

Diversité génétique des accessions de poivron (*Capsicum annuum* L.) de la région de Diffa (Niger) évaluée à l'aide de la capacité germinative des semences

[Genetic diversity of sweet papper (*Capsicum annuum* L.) accessions from region of Diffa (Niger) assessed using seeds germination capacity]

Saley MOUSSA DIAGARA¹, Agali ALHASSANE², Boukar Kéllou KAKA KIARI³, and Amadou HAROUNA ISSA¹

¹Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP: 10662 Niamey, Niger

²Département Information et Recherche, Centre Régional AGRHYMET, BP: 11011, Niamey, Niger

³Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, BP: 78, Diffa, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The seed germination test is generally used to assess the seeds germination quality. The objective of this study was to determine the germination kinetics as well as the diversity of pepper accessions (*Capsicum annuum* L.) from the Diffa, region of Niger according to the germination potential. These accessions were collected in 5 Departments of the Diffa region in 2020 and 2022. Thus, the emergence of the seedlings was carried out *in vitro* according to a device in complete randomized blocks with three (3) repetitions. The analysis of variance (ANOVA) showed a significant difference between the accessions, for all the parameters analyzed ($P < 0.000$). The average germination rate which varied from 7.33% for N'guigmi (Ng-047) to 100% for Bosso accessions. Strong correlations were observed between germination rate and germination rate (0.63). The ascending hierarchical classification (HAC) and the principal component analysis (PCA) revealed a structuring of the accessions into 3 main distinct groups. The G1 group composed of 27 accessions is characterized by a long germination time and a germination time of 50% and by a high germination rate. Group G2 is made up of 10 accessions with a long latency time and 50% germination time. As for the G3 group, it is also made up of 10 accessions with a high germination time and latency time. This study will allow breeders to have a biological base material for further research.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L, characterization, germination capacity, seeds, *in vitro*, Niger.

RESUME: Le test de germination des semences permet généralement d'évaluer la qualité germinative des graines. La présente étude avait pour objectif de déterminer la cinétique germinative ainsi que la diversité des accessions de poivron (*Capsicum annuum* L.) de la région de Diffa au Niger en fonction du potentiel de germination. Ces accessions ont été collectées dans 5 Départements de la région de Diffa en 2020 et 2022. Ainsi l'émergence des plantules a été effectuée *in vitro* selon un dispositif en blocs complets randomisés avec trois (3) répétitions. L'analyse de la variance (ANOVA) a montré une différence significative entre les accessions, pour tous les paramètres analysés ($P < 0,000$). Le taux moyen de germination qui a varié de 7,33 % pour N'guigmi (Ng-047) à 100% pour les accessions de Bosso. Des corrélations fortes ont été observées entre le taux de germination et la vitesse de germination (0,63). La classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'analyse en composante principale (ACP) ont révélé une structuration des accessions en 3 principaux groupes distincts. Le groupe G1 composé de 27 accessions est caractérisé par une durée de germination et par un taux de germination élevés. Le groupe G2 est constitué de 10 accessions ayant un temps de latence et une durée de 50% germination longs. Quant au groupe G3 il est également constitué de 10 accessions avec une durée de germination. Cette étude permettra aux sélectionneurs d'avoir un matériel de base biologique pour la poursuite de la recherche.

MOTS-CLEFS: *Capsicum annuum* L, caractérisation, pouvoir germinatif, graines, *in vitro*, Niger.

1 INTRODUCTION

La germination des graines correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine à la phase de développement de la plantule [1]. En règle générale, les graines mûrissent, deviennent quiescentes puis germent dès que l'eau, l'oxygène et les conditions de températures adéquates seront réunis [2]. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est non seulement fonction de son génome, mais aussi en fonction de multiples facteurs que [3] regroupe en quatre catégories: les facteurs d'avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs d'après la récolte et les facteurs de la germination.

Un test de germination est souvent réalisé pour déterminer la proportion de semences qui va germer dans des conditions favorables pour produire des plantules capables de se développer en plantes matures. Ceci permet d'utiliser des lots de semences ayant une capacité de germination élevée pour réduire les pertes des semis, du temps de travail et des investissements en intrants agricoles [4]. Par ailleurs, il est reconnu que la capacité germinative des graines diminue avec le temps, même dans des conditions environnementales idéales et constantes [5], [6], [7]; d'où l'importance de réaliser des tests à différents moments: soit directement après la récolte des semences, soit en cours de conservation, soit juste avant la période des semis. Certaines semences germent à tout moment, d'autres ont besoin d'une période de dormance [8] et, un test de germination permet d'obtenir des informations sur le comportement germinatif d'un groupe de graines donné [9].

Au Niger, les paysans tirent généralement les semences de la prochaine saison de leurs récoltes de la saison précédente. La même pratique est souvent observée chez les cultivateurs de la région de Diffa, même chez les producteurs du poivron qui utilisent des semences fréquemment mal conservées et hétérogènes [10]. Dans la région de Diffa le poivron constitue une source de revenus monétaires appréciables pour quelques 6.000 exploitants, et une population agricole d'environ 25.000 à 30.000 personnes [11]. Cette spéculation constitue ainsi une source importante de devises qui améliore par conséquent le pouvoir d'achat et le niveau de vie des producteurs [10]. Cependant, Depuis l'introduction de la culture du poivron dans cette Région, aucune amélioration génétique n'a été réalisée. Les paysans produisent eux même leur propre semence où le seul caractère pris en considération est la grosseur des fruits. Cette méthode de production des semences peut engendrer avec le temps une dégénérescence variétale [12]. Ainsi, les accessions de poivron ont été caractérisées sur le plan de la cinétique et de la capacité germinatives afin d'améliorer le taux de réussite des semis et de la productivité de la culture dans la région.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les semences utilisées sont issues de 43 accessions de poivron de la prospection de 2021-2022 de la Région de Diffa. 3 accessions déjà commercialisées provenant de la Commune Urbaine (CU) de Niamey ont été testées pour voir leur adaptabilité dans la région (Tableau 1).

