

### III.2.3.3 Analyse des gels

Le séquenceur Licor 4300 donne directement des images de la migration qui peuvent ensuite être traitées par le logiciel Quantar Pro. Celui-ci développé pour la lecture des gels AFLP est utilisé pour notre espèce car certains individus peuvent présenter plus de 2 allèles. Ce logiciel permet en effet de déterminer la taille de chaque allèle à 2 nucléotides près.

Ces analyses sont réalisées grâce aux marqueurs de taille encadrant les échantillons. Les données sont saisies sous forme de composition allélique en paire de bases à chaque locus dans un tableau Excel pour analyses.

### III.2.3.4 Analyse des données de génotypage

Le principe de base des différents indices de similarité est fondé sur le nombre de caractères communs entre deux individus  $i$  et  $j$  afin de calculer leur ressemblance. L'estimation de l'indice de similarité dépend du type d'indice considéré.

L'indice de Dice a été choisi car il possède un dénominateur fondé sur une moyenne arithmétique et est moins biaisé (MALAPA, 2005). L'espèce *D. alata* étant polyploïde et la ploïdie des individus étant encore inconnue, les allèles ont été codés en présence (1) ou absence (0). A l'aide du logiciel DARwin V5.0 (PERRIER & JACQUEMOUD-COLLET, 2006 ; <http://darwin.cirad.fr/darwin>), une matrice de similarité entre paires d'individus a été calculée avec l'indice de Dice qui s'écrit :

$$d_{ij} = \frac{b+c}{2a + (b+c)}$$

Avec :

$d_{ij}$  = la dissimilarité entre l'individu  $i$  et l'individu  $j$

$a$  = nombre de variable entre l'individu  $i$  et  $j$  portant l'allèle  $X$

$b$  = nombre de variable entre l'individu  $i$  portant l'allèle  $X$  et  $j$  ne portant pas cet allèle

$c$  = nombre de variable entre l'individu  $i$  ne portant pas l'allèle  $X$  et  $j$  portant pas cet allèle.

### III.2.3.5 Représentation arborée

La représentation arborée est une méthode pour configurer davantage la dissimilarité décrivant les relations entre deux individus sous forme d'un arbre. Ainsi, la méthode Neighbor Joining (NJ tree) produite dans le logiciel Darwin a été utilisée pour construire l'arbre à partir d'une matrice de similarité. La figure 9 ci-après montre la synthèse des processus de cette analyse moléculaire.

