membres du jury dont le Professeur **Mme Bouchama El Ouazna, Professeur Lazraq Abderrahim et le Professeur Fatemi Zain El Abidine** qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail.*

Mes remerciements vont également à tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition régionale et sous régionale des entrées conservées dans les banques de gènes national.....	7
Tableau 2: Pourcentages relatifs des indicateurs de type et de nature des ressources génétiques	21
Tableau 3: Pourcentages des indicateurs des méthodes de conservation des ressources génétiques	22
Tableau 4: Pourcentages relatifs aux indicateurs du type de laboratoires, natures d'activités de gestion des ressources génétiques et normes ISO qualités	23
Tableau 5: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate mûre.....	31
Tableau 6: Maladies cryptogamiques les plus répandues chez la tomate et Moyens de les contrôler	33
Tableau 7: Liste des variétés et leur origine.....	35
Tableau 8: Itinéraire technique de l'essai	37
Tableau 9: Variétés retenues pour l'étude qualitative, quantitative et physico-chimique	38
Tableau 10: Variation de taux de germination chez les variétés testées.....	41
Tableau 11: Répartition des variétés par modalité en fonction des variables.....	45
Tableau 12: Note d'appréciation globale des variétés étudiées.....	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition géographique des banques de gènes comptant plus de 10 000 entrées	6
Figure 2: Pourcentages relatifs aux indicateurs de type et nature des ressources génétiques.....	21
Figure 3: Pourcentages relatifs aux indicateurs des méthodes de conservation des ressources génétiques.	22
Figure 4: Pourcentages relatifs aux indicateurs du type de laboratoires, natures d'activités de gestion des ressources génétiques et normes ISO de qualités	24
Figure 5: Plante de tomate (variété Zagoura) en fructification	29
Figure 6: Plan parcellaire des variétés testées	36
Figure 7: Différentes formes du fruit des différentes variétés.....	39
Figure 8: Variation de la hauteur moyenne chez les variétés testées	42
Figure 9: Variation de nombre moyen de branches totaux en fonction des variétés	42
Figure 10: Variation du nombre moyen de branches fructifères en fonction des variétés	43
Figure 11: Variation de nombre moyen de feuilles par branche en fonction des variétés.....	44
Figure 12: Variation de nombre moyen de fruits par plante en fonction des variétés.....	44
Figure 13: Médianes des notes attribuées aux critères visuels et du toucher des tomates.....	46
Figure 14: Médianes des notes attribuées aux textures des tomates des six variétés.....	47
Figure 15: Médianes des notes attribuées aux caractéristiques des odeurs et des saveurs des arômes perçues respectivement par la voie nasale et la voie retro-nasale des tomates des six variétés.	48
Figure 16: Médianes des notes attribuées aux saveurs des tomates des six variétés étudiées	49
Figure 17: Analyse en composantes principales (ACP) des deux premières composantes (F1 et F2) : Séparation des variétés de tomates en fonction des critères physico-chimiques.....	51
Figure 18: Dendrogramme des six variétés de tomates en fonction des critères physiques et physico- chimiques étudiées.	52

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
A. PREMIERE PARTIE : GESTION ET CONSERVATION DES RESSOURCES GENETIQUES.....	4
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
I. Historique.....	5
II. Stratégies de collecte.....	8
III. Approches de conservation	8
IV. Méthodes de conservation des ressources génétiques	9
1. Conservation ex-situ	9
2. Conservation <i>in-situ</i>	13
V. Apports des méthodes et outils de la génétique.....	15
VI. Gestion des collections génétiques dans les banques des gènes.....	15
VII. État de conservation des ressources génétiques au Maroc	16
MATERIEL ET METHODES	18
1. Méthodes d'étude	18
2. Paramètres étudiés.....	19
RESULTATS ET DISCUSSION	20
1) Type et nature des ressources génétiques	20
2) Méthodes de conservation des ressources génétiques	21
3) Laboratoires, activités de gestion des ressources génétiques et normes de qualités	22
B. DEUXIEME PARTIE : CARACTERISATION ET EVALUATION D'UNE COLLECTION DE TOMATES LOCALES ET COMMERCIALES	26
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	27
I. Origine, distribution géographique et ressources génétiques de la tomate	27
II. Botanique de la plante	27
1. Historique.....	27
2. Classification botanique.....	28
III. Biologie et reproduction	28
1. Appareil végétatif.....	28
2. Appareil reproducteur et cycle de développement	29
IV. Conditions écologiques de la culture de tomate	30
V. Importance de la plante.....	30

VI. Diversité variétale et possibilités d'amélioration	32
VII. Maladies et ravageurs.....	33
MATERIEL ET METHODES	34
1. Structure d'accueil	34
2. Matériel.....	34
3. Méthodes	35
RESULTATS ET DISCUSSION	41
I. Résultats.....	41
1. Variation des composants quantitatifs	41
2. Variation des composants qualitatifs	46
3. Variation des composants physico-chimiques.....	50
II. Discussion.....	52
CONCLUSION	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture mondiale est confrontée à un double défi : augmenter la production alimentaire pour répondre aux besoins alimentaires des populations humaines, en pleine croissance, tout en assurant en même temps le maintien de la diversité des ressources génétiques. Ces dernières constituent des matières premières sur lesquelles les chercheurs doivent s'appuyer pour améliorer la productivité et la qualité des productions agricoles (Louwaars 2018 ; Mascher et al. 2019). Toutefois, ces ressources génétiques sont menacées par de nombreux facteurs dont, la surexploitation, la destruction et la fragmentation des habitats, l'introduction des espèces envahissantes et la pollution. Depuis le début du 20^{ème}, près de 75 % de la diversité génétique des plantes cultivées ont été perdus et de nombreuses espèces agricoles ont été négligées (FAO, 1993 ; Cardinale *et al.* 2012). La disparition d'une espèce équivaut à la perte à jamais d'un capital génétique accumulé pendant des siècles de sélection naturelle (Chauvet et Olivier, 1993 ; Gallais, 2018).

Toutefois, la prise de conscience de l'importance des ressources génétiques d'intérêt agronomique et agroalimentaire à travers le monde a été mise en évidence par la convention sur la diversité biologique (CBD) lors du sommet de Rio en 1992. Cette Convention avait pour objectifs : la conservation de la biodiversité, l'utilisation durable de ses éléments constitutifs et le partage des avantages dérivant de l'exploitation de ces ressources. La préservation et la gestion raisonnées des ressources génétiques revêtent, alors, la plus haute importance pour assurer une agriculture et un développement rural durable. De là, la sauvegarde du germoplasme local constitue actuellement, l'une des principales préoccupations des instances internationales (Börner 2006 ; Hawkes et al., 2012). La conservation et l'utilisation durable de ces ressources génétiques sont donc, au cœur de la sécurité alimentaire et de la nutrition et permettront, ainsi, de faire face aux défis actuels et futurs (Khoury et al., 2010 ; Dulloo et Maxted, 2019).

Le Maroc est l'un des pays les plus riches en termes de ressources génétiques d'intérêt agronomique et agroalimentaire dans le pourtour méditerranéen. En effet, la diversité des reliefs et du climat confère au pays une richesse faunistique et floristique très importante. Cette diversité se traduit par un nombre important d'espèces recensées, mais aussi par un taux d'endémisme important, une diversité des écosystèmes et la richesse et la particularité

de ses ressources génétiques (végétales, animales et microbiologiques). En effet, la biodiversité nationale compte plus de 24 000 espèces animales et 8 000 espèces végétales identifiées et un taux d'endémisme global de 11% pour la faune, et de plus de 20% pour les plantes vasculaires, un taux presque inégalé dans tout le bassin méditerranéen (Birouk et al., 1995). Ce patrimoine national doit être conservé et valorisé pour une utilisation durable et efficace.

À cet effet, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) s'est engagé à préserver et à utiliser durablement les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Ainsi, depuis plusieurs années et dans le but d'établir une plateforme pour la conservation des ressources génétiques liées à l'alimentation et à l'agriculture, l'INRA avait entrepris plusieurs missions de prospections et de collecte ayant pour principal objectif la conservation *ex-situ* du matériel génétique (végétal, animal et micro-organisme) en vue de leur utilisation dans les programmes d'amélioration nationaux.

Les collections nationales de l'INRA sont préservées sous forme de graines dans des chambres froides au niveau de la banque de gènes du CRRA de Settât et/ou sous forme de collections vivantes aux champs (vergers, espèces fourragères pérennes) dans les différentes stations expérimentales de l'INRA. Actuellement, les collections vivantes d'arbres fruitiers maintenues dans les différents parcs à bois rassemblant plus de 2 700 accessions (clones/génotypes) représentant ainsi, plusieurs espèces, tandis que la banque de gènes de Settât abrite plus de 69 626 accessions réparties sur 146 genres et 526 espèces. Cette banque de gènes présente toute l'infrastructure nécessaire pour assurer la conservation *ex-situ* des graines des espèces orthodoxes suivant les normes internationales recommandées par la FAO "+5°C pour la conservation à moyen terme et -18°C pour la conservation à long terme" (INRA, 2021).

Par ailleurs et dans le cadre d'une nouvelle vision de diversification, d'innovation et de développement de la recherche, l'INRA a lancé un projet de construction d'un Centre National de Ressources Génétiques (CNRG) pour assurer une bonne gestion de ce patrimoine génétique au Maroc, et contribuer aux efforts nationaux et mondiaux de préservation des ressources irremplaçables au monde. Le CNRG conservera les ressources génétiques et biologiques incluant les plantes cultivées, les espèces sauvages apparentées, les animaux domestiques, les micro-organismes d'intérêt agronomique ou agroalimentaire, les micro-organismes et organismes de l'environnement.

La conservation et la valorisation des ressources génétiques sont incontournables dans toute stratégie de gestion et de développement de l'agriculture, car elle permet de maintenir la diversité génétique qui reste capitale pour la durabilité de tout programme d'amélioration génétique. C'est de ce cadre que s'inscrit le présent travail qui consiste à :

- Élaborer un plan d'action pour le futur CNRG qui sera d'un grand intérêt dans la gestion et la conservation des espèces végétales, animales et microorganismes à travers la réalisation d'un benchmarking des banques des gènes internationales d'une part, et de mener un questionnaire au près des chercheurs de l'INRA au Maroc sur la conservation des ressources génétiques d'autre part. Les résultats de cette partie nous permettraient de tracer une feuille de route pour définir les futures stratégies du nouveau CNRG.
- Caractériser et évaluer des variétés locales et commerciales de la tomate marocaine sur le plan agronomique par le biais de certains paramètres quantitatifs, qualitatifs et physico-chimiques. Les informations recueillies dans cette étude, permettront de mieux exploiter les ressources génétiques de la tomate et qui seront conservées en banque de gènes.

Le présent travail est subdivisé en deux grandes parties principales, dont la première partie porte sur la gestion et conservation des ressources génétiques, et la seconde partie, qui vise la caractérisation et évaluation d'une collection de tomates locales et commerciales. Pour ce faire, nous avons dans un premier temps et pour chaque partie, mené une recherche bibliographique bien approfondie, en présentant une synthèse des données générales sur le sujet abordé, suivie d'une partie expérimentale englobant les différentes méthodes effectuées, avec en dernier lieu, les résultats obtenus et une conclusion générale.

**A. PREMIERE PARTIE : GESTION ET CONSERVATION DES RESSOURCES
GENETIQUES**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Historique

C'est à partir de la révolution agricole de l'époque néolithique que les cultures de plein champ comme le blé, le riz, le maïs, l'orge, le sorgo, les pois et les haricots fournissent un approvisionnement alimentaire stable à l'humanité (Louis, 1990). Au début de ce siècle, peu d'agronomes se sont rendu compte de la nécessité de préserver les ressources phytogénétiques pour l'amélioration future des espèces. La sélection mise en œuvre dans de nombreuses régions du monde résulte en grande partie de l'utilisation accrue des variétés locales dans les programmes de sélection et par conséquent la disparition des races locales et des variétés anciennes de nos principales cultures vivrières.

Les agriculteurs ont tendance à cultiver les nouvelles variétés uniformes à haut rendement alors qu'il n'existait pas d'institution chargée de préserver l'ancien matériel. Cette perte rapide de diversité génétique des plantes cultivées est souvent appelée « érosion génétique ». Par conséquent, la communauté agricole, en particulier les sélectionneurs, s'est rendu compte que notre patrimoine génétique végétal diminue progressivement. Ceci a conduit à une approche plus systématique et coordonnée au niveau mondial de la collecte de matériel génétique menacé et à l'élaboration de concepts pour une conservation efficace et à long terme des ressources phytogénétiques. Les activités de conservation se sont ainsi, intensifiées au cours des deux dernières décennies. Elles portent, non seulement, sur la conservation des cultures menacées et leurs parents sauvages dans les banques de gènes, mais aussi sur la conservation et la gestion des ressources génétiques dans leur environnement naturel.

Suite aux travaux menés par les Russes, la première grande banque de gènes a été créée à Leningrad dans les années 1920. Au début de ce siècle, d'autres pays s'étaient donnés pour mission des collectes et des explorations botaniques. Par ailleurs, dans certains pays, il existait des stations d'introduction de végétaux et des collections exploitées, mais pas d'installations appropriées pour la conservation du matériel. Au milieu des années 1950, une installation nationale de stockage de semences à long terme a été créée à Fort Collins (Colorado) aux États-Unis, et une banque de gènes a été créée en Europe immédiatement après la Seconde Guerre mondiale, en République démocratique allemande (Gatersleben), en Tchécoslovaquie (Prague-Ruzyne) et en Hongrie (Tapiozele). Une quinzaine d'années plus tard, l'Association européenne pour l'amélioration des plantes (Eucarpia) a pris l'initiative de créer un réseau

européen de banques de gènes. En conséquence, au milieu des années 1970, deux nouvelles banques de gènes ont été créées, l'une en Italie (Bari) et l'autre en République fédérale d'Allemagne (Braunschweig). Avec le soutien financier de la FAO, une banque de gènes régionale avait commencé à fonctionner à Izmir (Turquie). Plusieurs nouvelles banques de gènes ont été établies en 1974, après la création de l'IBPGR (commission internationale des ressources génétiques végétales). Aujourd'hui, il existe plus de soixante banques de gènes dans le monde avec des installations de stockage à long ou moyen terme (Louis,1990).

L'expansion des collections ex-situ, s'est poursuivie dans les années 1980 et 1990. De nos jours, il existe 1 750 banques de gènes dans le monde, mais peu en Afrique (FAO, 2010). On en compte 7,4 millions d'accessions détenues dans les banques des gènes existantes, représentant 70% de la diversité génétique de 200 à 300 espèces cultivées.

La Répartition géographique des banques de gènes est affichée dans la figure ci-dessous : les banques de gènes nationales et régionales sont indiquées en bleu ; les banques de gènes des centres du CGRAI en beige ; le SGSV en vert (figure 1).

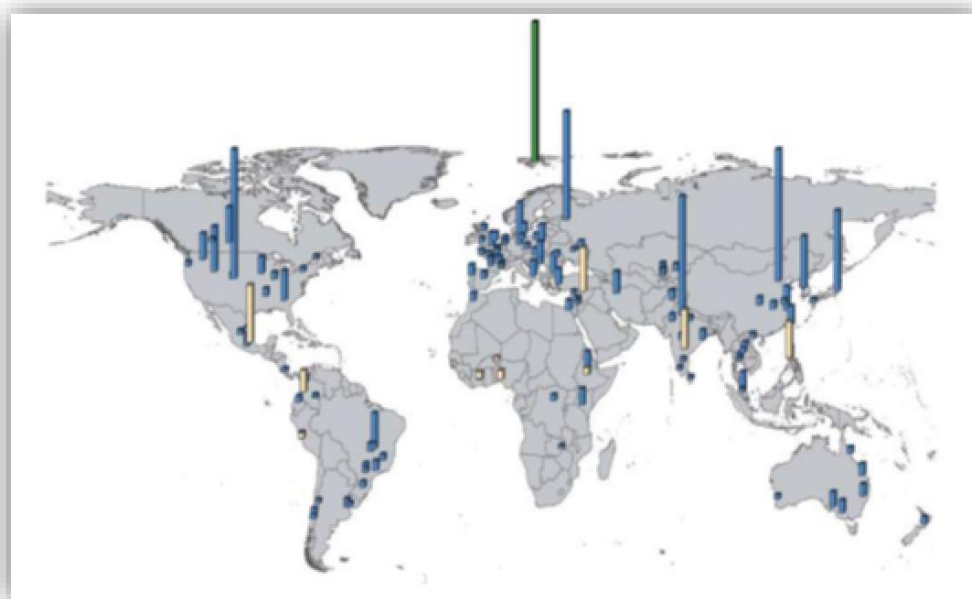


Figure 1: Répartition géographique des banques de gènes comptant plus de 10 000 entrées (WIEWS 2009 ; rapports nationaux ; USDA-GRIN 2009).

Tableau 1: Répartition régionale et sous régionale des entrées conservées dans les banques de gènes national (les banques de gènes internationales et régionales sont exclues)

Région ^a	Sous-région	Nombre d'entrées
Afrique	Afrique de l'Est	145 644
Afrique	Afrique centrale	20 277
Afrique	Afrique de l'Ouest	113 021
Afrique	Afrique australe	70 650
Afrique	Îles de l'océan Indien	4 604
Amériques	Amérique du Sud	687 012
Amériques	Amérique centrale et Mexique	303 021
Amériques	Caraïbes	33 115
Amériques	Amérique du Nord	708 107
Asie et Pacifique	Asie de l'Est	1 036 946
Asie et Pacifique	Pacifique	252 455
Asie et Pacifique	Asie du Sud	714 562
Asie et Pacifique	Asie du Sud-Est	290 097
Europe	Europe	1 725 315
Proche-Orient	Méditerranée Sud/Est	141 015
Proche-Orient	Asie centrale	153 849
Proche-Orient	Asie de l'Ouest	165 930

Source : WIEWS 2009 et rapports nationaux

Les efforts récents en matière de collecte se sont concentrés sur l'augmentation des collections de banques de gènes nationales de cultures mineures, de variétés locales, d'espèces sauvages et de variétés obsolètes. Les progrès réalisés en génétique moléculaire au cours des dix dernières années ont eu un impact considérable sur la sélection végétale. Ces développements sont également destinés à révolutionner la conservation des ressources génétiques. On peut s'attendre à ce que l'impact futur de la génomique et de la bio-informatique soit encore plus important (Engels et Visser, 2003).

Les ressources zoogénétiques englobent la variabilité des gènes, des caractéristiques et des races des différentes espèces animales jouant un rôle dans l'alimentation et l'agriculture. Cette partie unique de la biodiversité est l'un des piliers fondamentaux du développement agricole et de la lutte mondiale contre la faim. Afin de conserver les ressources zoogénétiques et de les utiliser au mieux, les pays membres de la FAO ont élaboré et adopté le Plan d'Action mondial pour les Ressources zoogénétiques en 2007. Ce plan contient des mesures visant à répondre aux besoins de : Caractérisation, inventaire et surveillance des tendances et des risques associés ; utilisation durable et mise en valeur ; conservation (FAO, 2015).

L'importance de la conservation des micro-organismes liés à l'alimentation est soulignée par le fait que la plupart des aliments actuellement consommés sont issus de différents types de processus microbiens, qui confèrent aux aliments leur spécificité et leur goût unique. La conservation ex-situ des cultures de ces micro-organismes semble indispensable pour maintenir des systèmes de production alimentaire spécifiques, car ils sont potentiellement altérés, voire disparus, par le changement climatique.

II. Stratégies de collecte

La stratégie de collecte est déterminée par la spécificité du mandat de la banque de gènes et les objectifs de la mission de collecte. Un guide technique complet sur la collecte des ressources phyto-génétiques fournissant de nombreuses suggestions pratiques et de gestion a été édité (Guarino et al., 1995). Il existe des protocoles, des procédures et des équipements bien établis pour la collecte et le transport du matériel qui peuvent être adaptés à d'autres espèces. Il s'agit notamment de la collecte de bourgeons décrite pour le cacao (Yidana, 1988), de l'extraction d'embryons zygotiques décrites pour le cocotier, de l'utilisation de boutures nodales de tiges pour le coton et les espèces apparentées et de l'utilisation de plantules herbacées (Ruredzo, 1989). La collecte de matériel riche en ADN, tel que les feuilles et les nodules racinaires, peut être effectuée avec peu d'effort supplémentaire lorsque les spécimens sont collectés pour des herbiers ou des banques de gènes.