Tableau 1. Sites de provenance des accessions de poivron utilisées pour le test de germination

Accessions	Régions	Départements	Villages/sites
Bo-001	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-002	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-003	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-004	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-005	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-006	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-007	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-008	Diffa	Bosso	Gamgara1
Bo-009	Diffa	Bosso	Gamgara2
Bo-010	Diffa	Bosso	Abadam
Di-012	Diffa	Diffa	Loumbouram
Di-014	Diffa	Diffa	Loumbouram
Di-015	Diffa	Diffa	Kourou Saleri
Di-016	Diffa	Diffa	Kourou Saleri
Di-019	Diffa	Diffa	Madouri
Di-021	Diffa	Diffa	Marché poivron

Di-022	Diffa	Diffa	Marché poivron
Di-023	Diffa	Diffa	Tourba
Di-024	Diffa	Diffa	Tourba
Go-025	Diffa	Goudoumaria	Issoufour
Go-026	Diffa	Goudoumaria	Issoufour
Go-027	Diffa	Goudoumaria	Beysemiram
Go-028	Diffa	Goudoumaria	Beysemiram
Ma-029	Diffa	Mainé Soroa	Baboulwa M
Ma-030	Diffa	Mainé Soroa	Baboulwa M
Ma-031	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-032	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-033	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-034	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ng-035	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-036	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-037	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-038	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-040	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-042	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-043	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-045	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-046	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-047	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-048	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-049	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-050	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-051	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ni-052	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey
Ni-053	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey
Ni-054	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey

Quelques échantillons de ces accessions utilisées pour le test de germination sont dans Figure 1

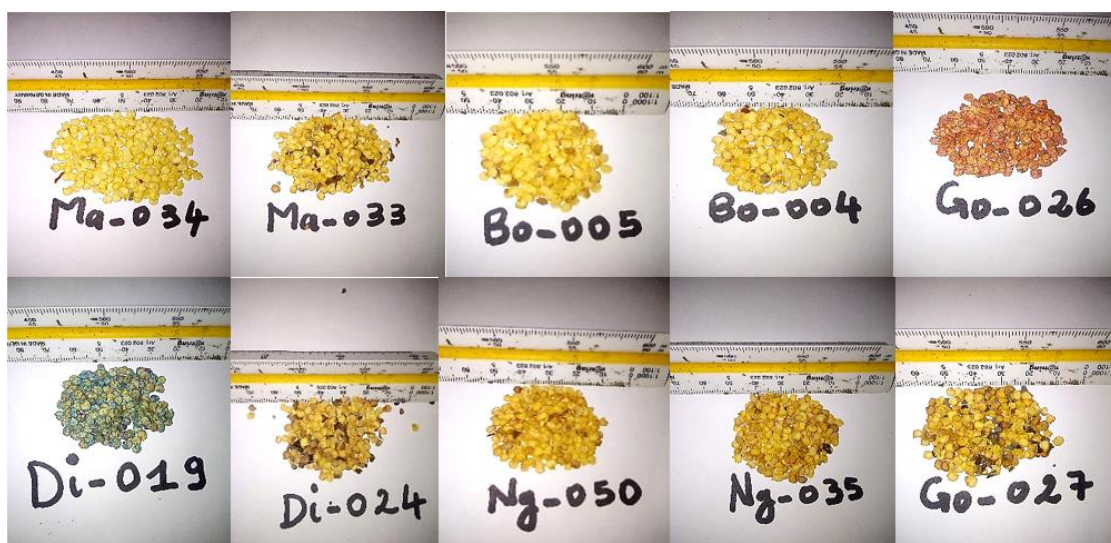


Fig. 1. Echantillon de quelques accessions utilisées pour le test de germination

2.2 ZONE D'ÉTUDE

L'essai a été réalisé dans le mois de juin en 2021 à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) (Station de Diffa). La station de Diffa (latitude N13°18'54" et longitude E12°35'42") est située dans la commune urbaine de Diffa.

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le test a été réalisé *in vitro* sur la base d'un Dispositif en blocs complets randomisés avec trois (3) répétitions. Dans chaque boîte de pétri (représentant une répétition) 30 graines d'une même accession ont été placées, soit au total 90 graines pour les 3 répétitions de l'accession. Les graines ont été semées sur du papier lotus utilisé comme substrat. Les boîtes ont été placées dans une chambre à la température ambiante et ont reçu un apport d'eau une fois par jour (le matin) pendant toute la durée de l'expérience. Les observations ont été réalisées à partir de 08h chaque jour pendant 17 jours.

2.4 COLLECTE DE DONNÉES

Dans le cadre de cette étude cinq paramètres ont été calculés et analysés, il s'agit du taux de germination, de la durée de germination, du temps de latence, de la vitesse de germination et du temps de 50% de germination (Tableau 2). Chaque jour (pendant 17 jours) le nombre des graines germées sont recensées et comptées. Et la germination de toutes les graines de chaque boîte a été attendu pour calculer les paramètres.

Tableau 2. Paramètres calculés dans le cadre du test de germination des différentes accessions de poivron

Paramètres	Formules	Description	Unité
Taux de germination (TG)	$TG = \frac{Ng \times 100}{Nt}$	Nombre de graines germées (Ng) sur le nombre total des graines (Nt) multiplié par cent	%
Durée de germination (DG)	$DG = Df - Dp$	Nombre de jours entre la date de début (Dp) et la date de fin de la germination (Df)	Jour
Temps de latence (TL)	$TL = Dp - Ds$	Nombre de jours entre le semis et la date de la première germination observée	Jour
Vitesse de germination (VG)	$VG = \frac{Ng}{Df - Dp} = \frac{Ng}{Df - Dp}$	Nombre de graines ayant germés par rapport au nombre de jours après semis	Nombre de graine/jour
Temps de 50% germination (T50%G)	-	Nombre de jours nécessaires pour la germination de cinquante pour cent de graines	Jour

2.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Différents outils et différentes méthodes ont été utilisés pour l'analyse statistique des données collectées. L'analyse de la variance (ANOVA) et la comparaison multiple des moyennes avec (méthode de Duncan) ont été réalisées pour déterminer les performances des différentes accessions avec le logiciel GenStat version 12.1. L'analyse des corrélations a été effectuée pour déterminer le degré d'association entre les variables, la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour le regroupement des accessions et l'analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées avec les logiciels R version 4.0.2 [13] et Rstudio version 4.0.2 [13].

3 RESULTATS

3.1 PERFORMANCE DE LA GERMINATION DES ACCESSIONS

Les analyses statistiques descriptives montrent des grandes amplitudes de variation pour tous les Paramètres étudiés (Tableau 3). Ce tableau montre que le temps de 50% de germination a varié entre 1 et 10 jours et les amplitudes du taux de germination entre 6% et 100%. Le temps de latence a varié entre 1 et 8 jours, pour une durée globale de germination étalée entre 1 et 9 jours. La vitesse de germination a été de 1 à 15 graines par jour. La variance a été plus observée (945,61) au niveau du taux de germination, avec des coefficients de variation des caractères étudiés significativement élevés (CV>30%) chez toutes les accessions.