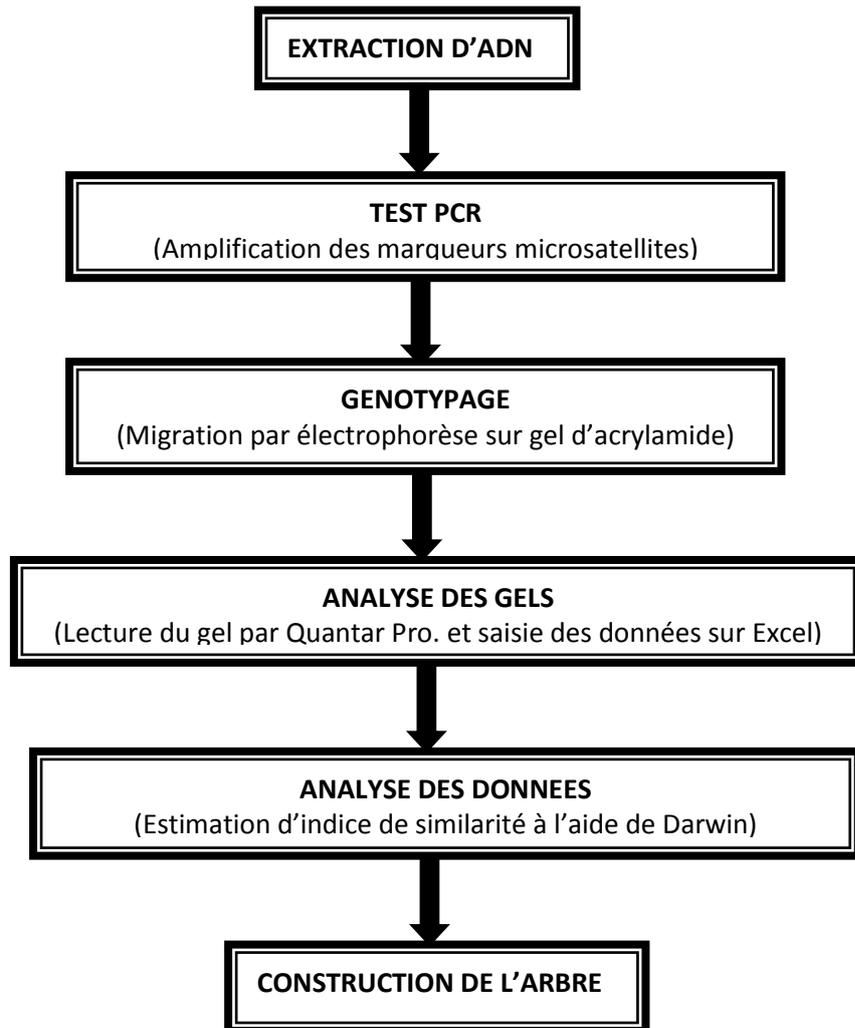


Figure 9 : Diagramme synthétique de processus de l'analyse moléculaire

## IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### IV.1 Caractérisation morphologique

#### IV.1.1 Caractères morphologiques des trois espèces cultivées malgaches

Le tableau de contingence créé est un tableau à double entrées où les accessions à étudier sont placées en lignes et les variables considérés en colonnes.

Ainsi, les descripteurs de l'IPGRI/ IITA ont été adoptés comme variables permettant de mettre en évidence la diversité agro-morphologique des accessions étudiées. Les descripteurs morphologiques sont constitués principalement par des caractères forme, taille, nombre, texture, longueur, couleur, spinescence, pubescence, des organes de la plante ainsi que la profondeur du tubercule pour les caractères agronomiques.

L'analyse a été effectuée à partir d'une matrice de contingence de 168 accessions (Tableau 17) et 27 variables.

Le pourcentage d'inertie cumulée obtenu (57,07%) montre que la grande partie de la variabilité est projetée sur le premier plan factoriel. En effet, ce premier plan formé par les axes F1 et F2 apporte suffisamment d'informations pour montrer la structure des variabilités morphologiques. La projection des descripteurs morphologiques sur les axes factoriels montre (Figure 10) que le premier axe est expliqué principalement par les variables Pubt (pubescence de la tige) à 14,22%, Pubf (pubescence des feuilles) à 14,22% et Rar (racine armée) à 14,22%, tandis que le deuxième axe est formé principalement, suivant l'ordre d'importance décroissante, par Cli (couleur du limbe) à 13,40%, Unif (uniformité de la couleur de la chaire du tubercule) à 10,68%, Bul (présence de bulbille) à 10,46% et Sct (section transversale de la tige) à 10,21%.

**Tableau 17:** Accessions utilisées pour la caractérisation morphologique des espèces d'ignames cultivées malgaches

Noms vernaculaires	Nombre	Morphotype selon les paysans	Code
Bemako	11	Ovibe	BMK
Mavondro	15	Mavondro	MVD
Ovibe	17	Ovibe	OVB
Ovy lalaina	8	Ovy lalaina	LLN
Ovy vazaha	9	Ovy vazaha	VZH
Ovy lava	11	Ovy lava	OLV
Ovy mena	6	Ovy lalaina	LLN
Ovy voay	11	Ovibe	VOA
Majôla	15	Ovibe	MJL
Randromiendaka	4	Randromiendaka	RND
Ovy tanty	10	Ovy tranga	TRG
Ovy poipoy	1	Ovy vazaha	VZH
Hofika	12	Hofika	HFK
Ovy	5	Ovibe	OVB
Ovy tanga	1	Ovy tranga	TRG
Oviala	8	Ovibe	OVB
Ovy toko	11	Ovy tranga	OTK
Revoroke	9	Ovibe	RVK
Tangôlina	2	Tangôlina	TGLN
Ovy tranga	2	Ovy tranga	TRG
<b>EFFECTIF TOTAL</b>	<b>168</b>		

La projection des descripteurs morphologiques et des individus sur le plan factoriel a fait ressortir 7 groupes morphologiques ou « convars » (Figure 11).