Les ressources génétiques animales sont collectées à la ferme ou dans des unités de collecte, en fonction de la disponibilité des ressources et de l'accessibilité des populations animales ciblées. Les procédures de collecte et de traitement sont très différentes selon le type de germoplasme collecté et selon le donneur d'espèce (FAO, 2012).

En ce qui concerne la collecte des microorganismes, les institutions établissent leurs propres collections de micro-organismes, afin de soutenir leurs programmes de recherche. Ces collections renferment une importante quantité de diversité génétique correspondant à un ensemble de micro-organismes précis (micro-organismes du sol comme *Rhizobium*, ou des micro-organismes de fermentation comme *Lactobacillus*). De nombreux instituts de recherche nationaux ou publics détiennent des collections « de travail » (FAO, 2009).

III. Approches de conservation

Il existe plusieurs méthodes de conservation de la biodiversité qui peuvent être divisées en deux grandes approches : *in-situ* et *ex-situ*. Ces 2 types de conservation sont complémentaires (Pritchard et Harrop, 2010). Afin d'assurer la conservation de la plus large gamme possible de biodiversité et de minimiser le risque d'érosion génétique, les différentes méthodes de conservation doivent être combinées dans une approche intégrée. Le développement de stratégies de conservation complémentaires, dans lesquelles différentes approches et méthodes de conservation sont combinées, permet de réaliser l'effort de conservation le plus stable et le plus rentable pour un pool génétique donné dans les conditions locales (Wyse, 1998). En raison de la complexité de la biodiversité, de sa perte rapide et de la prise de

conscience croissante de l'importance d'entreprendre des programmes rentables, il est toujours nécessaire de développer des stratégies réalistes et viables et de fixer des priorités pour une conservation et une gestion efficace des ressources génétiques (Coates et Atkins, 2001 ; Engels et Engelmann, 2002). Il est nécessaire d'identifier les priorités d'action tant au niveau de l'espace géographique que de l'importance biologique (Jarvis et al., 2002). En effet, le choix des méthodes de conservation appropriées dépend des objectifs de la conservation génétique envisagée et des exigences écologiques de l'espèce en question.

IV. Méthodes de conservation des ressources génétiques

1. Conservation ex-situ

La conservation *ex-situ* implique le transfert de matériel génétique en dehors de l'endroit où il se trouve. Celle-ci, étant la plus pratique, plus rentable et plus utilisée. Elle garantit un accès facile aux ressources génétiques pour l'évaluation et l'utilisation. Dans ce type de conservation, les graines peuvent être stockées en tant que collections actives (à moyen terme) et collections de bases (à long terme). Pour la conservation d'une collection active, la viabilité doit rester supérieure à 65% pendant 10 à 20 ans, tandis que dans une collection de base, les graines sont stockées à -20°C pour assurer la viabilité à long terme des graines pendant plus de 50 ans (Malhotra et al., 2019). Les collections de bases sont régulièrement contrôlées pour vérifier la viabilité des graines à un intervalle de 10 ans.

Cette section présente quelques directives techniques pour la création d'une collection *ex-situ* et décrit brièvement les différentes options de conservation *ex-situ* :

a. Stockage de semences dans des banques de gènes classiques

Le stockage des ressources génétiques, sous forme de semences est la méthode la plus étudiée, et largement utilisée pour la conservation *ex-situ* (Harrington, 1970). Cette méthode exige toutefois que le stockage ait lieu à basse température, avec un faible taux d'humidité pour assurer une longévité optimale des semences, il faut procéder avant stockage à une dessiccation, pour abaisser leur teneur en eau (généralement entre 3% et 7%), puis les stocker dans des récipients étanches à basse température ; la longévité varie considérablement d'une plante à l'autre.

b. Conservation *in vivo*, banques de gènes de terrain ou collections vivantes

Les banques de gènes de terrain sont importantes pour la conservation des espèces végétales qui ne produisent pas de graines et se propagent par multiplication végétative ou produisent des graines dites récalcitrantes qui ne survivent pas aux basses températures et/ou à la déshydratation ainsi que la plupart des plantes à racines et tubercules : c'est le cas de la pomme de terre, de la patate douce, du manioc, de certains arbres fruitiers et de bulbes de fleurs. Beaucoup de ces espèces ne produisent pas de semences ; dans d'autres cas, il faut conserver des variétés obtenues par clonage et dotées de propriétés particulières (Louis van Soest, 1990). En général, ces espèces difficiles à conserver peuvent être maintenues en tant que collections vivantes dans les banques de gènes de terrain. La méthode consiste à cultiver des plantes vivantes à un nombre relativement limité à titre de collections de conservation. L'un des avantages des banques de gènes *in situ* (terrain) c'est qu'elles facilitent l'accès au matériel végétal en vue de sa caractérisation, de son évaluation et de son utilisation ultérieure, mais sont souvent difficiles et coûteuses à entretenir, sont vulnérables face aux conditions climatiques, risquent de se mêler aux plantes voisines, de s'hybrider et ne permettent de conserver qu'une quantité limitée de matériel génétique et donc nécessite une zone de taille suffisante ou dans les serres (Hunter et Heywood, 2011).

c. Conservation *in vitro*

La conservation *in vitro* implique le maintien d'explants dans un environnement stérile et à l'abri des organismes pathogènes et est, largement utilisée pour la conservation et la multiplication d'espèces qui produisent des graines récalcitrantes, ou qui ne produisent pas de graines (Engelmann, 1997). La technique a été appliquée pour la multiplication, le stockage et plus récemment, pour la conservation du matériel génétique de plus de 1000 espèces (Ashmore, 1997). Différentes méthodes de conservation *in vitro* sont utilisées. Pour le stockage à court et à moyen terme, l'objectif est d'augmenter les intervalles entre les subcultures en réduisant la croissance. Cela se fait en modifiant les conditions environnementales, y compris le milieu de culture, pour ralentir la croissance. La technique la plus largement appliquée est la réduction de la température (0-5°C pour les espèces tolérantes au froid et de 9 à 18°C sont utilisées pour les espèces tropicales) qui peut être complétée par une diminution de l'intensité lumineuse ou un stockage dans l'obscurité (Engelmann, 1997), ainsi qu'un ajustement du milieu de culture. La croissance peut être

ralentie en ajoutant au milieu des substances aux propriétés osmotiques telles que le mannitol ou le saccharose. Des agents retardateurs de croissance comme l'acide abscissique sont également utilisés. Par ailleurs, d'autres substances comme le charbon actif ont parfois des effets favorables sur le retard de croissance. Selon les espèces, les plantes doivent être mises en réserve immédiatement après la dernière transplantation, ou seulement après un certain délai (Engelmann, 1992a).

d. Cryoconservation

Le stockage des cultures en cryoconservation à ultrabasse température, consiste à stocker différents tissus vivants (suspensions cellulaires, cals, méristèmes apicaux, embryons et même graines entières) généralement, dans de l'azote liquide (-196°C). À cette température, toutes les divisions cellulaires et les processus métaboliques sont pratiquement arrêtés et, par conséquent, le matériel végétal peut être stocké sans altération ni modification, théoriquement indéfiniment (Engelmann, 1997). Le matériel végétal doit être capable de résister au processus de congélation (avant stockage) et de décongélation (après stockage). Il y a différentes techniques de cryoconservation, à savoir : la congélation lente contrôlée, la vitrification, l'encapsulation-déshydratation, l'encapsulation-vitrification, la préservation des bourgeons dormants, la préculture-déshydratation et la congélation en gouttelettes "Drope-freezing" (Hunter et Heywood, 2011).

La cryoconservation figure parmi les méthodes les plus prometteuses de conservation à long terme. L'un de ses principaux avantages est sa très faible exigence en termes d'espace par rapport à la conservation *in vitro* et aux banques de gènes *in-situ*. Elle constitue également la méthode de conservation à long terme la plus rentable, car elle nécessite très peu d'entretien (Dulloo et al., 2009).

e. Stockage du pollen

Le stockage du pollen est une technique de conservation des ressources génétiques qui est adaptée aux espèces pérennes d'arbres fruitiers et forestiers. Le pollen pourrait représenter une méthode intéressante pour la conservation à long terme d'espèces difficiles à conserver par d'autres méthodes *ex-situ*. En particulier, le stockage du pollen est fréquemment utilisé par les sélectionneurs dans des programmes de sélection, pour produire des haploïdes et pour rapprocher les périodes de floraison des plantes mâles et femelles et pour optimiser la

nouaison dans les vergers (Towill, 1985 ; Alexander et Ganeshan, 1993). La collecte et le stockage du pollen pourraient permettre d'obtenir un échantillon plus représentatif de la diversité génétique des populations sauvages (Panella et al., 2009). Pour cette seule raison, le pollen peut constituer un moyen efficace de conservation. Un de ces avantages est que les parasites et les maladies sont rarement transférés par le pollen (à l'exception de certaines maladies virales) et soumis à des obligations de quarantaine moins strictes. Cela permet de déplacer et d'échanger en toute sécurité le matériel génétique sous forme de pollen entre plusieurs sites.

f. Stockage d'ADN

Cette technique, développée récemment, prend de plus en plus d'importance. L'ADN des noyaux, des mitochondries et des chloroplastes est maintenant prélevé et stocké de façon routinière. Le matériel d'ADN peut maintenant être extrait et conservé à -20°C dans une solution alcoolique. Cette forme de conservation devient de plus en plus importante à mesure que les techniques moléculaires évoluent et que le nombre d'utilisateurs d'ADN augmente. Il est également entendu qu'aucune plante ne peut être régénérée à partir d'un échantillon d'ADN et que cette méthode fasse partie d'une approche de conservation complémentaire (Adams, 1997). La technologie du clonage de l'ADN a encore facilité l'utilisation efficace des séquences d'ADN. Ces avancées ont conduit à la formation d'un réseau international de dépôts d'ADN génomique. L'avantage du stockage de l'ADN est qu'il est efficace et simple et qu'il permet de surmonter de nombreuses difficultés et contraintes physiques qui caractérisent les autres modalités de stockage.

g. Jardins botaniques

De tout temps, les jardins botaniques ont occupé une place centrale dans la collecte et le partage des graines et autres propagules avec leurs homologues. Les jardins botaniques sont désormais beaucoup plus impliqués dans la conservation des ressources phyto-génétiques et particulièrement pour les espèces non cultivées, médicinales et sauvages en focalisant sur les espèces rares et menacées (Du Puy et Wyse Jackson, 1995). Les jardins botaniques sont des institutions abritant des collections documentées de plantes vivantes à des fins de recherche scientifique, de conservation, d'exposition et d'éducation. Le rôle des jardins botaniques dans la conservation a fait souvent l'objet de profonds débats. En raison de leur espace restreint,

le nombre d'accessions de chaque espèce est limité et la valeur des jardins botaniques pour la conservation de la diversité génétique est donc, souvent mise en doute. Cependant, il a été révélé que pour les espèces rares, les collections des jardins botaniques peuvent conserver plus de diversité génétique que dans les populations sauvages et peuvent être utilisées pour accroître la diversité génétique des populations sauvages en vue de leur réintroduction dans le milieu naturel (Hunter et Heywood, 2011).

h. Conservation ex-situ des ressources génétiques animales

La conservation ex-situ des ressources génétiques animales se réfère à la conservation externe de l'animal vivant dans un environnement modifié, dans des conditions cryogéniques, y compris, entre autres, la conservation cryogénique d'embryons, de sperme, d'ovocytes, de cellules somatiques ou des tissus ayant le potentiel de reconstituer ultérieurement des animaux vivants (FAO, 2015).

i. Conservation ex-situ des microorganismes

Cette technique consiste un entreposage des microorganismes et le maintenir dans un état viable, sans changement morphologique, physiologique ou génétique, jusqu'à ce qu'il soit utilisé. Elle se fait selon différentes méthodes, la conservation dans le gel de silice, séchage à froid (Lyophilization), séchage des liquides, maintien des bactéries dans les disques de gélatine, cryoconservation (David et Matthew, 2008).

2. Conservation *in-situ*

La conservation in situ consiste à maintenir des espèces dans leur milieu naturel et préserver de populations viables d'espèces dans leur environnement naturel, là où elles se sont trouvées, et elle préserve le processus naturel d'évolution, ce qui n'est pas possible en cas de conservation ex-situ et permet le flux génétique et la propagation géographique (Edwards et Kelbessa, 1999). De nos jours, la conservation in situ a attiré beaucoup d'attention et des efforts sont faits pour conserver les ressources génétiques dans leur environnement naturel. Elle est importante pour la conservation des espèces qui sont difficiles à conserver dans des conditions ex-situ. La conservation *in-situ* se pratique dans des zones protégées.

Les méthodes de conservation in situ incluent les différents systèmes d'aires protégées et la conservation à la ferme, dans laquelle les plantes cultivées et les animaux domestiques sont conservés dans les écosystèmes agricoles où ils ont été développés et utilisés. Voici un aperçu général des méthodes de conservation *in-situ* :

a. Conservation dans des aires protégées

Les aires protégées sont des zones géographiquement délimitées qui sont règlementées et gérées pour atteindre des objectifs de conservation spécifiques (Miller et al., 1995). Les zones protégées doivent avoir une taille suffisante pour permettre le maintien d'un écosystème ou d'une espèce donnée (IUCN, 1990). En outre, il est nécessaire d'avoir des systèmes d'aires protégées qui soient représentatifs des principaux reliefs et écosystèmes. Les aires protégées jouent un grand rôle dans la conservation de la biodiversité. Elles ont des valeurs environnementales, sociales, économiques, scientifiques, éducatives et esthétiques. Il existe différentes formes d'aires protégées basées sur des objectifs de gestion (Hawksworth, 1995). La durabilité de la conservation in situ dans les zones protégées dépend de la protection à long terme et de l'efficacité de la gestion (IUCN, 1990 ; Wolf, 1999).

La conservation de la biodiversité dans les zones protégées nécessite la mise en place des incitatives appropriées de la part des organismes internationaux, régionaux et nationaux pour les utilisateurs des ressources dans les zones protégées.

b. Conservation à la ferme

La conservation à la ferme consiste à conserver les cultures et leurs parents sauvages, le bétail et les écosystèmes dans lesquels ils se trouvent. Ces écosystèmes sont notamment les jardins potagers, les champs de culture, les structures agroforestières, les champs en jachère et les pâturages. Les systèmes de gestion des ressources indigènes et les pratiques agricoles jouent un rôle important dans le maintien et la diversification des plantes et des animaux domestiqués (McNeely et al., 1995). Les connaissances, compétences et pratiques indigènes des agriculteurs jouent un rôle important dans la conservation et la gestion de la biodiversité agricole. Ils constituent de meilleures options pour construire la base scientifique de la conservation in situ de la biodiversité à la ferme (Deribe et al., 2002). La conservation par les agriculteurs implique le maintien de races végétales ou animales dans le cadre de systèmes agricoles traditionnels. Dans les exploitations traditionnelles, les espèces dites "race locale" sont semées et récoltées, et chaque saison, les agriculteurs conservent une partie des graines récoltées pour les ressemer. Les races traditionnelles d'animaux domestiques sont maintenues par croisement au sein et entre les populations locales des villages.

V. Apports des méthodes et outils de la génétique

La génétique des populations étudie chez les êtres vivants la structure génétique et sa variation éventuelle d'une génération à l'autre, sous la façon dont se fusionnent les gamètes d'une part, et sous l'action de divers phénomènes tels que mutation, migration, sélection naturelle d'autre part. Dans le cadre de la gestion des ressources phyto-génétiques, la connaissance des patrimoines génétiques à partir de ces outils de la génétique avance la stratégie de gestion. Dans le programme de gestion et protection, la diversité génétique est reconnue comme une information fondamentale en vue de la mise au point de stratégies de conservation (Newton, 1999).

Depuis une vingtaine d'années, le développement des techniques de marqueurs moléculaires rend plus précis l'étude de la diversité génétique des espèces. Actuellement, les marqueurs génétiques sont largement utilisés pour estimer le polymorphisme et prédire l'évolution des populations végétales. L'avancée dans la connaissance du génome des plantes a favorisé le développement de marqueurs moléculaires ciblant une région de l'un des génomes nucléaire, chloroplastique et mitochondrial. Le développement de la génomique donne accès aux gènes contrôlant des caractères adaptatifs, très importants pour la gestion des ressources génétiques.

VI. Gestion des collections génétiques dans les banques des gènes

Les données des ressources génétiques conservées sont nécessaires dans les banques de gènes à plusieurs niveaux pour gérer les échantillons, identifier et classer les accessions, et aider l'utilisateur à prendre des décisions pertinentes. Chaque échantillon est introduit dans la collection avec des données de passeport pour documenter ses origines. Son identification et sa classification précises dépendent de la caractérisation des principaux attributs morphologiques de la plante vivante. Des descripteurs génériques et spécifiques aux cultures sont disponibles pour aider à normaliser les données recueillies pendant la caractérisation.

La gestion des grandes collections passe par l'exploitation de systèmes informatiques modernes. Un système de gestion de bases de données commerciales peut constituer un bon point de départ pour l'élaboration de systèmes de documentation spécialisés. Plusieurs systèmes ont été mis au point. Au début, la compatibilité entre les différents systèmes informatiques des banques de gènes était assez médiocre, mais grâce à une normalisation plus poussée, ce problème a été surmonté. La création de bases de données centrales est une

innovation récente au niveau de la gestion informatique des ressources génétiques. Des informations sur tous les stocks existants d'une plante donnée sont conservées dans une base de données centrale.

Parmi les puissants systèmes mondiaux de la gestion des données dans la banque de gènes :

- GBIS (the information system of the German Genebank) est une source d'information importante pour les chercheurs et les sélectionneurs de plantes, par exemple pour identifier le matériel génétique approprié à des fins de sélection.
- GRIN-Global est né du propre système de gestion des données de la banque de gènes de l'USDA, le Germplasm Resources Information Network (GRIN, 1986-2015). Depuis 2011, GRIN-Global est disponible gratuitement pour toutes les banques de gènes.

VII. État de conservation des ressources génétiques au Maroc

Le Maroc a toujours eu une politique de collecte, d'acclimatation et de sélection de plantes. Les espèces cultivées sont alors conservées sous forme de semences, d'organe ou de plantes en conditions artificielles, ou encore de plantes rassemblées en collections au champ : on parle de conservation ex-situ. Dans ce qui suit, les deux formes de conservations ex-situ seront traitées, de même que la stratégie élaborée en matière de la restitution des ressources génétiques d'origine marocaine conservées par tout dans le monde.

Selon SPANB (Stratégie et Plan d'Action National de la Biodiversité du Maroc, 2016-2020), la biodiversité marocaine comprend plus de 24 000 espèces animales (24 602 précisément) et 8 371 espèces végétales avec un taux d'endémisme particulièrement élevé parmi les pays méditerranéens (20% pour les plantes vasculaires, 11% pour la faune).

Les activités relatives aux ressources phyto-génétiques au Maroc sont organisées dans un programme multi-institutions sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche et de la Direction des Forêts. Les principales institutions sont : l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV Hassan II), le Centre National de Recherche Forestière (CNRF), la Direction de l'Élevage (DE), la Direction de la Protection des Végétaux (DPVCTRF), Direction de la production (DPV), École nationale agricole (ENA) et L'École Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI). Les premières collectes de germoplasme local ont débuté dès les années vingt.

Les collectes sont restées cependant sporadiques et ont été organisées essentiellement pour répondre aux besoins précis des programmes d'amélioration étrangers. Ce n'est qu'à partir

des années 1980, que des prospections systématiques et planifiées sont organisées par les nationaux pour les espèces cultivées, en l'occurrence les céréales, les cultures fourragères, les légumineuses alimentaires et les arbres fruitiers. Les collections nationales sont préservées, soit sous forme de collections aux champs (vergers, espèces fourragères pérennes) soit sous forme de graines dans des chambres froides. Les collections ainsi maintenues, dans la banque de gènes située au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat, pour la conservation à moyen et long terme de plus de 526 espèces originaires du Maroc. Les graines sont stockées dans des emballages en aluminium dans la plupart des installations selon les recommandations internationales de conservation ; jusqu'à présent, cette banque des gènes regroupe 69 626 accessions. Concernant la conservation à la ferme des variétés locales, la base scientifique de ce type de conservation n'est étudiée que récemment (Saidi, 2007).