Tableau 3. Performance des capacités germinatives des accessions étudiées

Variables	Mini	Moy	Maxi	Est	E-t	Var	CV
T50%G	1,000	3,181	10,000	0,209	2,459	6,047	77,30
TxG	6,000	63,00	100,00	2,62	30,75	945,61	48,81
TL	1,000	2,841	8,000	0,122	1,431	2,047	50,37
DG	1,000	4,275	9,000	0,159	1,863	3,471	43,58
VG	0,400	3,333	15,000	0,249	2,928	8,576	87,85

T50%G: Temps de cinquante pour cent de germination; **TxG:** Taux de germination; **TL:** Temps de latence; **DG:** Duree de germination; **VG:** Vitesse de germination; **Mini:** Minimum; **Moy:** Moyenne; **Maxi:** Maximum; **Est:** Erreur type de la moyenne; **E-t:** Ecart-type; **Var:** Variance; **CV:** Coeficien de variation; **Med:** Mediane.

3.2 ANALYSE DE VARIANCE (ANOVA)

Une analyse de la variance (ANOVA) a montré des différences significatives entre les accessions, pour tous les paramètres analysés (P = 0,000). (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats de l'analyse de variance des paramètres calculés pour caractériser les capacités germinatives des accessions de poivrons étudiées

Sources de variation	Paramètres	P-value
Accessions	DG	<0,000***
	T50%G	<0,000***
	TL	<0,000***
	TxG	<0,000***
	VG	<0,000***
Répétition	DG	0,904ns
	T50%G	0,990ns
	TL	0,628ns
	TxG	0,999ns
	VG	0,994ns

T50%G: Temps de cinquante pour cent de germination; **TxG:** Taux de germination; **TL:** Temps de latence; **DG:** Duree de germination; **VG:** Vitesse de germination; *****:** tres significatif; **ns:** non significatif.

3.3 COMPARAISON MULTIPLE DES MOYENNES

Le Tableau 5 montre les moyennes des cinq paramètres mesurés en fonction des 46 accessions de poivron étudiées. La durée moyenne de germination a varié entre 1 jour (chez les accessions Bo-005, Bo-010, Di-022, Ng-038, Ng-046, Ng-047) et 9 jours (Ni-053). Le temps moyen pour atteindre 50% de germination a été en moyenne de 1 jour chez les accessions Di-014, Di-022, Go-025, Go-026, Go-028, Ma-029, Ma-030, Ma-032, Ma-033, Ng-038, Ng-042, Ng-045, Ng-046, Ng-047, Ng-049) et de 10 jours chez l'accession Ni-053. Le temps moyen de latence a été estimé entre 1 jour (chez les accessions Bo-001, Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-010) et 8 jours (chez Di-012). Le taux de germination a varié entre 7,33 % (Ng-047) et 100% (Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-008, Bo-009, Bo-010). Quant à la vitesse de germination, elle a varié entre 1 graine par jour (Ng-047) et 14 graines par jour (Bo-005, Bo-010).

Tableau 5. Comparaison multiple des moyennes des cinq paramètres mesurés en fonction des 46 accessions de poivron étudiées

Accessions	DG		T50%G		TL		TxG		VG	
Bo-001	3,00	q	3,00	i	1,00	g	63,33	l	4,33	efg
Bo-002	3,00	q	2,00	j	1,67	f	88,00	e	5,47	d
Bo-003	4,67	kl	2,00	j	1,00	g	100,00	a	4,67	ef
Bo-004	3,00	q	2,00	j	1,00	g	100,00	a	7,67	b
Bo-005	1,33	r	2,00	j	1,00	g	100,00	a	14,33	a
Bo-006	4,00	n	2,00	j	2,00	f	97,00	c	7,25	b

Bo-007	5,00	k	2,00	j	2,00	f	93,00	d	4,17	fgh
Bo-008	3,00	oq	2,00	j	2,00	f	100,00	a	6,33	c
Bo-009	5,00	hk	2,00	j	2,00	f	100,00	a	3,55	ijk
Bo-010	1,33	r	2,00	j	1,00	g	100,00	a	14,67	a
Di-012	5,00	hik	7,67	cd	7,67	a	87,00	e	1,67	uvw
Di-014	2,67	q	1,00	k	3,00	e	20,67	t	1,33	vwx
Di-015	5,00	hijk	3,00	i	1,67	f	83,33	f	3,71	hij
Di-016	4,00	n	3,67	h	2,00	f	68,00	k	3,22	jklm
Di-019	5,33	hijk	4,00	h	2,67	e	87,00	e	3,17	ijklmno
Di-021	4,00	n	7,33	d	3,00	e	50,67	mn	2,09	stu
Di-022	1,00	r	1,00	k	3,00	e	37,00	r	2,83	lmnopq
Di-023	5,67	gh	5,00	g	3,00	e	87,00	e	2,92	lmnop
Di-024	5,00	hijk	6,67	e	3,00	e	50,00	n	2,26	qrst
Go-025	1,00	r	1,00	k	3,67	d	17,33	u	1,00	xyz
Go-026	6,67	c	1,00	k	4,67	c	47,00	o	1,16	wxy
Go-027	6,33	cde	8,67	b	3,00	e	52,00	m	1,77	tuv
Go-028	6,33	cdef	1,00	k	3,00	e	13,67	v	0,44	zab
Ma-029	3,67	no	1,00	k	2,67	e	47,00	o	2,33	pqrst
Ma-030	3,67	nop	1,00	k	3,00	e	47,00	o	2,33	pqrst
Ma-031	6,00	cefg	5,67	f	3,00	e	80,00	g	2,61	mopqrs
Ma-032	5,00	hijk	1,00	k	4,67	c	40,00	q	1,20	wxy
Ma-033	4,00	ln	1,00	k	6,33	b	28,00	s	0,87	xyzab
Ma-034	5,00	hijk	6,00	f	3,00	e	87,00	e	3,25	ijkl
Ng-035	7,67	b	8,00	c	3,00	e	10,00	w	2,73	lmnopqr
Ng-036	6,67	cd	2,00	j	2,00	f	98,00	ac	3,22	ijklmn
Ng-037	5,00	hijk	4,00	h	2,00	f	70,00	j	3,00	klmno
Ng-038	1,00	r	1,00	k	4,67	c	43,00	p	2,16	rstu
Ng-040	3,00	opq	5,00	g	3,00	e	63,00	l	3,16	ijklmno
Ng-042	5,00	hijk	1,00	k	3,00	e	13,33	v	0,67	yzab
Ng-043	5,67	ghi	2,00	j	2,00	f	97,00	c	3,75	hij
Ng-045	5,67	eghij	1,00	k	6,00	b	20,33	t	0,54	zab
Ng-046	1,33	r	1,00	k	3,67	d	17,33	u	1,00	xyza
Ng-047	1,00	r	1,00	k	3,67	d	7,33	x	0,40	zb
Ng-048	3,00	opq	2,00	j	1,67	f	80,00	g	4,80	e
Ng-049	5,00	hijk	1,00	k	2,00	f	17,00	u	0,71	yzab
Ng-050	4,00	lmn	5,00	g	1,67	f	73,00	i	3,66	hij
Ng-051	4,00	lmn	3,00	i	2,00	f	78,00	h	3,83	ghi
Ni-052	6,67	cd	6,00	f	4,00	d	96,67	c	2,63	mnopqrs
Ni-053	8,67	a	9,67	a	2,00	f	63,00	l	1,82	tuv
Ni-054	4,67	klm	6,00	f	3,67	d	80,00	g	2,66	lmnopqrs