Chaque groupe possède un certain nombre de cultivars qui lui sont propres. Ces cultivars sont dits «cultivars caractéristiques» du fait de leur forte contribution aux axes F1 et F2. Ils sont parfois présentes dans les autres groupements mais en moindre importance. La réalisation du premier axe factoriel est influencée par MVD (Mavondro) qui a une très forte contribution de 75,45% alors que TNT (Ovy tanty) et OTK (Ovy toko) construisent l'axe 2 à 55,65%.

Les différents groupes morphologiques formés sur ce premier plan factoriel sont classés comme suit et sont numérotés de C1 à C7:

✓ Le groupe 1 ou **convar C1** est formé de 8 cultivars mais il est associé en grande majorité aux cultivars BMK (Bemako) à 34,37%, VOA (Ovy voay) à 34,37% et VZH (Ovy vazaha) à 28,12 %. Le facteur prépondérant au regroupement de ce **convar C1** est la couleur de la chair du tubercule (Ccht).

✓ Le groupe 2 ou **convar C2** est composé uniquement par l'espèce MVD (Mavondro) et ce sont les descripteurs pubescence de la feuille (Pubf), pubescence de la tige (Pubt) et la présence des racines armées d'épines (Rar) qui contribuent fortement au regroupement de ce **convar C2**.

✓ Le groupe 3 ou **convar C3** est constitué de 5 cultivars mais les majoritaires sont OVB (Ovibe) à 29,82%, MJL (Majôla) à 26,31% et OYV (Ovy) à 21,05%. Les descripteurs taille du tubercule (Tai) et forme du tubercule (Frmt) sont les principaux facteurs responsables de la formation de ce **convar C3**.

✓ Le groupe 4 ou **convar C4** est formé par LLN (Ovy lalaina) à 88,23% et TGLN (Tangôlina) à 11,76%. Ce sont les descripteurs couleur de la peau du tubercule (Cpot) ainsi que la couleur de la tige (Ctg) qui influencent fortement la formation de ce **convar C4**.

✓ Le groupe 5 ou **convar C5** est caractérisé par le cultivar OLV (Ovy lava) à 100%. Le descripteur couleur du limbe (Cli) est le responsable de formation de ce **convar C5**.

✓ Le groupe 6 ou **convar C6** est composé de trois cultivars mais en grande partie il est caractérisé par OTK (Ovy toko) à 45,83% et TNT (Ovy tanty) à 41,66%. L'uniformité de la couleur de la chair du tubercule est le facteur prépondérant à la formation de ce **convar C6**.

✓ Le groupe 7 ou **convar C7** est composé de HFK (Hofika) à 100%. Ce sont les descripteurs section de la tige (Sct) et la forme du tubercule (Frmt) qui agissent principalement à la formation de ce **convar C7**.

Ainsi, les caractéristiques de chacun des groupes et l'effectif des individus qui les composent se résument dans le tableau 18 suivant.