Selon Stratégie nationale de la Biodiversité (2004), la faune marocaine est composée d'environ 24.000 espèces identifiées, dont 11% sont endémiques du Maroc. Cette faune englobe 113 Mammifères, 317 Oiseaux, 98 Reptiles, 11 Amphibiens, 1189 Poissons et 17893 Invertébrés. La faune domestiquée au Maroc correspond essentiellement à des espèces de production ; mais aussi, à des formes ayant leurs valeurs historique et/ou culturelle (chevaux). L'étude nationale sur la Biodiversité des microorganismes a révélé la présence de quelques centaines d'espèces au Maroc ; mais avec des centaines d'isolats. C'est un chiffre qui montre l'importance de lacune qui caractérise les études microbiologiques dans notre pays. Ce n'est qu'en 1998, le CNRST a mis en place les collections coordonnées de microorganismes (CCMM) ce, grâce à l'appui financier et technologique de la coopération internationale en l'occurrence la coopération bilatérale belge, la Commission européenne et l'UNESCO. Plusieurs chercheurs de l'INRA ont déposé une partie de leurs souches dans cette collection (INRA., 2021).

MATERIEL ET METHODES

Modèle de gestion stratégique pour le CNRG

Nous avons élaboré un plan d'action et développé un modèle de gestion de banque de gènes qui suit les normes internationales en l'adaptant aux conditions nationales et aux besoins des chercheurs en vue d'optimiser la gestion de nos ressources génétiques pour le futur Centre National des Ressources Génétiques (CNRG).

1. Méthodes d'étude

Afin d'identifier les meilleurs processus et pratiques pour la conservation des ressources génétiques au Maroc et dans l'objectif d'en tirer leçons et de nous inspirer des banques de gènes existantes, nous avons effectué une analyse benchmarking, technique qui consiste à rechercher les meilleures pratiques à adopter et qui nous permettront à nous positionner par rapport aux banques de gènes internationales.

Dans un premier temps, nous avons identifié les meilleurs institutions et centres mondiaux dans le domaine de conservation des ressources génétiques, comme des points de référence : 12 centres nationaux et internationaux « NARO (Japan) ; CGN Wageningen (Pays bas) ; BNG (Tunisie) ; Genebank - IPK Gatersleben (Allemagne) ; Millennium Seed Bank (Royaume uni); ILRI (CGIAR); USDA gene banks (États-Unis); Plant Gene Resources of Canada (Saskatchewan); Egypt – National Genebank ; Centre RG Australien ».

Dans un deuxième temps, nous avons identifié les différents indicateurs qui concernent la gestion des ressources génétiques et le fonctionnement de ces organisations.

Nous avons utilisé comme source d'information pour collecter les données nécessaires à la démarche : des sites web, les plateformes de ces centres de ressources génétiques, ainsi que les discussions personnelles. Nous avons classé ces informations dans un tableau Excel afin d'établir les mesures nécessaires (Annexe 3)

Parallèlement, nous avons développé un questionnaire destiné aux chercheurs de l'INRA portant sur les indicateurs utilisés pour l'analyse benchmark. Celui-ci contribue à une démarche de qualité et optimise la possibilité d'améliorer la recherche scientifique. L'objectif est de construire un outil complémentaire permettant d'évaluer directement les

recommandations des chercheurs en matière des ressources génétiques. Ainsi, nous avons utilisé l'application « Google Forms » pour lancer le questionnaire et pour traiter les réponses. Il est à noter que les questions posées sont traitées séparément et le pourcentage des réponses est calculé sur les 66 participants (Annexe 4). Les pourcentages relatifs à l'analyse benchmark et au questionnaire pour chacun des indicateurs sont représentés sur un seul graphe. Ceci nous permettra de visualiser la part de chacune des deux parties.

2. Paramètres étudiés

- Type des ressources génétiques conservées (animales, végétales, microorganismes...).
- Méthodes de conservation (in vivo, in vitro, cryoconservation, chambres froides...).
- Type des variétés et espèces conservées (locales, améliorées, sauvages, menacées...).
- Type de laboratoires (phénotypage, génotypage...).
- Type d'activités de gestion des ressources génétiques (acquisition, multiplications, caractérisation, distribution, documentation).
- Certification et normes de qualités.

RESULTATS ET DISCUSSION

1) Type et nature des ressources génétiques

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure ci-dessous, celle-ci nous montre que :

- Au niveau de type des ressources génétiques, et selon les organisations étudiées dans le benchmark ont montré que les ressources génétiques des végétaux sont les plus conservés (100%), suivies des ressources génétiques animales (54%) et enfin la conservation des microorganismes avec 36%. Par contre 92% des participants au questionnaire montrent la nécessité de la conservation trois types de ressources génétiques (végétales, animales, microorganismes).

De ces résultats, il ressort que les ressources génétiques végétales occupent la première place au niveau du processus de conservation, autrement dit, ces ressources sont les plus conservées par rapport aux ressources génétiques animales et aux microorganismes. Ceci peut être expliqué par la facilité des techniques utilisées dans la conservation des végétaux (FAO, 2015) en comparaison avec les autres types d'organismes (animaux et microorganismes). Ces derniers nécessitent des techniques de cryoconservation qui sont généralement très coûteuses, comme ceci a été souligné par la FAO en 2015). Au Maroc, au niveau du CRRRA de Settat, il y a 69 626 des ressources végétales qui sont conservées, parmi lesquelles on en distingue différents types de variétés (locales, régionales et nationales). Ces données sont en accord avec celles présentées par INRA, 2021.

- Au niveau de la nature des ressources génétiques, les résultats obtenus de l'ensemble des réponses des participants au questionnaire relatif à la nature des ressources génétiques, il ressort que la conservation des variétés et races locales semble la plus recommandée (98%) par rapport aux espèces sauvages (78%) et aux variétés et races améliorées (67%). Ceci peut être expliqué par le fait que ces produits sont typiques à son environnement et ils peuvent disparaître facilement suite à des changements environnementaux locaux. En outre, ces produits sont dans leur grande partie endémiques ayant des aires de répartition géographique très limitées. On peut y trouver des espèces rares voire en voie de disparition, d'où la nécessité de leur préservation. Contrairement aux espèces dont l'aire de répartition très large est qui s'adapte à divers types de milieux (Antoine, 2016).

Pour les résultats obtenus, de l'étude benchmarking montre que les espèces sauvages sont plus conservées (90%) par rapport aux variétés et races améliorées (72%) ainsi qu'aux variétés et races locales (63%). Il semble que ces espèces sont les plus exposées aux divers facteurs de dégradation (changement climatique, effet anthropique et autres) (J. DORST, 1991).

Les pourcentages relatifs au questionnaire et au benchmark sont donnés dans le tableau 2 :

Tableau 2: Pourcentages des indicateurs de type et de nature des ressources génétiques

(RGV : Ressources génétique végétales ; RGA : Ressources génétiques animales ; RGM : Ressources génétiques des microorganismes ; VRL : Variété et race locale ; VRA : Variétés et races améliorées ; ES : Espèces sauvages)

Paramètres	RGV	RGA	RGM	VRL	VRA	ES
Benchmark	100%	54%	36%	63%	72%	90%
Questionnaire	92%	92%	92%	98%	67%	78%

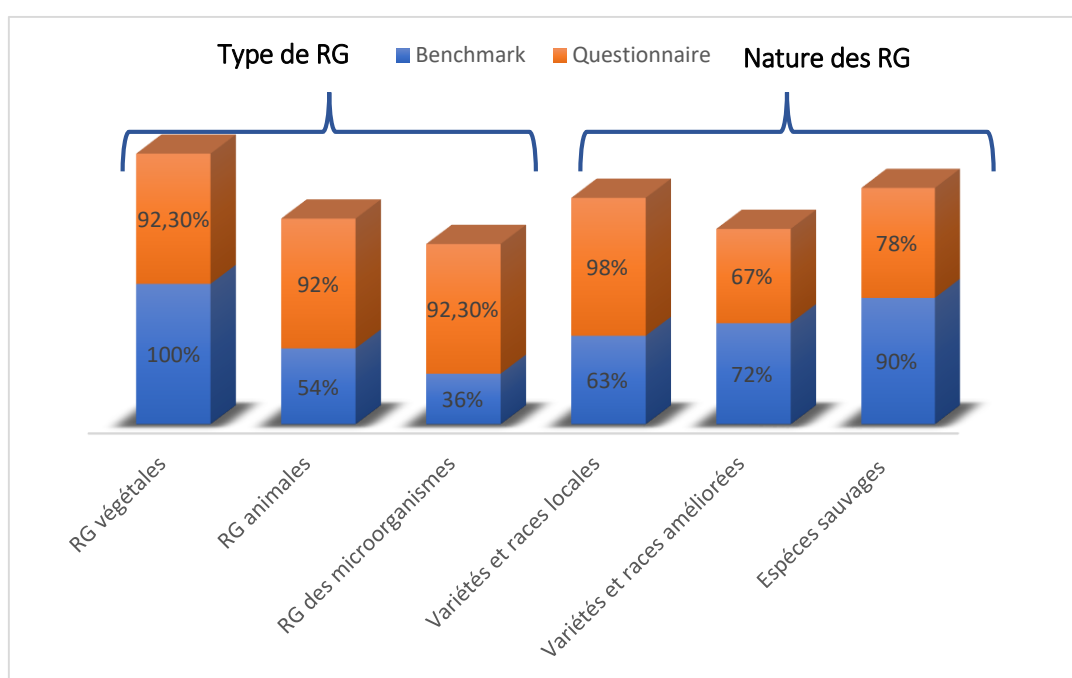


Figure 2: Pourcentages relatifs aux indicateurs de type et nature des ressources génétiques

2) Méthodes de conservation des ressources génétiques

Concernant les différentes méthodes de conservations, nous avons remarqué que la conservation à long terme semble la plus recommandée par les participants au questionnaire relatif aux ressources génétiques (87%). Par contre les autres méthodes de conservation sont relativement faibles, dont le pourcentage varie entre 17 et 42% (figure 3). Ceci est en accord avec les résultats issus de l'étude benchmarking dont les méthodes de conservations : à long

terme et cryoconservation sont largement utilisées avec des pourcentages respectivement de 100% et 90%, suivis de la technique de conservation in vitro. Les autres méthodes ont un faible pourcentage qui varie entre 10 et 54%.

La conservation à long terme des ressources génétiques nous semble importante, elle nous permet d'éviter le renouvellement fréquent du matériel génétique. Ceci est en accord avec les données présentées par certains auteurs (Jean et al, 2015).

Les pourcentages relatifs au questionnaire et au benchmark sont donnés dans le tableau-3 :

Tableau 3: Pourcentages relatifs aux indicateurs des méthodes de conservation des ressources génétiques (CMT : Conservation à moyen terme ; CLT : Conservation à long terme ; cryo : Cryoconservation ; C : Conservation)

Paramètres	CMT	CLT	Cryo.	C. in vitro	C. du pollen	C. aux champs	C. d'ADN
Benchmark	36%	100%	90%	63%	10%	54%	45%
Questionnaire	37%	87%	42%	17%	18%	42%	31%

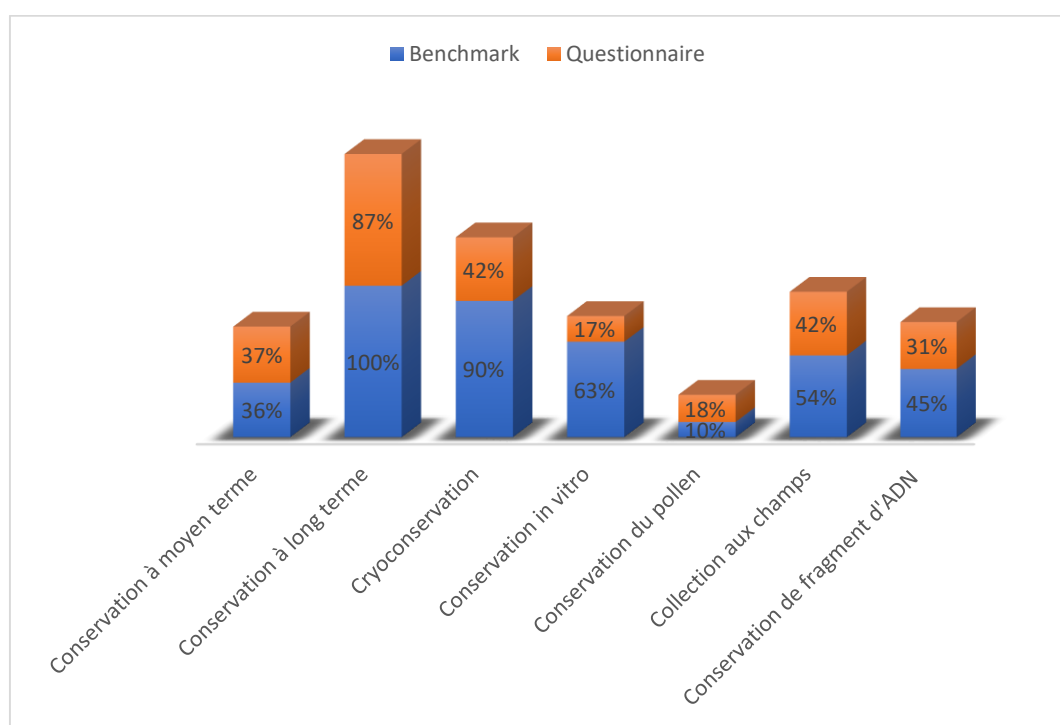


Figure 3: Pourcentages relatifs aux indicateurs des méthodes de conservation des ressources génétiques

3) Laboratoires, activités de gestion des ressources génétiques et normes de qualités

La représentation graphique des résultats obtenus montre que les laboratoires les plus utilisés pour la gestion des ressources génétiques selon l'étude benchmark sont les laboratoires

d'analyse de phénotypage et de géotypages, avec un pourcentage de 72%. Des résultats similaires ont été obtenus par les participants du questionnaire.

Nous notons selon le benchmark que les activités liées à la gestion des ressources génétiques (acquisition, multiplication, caractérisation et évaluation, distribution, et documentation) représentent un pourcentage de 100%, nous constatons alors que ce sont des paramètres indispensables pour le fonctionnement des centres de ressources génétiques. Ces données semblent en accord avec celle de van Soest (1990). Par ailleurs nous soulignons une variation de pourcentage selon les participants du questionnaire par rapport à ce paramètre dont la priorité est donnée pour l'acquisition de nouvelles collections et multiplication du stock avec des pourcentages de 86%, 72% respectivement.

Les résultats du benchmark montrent que la plupart des centres étudiés ne disposent pas de certification ISO (18%). Ceci peut être expliqué par le coût élevé de cette certification, comme l'avait souligné Ann (2019). Contrairement au pourcentage des participants du questionnaire qui recommandent une certification ISO pour le CNRG. Ceci montre bien que les participants souhaitent optimiser le système de management et de qualité pour nos ressources.

Les pourcentages relatifs au questionnaire et au benchmark sont donnés dans le tableau-4.

Tableau 4: Pourcentages relatifs aux indicateurs du type de laboratoires, natures d'activités de gestion des ressources génétiques et normes ISO qualités (Lab. Phéno : Lab.phénotypage ; Lab. Géno : Lab. Génotypage ; Lab. Phys : Lab. physiologie ; ANC : Acquisition de nouvelles collections ; MS : Multiplication du stock ; C : Caractérisation/ EMC : Evaluation du matériel conservé ; D : Distribution ; Doc : Documentation ; ISO : Norme ISO

Paramètres	Lab. phéno	Lab. Géno	Lab.phys	ANC	MS	EMC	D	Doc	ISO
Benchmark	72%	72%	18%	100%	100%	100%	100%	100%	18%
Questionnaire	73%	81%	74%	86%	72%	53%	43%	62%	90%

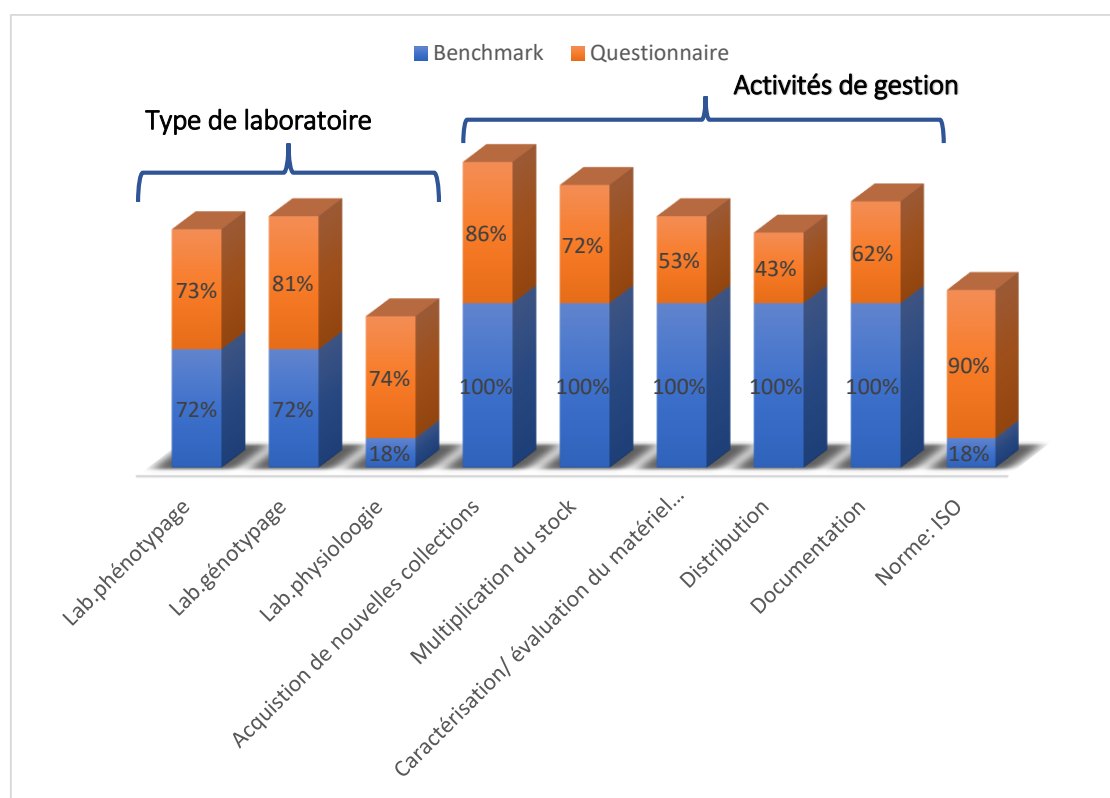


Figure 4: Pourcentages relatifs aux indicateurs du type de laboratoires, natures d'activités de gestion des ressources génétiques et normes ISO de qualités (*lab : laboratoire*)

Conclusion générale et recommandations

Il ressort de l'ensemble de nos résultats que les méthodes de conservation des ressources génétiques varient en fonction de nombreux facteurs, dont le type et la nature des ressources génétiques, le mode de gestion, le laboratoire et les normes de qualité. Il se montre que les ressources végétales semblent les plus conservées avec une tendance vers les espèces sauvages selon l'étude benchmarking. Les participants ont recommandé à ce qu'il y ait d'autres ressources à conserver en plus, à savoir les ressources animales et les microorganismes. Parmi les techniques de conservation, il semble que la conservation à long terme étant la plus utilisée et la plus recommandée aussi, sauf que l'étude benchmarking à monter que la technique de cryoconservation est largement utilisée.

Les participants de l'INRA recommandent à ce que tous les différents types de laboratoires (phénotypage, génotypage et de physiologie) soient installés pour la conservation des ressources génétiques. Cependant le benchmark à montrer que sauf les deux laboratoires : phénotypage, génotypage sont largement utilisés. Quant au mode de gestion des ressources génétiques, toutes les différentes types d'activité de gestion semblent très importantes ; contrairement aux recommandations des participants qui soulignent que l'acquisition des

collections et la multiplication du stock sont d'un grand intérêt dans la conservation des ressources génétiques, en tenant compte de la qualité de ce matériel génétique.