T50%G: temps de cinquante pour cent de germination; *TxG*: taux de germination; *TL*: Temps de latence; *DG*: Duree de germination; *VG*: Vitesse de germination

3.4 CINÉTIQUE GERMINATIVE DES ACCESSIONS

Les potentiels germinatifs des accessions ont montré des écarts importants, sauf chez les accessions du département de Bosso qui ont été plus homogènes et synchrones (Figure 2A). En effet, les germinations ont été observées entre le premier et le septième jour chez les accessions provenant du Département Bosso et entre le deuxième et le troisième jour chez celles de Goudoumaria. Elles ont été observées entre le troisième et le dixième jour chez les accessions du Département de Mainé Soroa et entre le deuxième et le onzième jour chez celles de Diffa, N'guigmi et Niamey (Figure 2).

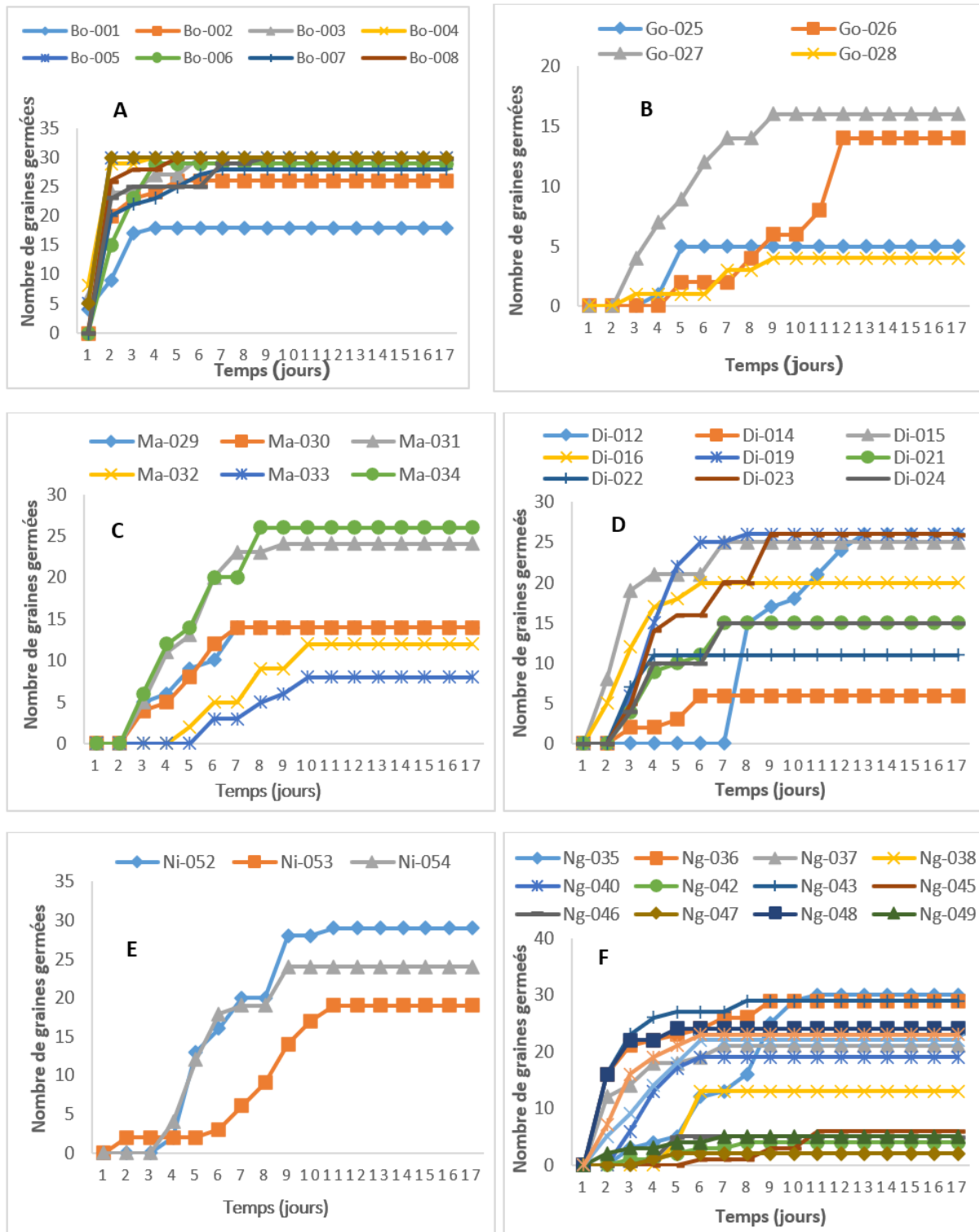


Fig. 2. Courbes de germination de la collection des accessions testées: A= Accessions de Bosso, B= Accessions de Goudoumaria; C= Accessions de Mainé; D= Accessions de Diffa; E= Accessions de Niamey; F= Accessions de N'guigni

3.5 RELATION ENTRE LES CARACTÈRES DE GERMINATION ÉTUDIÉS

La matrice corrélations (Tableau 6) montre des corrélations positives et forte entre la durée de germination (DG) et le temps de cinquante pour cent de germination (T50%G) et entre le taux de germination (TxG) et la vitesse de germination (VG), avec des coefficients respectifs de 0,5116 et 0,6340. Les corrélations ont en revanche été négatives entre le temps de latence (TL) et le TxG et entre le TL et la VG, avec des coefficients respectifs de -0,4325 et -0,5607 (Tableau 6).