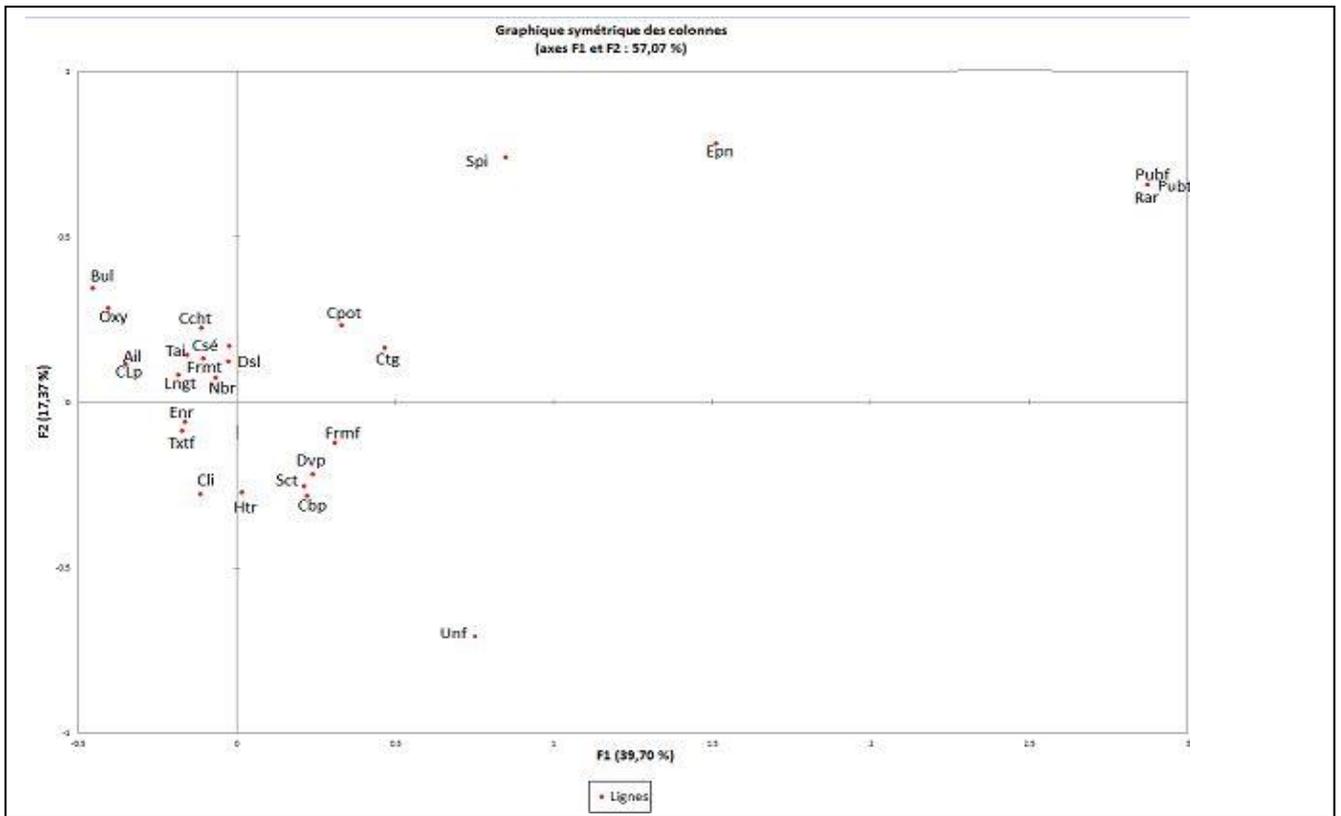


Figure 10: Projection des descripteurs morphologiques sur le premier plan factoriel