Le plan d'action fixé par le CNRG, semble d'un grand intérêt socioéconomique, il serait unique dans son genre, mais en même temps reposer sur l'expertise des 12 centres de conservation de notre étude du benchmark. Par ailleurs, les résultats des enquêtes (questionnaire) réalisées auprès des chercheurs de l'INRA ont permis de mieux cerner les activités et les stratégies que le nouveau CNRG devrait suivre et qui peuvent être listées comme suit :

- Le CNRG sera dédié à la conservation de toutes les RG (végétales, animales et microorganismes) d'intérêt agronomique et agroalimentaire au Maroc, mais également à leur valorisation et utilisation ;
- Le CNRG aura pour missions d'acquérir, multiplier, caractériser, conserver et diffuser des ressources génétiques et les informations liées. Ces activités devraient être organisées de façon de plus en plus professionnelle afin de répondre dans les meilleures conditions à la demande des acteurs de la recherche fondamentale et appliquée ainsi que les organisations et institutions nationales et internationales ;
- le CNRG devrait accorder une grande importance à l'évaluation du matériel génétique conservé pour des caractéristiques moléculaires et agronomiques (génotypées et phénotypées), afin de faciliter l'accès à la diversité présente et rendre plus rapide et efficace son utilisation dans la recherche et le développement de nouveaux produits ;
- Le CNRG devrait disposer de toutes les infrastructures (équipements et laboratoires) aux capacités exceptionnelles d'analyse et de traitement des données pour mener à bien des recherches fondamentales et appliquées de très haut niveau dans les secteurs de conservation et de gestion des RG ainsi que leur valorisation ;
- Enfin, le CNRG devrait s'appuyer sur un label international et une norme nationale spécifique pour orienter et valider les processus continus d'amélioration de la qualité de ses services.

**B. DEUXIEME PARTIE : CARACTERISATION ET EVALUATION D'UNE COLLECTION
DE TOMATES LOCALES ET COMMERCIALES**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Origine, distribution géographique et ressources génétiques de la tomate

La tomate est originaire du nord-ouest de l'Amérique du Sud, précisément des régions andines couvertes par la Colombie, l'Équateur, le Pérou, la Bolivie, et le nord du Chili. C'est dans ces régions qu'on a retrouvé des plantes spontanées (sauvages) de diverses espèces notamment, la tomate cerise (*Solanum lycopersicum cerasiforme*) à partir de laquelle la tomate cultivée a probablement été domestiquée au Mexique (Harlan, 1987). La tomate (*Solanum Lycopersicum*) a été cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, sous le nom aztèque « tomatl », avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum* var *cesariforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles (Renaud, 2006). Cependant, l'hypothèse d'une domestication parallèle au Pérou ne peut toutefois être définitivement écartée (Peralta et Spooner, 2002). La plante s'est ensuite répandue dans l'Europe à partir du XVe siècle, d'abord en Espagne par les conquistadors espagnols puis, en Italie et en France vers le XVIIe siècle. Chez la tomate, la domestication a entraîné une augmentation de la diversité de la forme et de la couleur de fruits, une amélioration de la saveur avec une augmentation du contenu en sucres et acides, une augmentation de la taille des fruits voire un gigantisme (Bai et Lindhout 2007). La collection, la description, la propagation et la distribution de matériel génétique sont d'une grande importance pour l'amélioration de la tomate. De gros efforts ont été initiés à partir de la deuxième moitié du XXème siècle, pour prospecter dans le centre de diversification du genre *Solanum* et récolter des centaines d'accessions sauvages.

II. Botanique de la plante

1. Historique

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une plante herbacée annuelle, de la famille des Solanacées qui est cultivée pour ses fruits. Cette espèce tire son origine étymologique de l'Espagnol tomate. La tomate cultivée avait été classée scientifiquement par Linné en 1753 dans le genre *Solanum* avec comme nom binomial *Solanum lycopersicum*. Miller (1768) l'avait classée dans le genre *Lycopersicum* et la renomma *Lycopersicum esculentum*, car considérant que la tomate différait substantiellement des autres espèces du genre *Solanum*, telles la

pomme de terre et l'aubergine (Smith, 2001). Toutefois, les techniques modernes de la biologie moléculaire ont permis d'établir des arbres phylogénétiques, montrant que la tomate devrait être rattachée au genre *Solanum*, donnant ainsi raison à Linné (Anonyme 2, 2009). Le genre *Solanum* comprend 9 à 15 autres espèces de tomate, dont la seule espèce cultivée est *Solanum lycopersicum* (Anonyme 3, 2006). Toutes ces espèces sont diploïdes avec le même nombre de chromosomes ($2n = 24$). Les espèces sauvages constituent une source de variabilité très importante pour l'amélioration et l'adaptation variétale (Philouze et Laterrot, 1992).

2. Classification botanique

Selon GUIGNARD (2000), la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Solanales

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum Lycopersicum*

III. Biologie et reproduction

1. Appareil végétatif

La tomate est une plante herbacée annuelle. On distingue 2 grands types de tiges, celles à croissance déterminée, dont la fonction végétative s'arrête à la fin d'un cycle de production, à la fructification et les types à croissance indéterminée, dont la plante peut croître indéfiniment. Chez les variétés à croissance indéterminée, la plante produit un bouquet floral toutes les 3 feuilles durant toute la vie de la plante, tandis que chez les variétés à croissance déterminée, la floraison est concentrée sur une courte durée (Anonyme 4, 2002). La plante de tomate produit sa première inflorescence 50 à 60 jours après semis (Dupriez et Loener, 1987). Son port, souvent dressé tel que présenté sur la figure 5, devient retombant ou semi-retombant au fil de la croissance et de la ramification des tiges. On distingue ainsi des ports érigés, et des ports prostrés qui nécessitent un tuteurage au fil de croissance. Le système racinaire est pivotant et peut atteindre 50 cm avec forte densité de racines latérales et adventives. La tige est anguleuse, épaisse aux entre-nœuds, poilue, de consistance herbacée

en début de croissance, et tend à devenir un peu ligneuse en vieillissant. La croissance de la tige est monopodiale au début et devient sympodiale après 4 à 5 feuilles. Les bourgeons axillaires donnent naissance à des ramifications successives, tandis que les bourgeons terminaux produisent des fleurs ou avortent (Chaux et Fourry, 1994) Les feuilles, longues de 15 à 50 cm et larges de 10 à 30 cm sont alternes, composées, imparipennées et disposées en phyllotaxie hélicoïdale. Elles comprennent 5 à 7 folioles aux lobes très découpés et couvertes de poils glandulaires.

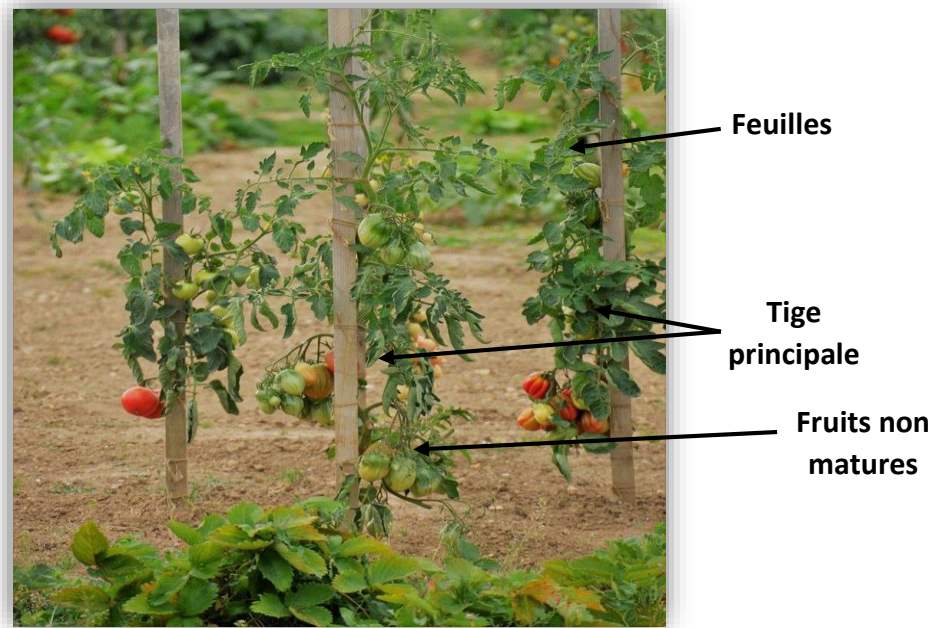


Figure 5: Plante de tomate (variété Zagoura) en fructification

2. Appareil reproducteur et cycle de développement

L'inflorescence de la tomate est une cyme. La fleur, actinomorphe avec le tube du calice court, porte 5 sépales persistants de couleur verte. La corolle compte en général 6 pétales d'une couleur jaune. L'ovaire est supère avec 2 à 9 carpelles. L'androcée est composé de 6 étamines avec des anthères de couleur jaune entourant le style. La plante est autogame, cependant il existe des possibilités de fécondation croisée. Les fruits sont des baies charnues à peau lisse et de forme globulaire plus ou moins aplatie en général, avec un diamètre de 2 à 15 cm. Leur couleur rouge à maturité. La graine est petite et velue en forme de reins. Le cycle de développement de la tomate est divisé en 4 phases. La germination, épigée, s'effectue au bout de 6 à 8 jours après le semis. Le développement végétatif s'étend de la germination à la floraison qui apparaît 2 mois et demi environ après le semis. La fructification commence après

la nouaison des fleurs et la durée du cycle de développement complet de la tomate est de 4 à 5 mois environ pour les plantes semées directement et de 5 à 6 mois pour les plantes repiquées (Shankara *et al.*, 2005). La première récolte a lieu 45 à 55 jours après la floraison ou 90 à 120 jours après semis. Par ailleurs, elle peut être cultivée comme plante pérenne en climat tempéré (Soro, 2009)

IV. Conditions écologiques de la culture de tomate

Sol : La culture de la tomate requiert des sols légers, meubles avec un bon drainage et riches en matières organiques, avec un pH relativement acide (Daubrey et Akasey, 1992).

Température et lumière : La tomate est une plante exigeante en lumière. Elle nécessite un climat relativement frais et sec pour une récolte abondante et de qualité. La pollinisation et la nouaison des fleurs sont influencées par les températures diurnes et nocturnes. Il faut un écart de 6 °C entre le jour et la nuit pour obtenir une nouaison parfaite des fleurs. Les trop fortes chaleurs entraînent la chute des fleurs et réduisent ainsi le taux de nouaison et provoquent des brûlures sur les fruits qui les déprécient (Opena *et al.*, 1989).

Eau : La tomate nécessite une humidité suffisante du sol et des arrosages réguliers. Une pluviométrie de 5 mm par jour est nécessaire du repiquage à la floraison (Daubrey et Akasey, 1992). La tomate est très sensible à l'hygrométrie. Une humidité de l'air comprise entre 60 % et 65% est nécessaire pour un meilleur développement de la plante (Laumonier, 1979). Turcotte (2005) estime que les besoins en humidité relative chez la tomate varient avec la température ambiante. Ainsi, des hygrométries comprises entre 80 et 85 % combinées à des températures allant de 24 à 29 °C sont favorables à la culture.

V. Importance de la plante

1. Importance économique

La tomate occupe le premier rang mondial de légume (Philouze et Laterrot, 1992). Entre 1961 et 2018, la production mondiale de tomates a été multipliée par 6,6, passant de 27,6 millions de tonnes à 182,3 millions de tonnes. La majeure partie de cette progression est toutefois à mettre au crédit de l'Asie, dont la production de tomates a été multipliée par 14,7, passant de 7,6 millions de tonnes à 111,7 millions de tonnes. En Afrique, la production de tomates a également fortement augmenté, passant d'environ 2 millions de tonnes à 20,8 millions de tonnes. Les autres continents ont également vu leur production augmenter mais dans des proportions moindres : x 3,7 pour l'Amérique et x 2,1 pour l'Europe (Agri data., 2020).

Les principales régions de production de la tomate sont situées dans les zones tempérées proche du 40e parallèle nord et sud (Pitrat et Fourrry, 2003). La Chine est le premier producteur mondial avec plus du quart de la production totale en 2007, soit 33,6 millions de tonnes. Selon les données de la FAO, la production de tomate au Maroc a atteint le chiffre de 1 231 250 T. Le Royaume se place donc en 18eme position en ce qui concerne le volume produit. L'extension des superficies a été de 15 239 hectares par rapport à 2015. Le Maroc se place toutefois dans le top 5 des meilleurs rendements au mètre carré. Il se place juste derrière les Pays-Bas (50,7 kg/m²), les Etats-Unis (9,03 kg/m²), l'Espagne (8,62 kg/m²) et le Portugal (8,12 kg/m²) avec 8,09 kg/m².

2. Importance nutritionnelle

La tomate est cultivée pour ses fruits qui sont consommés, soit frais ou cuits, soit transformés industriellement. Elle est riche en vitamine C et en éléments minéraux. Elle contient aussi des antioxydants phénoliques très utiles, notamment le lycopène qui est réputé pour ses propriétés anticancéreuses et de prévention contre les maladies cardiovasculaires. C'est un aliment diététique riche en eau (93 à 95%) et très pauvre en calories, soit 8 à 20 kcal pour 100 grammes (Tableau 5). La tomate est utilisée dans de nombreuses préparations culinaires telles que la salade, les sauces, les soupes ou est transformée sous forme de jus, de concentré, de ketchup, etc.

Tableau 5: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate mûre (Anonyme 1, 1985).

<u>Macroéléments (g)</u> Eau 93 Protides 1 Glucides 4 Lipides 0,3	<u>Vitamines (mg)</u> Vitamine B1 0,09 Vitamine B2 0,04 Vitamine C 38
<u>Sels minéraux (mg)</u> Potassium 280 Magnésium 10 Sodium 3 Phosphore 27 Soufre 11 Zinc 0,24	<u>Divers (g)</u> Fibres 1,2 Cellulose 0,6
<u>Teneurs en caroténoïdes (µg)</u> β-carotène 449 α –Carotènes 101 Lycopène 2573	<u>Valeur calorifique</u> 20 kcal

VI. Diversité variétale et possibilités d'amélioration

De nombreuses tentatives d'amélioration de la tomate se sont orientées d'une part, vers la sélection de variétés adaptées spécifiquement aux diverses conditions environnementales et d'autre part, vers l'amélioration de la qualité des fruits et du niveau de résistance vis-à-vis de certains pathogènes (Philouse, 1999).

1. Sélection des hybrides résistants aux maladies et aux parasites

Plusieurs sources de résistances génétiques issues des espèces sauvages de tomate ont été recherchées et exploitées à partir des années 1940. Il s'agit particulièrement des variétés résistantes aux virus de la mosaïque du tabac et aux nématodes issus de l'espèce sauvage *Lycopersicum Peruvianum* (Causse et al., 2000). Actuellement, la sélection pour la résistance aux maladies et parasites a débouché sur des hybrides F1 portant des gènes dominants permettant de contrôler plusieurs pathogènes (ToMV, *Cladosporium fulvum*, *Verticilium daliae*, *Fusarium SSP*, *Pseudomonas tomato*, les nématodes à galles, etc. La stratégie de sélection évolue actuellement vers le cumul de plusieurs gènes contrôlant des mécanismes de résistances distincts pour lutter contre un seul pathogène.

2. Sélection pour l'amélioration de la qualité des fruits

Chez l'espèce cultivée de la tomate, des gènes issus de mutations sont utilisés pour l'amélioration de la qualité des fruits. Ces mutations agissent sur la teneur de ces pigments, certaines bloquent la synthèse du lycopène. Ainsi, les fruits portant les gènes mutés seront jaunes ou oranges, tandis que ceux ne portant pas la mutation auront une coloration rouge plus intense (Davies et Hobson, 1981). La qualité chez la tomate est un critère multi-composite qui doit être pris en compte à tous les niveaux d'utilisation lors de la sélection variétale. La qualité organoleptique du fruit, plus particulièrement, est plus difficile à caractériser ce qui complique la sélection pour ce caractère. Elle rassemble l'ensemble des critères liés à l'apparence, la flaveur et la texture du produit. La flaveur est une combinaison des saveurs et des arômes et elle se caractérise par les composantes chimiques associées à la teneur en sucres, en acides et à la composition en arômes.

VII. Maladies et ravageurs

La tomate demeure sujette à plusieurs maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts très importants. Les principaux symptômes et dégâts des maladies et ravageurs, ainsi que leurs moyens de lutte sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Maladies cryptogamiques les plus répandues chez la tomate et Moyens de les contrôler (*Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA., 1999*).

Maladies cryptogamiques	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Alternaria	Sur feuille : Apparition de taches arrondies noirâtres montrant des cercles concentriques. Des taches chancreuses peuvent se manifester sur tige. Sur Fruit : la maladie s'attaque en premier lieu aux sépales qui se nécrosent, puis passe aux calices.	Utilisation des variétés résistantes, destruction des fanes des cultures précédentes, rotation culturale adéquate, aération des tunnels, traitement chimique
Oïdium	Apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles, et d'un duvet blanc sur la face inférieure, Après jaunissement des feuilles, elles se dessèchent et tombent. Une malnutrition minérale accentue la maladie. La maladie ne se manifeste jamais sur fruit.	Assurer une bonne aération des serres pour éviter l'excès de chaleur, éviter les assoiffements des plants, supprimer les feuilles basales attaquées par la maladie, stimuler la croissance par un apport azoté, traitements chimiques
Mildiou	Apparition des taches jaunâtres qui brunissent rapidement. Sur la face inférieure des feuilles, on voit un duvet blanc, grisâtre qui déssimine les spores. Les tiges attaquées noircissent et la plante meurt en quelques jours.	Éviter les excès d'azote et d'eau, bonne aération des tunnels, élimination des plants malades, effeuillage régulier, traitements chimiques préventifs, alterner les produits pour éviter l'accoutumance
Botrytis (ou pourriture grise)	Sur feuille et tige : Apparition des taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre. Ces taches peuvent évoluer en chancre sur tiges et pétioles. Sur fruit, on observe une pourriture molle grise. Chute des fleurs et fruits.	Réduire les sources d'infection, destruction des débris végétaux, choix de variétés résistantes, éviter l'excès d'eau, éviter l'excès d'azote, aération adéquate des serres, traitement chimique, en préventif (essayer d'alterner les produits de la famille benzimidazoles et les dicarboximides)

MATERIEL ET METHODES

1. Structure d'accueil

Le présent travail a été réalisé au sein du jardin d'essais botanique de Rabat. Celui-ci possède une collection botanique d'une valeur exceptionnelle, avec plus de 650 espèces ornementales et fruitières d'origine diverse. Il contribue à la conservation de la biodiversité végétale, à la production et la préservation des espèces rares et à l'acclimatation des espèces introduites.

Le programme scientifique du jardin regroupe et fédère les différentes structures de recherche et des laboratoires aussi bien de l'INRA que d'autres institutions qui œuvrent ensemble dans les domaines botaniques, écologiques, agronomiques, et des ressources génétiques. L'échange des ressources génétiques avec les jardins partenaires ainsi que la valorisation des récoltes de la flore du jardin figurent parmi les priorités du jardin.

Le domaine jardin d'essais botanique de Rabat est situé dans le quartier de l'Agdal, sa superficie totale est de dix-sept hectares avec une partie en amont et une partie en aval, à une altitude de 5m, à la latitude 33 ° 58 N et la longitude 6 ° 51 W. Le sol au niveau de Domaine est de nature argilo sablonneux à Limono sablonneux avec une teneur en matière organique qui varie de 0.5 à 1,5% selon les carrés. Le pH est neutre à légèrement alcalin selon les carrés. Le jardin d'essais botanique possède un climat méditerranéen chaud avec été sec. Sur l'année, la température moyenne du jardin est de 17.3°C et les précipitations sont en moyenne de 52mm.

2. Matériel

a. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé dans cette expérience est composé de 11 variétés de tomate dont 2 commerciales, 2 provenant des collections de la banque gènes de Settat et 7 variétés locales obtenues auprès des agriculteurs de la région d'Agadir fournies par le Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Agadir (tableau 7).

Tableau 7: Liste des variétés et leur origine

Variétés	Nom	Provenance	Source	Type
Variété 1	Campbell 33	Société : Sogemag	—	Commerciale
Variété 2	Rio grande	Société : Technisem	—	Commerciale
Variété 3	Taliouine	Taliouine	CRRA Agadir	Locale
Variété 4	Zagora	Zagora	CRRA Agadir	Locale
Variété 5	Tamait- Oufella	Tamait-Oufella	CRRA Agadir	Locale
Variété 6	Tomate noire	Zagora	CRRA Agadir	Locale
Variété 7	Tamri	Tamri	CRRA Agadir	Locale
Variété 8	Tizi N'test	Tizi N'test	CRRA Agadir	Locale
Variété 9	Tomate cerise	Taghazout-Arbiae Sahel	CRRA Agadir	Locale
Variété 10	MGB01	Figuig	Banque des gènes de Settat	Locale
Variété 11	MGB02	Figuig	Banque des gènes de Settat	Locale

b. Matériel technique

Nous avons utilisé un matériel composé d'outils de culture, d'entretien, d'observations au champ et dans la serre, mis à notre disposition par l'INRA.