Tableau 6. Corrélations entre les variables calculées pour la caractérisation des capacités germinatives des accessions de poivron étudiées

	DG	T50.G	TL	TxG	VG
DG	1,0000				
T50%G	0,5116*	1,0000			
TL	0,1042	0,0601	1,0000		
TxG	0,0992	0,2075	-0,4325*	1,0000	
VG	-0,3410	-0,0734	-0,5607*	0,6340**	1,0000

DG: Durée de germination; T50. G: Temps de cinquante pour cent de germination; TL: Temps de latence; TxG: Taux de germination; VG: Vitesse de germination. *: *significatif*; **: *très significatif*.

3.6 STRUCTURATION DE LA VARIABILITÉ DE LA GERMINATION DES DIFFÉRENTES ACCESSIONS

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique (CAH) à travers la méthode de "Ward.D2" réalisée à partir des moyennes des différents caractères étudiés ont donné un Dendrogramme montrant 3 groupes (Figure 3). Les effectifs des accessions sont 27 dans le premier groupe (G1), contre 10 dans le deuxième groupe (G2) et 9 dans le troisième groupe (G3). La répartition des accessions dans les différents groupes montre que la diversité est structurée indépendamment de zone de provenance à l'exception des accessions de Bosso. Par exemple, les accessions Ma-031, Ma-034, Ma-033, Ma-029, Ma-030, Ma-032 du Département de Mainé Soroa sont repartis dans tous les 3 groupes. Il en est de même pour les accessions Di-012, Di-015, Di-016, Di-019, Di-023, Di-021, Di-022, Di-024 du Département de Diffa qui sont réparties dans deux groupes. Cependant, toutes les accessions de Bosso sont reparties dans un seul groupe (G1).

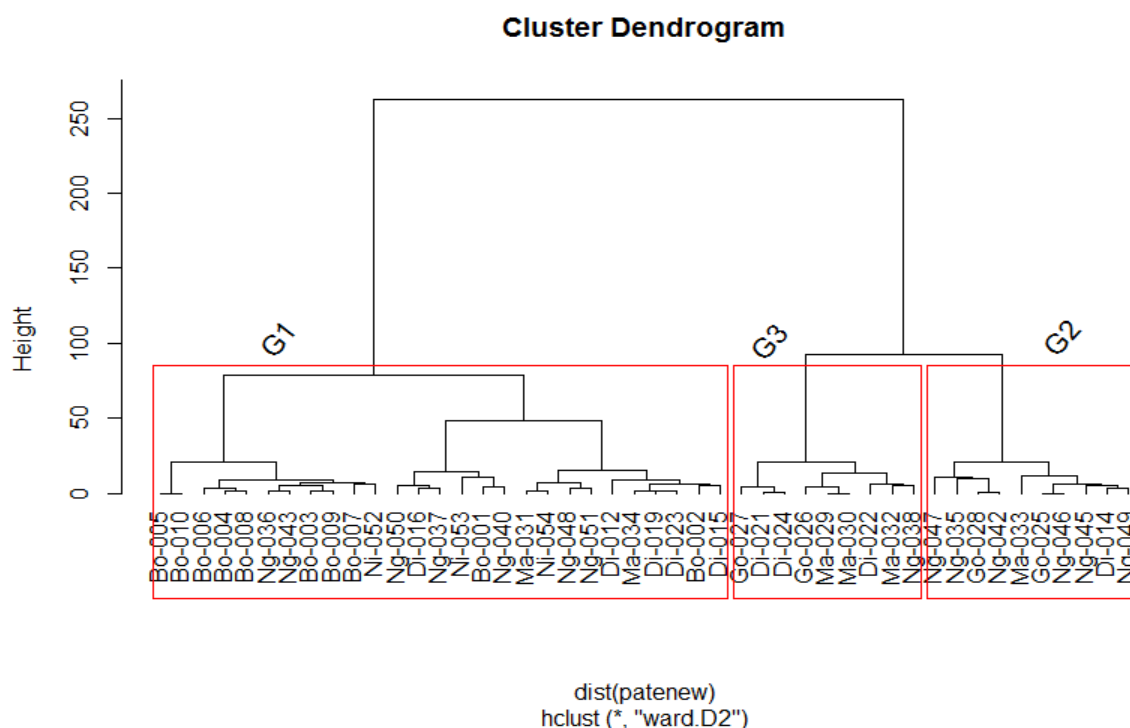


Fig. 3. Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des accessions de poivron étudiées

3.7 RELATIONS ENTRE LES VARIABLES ET CARACTÉRISTIQUES DES GROUPES D'ACCESSIONS

Les résultats de l'analyse en composante principale des paramètres étudiés dans le cadre de la caractérisation des capacités germinatives des différentes accessions de poivron révèlent 2 axes dont le premier représente 42,61% des informations et le deuxième 31,88%, soit 74,49% des informations retenues par les deux axes (Tableau 7).

Tableau 7. Valeurs propres et contribution des variables étudiées aux axes de l'ACP

	Axe 1	Axe 2
Valeur propre	2,13	1,59
Contribution des axes (%)	42,61	31,88
Cumule des contributions des axes (%)	42,61	74,49

Les coefficients de corrélations entre les variables de départ et chacun des 2 premiers principaux axes dégagés par l'ACP sont consignés dans le Tableau 8. Les corrélations entre les variables initiales et le premier axe discriminant (Dim1) montrent qu'il y a des valeurs élevées de TxG (0,824) et de VG (0,893) qui sont associées à des faibles valeurs de TL (-0,770). Quant au deuxième axe (Dim2), il révèle qu'il y a des valeurs élevées de T50%G (0,842) qui sont associées à des valeurs élevées de DG (0,869).

Tableau 8. Corrélations entre les variables de départ et chacune des deux premiers axes dégagés par les ACP

Variables	Axe1	Axe2
T50%G	0,195	0,842
TxG	0,824	0,301
TL	-0,770	0,069
DG	-0,181	0,869
VG	0,893	-0,226

DG: Durée de germination; **T50% G:** Temps de cinquante pour cent de germination; **TL:** Temps de latence; **TxG:** Taux de germination; **VG:** Vitesse de germination.