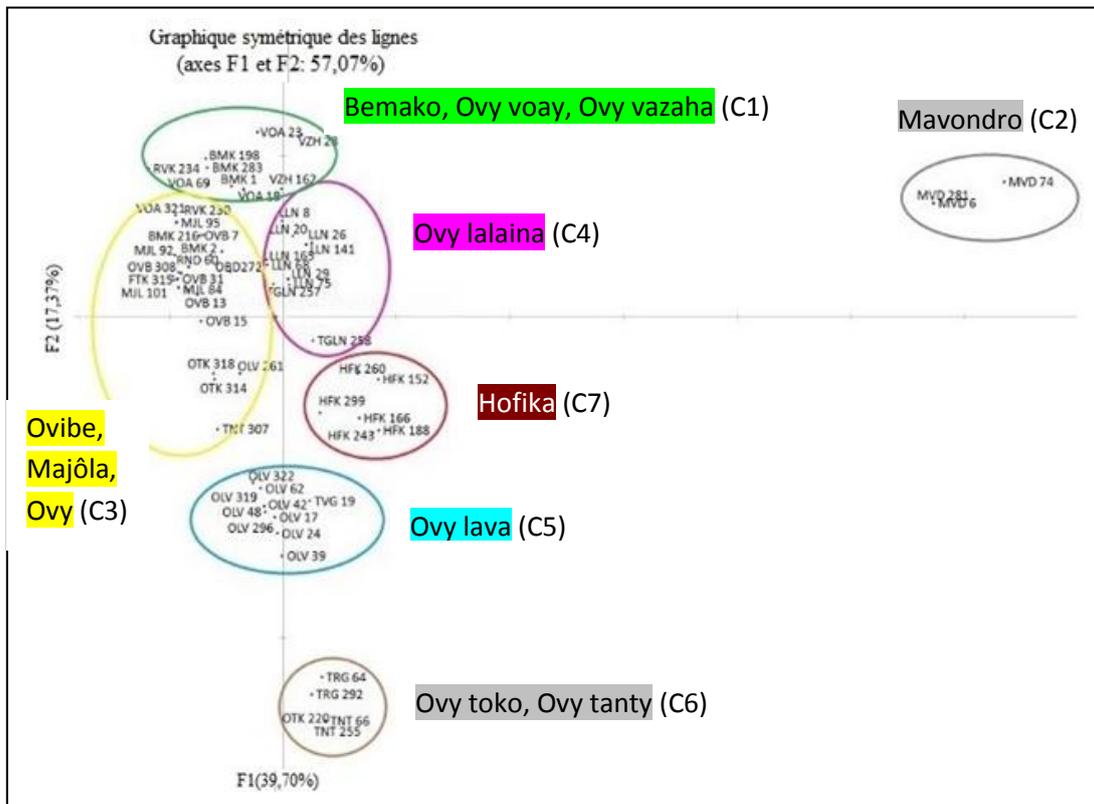


Figure 11: Projection des descripteurs morphologiques et des individus selon leur groupe sur le premier plan factoriel

**Tableau 18:** Caractéristiques de chaque groupe

Convar et nombre d'individu	Effectif et nom vernaculaire	Descripteurs prépondérants au regroupement	Caractéristiques de chacun des groupes
<b>Convar C1</b> (32 individus)	11 BMK- 11 VOA- 9 VZH- 1 OVY	<b>Ccht :</b> couleur de la chair du tubercule	<b>Tiges:</b> liane de 1 à 6 m de long, de couleur verte, à aile verte et à bord violacé, glabre, à section quadrangulaire et avec un sens d'enroulement à droite <b>Feuilles:</b> Limbe vert foncé, à texture coriace, non pubescentes; pétiole à ailes de couleur vert, à bord violet et à base violette <b>Tubercules:</b> profond, de grosse taille de longueur plus de 40 cm, sans épines, à chair de couleur non uniforme
<b>Convar C2</b> (15 individus)	15 MVD	<b>Pubf :</b> pubescence de la feuille <b>Pubt :</b> pubescence de la tige <b>Rar :</b> racine armée d'épines	<b>Tiges:</b> liane de 1 à 6 m de long, de couleur brune, de section arrondie, non ailée, pubescente et épineuse, avec un sens d'enroulement à gauche <b>Feuilles:</b> de forme cordée arrondie, à limbe de couleur vert clair, souple, pubescente, et à sinus moyennement fermé; Pétiole blanchâtre, épineux et à base de couleur verte <b>Tubercules:</b> de forme ovale oblongue, de longueur moins de 40cm, au nombre de 2 à plus de 5, de taille moyenne, superficiel, possédant des racines armées, la peau est de couleur claire, la chair de couleur blanche et uniforme et ne s'oxyde pas après la coupe <b>Bulbilles:</b> absent
<b>Convar C3</b> (57 individus)	17 OVB- 12 OVY- 4 RND 9 RVK- 15 MJL	<b>Tai :</b> taille du tubercule <b>Frmt :</b> Forme du tubercule	<b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section quadrangulaire, avec un sens d'enroulement à droite, à ailes vertes à bord violet, non pubescente et sans épine <b>Feuilles:</b> glabre, à limbe coriace et à sinus moyennement fermé, sans épines, le pétiole à un bord violet et à base de couleur verte <b>Tubercules:</b> de grande taille, de forme cylindrique, profond, long de plus de 40cm, sans épines, à écorce marron foncée et à chair qui s'oxyde facilement après une coupe.