Les analyses physico-chimiques et sensorielles effectuées ont été réalisées au sein du Laboratoire de Technologie et de la qualité des aliments de l'INRA de Marrakech. Nous avons ainsi, mesuré les paramètres suivants : Couleur de la peau de tomate ; Couleur du jus de tomate ; Humidité ; Brix et pH.

3. Méthodes

a. Dispositif expérimental

Notre essai a été réalisé au sein du jardin botanique d'essai. L'essai est disposé en blocs à 2 répétitions, formées en 11 parcelles élémentaires. Le facteur étudié étant la variété. Les plants ont été repiqués dans du sol à une profondeur de 40cm, espacés de 50cm sur la ligne et 70cm entre les lignes, soit 10 plants par ligne (Figure 6). Les 2 blocs sont séparés de 2m de large. La répétition est constituée de 11 lignes, dont chacune représente une variété. La superficie totale de l'essai étant de 93m² (12m x 7,7m).

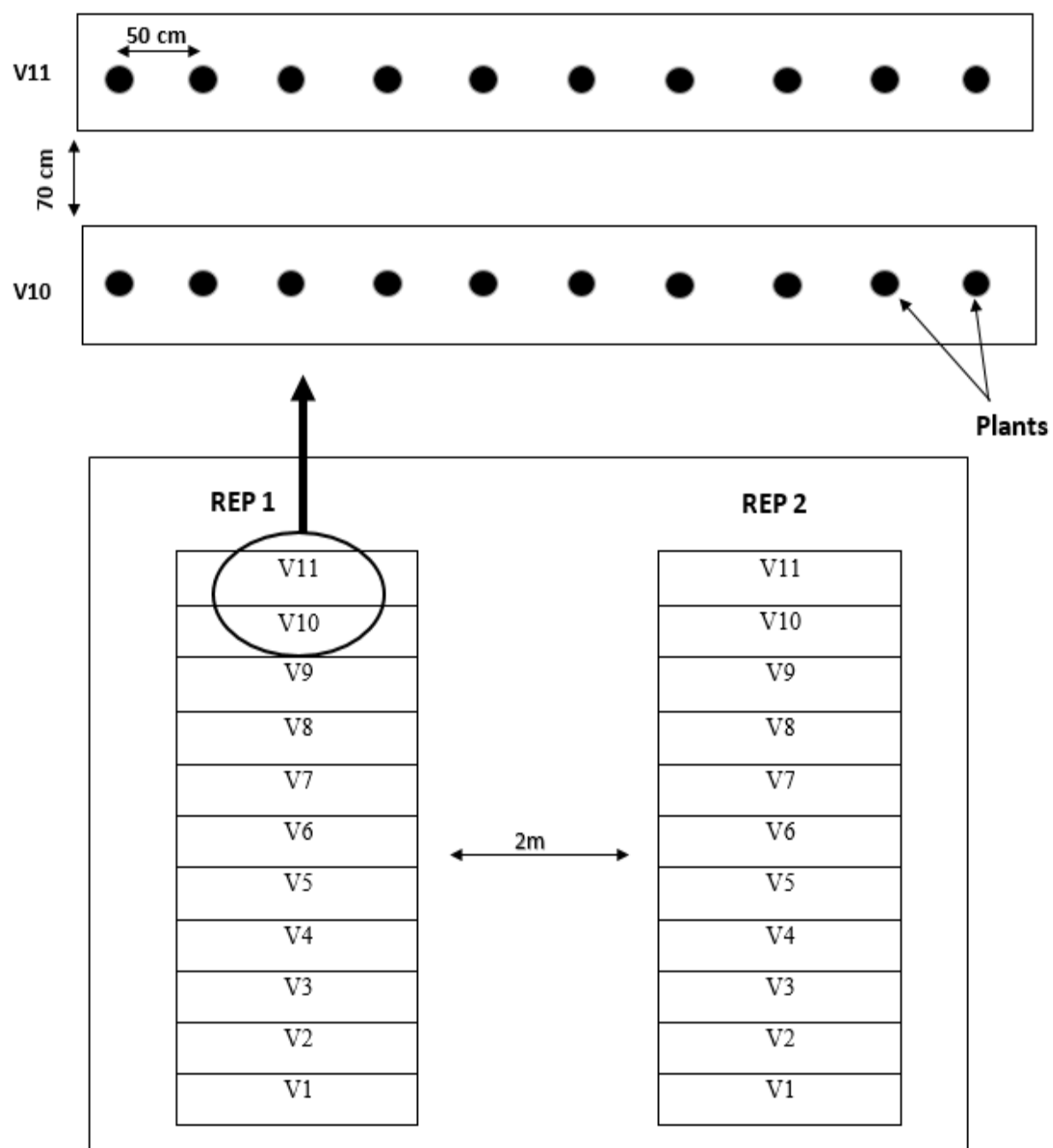


Figure 6: Dispositif expérimental des variétés testées

b. Itinéraire technique

Le précédent cultural de cette parcelle est une jachère travaillée.

Le tableau 8 résume la conduite technique de l'essai.

Tableau 8: Itinéraire technique de l'essai

Opération	Date
Semis dans la serre	18/02/2021
Début de germination des graines	25/02/2021
Repiquage	10/03/2021
Acclimatation	11/03/2021
Épandage d'engrais	01/03/2021
Enfouissement d'engrais	02/03/2021
Utilisation du vibroculteur	02/03/2021
Épandage de compost	15/03/2021
Enfouissement du compost	16/03/2021
Utilisation du Cover-crop	16/03/2021
Ouverture des lignes	31/03/2021
Semis manuel en plein champ	01/04/2021
Désherbage manuel	29/04/2021
Désherbage manuel	15/05/2021
Désherbage manuel	16/06/2021
Traitement avec THIOGRI 70% 100gr/hl eau/ha	18/06/2021

c. Paramètres biologiques étudiés

Les mesures suivantes ont été prises que pour les variétés qui ont atteint leur stade de maturité final (sauf pour le taux de germination). Le tableau suivant représente les variétés retenues pour l'étude qualitative, quantitative et physico-chimique :

Tableau 9: Variétés retenues pour l'étude qualitative, quantitative et physico-chimique

Variétés	Nom	Provenance
Variété 1	Campbell 33	Société : Sogemag
Variété 2	Rio grande	Société : Technisem
Variété 3	Taliouine	Taliouine
Variété 4	Zagora	Zagora
Variété 5	Tamait-Oufella	Tamait-Oufella
Variété 9	Tomate cerise	Taghazout-Arbiae Sahel

Variation des composants quantitatifs

Les mesures sont effectuées sur cinq plantes prises au hasard par variété pour : Taux de germination ; Hauteur de plante ; Nombre des branches par plante ; Nombre des feuilles ; Nombre des branches fructifères ; Nombre de fruits ; Type de croissance.

Variation des composants qualitatifs

- Analyse sensorielle : le test de la qualité organoleptique (analyses sensorielles) a été établi conformément aux instructions générales pour les laboratoires d'évaluation sensorielle : ISO 8589-2007. Nous avons comparé 6 variétés de tomates (celles qui ont atteint leur maturité), par le Jury des analyses sensorielles des produits de terroir, en l'occurrence des fruits, composés de 9 personnes. La fiche des descripteurs sensoriels est constituée d'une liste d'attributs (l'apparence, l'odeur, la saveur et la texture des fruits), qui ont été évalués sur une échelle linéaire d'intensité allant de 0 à 5 et calculés par la médiane, et d'une échelle de 0 à 10 pour la note moyenne d'appréciation est calculée pour chaque variété.
- Couleur du fruit immature : déterminée par observation visuelle des fruits en début de stade tournante. La couleur peut être : vert blanchâtre (1) ; vert clair (2) ; vert (3) ; vert foncé (4).
- Forme prédominante du fruit présente une grande diversité de forme (figure 7). Nous avons comparé les fruits de chaque variété aux différentes formes décrites par IPGRI (1996).

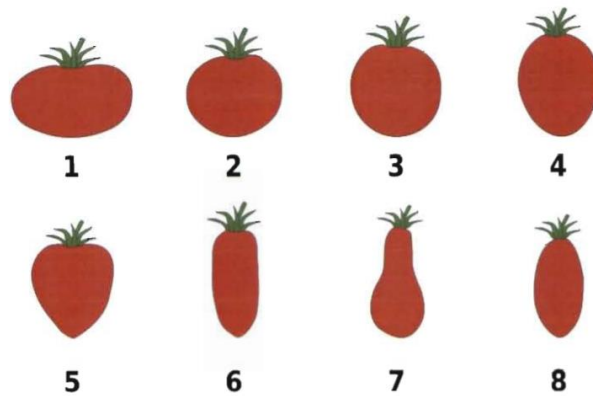


Figure 7: Différentes formes du fruit des différentes variétés

1 : aplati ; 2 : légèrement aplati ; 3 : arrondi ; 4 : allongé arrondi ; 5 : cordiforme ; 6 : cylindrique 7 : pyriforme (ovoïde) ; 8 : ellipsoïde (IPGRI, 1996).

Variation des composants physico-chimiques :

- pH : déterminé à l'aide d'un pH-mètre à la température de 25 °C en utilisant une quantité du jus de tomates de 20 g.
- Taux d'humidité : déterminée selon la méthode AOAC n° 920.151 (AOAC, 1990) par séchage d'une prise d'essai de 20 g du jus de tomates dans l'étuve à pression atmosphérique et à une température de 103 ± 2 °C pendant 48 heures. L'humidité, exprimée en g d'eau par 100 g de matière fraîche, est déterminée par différence du poids avant et après le séchage selon la relation suivante :

$$\text{Humidité \%} : \left[\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \right]$$

Pi : Poids initial de l'échantillon avant l'étuvage (g).

Pf : Poids final de l'échantillon après l'étuvage (g).

- Degré de Brix : la matière sèche soluble totale ou le Brix (exprimé en °Bx), renseignant sur le pourcentage des sucres présents dans le jus de tomates a été mesuré par réfractométrie à 20°C.
- Couleur de la peau et de jus de tomate : la couleur de la peau des tomates a été mesurée à l'aide d'un colorimètre pour solide sur 5 tomates. Cinq mesures ont été opérées au niveau de chacune des trois parties du fruit (pédonculaire, centrale et basale). Soit au total, 15 mesures ont été effectuées au niveau de chaque fruit. La couleur du jus des tomates homogénéisé et filtré a été également mesurée à l'aide

d'un colorimètre pour liquide, en mesurant les paramètres Lab (L^* , a^* et b^*) et en réalisant cinq répétitions.

- L^* varie de 0 (noir) à 100 (blanc).
- a^* varie de -100 (vert) à +100 (rouge)
- b^* varie de -100 (bleu) à +100 (jaune).
- C^* : Chroma.
- h^* : l'angle de teinte.

- le *chroma* : $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$;
- l'*angle de teinte* : $h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$.

d. Traitement des données

Les données brutes collectées ont été saisies sur EXCEL 2016 et analysées à l'aide du logiciel de traitement statistique XLSTAT 2021. Les statistiques descriptives (médianes, moyennes, écarts types) et l'analyse multifactorielle : Analyse en Composante Principale (ACP), Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ont été effectuées pour étudier la variabilité des différentes variétés étudiées. Les variétés identifiées constituent des têtes de lignée dans le processus de sélection.

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats

1. Variation des composants quantitatifs

1.1 Taux de germination

- À la lumière des résultats obtenus (tableau 10), le taux de germination semble être important pour les variétés (1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 et 10), il est de l'ordre de 100%.
- Les 2 variétés 4 et 11 présentent respectivement un taux de germination de 90% et 80%.
- La variété 6 (Tomate noire) présente un taux de germination de 5%, contrairement à une étude réalisée à l'INRA d'Agadir qui montre un taux de germination (85%) pour la même variété et dans les mêmes conditions de germination (dans la serre, à une température moyenne de 18°C et une humidité de 75%). Ceci peut être expliqué par l'influence de divers facteurs, dont les conditions du transport, exposition à des conditions d'humidité élevée qui peuvent affecter le taux de germination (tableau 10).

Tableau 10: Variation de taux de germination chez les variétés testées

Variétés	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Taux de germination	100%	100%	100%	90%	100%	5%	100%	100%	100%	100%	80%

1.2 La hauteur de la plante

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure ci-dessous. Celle-ci, montre que la hauteur de la tige principale varie en fonction de la nature de la variété. Ainsi,

- La hauteur de la tige principale chez les variétés testées varie entre 1m20 et 1m70,
- Les variétés 1 et 3 ont une hauteur plus importante (1m66 et 1m70 respectivement),
- La hauteur maximale des tiges est enregistrée pendant les deux dernières semaines de développement où il n'y a plus d'évolution de la hauteur moyenne (figure 8).

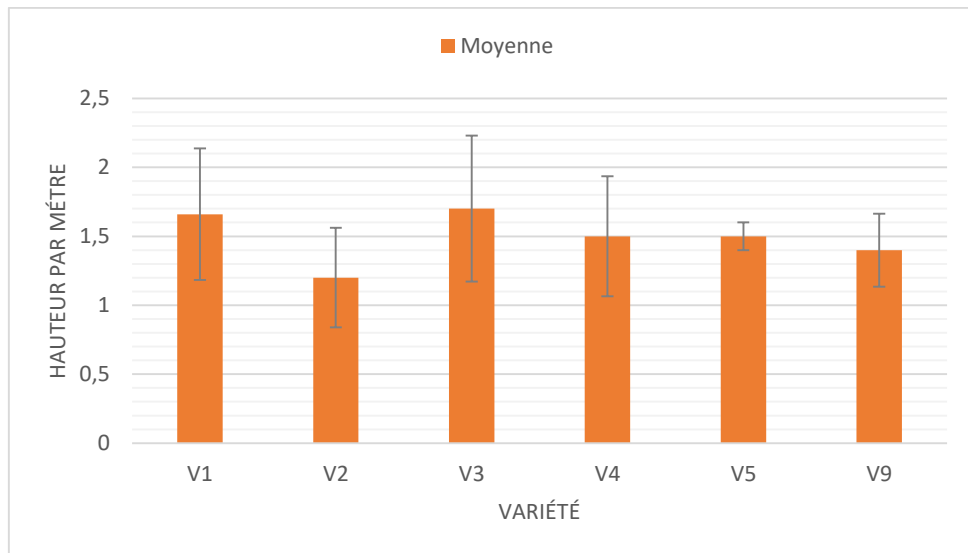


Figure 8: Variation de la hauteur moyenne chez les variétés testées

1.3 Nombre total de branches

La figure (9) représentative des résultats obtenus montre que le nombre total des branches varie d'une variété à l'autre.

- Le nombre de branches varie de 10 à 21 branches. La variété-9 présente le nombre de branches le plus élevé (21), suivi par la variété-3 (19),
- La variété-2 présente le nombre de branches par plante le plus faible.

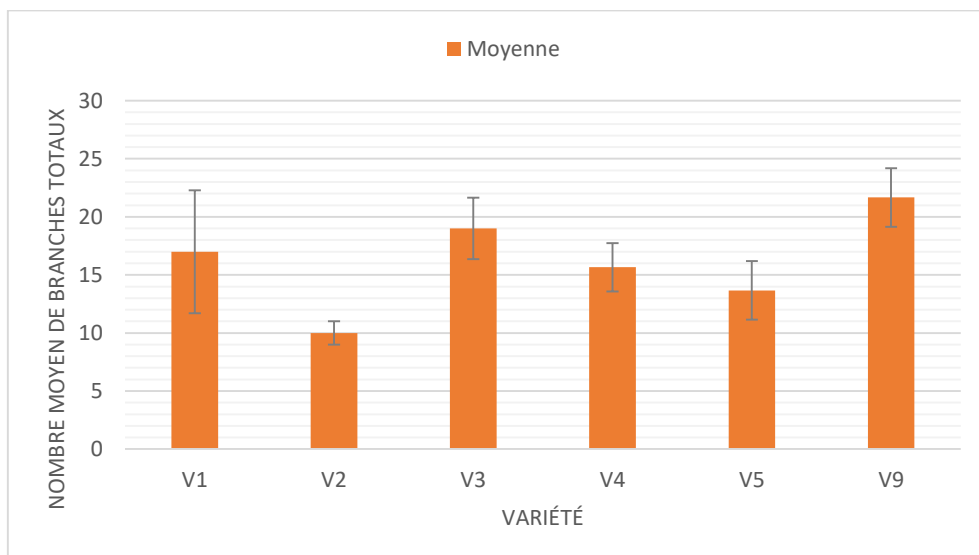


Figure 9: Variation de nombre moyen de branches totaux en fonction des variétés

1.4 Nombre des branches fructifères

Des résultats obtenus, nous avons pu montrer que le nombre de branches fructifères varie dépendamment du type de la variété (Figure 10).

- Le nombre de branches fructifères par tige principale varie de 3 à 8,
- La variété 9 présente le nombre de branches fructifères le plus élevé, suivi par la variété 2 (d'une moyenne de 7 branches fructifères), et enfin, la variété 1 avec une moyenne de 6 branches fructifères,
- La variété 5 présente un nombre de branches fructifères plus faible.

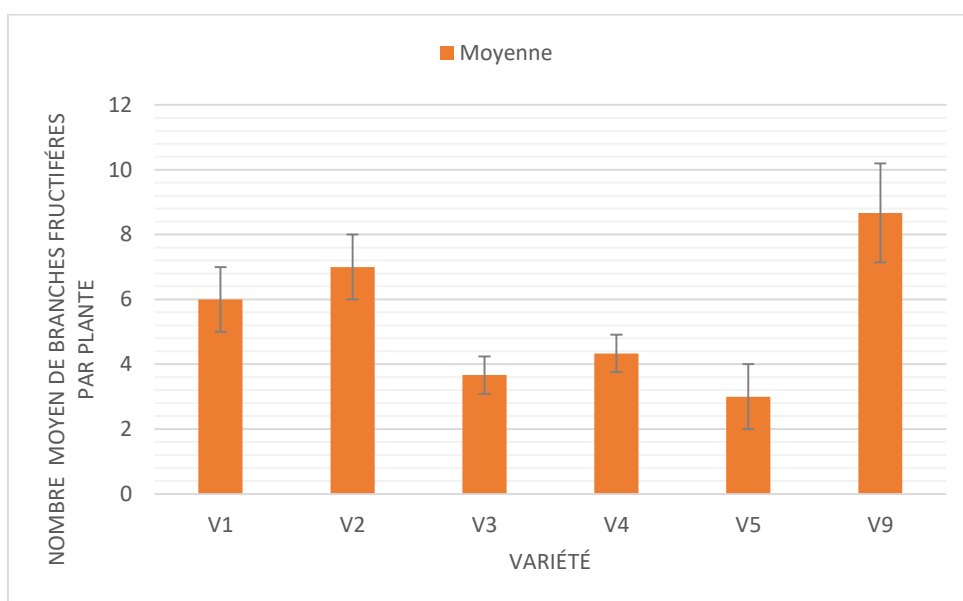


Figure 10: Variation du nombre moyen de branches fructifères selon les variétés

1.5 Nombre de feuilles par branche

Les résultats obtenus montrent que le nombre de feuilles par branche varie selon la variété (figure 11).

- Le nombre moyen de feuilles par branches est compris entre 11 et 32,
- La variété-1 présente le nombre moyen de feuilles le plus important (32), suivi de la variété-3 et 4 (avec 24 et 20, respectivement),
- La variété-2 présente le nombre de branches moyen par plante le plus faible.

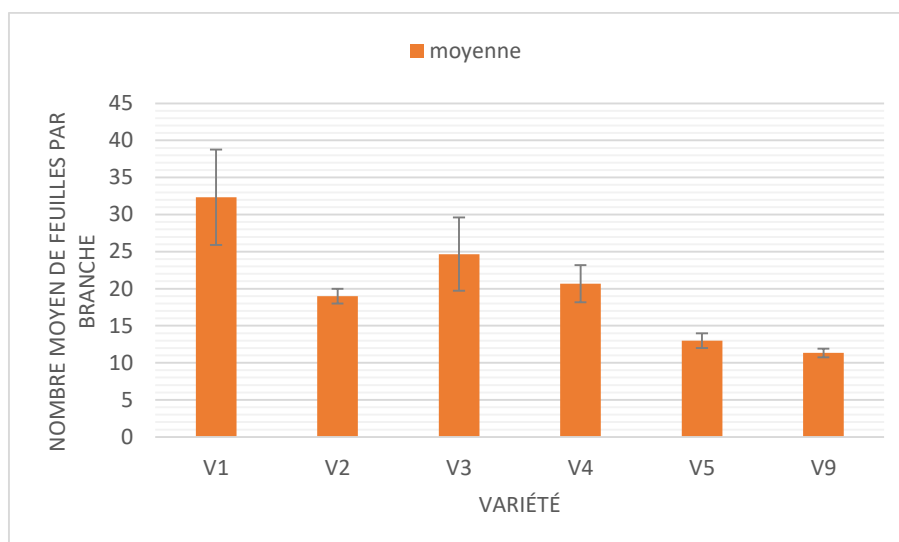


Figure 11: Variation de nombre moyen de feuilles par branche en fonction des variétés

1.6 Nombre de fruits par plante

La représentation graphique des résultats obtenus montre que le nombre de fruits varie selon la variété étudiée (figure 12).