L'analyse du biplot (Figure 4) révèle que les individus du groupe G1 ont eu des valeurs élevées pour la DG, le T50%G, le TxG et la VG, contre des valeurs faibles pour le TL. En revanche, les individus du groupe G2 ont eu des valeurs élevées pour le TL et la DG. Quant aux individus du groupe G3, ils ont eu des valeurs élevées pour la DG, le T50%G et le TL.

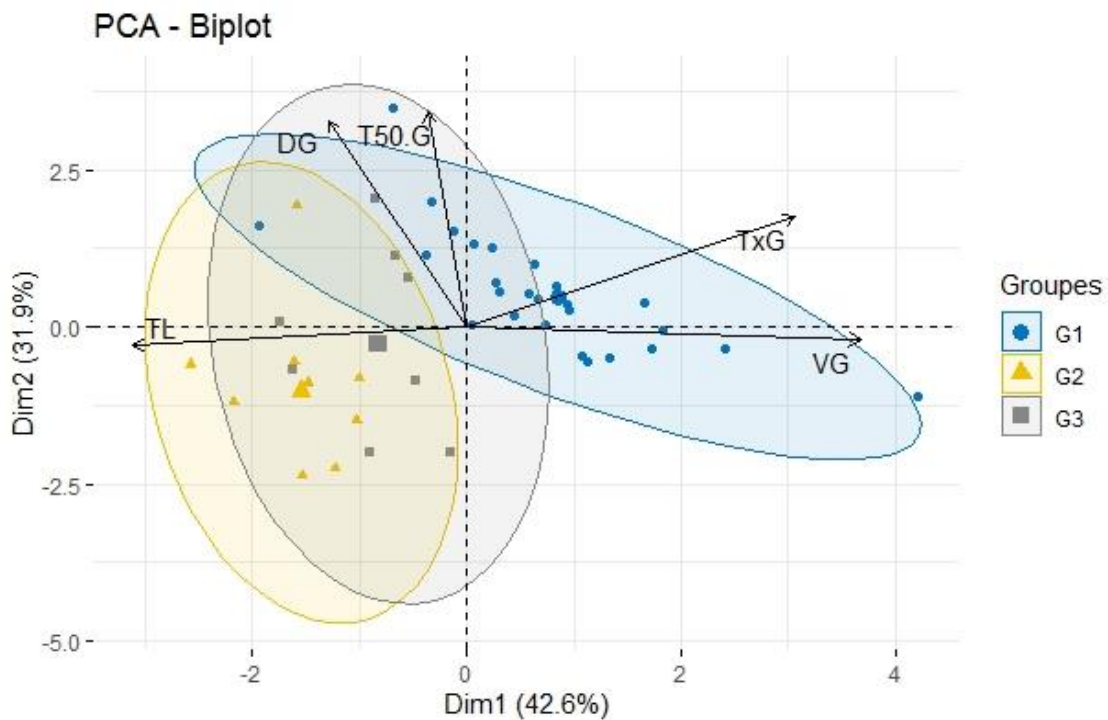


Fig. 4. Projection des individus et des variables sur les deux premiers principaux axes

3.8 PERFORMANCE DES GROUPES

L'examen des valeurs du coefficient de détermination R-carré (R^2) et de la probabilité (P-value) (Tableau 9) indique que le TxG et la VG sont les variables les plus discriminantes, avec des valeurs de P-value ($p = 0,000$) hautement significatives. Le TL est aussi discriminant avec un P-value ($p = 0,004$) significatif. Par contre le T50%G ($p = 0,083$) et DG ($p = 0,729$) sont moins discriminants.

Tableau 9. Tests du pouvoir discriminant des trois groupes selon les variables analysées: valeurs de R^2 et niveau de signification

Groupes	Moyenne et Ecart-type	Variables				
		T50%G	TxG	TL	DG	VG
G1	Moyenne	3,777	85,629	2,370	4,518	4,667
	Ecart-type	2,154	13,050	1,390	1,762	3,286
G2	Moyenne	1,700	16,000	3,800	4,000	0,912
	Ecart-type	2,213	5,868	1,316	2,449	0,681
G3	Moyenne	3,222	46,000	3,667	4,111	1,924
	Ecart-type	3,382	5,123	1,000	2,027	0,496
R-carré (R^2)		0,068	0,880	0,184	-0,031	0,270
P-value		0,083	0,000	0,004	0,729	0,000
F-statistique		2,643	167,3	6,083	0,318	9,333

La projection des trois groupes dans le système d'axes formé par les 2 variables les plus discriminantes (TxG et VG) révèle que les accessions du G1 ont un pouvoir germinatif plus élevé et une vitesse de germination plus rapide que les accessions du G2 (Figure 5). En ce qui concerne les accessions du G3, elles ont occupé une place intermédiaire entre les G1 et G2, pour le TxG.