<p><b>Convar C4</b> (17 individus)</p>	<p>15 LLN- 2 TGLN</p>	<p><b>Cpot :</b> Couleur de la peau du tubercule  <b>Ctg :</b> couleur de la tige</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, de couleur violette, à section hexagonale, avec un sens d'enroulement à droite, à ailes de couleur violette, non pubescente et sans épine <b>Feuilles:</b> à texture souple et à auricules très éloignés, non pubescente et sans épines, à limbe violet; Pétiole vert à bord violet et à base violette <b>Tubercules:</b> pas de racines armées, long de plus de 40cm, à écorce violette et à chair violette <b>Bulbilles:</b> présent</p>
<p><b>Convar C5</b>  (11 individus)</p>	<p>11 OLV</p>	<p><b>Cli :</b> Couleur du limbe</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section quadrangulaire, de couleur verte, couleur des ailes est verte, sans poils ni épines avec un sens d'enroulement à droite <b>Feuilles:</b> cordée, à limbe coriace de couleur vert foncé, et à sinus moyennement fermé, à pétiole vert à bord violet et à base violette, glabre, sans épines. <b>Tubercules:</b> de forme cylindrique, profond, un tubercule par pied, de grosse taille, de longueur supérieure à 40 cm, sans racines armées d'épines, la peau est de couleur marron, à chair toute blanche de la tête jusqu'à la partie distale et ne s'oxyde pas après une coupe, la couche sous l'écorce est blanche. <b>Bulbilles:</b> absents</p>
<p><b>Convar C6</b>  (24 individus)</p>	<p>3 TRG- 10 TNT- 11 OTK</p>	<p><b>Unif :</b> Uniformité de la couleur de la chair du tubercule</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de moins de 6m de long, à section hexagonale, de couleur verte, non pubescentes, ailées de couleur vertes, pas d'épines, avec un sens d'enroulement à droite. <b>Feuilles:</b> cordiforme allongée, à auricules de faible distance, de couleur vert jaunâtre, de texture coriace, non pubescente, pas d'épines, à pétiole de couleur vert. <b>Tubercules:</b> de forme arrondie, peu profond, au nombre plus de 5, de taille petite, moins de 40cm de long, sans racines armées, de couleur marron clair, à chair blanche uniforme et ne s'oxyde pas après une coupe, la couleur sous l'écorce est blanche <b>Bulbilles:</b> absents</p>
<p><b>Convar</b></p>	<p>12 HFK</p>	<p><b>Sct :</b> section de</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section</p>

<p><b>C7</b> (12 individus)</p>		<p>la tige</p> <p><b>Frmf</b> : forme de la feuille</p>	<p>arrondie, de couleur vert jaunâtre, non ailées, glabres avec un sens d'enroulement à gauche.</p> <p><b>Feuilles</b>: de forme cordée élargie, de couleur vert clair, à auricules faiblement écartés, de texture souple, glabre, à pétiole blanchâtre et à base verte.</p> <p><b>Tubercules</b>: unique, superficiel, de forme irrégulière, de taille petite, moins de 40cm de long, de couleur marron foncée, à chair jaunâtre</p> <p><b>Bulbilles</b>: présents</p>
-------------------------------------	--	---	---

#### IV.1.2 Caractères morphologiques de l'espèce *D.alata*

Parmi les trois espèces étudiées, *D. alata* présente plusieurs formes différentes au niveau des caractères phénotypiques tandis que les deux autres espèces n'en ont que très peu. En effet, une AFC propre pour *D. alata* s'avère nécessaire pour déterminer la diversité intraspécifique existante.