- Le nombre moyen de fruits par plante varie entre 8,3 et 33,
- La variété-2 présente le nombre moyen de fruits le plus élevée (33), suivi de la variété-1 (27). Ces variétés sont de type commercial. Ce sont des variétés les plus productives.
- La variété-9 a produit plus de fruits par rapport aux autres variétés locales d'un nombre moyen de 26. Il ressort que cette variété locale étant la plus productive de notre collection,
- Les variétés 3, 4 et 5 présentent un nombre moyen de fruits très faible. Cette situation peut être expliquée par le faible nombre moyen de branches fructifères.

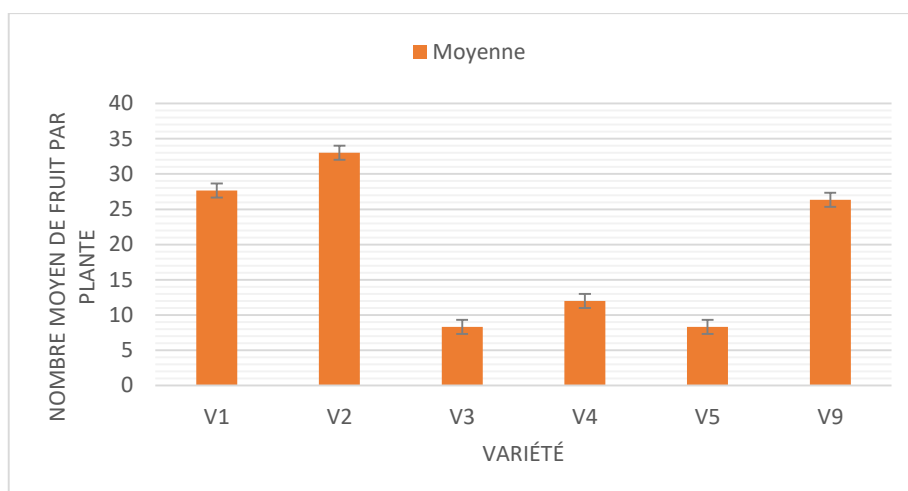


Figure 12: Variation de nombre moyen de fruits par plante en fonction des variétés

1.7 Analyse des performances des variétés

Au niveau des résultats obtenus suite aux analyses de performance des variétés, nous avons pu montrer que la plus grande variation a été observée pour nombre de fruits par plante, suivi du nombre de feuilles par branches et enfin le nombre de branches par plantes. Les écarts-types pour ces trois (3) variables sont respectivement 10,82 ; 7,73 et 4,08. Un écart-type relativement faible a été observé pour les autres variables. Le nombre moyen de branches fructifères varie de 3 à 8,66 avec un écart-type de 2,17. La hauteur des fruits varie de 1,20 à 1,70m avec un écart-type de 0,18 (Annexe 1).

1.8 Analyses descriptives des variétés

Les résultats des analyses descriptives sur la morphologie des variétés en fonction des variables qualitatives sont donnés dans le tableau ci-dessous. Nous avons que 67% des variétés ont une croissance de type indéterminée. Du point de vue de la forme des fruits, les variétés présentent plus de fruits de forme arrondie. Au stade de fruits immatures, nous avons noté que la plupart des variétés ont une couleur verte.

Tableau 11: Répartition des variétés par modalité en fonction des variables

Variables	Modalité	N. variétés	Fréquence (%)
Type de croissance	Déterminé	2	33,34
	Indéterminé	4	66,66
Couleur de fruit immature	Vert blanchâtre	1	16,66
	Vert claire	2	33,34
	Vert	3	50
Forme prédominante des fruits	Légèrement aplati	1	16,67
	Arrondi	3	50
	Allongé -arrondi	1	16,67
	Cordiforme	1	16,66

2. Variation des composants qualitatifs

L'évaluation sensorielle des aliments est une technique scientifique qui permet de connaître leurs caractéristiques et de répondre aux attentes du consommateur. Elle est largement utilisée dans les industries agro-alimentaires.

a. Critères visuels et du toucher

Selon les résultats des analyses sensorielles réalisées, les principales observations obtenues (Figure 13) pour les critères visuels et du toucher sont comme suit :

Les six variétés étudiées présentent une couleur rouge assez vif pour la couleur de la peau avec une médiane des notes attribuées par le panel d'experts de 4 (sur l'échelle de 5).

Les variétés présentent également une couleur rouge de la pulpe avec une médiane de 3, sauf pour la variété Oufella (avec une médiane de 4).

Les variétés étudiées présentent une médiane de 2 à 3 pour le critère de l'épaisseur. Concernant la fermeté de la pulpe, la variété Campbell 33 est jugée comme très ferme avec une médiane de 4 les variétés Rio Grande, Taliouin, Zagora et Cerise ont été jugées comme moyennement fermes (avec une médiane de 3).

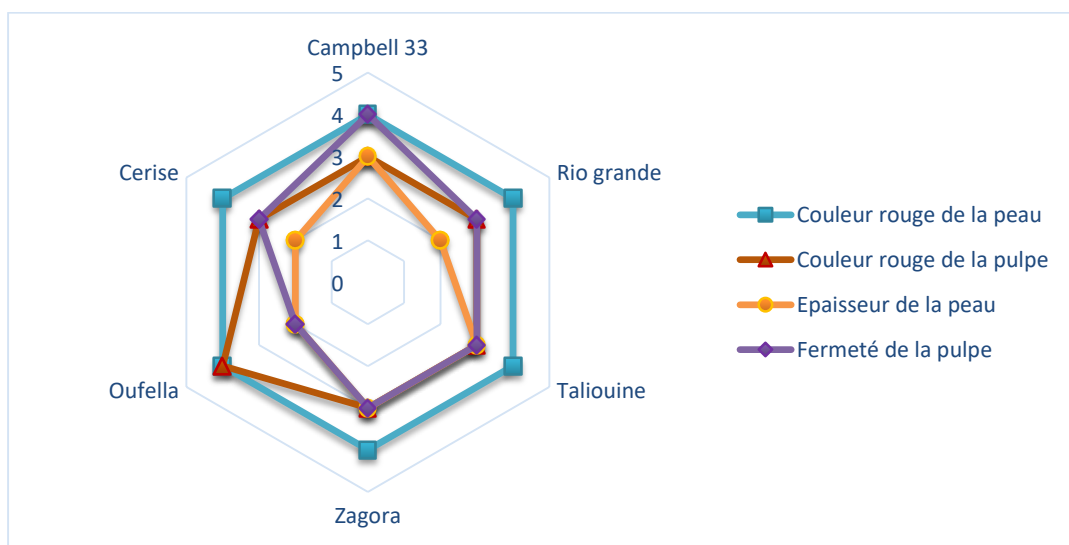


Figure 13: Médiannes des notes attribuées aux critères visuels et du toucher des tomates des variétés

b. Types de texture

Les médianes des notes attribuées aux textures sont présentées dans la figure 14. Ainsi, nous avons bien remarqué que les variétés, Zagora et Cerises locales présentent un caractère de jutosité le plus grand avec une médiane de 4. Quant aux variétés Campbell, Rio Grande, Taliouin, Oufella, elles présentent un caractère moyen de jutosité avec une médiane de 3.

La variété Oufella est jugée comme très fondante avec une médiane de 4, les autres variétés, Cerise, Rio Grande, Zagora, Taliouine sont jugés comme moyennement fondantes. Par ailleurs, la variété Campbell (commerciale) représente le caractère fondant le plus faible d'une médiane de 2.

Les résultats montrent que toutes les variétés sont moyennement croquantes, sauf pour les variétés Cerise et Oufela qui sont moins croquantes (avec une médiane de 2).

Nous avons noté que toutes les variétés ont été moyennement charnues.

Les variétés commerciales Campbell et Rio Grande, ont été jugées comme très fermes, par contre la variété Cerise est jugée comme très peu ferme, les autres variétés sont moyennement fermes.

Il est à noter que les membres du panel ont détecté aussi une texture peu farineuse et peu granuleuse pour toutes les variétés.

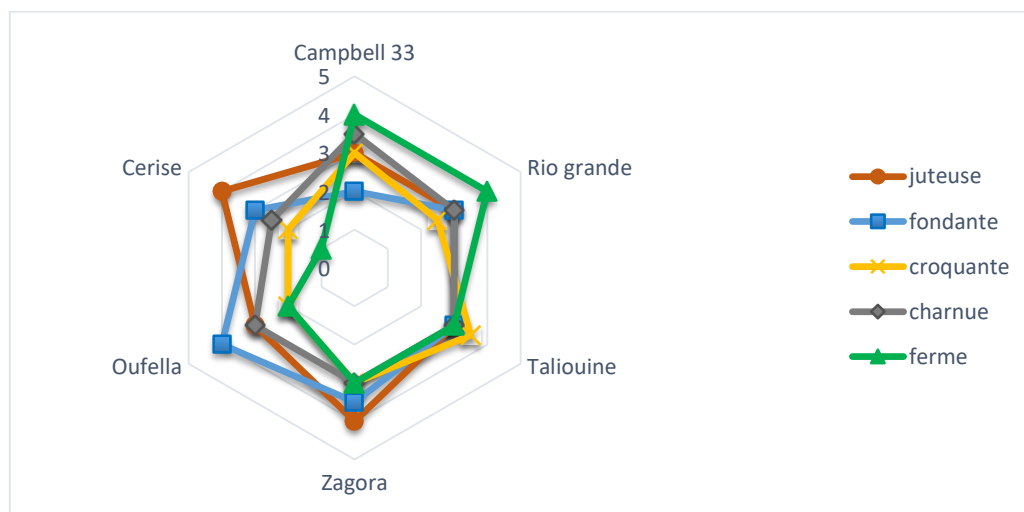


Figure 14: Médianes des notes attribuées aux textures des tomates des six variétés étudiées

c. Caractéristiques des odeurs et des saveurs

Les médianes des notes attribuées aux caractéristiques des odeurs et des saveurs sont présentées dans la figure 15.

Nous constatons d'après le graphe que toutes les variétés ont une odeur moyennement franche et fruitée, ainsi qu'une saveur moyennement fruitée, moyennement persistante, sauf pour la variété Oufela qui présente une saveur très peu persistante. Les variétés Campbell, Taliouine, Oufella ont une saveur très franche, les variétés Cerise, Rio Grande et Zagora présentent une saveur moyennement franche. Les membres du panel ont détecté aussi une

odeur douce assez moyenne et un arôme perçu par voie rétro-nasale moyennement douce pour toutes les variétés.

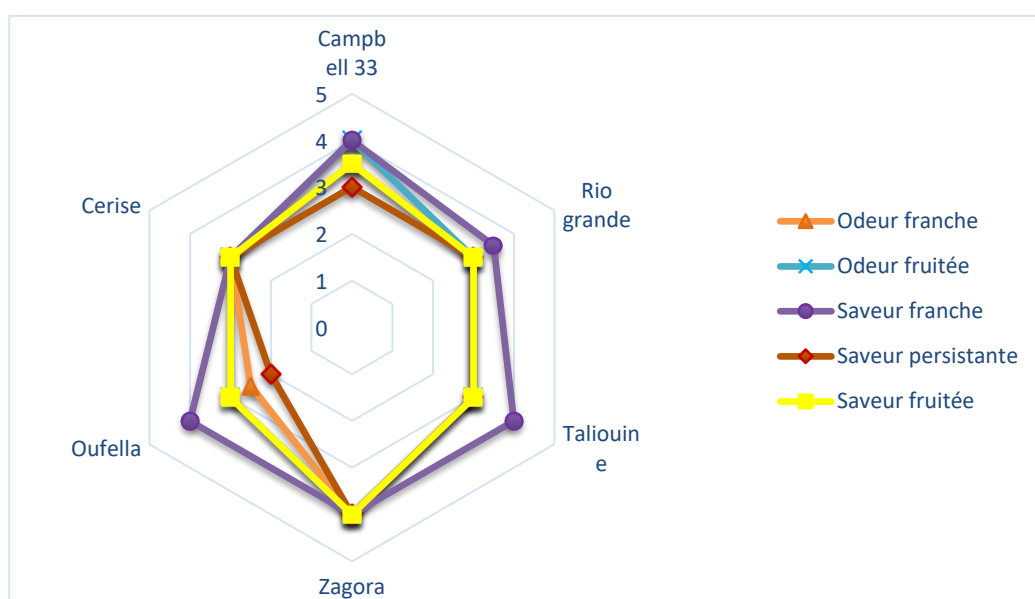


Figure 15: Médiannes des notes attribuées aux caractéristiques des odeurs et des saveurs des arômes perçues respectivement par la voie nasale et la voie retro-nasale des tomates des six variétés étudiées.

d. Types de saveurs

Les médianes des notes attribuées aux types de saveurs sont présentées dans la figure 16.

Les variétés ont présenté une saveur moyennement sucrée (avec une médiane de 3), mais la variété de Cerise a une saveur très peu sucrée d'une médiane de 1.

Nous remarquons que l'acidité est moyenne pour les variétés Campbell 33, Rio Grande Cerise avec une médiane de 3, les autres variétés Taliouine, Zagora et Oufella sont peu acides avec une médiane de 2. Toutes les variétés sont peu astringentes, sauf pour la variété Cerise qui est la plus astringente avec une médiane de 3. Nous constatons aussi que les variétés sont peu salées, sauf les variétés Rio Grande et Oufella qui sont moyennement salées.



Figure 16: Médiannes des notes attribuées aux saveurs des tomates des six variétés étudiées

e. Appréciation globale

Tableau 12: Note d'appréciation globale des variétés étudiées

Variété	Campbell 33	Cerise	Oufella	Rio grande	Taliouine	Zagora
Note globale	8,56	8,13	8,06	8,00	7,38	7,31

Les moyennes des notes attribuées sur une note de 10 à l'appréciation globale sont toutes élevées pour les tomates des six variétés étudiées. Elles ont varié entre 8,5 et 7,3 (tableau 12). La variété la plus appréciée selon le panel de dégustation est la variété commerciale Campbell 33 avec une note moyenne d'appréciation de 8,5. Cette variété s'est caractérisée par sa forte fermeté, couleur rouge et par son odeur très franche et fruitée.

Les variétés locales Cerise et Oufella locales ont été également bien évaluées avec des notes moyennes globales assez proches (8,13 et 8,06 respectivement). Ces deux variétés sont semblables pour les critères de couleur et d'épaisseur moyenne de la pulpe et par la texture juteuse. Elles ont aussi un profil moyen en ce qui concerne les arômes.

Les variétés les moins appréciées qui présentent un profil très moyen pour tous les critères organoleptiques sont Rio Grande, taliouin et zagora avec des notes moyennes globales de 8 ; 7.38 ; 7.31 respectivement.

3. Variation des composants physico-chimiques

a. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP a été utilisée pour mieux comprendre les relations existantes entre les variables physiques et physico-chimiques étudiées des six variétés de tomates. Les deux premières composantes principales F1 et F2 expliquent 89,57 % de la variation totale entre les variétés (le pourcentage d'information explicative dépasse les 50%, il s'agit donc d'une bonne représentation statistique). Les deux premières composantes (axe 1 et axe 2) ont été retenues pour expliquer la variabilité au sein de l'ensemble des variétés. La première composante principale (axe 1) représente 63,88% de la variation totale, alors que la deuxième composante principale (axe 2) représente 25,69% de la variation totale.

Cette représentation nous montre que la variété Cerise (9) se distingue clairement de l'ensemble des variétés utilisés par ces variables physico-chimiques étudiées. Celle-ci, présente des variables très élevées telles que : l'humidité, le Brix et les gammes de couleurs de jus de tomates a^* , b^* , chroma c^* et l'angle de teint h^* , ainsi que le niveau de pH.

Nous avons constaté que la variété Rio Grande présente le pH est la gamme de couleur L^* (centrale, basale et pédonculaire) élevée par rapport aux autres variétés. Cependant cette variété partage avec la variété Taliouine quelques variables de couleur de la gamme a^* (pédonculaire, basale et centrale).

Le dernier groupe Oufella, Zagora, Campbell 33 et Taliouine se rapprochent clairement par la variable de la couleur c^* et b^* (basale, centrale, pédonculaire). Ceci montre une variabilité physico-chimique importante dans cette collection de tomates (figure 17).

Nous pouvons distinguer 3 grands groupes : le premier groupe comportant les 4 variétés Oufella, Zagora, Campbell 33 et Taliouine partageant certains caractères en commun, tel que les gammes de couleurs (b^* , a^* et c^* de la peau et L^* de jus) ; le deuxième groupe (Rio Grande) renferme les gammes de couleurs les plus importantes dont a^* et L^* de la peau et le pH et enfin le troisième groupe constitué de la tomate Cerise avec ses caractères spécifiques qui sont l'humidité, le Brix et les gammes de couleurs de jus (a^* , b^* , c^* et h^*).

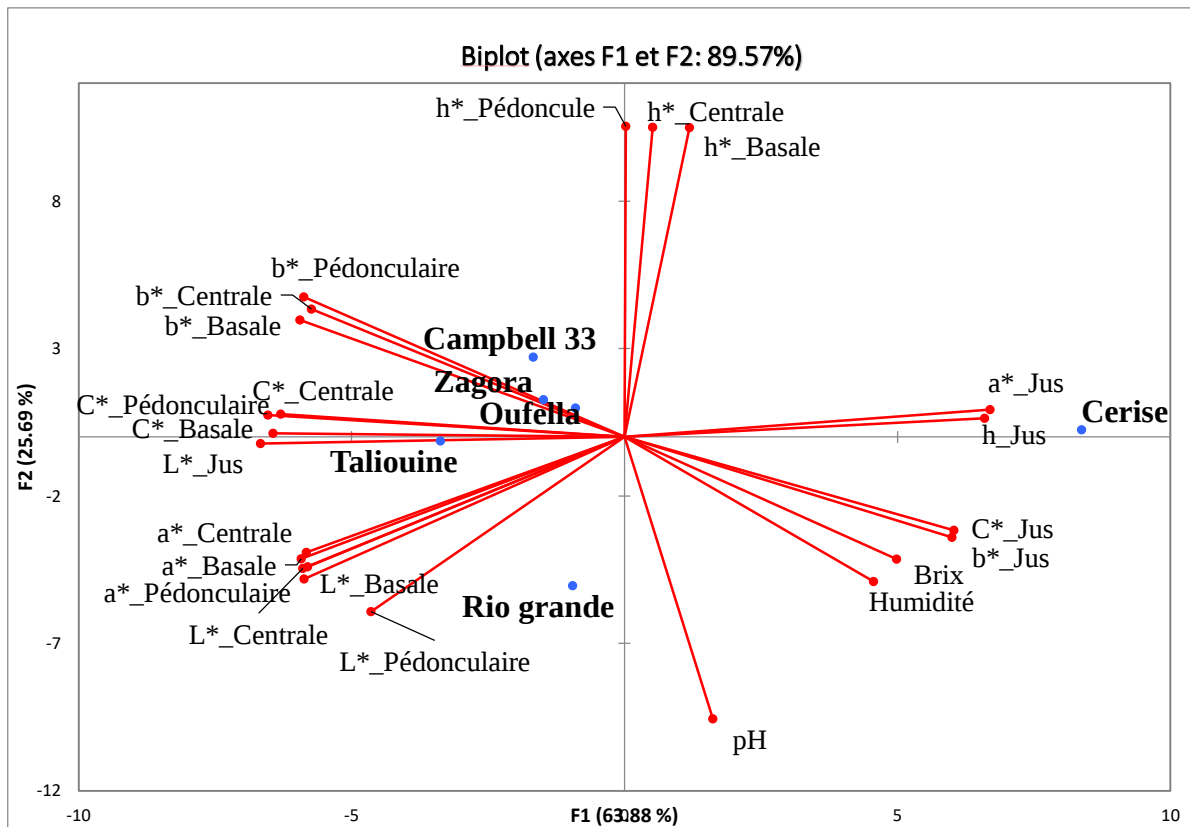


Figure 17: Analyse en composantes principales (ACP) des deux premières composantes (F1 et F2) : Séparation des six variétés de tomates en fonction des critères physiques et physico-chimiques étudiés.

b. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Les résultats obtenus suite à l'analyse des groupes relatifs aux six variétés de tomates étudiées sont représentés au niveau de la figure 18. Nous avons remarqué il y'a 3 groupes principaux de variétés qui se distinguent en fonction des paramètres physicochimiques étudiés. On en distingue 2 grands groupes : variété-9 d'un côté et les 5 autres variétés de l'autre (figure 18). Au sein de ces dernières, nous avons distingué 3 sous-groupes qui sont : variété-2 ; variéré-3 et enfin variété-1, 4 et variété-5. Ces 3 dernières variétés se répartissent-elles même en variété-1 d'un côté et 4 et 5 de l'autre.