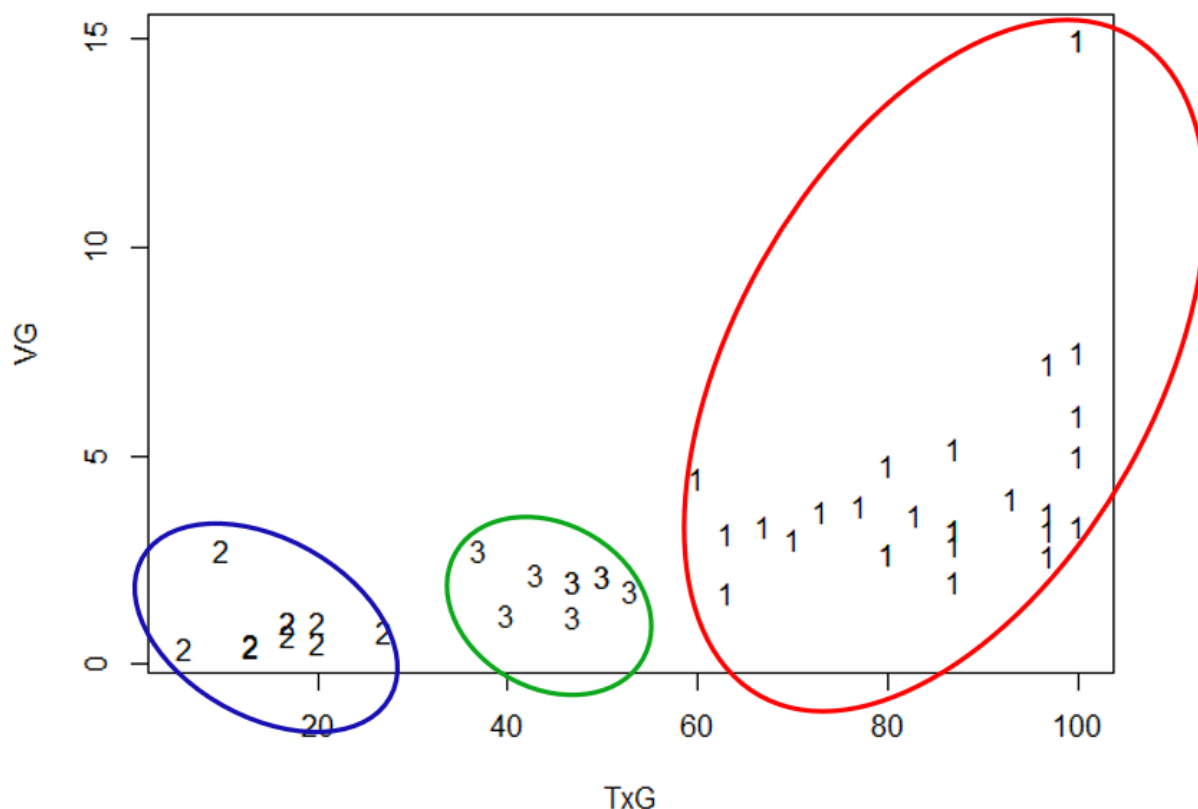


Fig. 5. Projection des 3 groupes dans le plan formé par le taux de germination (TxG) et la vitesse de germination (VG): les deux variables ayant eu les R^2 les plus élevés. 1=G1; 2=G2; 3=G3

4 DISCUSSION

Les coefficients de variation élevés traduisent la variabilité qui existe entre les accessions étudiées. Les valeurs de CV inférieures à 30 % sont considérées comme faibles [14]. Tous les caractères étudiés ont montré des coefficients de variation des significativement élevés ($CV > 30\%$) chez toutes les accessions. Cela explique la présence d'une forte variation entre les accessions. Une différence significative observée pour les caractères évalués confirme la diversité génétique entre des accessions de poivron [15].

Les accessions de poivron ont montré des taux de germination élevés compris entre 7,33 % (Ng-047) et 100% (Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-008, Bo-009, Bo-010). Cependant, un faible taux de germination a été observé au niveau des accessions du Département de N'guigmi. Ce faible taux de germination peut s'expliquer en partie par une mauvaise récolte, une mauvaise conservation ou un vieillissement des semences. En effet, [16] a affirmé que, pendant leur stockage, les graines peuvent se détériorer sous les effets des facteurs environnementaux comme la température, l'hygrométrie, etc. Les allures des différentes courbes ont montré un écart important entre la première graine et la dernière germée, sauf chez les accessions du Département de Bosso qui ont eu des allures plus homogènes et synchrones. Cela est dû à la présence d'une diversité au sein des accessions et entre elle. La variabilité est élevée aussi bien au sein d'une même accession qu'entre les accessions, avec des amplitudes assez grandes signifiant une diversité des niveaux de performance entre les différentes accessions. Selon, [17], les réactions de la germination des graines aux différents facteurs environnementaux peuvent (ou non) avoir une base génétique qui explique les variations ainsi observées dans les conditions de cette étude menée *in vitro*. Les variations ainsi observées sur les caractères étudiés montrent la possibilité de sélection génétique des accessions. Ces résultats prouvent l'existence d'une importante hétérogénéité génotypique entre les accessions étudiées. Les accessions les plus précoces (Bo-005, Bo-010, Di-022, Ng-038, Ng-046, Ng-047) ont durées une journée pour germée alors que la plus tardive a eu une durée de 9 jours (Ni-053). Selon [18], le degré d'épaisseur et d'ouverture de la coque (ou du péricarpe) peuvent influencer la germination.

De façon générale, les cinétiques de germination des semences des différentes accessions décrivent les courbes en forme sigmoïdale à trois phases. L'analyse des courbes du taux cumulé de germination sur 17 jours, montre qu'il y a généralement une première phase de latence correspondant au temps nécessaire pour l'imbibition des graines. Cette phase, très variable selon les accessions, a été plus longue chez les accessions du département de Goudoumaria (Figure 2B), de Mainé (Figure 2C), de Diffa (Figure 2D), de Niamey (Figure 2E) et quelques accessions de N'guigmi (Figure 2F) et plus courte chez les accessions du département de Bosso (Figure 2A). La deuxième phase, à tendance exponentielle, est aussi variable et caractérise l'accélération de la germination selon les accessions. Elle a été plus longue chez les accessions de Niamey (Ni-053) avec une durée de 11 jours, de Goudoumaria (Go-026, Go-027) et de Diffa (Di-023) avec une durée de 8 jours, et plus courte chez les accessions de Bosso (Bo-004 et Bo-010) et quelques accessions de Goudoumaria (Go-025) avec une durée de 2 jours. Quant à la troisième phase, elle décrit un plateau stable indiquant la fin de la germination chez les semences de chaque accession (Figure 2). Ce résultat corrobore les travaux de [16] sur une étude de la germination de *Lawsonia inermis*, qui ont trouvé trois phases sur les courbes germination.

Les corrélations établies entre les différents paramètres analysés permettent d'opérer le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection génétique. En effet, les corrélations entre les caractères peuvent faciliter l'amélioration génétique, notamment lorsqu'elles sont positives. Dans ce cas de figure, l'amélioration d'un caractère entraîne souvent l'amélioration de ceux avec lesquels il est corrélé [19]. Les résultats obtenus montrent que les accessions qui ont une durée de germination longue ont également un temps de 50% germination prolongé (0,51). En revanche, ceux dont le temps de latence dure plus longtemps ont une vitesse de germination lente (-0,56). Par ailleurs un taux élevé de germination explique une vitesse de germination rapide (0,63). Cela peut s'expliquer par l'existence d'une diversité génétique à l'intérieur d'une même accession. [20] explique que l'augmentation de la taille des graines, la réduction de l'éclatement des graines, et la diminution de la dormance des graines peuvent varier selon les variétés. Une germination rapide permet une dormance réduite [21]. Le degré d'épaisseur et d'ouverture de la coque (ou du péricarpe) peuvent influencer la germination [18].