Cette analyse a été réalisée à partir d'une matrice de contingence de 139 accessions (Tableau 19) et 22 variables car les descripteurs Pubt (pubescence de la tige), Pubf (pubescence des feuilles), Rar (racines armées), Epnf (Epines à l'aisselle des feuilles) et Enr (sens d'enroulement de la tige) ne contribuent pas à la caractérisation de cette espèce.

**Tableau 19** : Liste des accessions de *D. alata* utilisées pour la caractérisation morphologique

Noms vernaculaires	Nombre	Morphotype selon les paysans	Code
Bemako	11	Ovibe	BMK
Ovibe	17	Ovibe	OVB
Ovy lalaina	15	Ovy lalaina	LLN
Ovy vazaha	9	Ovy vazaha	VZH
Ovy lava	11	Ovy lava	OLV
Ovy voay	11	Ovibe	VOA
Majôla	15	Ovibe	MJL
Randromiendaka	4	Randromiendaka	RND
Ovy tanty	10	Ovy tranga	TNT
Ovy	13	Ovibe	OVY
Ovy toko	11	Ovy tranga	OTK
Revoroke	9	Ovibe	RVK
Ovy tranga	3	Ovy tranga	TRG
<b>EFFECTIF TOTAL</b>	<b>139</b>		

La projection des descripteurs sur les axes factoriels (Figure 12) montre que l'axe F1 est formé à 39,20% par les variables Sct (Section transversale de la tige), Cli (Couleur du limbe) et Unf (Uniformité de la chair du tubercule), tandis que l'axe F2 est constitué à 21,12% par Spi (Spinescence de la tige).

La projection des variables avec les individus sur le plan factoriel a donné 7 groupes d'individus (Figure 13).

La réalisation du premier axe factoriel est influencée par OTK (Ovy toko) et TNT (Ovy tanty) avec une forte contribution de 57,75% alors que VZH (Ovy vazaha) et VOA (Ovy voay) construisent l'axe 2 à 64,41%.

Les différents groupes morphotypes formés sur le premier plan factoriel sont numérotés de GM1 à GM7:

- ✓ Le groupe 1 ou **GM1** est formé de quatre cultivars mais les majoritaires sont BMK (Bemako) à 45,83% et MJL (Majôla) à 29,16%. Les descripteurs qui influencent le plus sur la formation de ce groupe sont la taille (Tai) et le nombre (Nbr) du tubercule.
- ✓ Le groupe 2 ou **GM2** est composé de cinq cultivars mais les majoritaires sont OVB (Ovibe) à 26,66% et OVY (Ovy) à 26,66% et RVK (Revoroke) à 20%. La présence des bulbilles (Bul) et l'oxydation de la chair du tubercule (Oxy) agissent fortement sur la formation de ce groupe.
- ✓ Le groupe 3 ou **GM3** est constitué uniquement de LLN (Ovy lalaina) à 100% et dont le descripteur prépondérant à la formation de ce groupe est la couleur de la tige (Ctg).
- ✓ Le groupe 4 ou **GM4** est formé de VZH (Ovy vazaha) à 100%. La spinescence de la tige (Spi) est le responsable de la formation de ce groupe.
- ✓ Le groupe 5 ou **GM5** est caractérisé par le cultivar OLV (Ovy lava) à 100%. Le descripteur qui influence la formation de ce groupe est la couleur du limbe (Cli).
- ✓ Le groupe 6 ou **GM6** est formé par le cultivar VOA (Ovy voay) à 100%. C'est le descripteur forme du tubercule (Frmt) qui influence la formation de ce groupe.