Nous pouvons donc, y mettre que la répartition de ces différents groupes explique le rapprochement existant entre les différents paramètres physiques et physico-chimiques étudiés. Les variétés qui présentent des caractères en commun se retrouvent très rapprochées au niveau de dendrogramme.

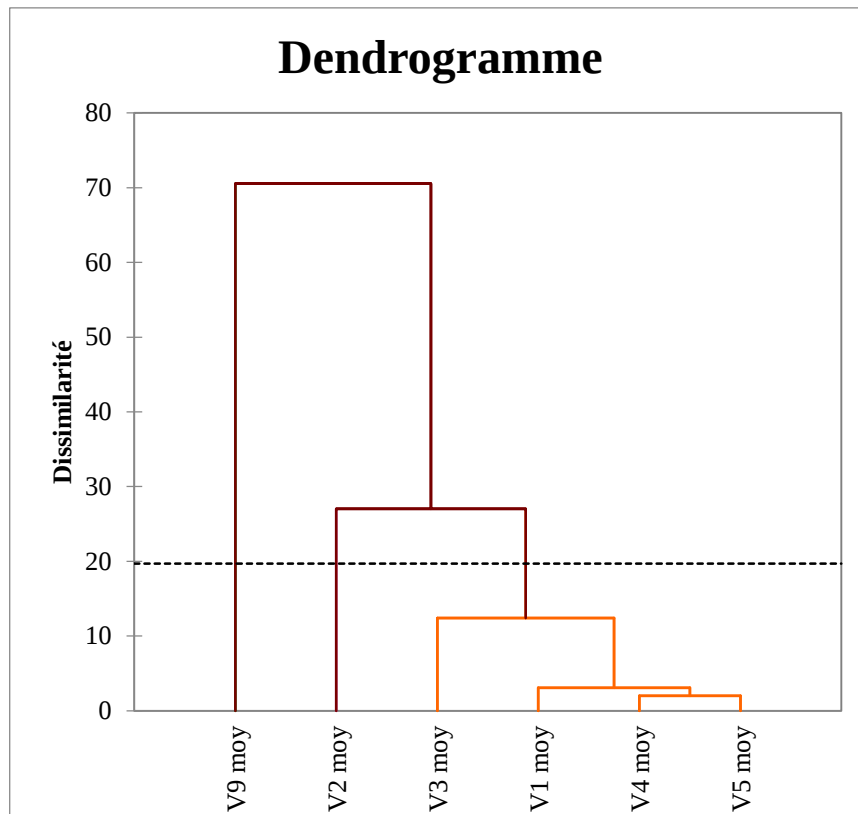


Figure 18: Dendrogramme des six variétés de tomates en fonction des critères physiques et physico-chimiques étudiées (V1 : Campbell 33 ; V2 : Rio grande ; V3 : Taliouine ; V4 : Zagora ; V5 : Oufella ; V9 : Cerise).

II. Discussion

Analyse des performances des variétés :

L'analyse des performances des variétés a montré qu'il existe une variation entre des variables quantitatives étudiées. Cela implique une variation importante existante entre les variétés. Nos résultats sont en accord avec ceux de MOHANTY (2003) qui a signalé des différences significatives dans le nombre de fruits par plante, la hauteur des plantes et le poids moyen des fruits. Parmi les accessions de tomates, cette différence de variables entre variétés implique l'existence d'une forte variabilité parmi les accessions de tomates collectées et leur potentielle d'utilisation dans l'amélioration variétale des cultures.

Analyses descriptives des variétés :

Le descripteur de la tomate, l'IPGRI (1996) caractérise la tomate comme étant indéterminée ou déterminée. Les résultats des statistiques descriptives indiquent que la plupart des morphotypes (66,66%) ont une croissance indéterminée contre 33,34% qui ont une croissance déterminée. Cela confirme que la plupart des accessions de tomates collectées sont des

espèces locales. Des résultats similaires ont été obtenus par KENNETH (2016) sur une caractérisation agro-morphologique de 69 accessions de tomates dont 68,1% étaient indéterminées. Certains auteurs (Sacco et al., 2015) ont aussi obtenu lors d'une caractérisation de 125 accessions, 77,2% de tomates indéterminées. Les tomates indéterminées sont importantes pour les programmes de sélections.

LERNE (2009) avait souligné que les tomates à croissance indéterminées croissent en hauteur tout au long de la saison, car la tige continue à produire une croissance foliaire. De ce fait ces tomates pourraient être utilisées dans les programmes de sélection pour aboutir à des génotypes à densité de feuillage élevée. Dans les climats tropicaux à ensoleillement élevé, ces génotypes permettraient d'éviter le craquage des fruits dû au rayonnement solaire, augmentant ainsi la quantité et la qualité des fruits commercialisables. Pour ce qui concerne la forme des fruits, KENNETH (2016) atteste qu'elle constitue un paramètre de qualité pour les fruits.

La présente étude a révélé une diversité de forme des fruits. Elle représente le caractère le plus variable pour l'ensemble des variétés. Quatre formes différentes des fruits ont été observées. Ceux-ci sont aplatis, arrondis, allongés-arrondi, cordiformes. Cependant 50% ont des fruits de forme arrondie. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par KENNETH (2016). Ces variations sont aussi conformes aux résultats de MARIA et al. (2014) qui ont observé des variations significatives pour la forme du fruit, la taille des fruits et la coupe transversale des fruits dans les variétés de tomates locales espagnoles.

Variations des composantes qualitatives :

Afin de mieux situer les résultats de la dégustation, la variété de tomate : Campbell 33, Cerise et Oufella, ont été les mieux appréciées quant au goût, et se situent parmi les mieux classées quant à la couleur rouge de peau et la pulpe. Selon Helyes et ses collaborateurs (2006), les glucides représentent 50 à 55% du taux de solides soluble dans la tomate, et la teneur en glucides est plus élevée dans le fruit rouge mûr. Ces variétés sont également les mieux classées par les arômes, plus particulièrement à l'acidité. Les acides organiques sont des composés importants dans la détermination de la saveur puisqu'ils sont responsables de la saveur acide du fruit (Petit, 2013), et forment plus de 10% de la matière sèche (Duffe, 2003). L'acidité des fruits, due essentiellement à la présence de l'acide citrique et malique, est maximale au stade jaune (tournant) puis diminue au cours de la maturation (Chanforan, 2010).

Variation des composantes physico-chimiques :

Les variétés du groupe 4 étudiées (Campbell 33, Zagora, Oufella) se reconnaissent par ses fruits de couleur rouge foncé et sont comparables à la variété « Akikon », décrite par Dossou (2007). Quant aux autres paramètres, ils diffèrent tous et dépendent de la variété concernée. En effet, les pH, nonobstant leur acidité, il est de 4,10 à 4,30 pour ces variétés de tomate. Ces valeurs de pH sont comparables à celles obtenues par Dossou (2007) comprise entre 4 et 4,4 pour les variétés étudiées et il est identiques à celles indiquées par Amoussou (1988) qui a obtenu des valeurs de pH réduit considérablement le taux et la gamme de microorganismes pouvant se développer sur le produit. Seuls les micro-organismes acidophiles, notamment les levures, les moisissures, les acétobacters et lactobacillus peuvent s'y développer ; mais pas de coliformes de type *Escherichia coli*, puisque le pH minimum requis pour le développement de tels micro-organismes est 4,3 selon Rozier et ses collaborateurs (1985).

La variété qui a le degré de Brix élevé (variété 9 : Cerise) porte des fruits qui présentent un certain niveau d'humidité et d'acidité élevé. Ces résultats se montrent en accords avec ceux des travaux de Genard (2010).

CONCLUSION

Dans le contexte de la conservation des ressources génétiques, la recherche menée dans le présent travail, se montre d'un grand intérêt dans la contribution à la réalisation du CNRG et le renforcement des activités et de stratégies à suivre par le centre.

L'établissement d'une plateforme pour la conservation des ressources génétiques liées à l'alimentation et à l'agriculture par l'INRA, rentre dans le cadre d'une nouvelle vision de diversification, d'innovation et de développement de la recherche. La construction d'un Centre National des Ressources Génétiques jouera un rôle important dans la bonne gestion des ressources génétiques au Maroc, et contribuera, sans doute, aux efforts nationaux et mondiaux de préservation des ressources irremplaçables du monde.

Par l'instauration de ce Centre Nationale des Ressources Génétiques, nous pourrons dans le futur d'assurer une conservation de nos ressources génétiques, incluant diverses espèces animales et végétales, à savoir les plantes cultivées, les espèces sauvages apparentées, les animaux domestiques, les micro-organismes d'intérêt agronomique ou agro-alimentaire, les micro-organismes et autres. Ce centre aura comme missions principales : la collecte, la caractérisation, la conservation, l'enrichissement, la gestion, la distribution et la mise à disposition des échantillons biologiques. A cet effet, le CNRG mettra en œuvre des actions efficaces pour répondre aux critères élevés de qualité et d'expertise exigés par la communauté scientifique nationale et internationale.

La deuxième partie de notre travail, portant sur la caractérisation des variétés de tomate issues d'accessions collectées des différentes régions du Maroc, a révélé via les résultats obtenus que, sur la base des variables quantitatives étudiées, l'existence d'une variation génétique importante au sein des accessions de tomates collectées. En outre, il ressort de nos résultats que certaines variétés présentent des performances importantes comme, V1 : Campbell 33 (nombre de feuilles par branche), V2 : Rio grande (nombre de fruits par plante), V9 : Cerise (nombre de branches fructifères par plante) et V3 : Taliouine (hauteur de plante). Les trois variétés les mieux appréciées par leur goût sont : Campbell 33 (V1), Cerise (V9) et Oufella (V5). Celles-ci, montrent une forte intensité au niveau de leur couleur rouge, une fermeté élevée de la peau et des teneurs en arômes élevés. Quant aux autres variétés, elles

se sont montrées moins appréciées. Cette évaluation de la qualité organoleptique de ces variétés permet une exploitation plus efficace de la qualité des fruits.

Des Variations significatives ont été également, observées entre les différentes variables physico-chimiques. De tels résultats aideront à identifier les caractères importants qui peuvent être utilisés pour l'amélioration variétale. L'analyse des résultats nous a permis de souligner que les variables communes de certaines variétés sont : le pH, l'humidité, le Brix et les gammes de couleur de la peau et de jus de tomates. Ces variables peuvent constituer des critères de base pour différencier les Accessions de Tomate. Vu la variabilité génétique au sein des variétés, les sélectionneurs peuvent les utiliser pour la création et l'amélioration des variétés performantes. Au vu des résultats de cette étude, il serait judicieux de faire une analyse de la diversité moléculaire de ces variétés, afin de les comparer au niveau génétique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agri data.** (2020). N°5 : La production et la consommation de tomates dans le monde.
- Alexander, M. P. Et Ganeshan, S.** (1993). « Pollen storage », in: L. Chadha et J. E. Adams (éd.) *Advances in horticulture*, vol 1, fruit crops: part I Malhotra publishing house, New Delhi, India.
- Amoussou LF.** (1988). Etude des possibilités de production de variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de contre saison dans la zone périurbaine de Cotonou. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UNB ; Cotonou, Bénin. p 150.
- Ann Brady.** (2019). Organisation internationale de normalisation. Secrétariat central de l'ISO.
- Anonyme 1.** (1985). Tables de composition des aliments, Institut scientifique d'hygiène alimentaire, éditions Jacques Lanore, 1985, Paris, France.
- Anonyme 2.** (2009). subsect. *Lycopersicon*[archive] Germplasm Resources Information Network (GRIN), USDA, consulté le 2 juin 2009.
- Anonyme 3.** (2006). Nomenclature for wild and cultivated tomatoes report of the tomato genetic cooperative, Agriculture Research Service, USDA pp. 11-12.
- Anonyme 4.** (2002). Mémento de l'agronome, édition 2002 PP 1045-1049.
- Antoine LOMBARD.** (2016). La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B.
- AOAC.** (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition, Washington, D.C., USA.
- Arumugam N. Et Bhojwani S.S.** (1990). In vitro propagation of *Podophyllum hexandrum* Boyle via somatic embryogenesis. In Abstr. VIIth Int. Cong. Plant Tissue and Cell Culture, Amsterdam: 243.
- Ashmore, S.** (1997). Status report on the development and application of in vitro techniques for the conservation of plant genetic resources. Ipgri, Rome, Italy.
- Augereau J.M., Courtois D. Et Petiard V.** (1986). Long-term storage of callus cultures at low temperatures or under mineral oil layer. *Plant Cell Rep*, 5: 372-376.
- Bai, Y. and P. Lindhout** (2007). "Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future?" *Ann Bot* : mcm150.
- Bapat V.A. Et Rao P.S.** (1988). Sandalwood plantlets from « synthetic seeds ».

- Bapat V.A., Mathre M. Et Rao P.S.** (1987). Propagation of *Morus indica* L. (mulberry) by encapsulated shoot buds. *Plant Cell Rep*, 6: 393-395.
- Birouk, A., Tazi, M., Mellas, H., Maghnouj, M. M., M'hirit, O., Lewalle, J., Hammoutou,** (1995). Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phylogénétiques Rabat, Maroc.
- Börner, A.** (2006). Preservation of plant genetic resources in the biotechnology era. *Biotechnology Journal: Healthcare Nutrition Technology*, 1(12), 1393-1404.
- Bridgen M.P. Et Staby G.L.** (1981). Low pressure and low oxygen storage of *Nicotiana tabacum* and *Chrysanthemum morifolium* tissue cultures. *Plant Sci.Lett.*, 22: 177-186.
- Caplin S.M.** (1959). Mineral oil overlay for conservation of plant tissue cultures. *Am. J. Bot.*, 46: 324-329.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Kinzig, A. P.** (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67.
- CHANFORAN C.** (2010). Stabilité de micros constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation. 401p.
- Chatti-Dridi B.** (1988). Expériences préliminaires sur la conservation à court terme et l'amélioration de la micro propagation in vitro dans le cas du pêcher (*Prunus persica*). Mémoire de fin d'études, ENSH Versailles, 87 p.
- Chauvet, M., & Olivier, L.** (1993). La biodiversité enjeu planétaire : Préserver notre patrimoine génétique.
- Chaux C. et Fourry C.** (1994). Production légumières, tome 3 : légumineuses potagères, légumes fruits, Tee & Doc - Lavoisier, Paris 1994, pp. 125-153.
- Coates D. J. & Atkins K. A.** (2001). Priority setting and the conservation of western Australia's diverse and endemic flora. *Biol. Conserv.* 97(2) :251-263.
- Corinne PONS, Sabine RISSO, Roger LANZA.** (2015). Chambre d'agriculture des Alpes-maritimes – Claire GOILLON, APREL. Essai rattaché à l'action n°04.2002.01 : Tomate, étude du matériel végétal nouveau, qualité au champ et après récolte.
- Daubrey A. et Akasey R.** (1992). Le guide de l'agriculteur en Côte d'Ivoire. Éditions Prat/Europa, vol m., pp. 171-175.

David Smith and Matthew J. Ryan. (2008). The ex situ conservation of microorganisms: aiming at a certified quality management cabi europe-uk, bakeham, lane, egham, surrey tw20 9ty, uk.

Davies, J. N. and G. E. Hobson (1981). "The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype." *Crit Rev Food Sci Nutr.* 15(3): 205-280.

Dereuddre J., Blandin S. Et Hassen N. (1991). Resistance of alginate-coated somatic embryos of carrots (*Daucus carota* L.) to desiccation and freezing in liquid nitrogen: 1. Effects of preculture. *Cryo Leu*, **12**: 125-134.

Deribe S., Asfaw Z., Teshome A. & Demissew S. (2002). Management of agrobiodiversity in the Borkena watershed, South Welo/Ethiopia: farmers allocate crops/landraces to farm types. *Ethiopian J. Biol. Sci.* 1(1):13-36.

DjidjiA. B. (2005). Essai de tolérance aux conditions chaudes et humides de culture de six variétés de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) à Anguédedou, Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, option : Agrophysiologie Université de Cocody.

Dossou J, Soulé I, Montcho M. (2007). Evaluation des caractéristiques physicochimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin. *Tropicultura*, 25(2): 119-125.

Du puy B. Et Wyse Jackson P. (1995). « botanic gardens offer key component to biodiversity conservation in the Mediterranean », *diversity*, vol 11, no 1 et 2, pp. 47–50.

DUFFE F. (2003). Caractérisation de QTL liés à la qualité de la tomate par recherche de Co localisations avec des Gènes de fonction connue. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Ministère de La Jeunesse, de L'éducation Nationale Et de La Recherche, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Sciences de la Vie et de la Terre. Montfavet, France. 43p.

Dulloo, M. E., & Maxted, N. (2019). Plant Genetic Resources conservation and utilization—crop wild relatives. *Plant Genetic Resources*, 17(2), 101-102.

Dulloo, M. E., Ebert, A. W., Dussert, S., Gotor, E., Astorg, C., Vasquez, N., Rakotomalala, J. J., Rabemiafar, A., Eira, M., Bellachew, B., Omondi, C., Engelmann, F., Anthony, F., Watts, J., Qamar, Z. Et Snook, L. (2009). Cost efficiency of cryopreservation as a Long-term conservation method for coffee genetic resources. *Crop science*, vol 49, Pp. 2123–2138, doi :10.2135/cropsci2008.12.0736.

Dupriez R. et Leener P. (1987). Jardins et vergers d'Afrique, Terres et Vies, édition Harmattan, 132p.

Edwards S. & Kelbessa E. (1999). Indicators to determine the level of threat to tree species. In: Edwards S., Demissie A., Bekele T. and Haase G. (eds.). Proceedings of the National Workshop on Forest Genetic Resources Conservation: Principles, Strategies and Actions. IBCR and GTZ, Addis Ababa. Pp. 101-133.

Egelmann F. (1992a). In vitro conservation of tropical plant germplasm. A review euphytica.

EMAMI A. et ALI R. E. (2013). Evaluation of Genetic Variations of Tomato Genotypes (*Solanum lycopersicum* L.) with Multivariate Analysis. International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences (IJSRES), 1(10),273-28-1, fSSN: 2322—1983

Engelmann F. (1990). Utilisation d'atmosphères à teneur en oxygène réduite pour la conservation de cultures d'embryons somatiques de palmier it huile (*Elaeisguineensis* Jacq.). c.r. Acad. SCI. Paris, 310, Sér. III: 679-684.

Engelmann F. (1992b). Cryopreservation of embryos. In Proc. XIII EU- CARPIA Cong., Reproductive Biology and Plant Breeding, Angers, 6-10 juillet 1992, sous pressed.

Engelmann, F. (1997). in vitro conservation methods. Pp. 119–162 in b. V. Ford-Lloyd, h. J. Newbury and j. A. Callow (eds.). Biotechnology and Plant genetic resource conservation and use. Cab international, Wallingford, UK.

Engels J. M. M. & Engelmann F. (2002). Botanic gardens and agricultural gene banks: Building on complementary strengths for more effective global conservation of plant genetic resources. Plant Gene. Retour. Newsletter. 131 :49-54.

FAO (2010) Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO), Rome, Italie. Chapitre 3, pp. 59.

FAO, F. (1993). Agriculture Organization of the United Nations. 1996. Agricultural Food and Nutrition in Africa. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome, 85-90.

FAO. (2009). Étude de cadrage sur les micro-organismes intéressant l'alimentation et l'agriculture., douzième session ordinaire, commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2012). Guidlines Cryconservation of abimal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 12. Rome.

FAO. (2015). The second report on the state of the world's: Animal genetic resources for food and agriculture.