L'ensemble des accessions de poivron provenant de la Région de Diffa et de la Commune urbaine de Niamey se répartissent en trois principaux groupes, sur la base des cinq paramètres étudiés. La CAH confirme bien les résultats de L'ACP. L'analyse montre que le taux et la vitesse de germination sont les variables les plus discriminantes entre les trois (3) groupes. Le groupe G1 rassemble les accessions hétérogènes qui germent précocement, avec un bon taux de germination. Quant au groupe G2, il est constitué par les accessions qui germent tardivement, mais de façon moins hétérogène que dans le groupe G1. En fin, le groupe G3 rassemble les accessions hétérogènes qui germent tardivement mais un peu plus précocement que les accessions du groupe G2. Il y a un mélange d'accessions provenant de différents Départements dans les trois groupes d'une part. Ceci rappelle les résultats obtenus par [22] stipulant des dissemblances phénologiques entre les différents groupes d'accessions maintenues sous des processus évolutifs très différents dans leur agroécosystème respectif [23]. Et D'autre part les accessions de Bosso sont regroupées dans un seul groupe (G1). Les génotypes regroupés dans un même cluster divergent vraisemblablement très peu les uns des autres.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'améliorer les connaissances sur les capacités de germination du poivron *in-vitro*. La variation observée pour les qualités germinatives des accessions de la collection pourra servir de base pour la sélection des graines. De plus, les courbes décrivant la cinétique de germination sont différentes et reflètent les différences génétiques qui existent entre les lots de chaque accession. D'autres investigations sont tout de même nécessaires pour analyser les caractères agro-morphologiques ainsi que la structuration moléculaire et génétique des différentes accessions. Du point de vue pratique, l'obtention des trois groupes d'accessions peut permettre aux sélectionneurs d'avoir un matériel de base biologique pour la poursuite de la recherche, notamment en matière de développement de nouvelles variétés de poivron.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'autorité rectorale de l'Université de Diffa (UDA), le Directeur de la Station de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) de Diffa, pour son appui dans la mise en place de l'essai. Nous remercions aussi les chefs des villages et les populations qui nous ont fourni les semences.

REFERENCES

- [1] Baskin CC, Baskin JM. Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, California, 2001.
- [2] Srivastava LM. *Plant Growth and Development. Hormones and Environment*. Academic Press, San Diego (CA). p 772, 2002.
- [3] Côme D. Germination of seeds of some aromatic plants. In: Identification, Preservation, Adaptation, and cultivation of selected aromatic and medicinal plants suitable for marginal lands of the Mediterranean Region (Progress report of the EECAMAR-Programme No. 8001-CT91-0104, February 1993-August 1993), Mediterranean Agronomic Institute of Chania. p.111-126, 1993.
- [4] El-Kassaby YA. Representation of Douglas-fir and western hemlock families in seedling crops as affected by seed biology and nursery crop management practices. *Forest Genetics*. 7 (4): 305-315, 2000. <https://www.researchgate.net/publication/235764920>.
- [5] Roos EE. Physiological, biochemical, and genetic changes in seed quality during storage. *Hortscience*. 15 (6): 781-784, 1980.
- [6] Mayer AM, Poljakoff-Mayber A. *The germination of seeds. Fourth edition*. Pergamon Press. Toronto, P. 270, 1989.
- [7] Bewley JD, Black M. *Seeds: Physiology of development and germination* (2nd edn). Plenum Press: New York. P. 445, 1994.
- [8] AgroBio P. *Faire ses tests de germination*. Fiche Technique. Avec le concours Financier de l'Europe, du Conseil Régional d'Aquitaine. Edition Septembre. 4pages, 2013.
- [9] Jayanthi MA, Vijayakumar1 K, Vananagamudi1 K, Rajaman. Influence of Date of Transplanting on Growth and Yield attributes and Resultant Seed Quality of Davana. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 1721-1724, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.49210>.
- [10] Saley MS, Amadou HI, Kéllou KKB, Boubacar MM, Moustapha G, Ali M. Prospection, Enquête et Collectes des Accessions de Poivron (*Capsicum annum* L.) Cultivés dans la Région de Diffa, Niger. *European Scientific Journal*. 19 (3): 189-208, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p189>.
- [11] CRA/D (Chambre Régionale D'agriculture de Diffa). *Le poivron rouge de Diffa, éléments techniques et économiques pour la culture*. Fiche technique et économique 3p, 2016.
- [12] Jami T. *Assistance technique petite irrigation*. Rapport de fin de projet NER 88/004. République du Niger. 89 p, 1994.
- [13] RCore Team, A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, 2018. <https://www.R-project.org>
- [14] Gomes FP, Garcia CH. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ. ISBN: 857133014X. 309p, 2002.
- [15] Santos Pessoa Angela Maria dos, Elizanilda Ramalho do Rêgo, Michelle Gonçalves de Carvalho, Cristine Agrine Pereira dos Santos, Mailson Monteiro do Rêgo. Genetic diversity among accessions of *Capsicum annum* L. Through morphoagronomic characters. *Genetics and Molecular Research* 17 (1), 2018. gmr16039883. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039883>.
- [16] Johnson BN, Quashie MLA, Radi R, Segla KN, Adjonou K, Kokutse AD, Kokou K. Etude de la germination de *Lawsonia inermis* L. sous différentes contraintes abiotiques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (2): 747-758, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.14>.
- [17] Baskin CC, Baskin JM. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (San Diego, CA: Elsevier/AP). P.150-162, 2014.
- [18] Weiss AN, Primer SB, Pace BA, Mercer KL. Maternal effects and embryo genetics: germination and dormancy of crop-wild sunflower hybrids. *Seed Science Research*. 23: 241-255, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258513000226>.
- [19] Bakasso Y. Ressources génétiques des roselles (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger: Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse de doctorat ès- sciences Mention: Science Naturelles (Génétique); Université Abdou Moumouni de Niamey. P. 102, 2010.
- [20] Hammer K. Das domestikationssyndrom. *Die Kulturpflanze*. 32: 11-34, 1984.

- [21] Wang M, Li W, Fang C, Xu F, Liu Y, Wang Z. Parallel selection on a dormancy gene during domestication of crops from multiple families. *Nature Genetics*. 50: 1435–1441, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0229-2> PMID: 30250128.
- [22] Sévérin B, Yao D. Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc.) de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 41: 2820-2835, 2011.
- [23] Robert T, Luxereau A, Mariac C, Ali K, Allinne C, Bani J, Beidari Y, Bezançon G, Gayeux S, Couturon E, Dedieu V, Sadou M, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Sarr A. *Gestion de la diversité en milieu paysan: influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) dans deux localités du Niger*, Actes du 4e colloque national. Le patrimoine génétique: la diversité et la ressource. La Châtre, 14-16 octobre 2002. 2004.