FAO. (2015). The second report on the state of the world's: Animal genetic resources for food and agriculture.

Gallais, A. (2018). Histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes. Éditions Quae.

GENARD M., BERTIN N., GAUTIER H., LESCOURRET F. et QUILOT B. (2010). Elaboration de la qualité du fruit : composition en métabolites primaires et secondaires. Innovations Agronomiques 9, Avignon, France. 11p.

GHOSH K. P., ISLAM A. K. M. A., MIAN M. A. K. et HOSSAIN M. M. (2010). Variability and character association in F2 segregating population of different commercial hybrids of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of applied science and management, 14:91-95.

Guarino, L., V.R Rao. and R. Reid (eds.) (1995). Collecting Plant Genetic Diversity: Technical guidelines. CAB International, Wallingford, UK.

GUIGNARD L. (2000). Biochimies végétales. 274p.

Harlan J.R. (1987). Les plantes cultivées et l'homme, édition ACCT/CII., F/PUF, PP _299-300.

Harrington, J.F. (1970). Seed and pollen storage for conservation of plant Gene resources. Pp. 501–521 in genetic resources in plants—their Exploration and conservation (Frankel, o.h. and Bennett, e., eds.). Ibp Handbook no. 11. Blackwell scientific, Oxford, UK.

Hawkes, J. G., Maxted, N., & Ford-Lloyd, B. V. (2012). The ex situ conservation of plant genetic resources. Springer Science & Business Media.

Hawksworth D. L. (1995). The resource base for biodiversity assessments. In: Heywood V. H. (ed.), Global biodiversity assessment. UNEP, Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 545-605.

HELYES L. et PEK Z. (2006). Tomato fruit and Quality content depend of Stage of Maturity, HortScience Vol. 41(6): 1400- 1401. 2p

Heywood V. H. (1999). The role of botanic gardens in ex-site conservation of agrobiodiversity. In: Gass t., Frese l., Begemann f. And Lipman l. (compilers). Proceedings of the European symposium on plant genetic resources for food and agriculture. International plant genetic resources institute (ipgri), Rome. Pp. 102-107.

Heywood V. H. & Baste I. (1995). Introduction. In: Heywood V. H. (ed.), Global biodiversity assessment. UNEP, Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 1-19.

Hunter D, Heywood V (Eds.). 2011. Espèces sauvages apparentées a des plantes cultivées. Manuel de conservation in situ. Bioersity international, Rome, Italy.

INRA., 2021 business plan_CNRRG (centre national des ressources génétiques) 2ème version.

IPGRI (1996). International Plant Genetic Resources Instit., (IPGRI), Descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp.) Rome (Italy).

Iucn (1990). Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands: conservation, management and sustainable utilization. Occasional papers of the IUCN Species Survival Commission No. 6, Gland, Switzerland: IUCN.

J. DORST. (1991). Impact de la faune sauvage sur l'environnement. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz. 10 (3), 557-576.

Jarvis A., Guarino L., Williams D., Williams K., Vargas I. & Hyman G. (2002). Spatial analysis of wild peanut distributions and the implications for plant genetic resources conservation. Plant Gene. Retour. Newsletter. 131 :29-35.

Jean.Y, Anne.Y, Bruno. S. (2015). Les ressources génétiques végétales, de l'amélioration à la conservation des espèces.

Jouve L., Engelmann F. Et Charrier A. (1991). Effets de l'hypoxie et de la température sur la conservation in vitro de pousses feuillées de *Coffea arabica*L. Café Cacao Thé, XXXV : 205-210.

Kant, L., Amrapali, S., & Babu, B. K. (2016). Barley. Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement, 125–157.

KAUR S., JINDAL K. S., DHAILWAL S. M., CHAWLA N. et MEENA O. P. (2017). Genetic diversity analysis in elite lines of tomato (*solanum lycopersicum* L.) for growth, yield and quality parameters GENETIKA, Vol. -19, No. 1, 329-3-1-1.

KENNETH T. O. (2016). Agro-morphological and nutritional characterization of tomato landraces (*lycopersicon* species) in Africa. Diplôme de Master en science agronomique, département science et protection des plantes, faculté de l'agriculture. Université de Nairobi Ethiopie, 108p.

Khoury, C., Laliberté, B., & Guarino, L. (2010). Trends in ex situ conservation of plant genetic resources: a review of global crop and regional conservation strategies. Genetic Resources and Crop Evolution, 57(4), 625-639.

Lamb FC. (1977). Tomato products; National Cannors Association; Bulletin 27- p. 2; Washington CC.

- Langis R., Schnabel B., Earle, E.D. Et Steponkus P.L.** (1989). Cryopreservation of Brassica napus suspensions by vitrification. *Cryo-Lett*, **10** :421-428.
- Laumonier R.** (1979). Culture légumière et maraîchère, Tome fil Ed Baillière, Paris, 279p.
- LERNER B. R.** (2009). Tomatoes Reviewed 4/01: Vegetables HO-26-W, Purdue University Cooperative Extension Service.
- Louis J. M. Van Soest** .1990. La préservation des ressources phytogénétiques dans les banques de gènes Impact : La conservation et la gestion de nos ressources génétiques science et société, n°158, 123-137.
- Louwaars, N. P.** (2018). Plant breeding and diversity: A troubled relationship? *Euphytica*, 214(7), 114.
- Malhotra, N., Panatu, S., Singh, B., Negi, N., Singh, D., Singh, M., & Chandora, R.** (2019). Genetic Resources: Collection, Conservation, Characterization and Maintenance. *Lentils*, 21–41.
- MARIA L. L. G., OSCAR J. G., JUAN J. L. G., PAOLA H. C. et CARLOS E. O. V.** (2014). Quality Parameters and Bioactive Compounds of Red Tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) cv Roma VF at Different Postharvest Conditions. *Journal of food research*, 3(5):8-18.
- Mascher, M., Schreiber, M., Scholz, U., Graner, A., Reif, J. C., & Stein, N.** (2019). Genebank genomics bridges the gap between the conservation of crop diversity and plant breeding. *Nature genetics*, 51(7), 1076-1081.
- Mc kersie b.d., senaratna t., bowley s.r., brown d.c., kiellya., krochko j. Et bewley j.d.** (1990). Artificial seeds applications in the production of hybrid alfalfa (*Medicago saliva* L.). In *Abstr. VIIth Int. Cong. Plant Tissue and Cell Culture*, Amsterdam: 259.
- Mcneely J. A., Gadgil M., Leveque C., Podach C. & Redford K.** (1995). Human influences on biodiversity. In: Heywood V. H. (ed.), *Global biodiversity assessment*. UNEP, Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 711-821.
- MOHANTY B. K.** (2003). Genetic variability, correlation and path coefficient studies in tomato. In. *Journal of Agriculture Research*, 37: 68-71.
- Moriguchi T., Kozaki I., Matsuta N. Et Yamaki S.,** 1988 Plant regeneration from grape callus stored under a combination of low temperature and silicone treatment. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 15: 67-71.

- Newton A.C., Allnut T.R., Gillies A.C.M., Lowe A.J. & Ennos R.A.** (1999). Molecular geography; intraspecific variation and the conservation of tree species; *Trends in Ecology and Evolution*; 14; 140-145.
- Nitzsche E.** (1980). One-year storage of dried carrot callus. *Z. Pflanzenphysiol.*, 100: 269-271.
- Panella L., Wheeler, L. Et McClintock, M. E.** (2009). « long-term survival of cryopreserved Sugarbeet pollen », *journal of sugar beet research*, vol 46, pp. 1–9
- Peralta L et Spooner D.** (2002). History, Origin and Early Cultivation of Tomato (Solanaceae), Agricultural Research Service, USDA, 2 février 2002, Consulté le 15 mai 2009.
- PETIT J.** (2013). Identification et validation fonctionnelle de gènes candidats contrôlant la composition de la cuticule chez le fruit de tomate. Thèse de doctorat, Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé Spécialité Biologie Végétale. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, Bordeaux, France. 271p
- Philouse J.** (1999). La tomate et son amélioration génétique. In: Tirilly Y, Bourgeois CM, eds. *Techonologie des légumes*. Éditions Tee & Doc, ppl 12-30.
- PNTTA.** (1999). Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA / Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture / MADRPM/DERD /N° 57/Juin 1999/PNTTA.
- Pritchard D. J. & Harrop S. R.** (2010). A re-evaluation of the role of ex-site conservation in the face of climate change. *BG Journal*. 7(1) :3-6.
- Renaud V,** (2006). *Les tomates qui ont du goût*. Paris, Eugen Ulmer. 95.
- Rozier J, Carlier V, Bolnot F.** (1985). *Bases Microbiologiques de l'Hygiène des Aliments*. Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort : Paris, France
- Ruredzo, T.J.** (1989). Progress Report on IBPGR–ILCA Tissue Culture Project. IBPGR Report Number 89/11. IBPGR, Rome, Italy.
- S. Saidi.** (2007). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (RPGAA).
- SACCO A., RUGGIERI V., PARISI M., FESTA G., MANUELA M. R, MAURIZIO E. P., ANDREA M. et AMALIA B.** (2015). Exploring a Tomato Landraces Collection for FruitRelated Traits by the Aid of a High-Through put Genomic Platform *PLoS ONE* 10(9) e0137139 doi: 10. 1371}
- Sakai A., Kobayashi S. Et Oyama I.** (1990). Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Rep*, 9: 30-33.

Scottez C, Gaudin N., Joulie C., Arnaud Y. Et Dereuddre J. (1991). Cryopreservation of pear shoot tips after encapsulation dehydration. In Proc.28th Ann. Meeting of the Society for Cryobiology, Leuven, Belgium, 7-12 July: 59.

Shiminoshi K., Ishikawa M., Suzuki S. Et Oosawa K. (1991). Cryo-preservation of melon somatic embryos by desiccation method. Japan J. Breeding,41: 347-352.

SINGH A. K. (2005). Genetic variability, correlation and path coefficient studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under cold arid region. Progr. Hort., 37 (2): 437-443.

Smith A.F. (2001). The tomato in America, Early history, culture, and cooking, University of Illinois Press, p. 15.

Soro S. (2009). Caractérisation agronomique et culture sous voile de variétés améliorées de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'État. Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan.

SPANB. (2017). Stratégie et Plan d'Actions National pour la Diversité Biologique du Maroc, 2016-2020.

Tessereau H., Lecouteux C., Florin B., Schlienger C. Et Petiardv. (1990). Use of a simplified freezing process and dehydration for the storage of embryogenic cell lines and somatic embryos. In Seeds: Genesis of Natural and Artificial Forms, Amiens, France, Nov. 12-13, 1990, Le Bio pole vegetal, Ed.: 123-133.

Towill L.E. (1990). Cryopreservation of shoot tips by vitrification. In Abstr.VIIth Int. Cong. Plant Tissue and Cell Culture, Amsterdam: 379.

Uragami A., Sakai A, Nagai M. Et Takahashi T. (1989). Survival of cultured cells and somatic embryos of *Asparagus officinalis* cryopreserved by vitrification. *Plant Cell Rep.*, 8: 418-421.

Waylen K. (2006). Botanic gardens: using biodiversity to improve human well-being. Richmond, uk: botanic gardens conservation international.

Wyse Jackson P. S. (1998). Botanic gardens: a revolution in progress. World conservation (iucn) 2/98:14-15.

Yidana, J.A. (1988). The development of in vitro collecting and isozyme characterization of cocoa germplasm. PhD Thesis, University of Nottingham, UK.

ANNEXES

Tableau 1 : Statistiques descriptives de performances des variétés

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Hauteur	1,200	1,700	1,493	0,18
Nombre de branches	10,000	21,667	16,167	4,09
Nombre branches fructifères	3,000	8,667	5,444	2,17
Nombre de fruit par plante	8,333	33,000	16,652	10,82
Nombre de feuilles par branches	11,333	32,333	20,167	7,74

Tableau 2 : Moyenne des caractères physico-chimiques pour les variétés étudiées

Variété	V1 moyenne	V2 moyenne	V3 moyenne	V4 moyenne	V5 moyenne	V9 moyenne
Humidité	94,18	95,90	95,62	93,50	95,34	97,13
pH	4,13	4,30	4,13	4,13	4,10	4,19
Brix	5,70	6,82	6,82	6,28	5,60	8,02
L*_Jus	95,01	91,70	94,71	90,19	92,38	30,94
a*_Jus	-2,80	-3,09	-3,47	-2,61	-2,29	6,98
b*_Jus	10,59	14,75	12,82	10,17	10,15	22,06
C*_Jus	10,95	15,07	13,29	10,50	10,41	23,13
h_Jus	-75,21	-78,16	-74,84	-75,58	-77,31	72,44
L*_Pédonculaire	24,75	34,97	26,45	31,09	28,22	18,32
a*_Pédonculaire	22,81	29,62	32,54	21,56	23,62	12,08
b*_Pédonculaire	33,79	21,76	37,51	32,00	29,89	14,93
C*_Pédonculaire	40,95	36,83	49,70	38,92	38,16	19,36
h*_Pédoncule	56,13	36,06	49,05	55,56	51,45	50,46
L*_Centrale	25,32	30,27	26,41	26,71	26,48	17,17
a*_Centrale	22,88	28,85	33,28	24,01	21,85	13,04
b*_Centrale	35,79	23,11	37,65	29,73	27,47	16,14
C*_Centrale	42,74	37,08	50,28	38,30	35,24	20,90
h*_Centrale	57,61	38,14	48,56	51,04	51,13	51,11
L*_Basale	25,65	30,63	27,19	27,13	26,20	18,21
a*_Basale	23,03	29,61	33,15	23,65	23,38	12,71
b*_Basale	33,27	23,33	37,00	29,89	28,19	16,34
C*_Basale	40,57	37,79	49,74	38,31	36,67	20,85
h*_Basale	55,13	38,24	48,27	51,45	50,27	51,84

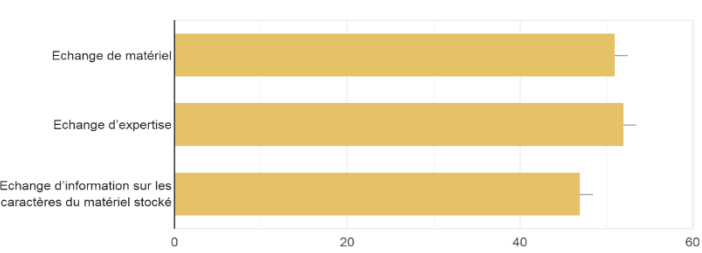
Tableau 3 : Analyse benchmark des banques des gènes internationales et nationales

	Centres RG	NARO (Japan)	NORDGEN (Pays scandinaves)	CGN Wageningen (Pays bas)	BNG (Tunisie)	Genebank - IPK Gatersleben (Allemagne)	Millennium Seed Bank (Royaume uni)	ILRI (CGIAR)	USDA genebanks (Etats unies)	Plant Gene Resources of Canada (Saskatchewan)	Egypt - National Genebank	Centre RG Australien
Organisation	Institutionnel	—	—	—	—	oui	—	oui	—	—	—	—
	National	oui	oui	—	oui	—	—	—	oui	oui	oui	oui
	Régional	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	International	—	—	oui	—	oui	oui	oui	—	—	—	—
Conservation	stockage actuel	—	34.000 accessions	23 000 accessions pour les plantes 4790 accessions pour les arbres forestiers 300000 doses de spermatozoïdes	—	151 002 accessions	46 000 accessions	19 000 accessions	plus de 500 000 accessions	111 158 accessions+492,150 doses	200 000 accessions	200 000 accessions
	RG végétales	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	RG animales	oui	oui	oui	oui	—	—	—	oui	—	oui	—
	RG microorganismes	oui	—	—	oui	—	—	—	oui	—	oui	—
	Autres RG	—	ressources forestières	ressources forestières	—	—	—	ressources fourragères	—	RG d'arbres fruitiers	ressources fourragères	—
Infrastructure	Chambre froide (+5°C)	oui	—	—	—	—	—	oui	—	oui	oui	—
	Chambre froide (-18°C)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Cryoconservation	oui	oui	oui	oui	oui	oui	—	oui	oui	oui	—
	Conservation In vitro	oui	oui	—	oui	oui	oui	—	oui	—	oui	—
	Conservation du pollen	—	—	—	—	—	—	—	oui	—	—	—
	Collections aux champs	—	oui	oui	oui	—	oui	oui	—	oui	—	—
	Conservation des fragements d'ADN	oui	oui	—	—	—	oui	—	oui	oui	—	—
Matériel conservé	Variétés locales/ Races locales	oui	oui	oui	oui	—	—	—	—	oui	oui	oui
	Variétés améliorées/ Races améliorées	oui	oui	oui	—	oui	—	—	oui	oui	oui	oui
	Espèces sauvages	oui	oui	oui	oui	oui	oui	—	oui	oui	oui	oui
	Espèces menacées	—	—	oui	oui	—	oui	—	—	oui	oui	—
	Stock génétique (Matériel de sélection)	—	—	oui	—	—	—	oui	oui	oui	—	oui
	Autres	—	—	commerciales paysannes rares	—	—	—	collection mondiale des herbes fourragères	—	—	Variétés économiques	—
Laboratoires	Laboratoire de phénotypage	oui	—	oui	oui	oui	—	oui	—	oui	—	oui
	Laboratoire de génotypage	oui	—	SNP génotypage	oui	oui	oui	—	—	oui	oui	oui
	Laboratoire de physiologie	—	—	—	—	oui	—	—	—	oui	—	—
	Laboratoire qualité	oui	oui (tests de germination)	—	oui	oui	oui (laboratoire des semences)	oui	oui	oui	oui	oui
	Autres laboratoires	—	moléculaire/ in vitro	—	moléculaire/ détection des OGM	moléculaire	cytométrie / in vitro / moléculaire	moléculaire	moléculaire / pathologie	biotechnologie	moléculaire / analyses chimique / microbiologie	—
Autres activités liées à la gestion des RG	Acquisition de nouvelles collections	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Multiplication du stock	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Caractérisation/ évaluation du matériel conservé	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Distribution	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Documentation	oui	oui	oui	oui	oui	oui	—	oui	oui	oui	oui
Partenariat	Collaborations nationales	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Collaborations internationales	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Autres	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Normes	ISO	a quality system with standard operating procedures	ISO	—	—	—	—	—	FAO genebank standards for PGRFA	—	—
	Budget annuel	588.316.800,00 Dollar américain	—	3345 Dollar	—	—	—	—	—	2 millions (1,3 million on ope	—	—
	Ressources humaines	—	26 employees : 9 people have more technical/practical jobs working at the seed lab and at the greenhouse and fields, the rest is working with administration, communication, IT, as Plant experts and curator.	—	—	—	—	—	—	3 chercheurs +16 techniciens + 2 cadres professionnels + 1 Collection Specialist + 1 Genetic Analyst	—	—
	Espèces les plus représentées	glycine max/ orge et blé / champignons	Céréales	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Sources de financement	—	NordGen a reçu plus de 8 millions de DKK de la Fondation danoise Novo Nordisk en 2020	45 868 Dollar audités par l'Office national d'audit suédois.	—	—	—	—	—	—	—	—

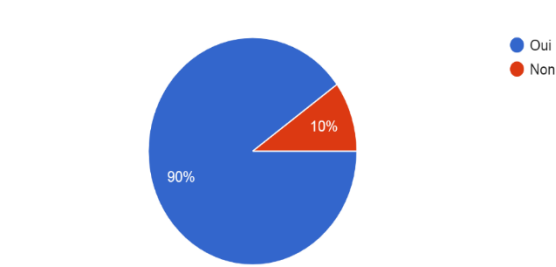
Figure 1 : Résultats obtenus à partir du questionnaire sur les ressources phytogénétiques



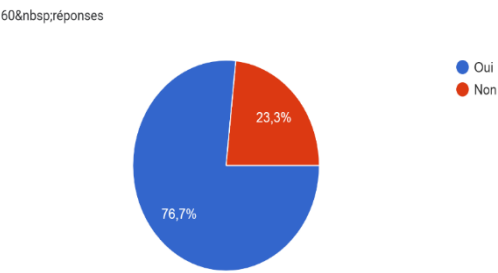
Question 15: Quels types de coopération devraient être réalisés avec les centres de recherche nationaux et internationaux :



Question 16 : Le CNRG devrait il opter pour une certification ISO :



Question 17 : Selon vous, le CNRG devrait également prendre en considération la conservation in situ :



Question 18 : En tant que chercheur bénéficiaire des RG stockées dans le nouveau CNRG, quelle serait votre contribution pour la réalisation des objectifs du centre :