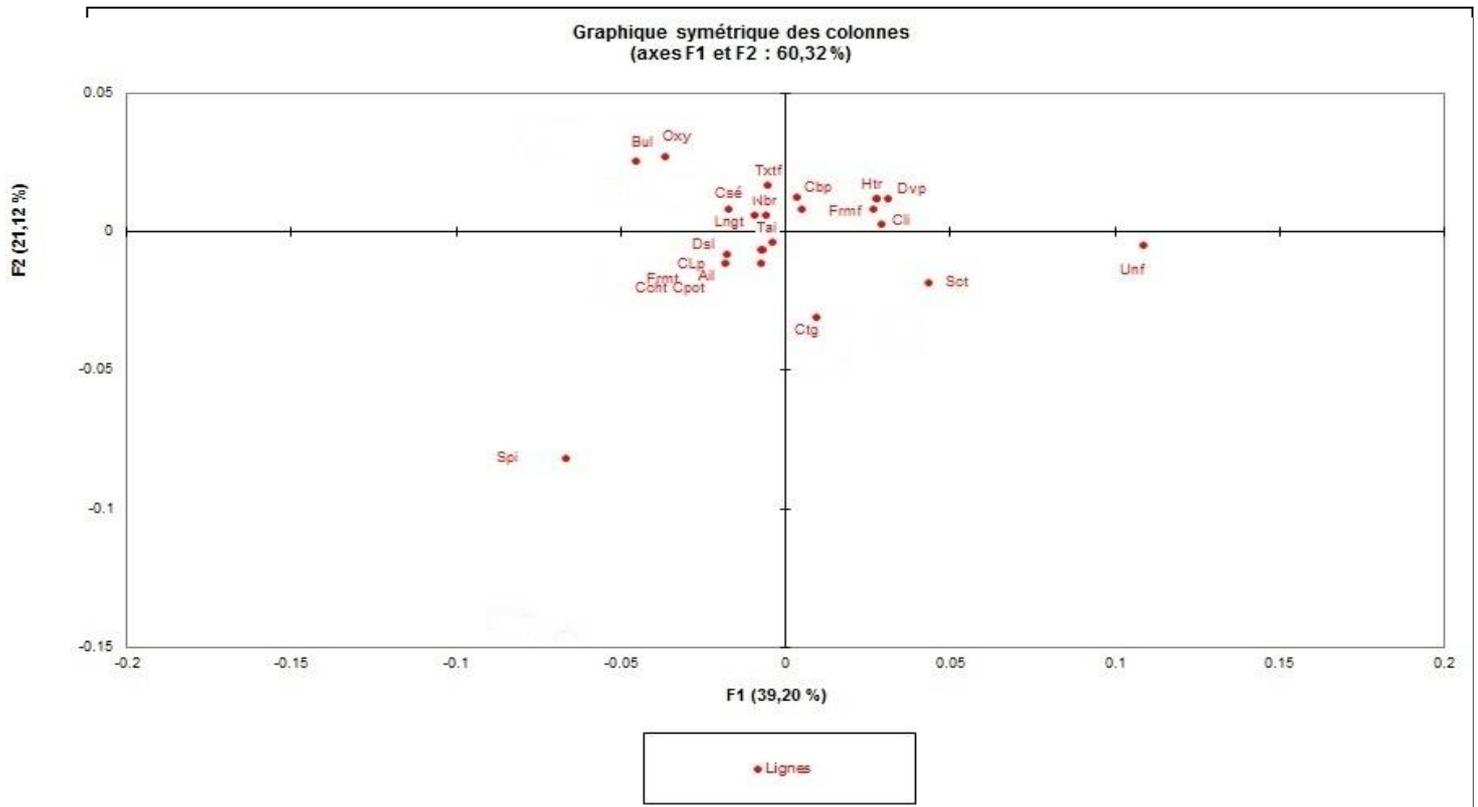


Figure 12 : Projection des descripteurs morphologiques sur les axes

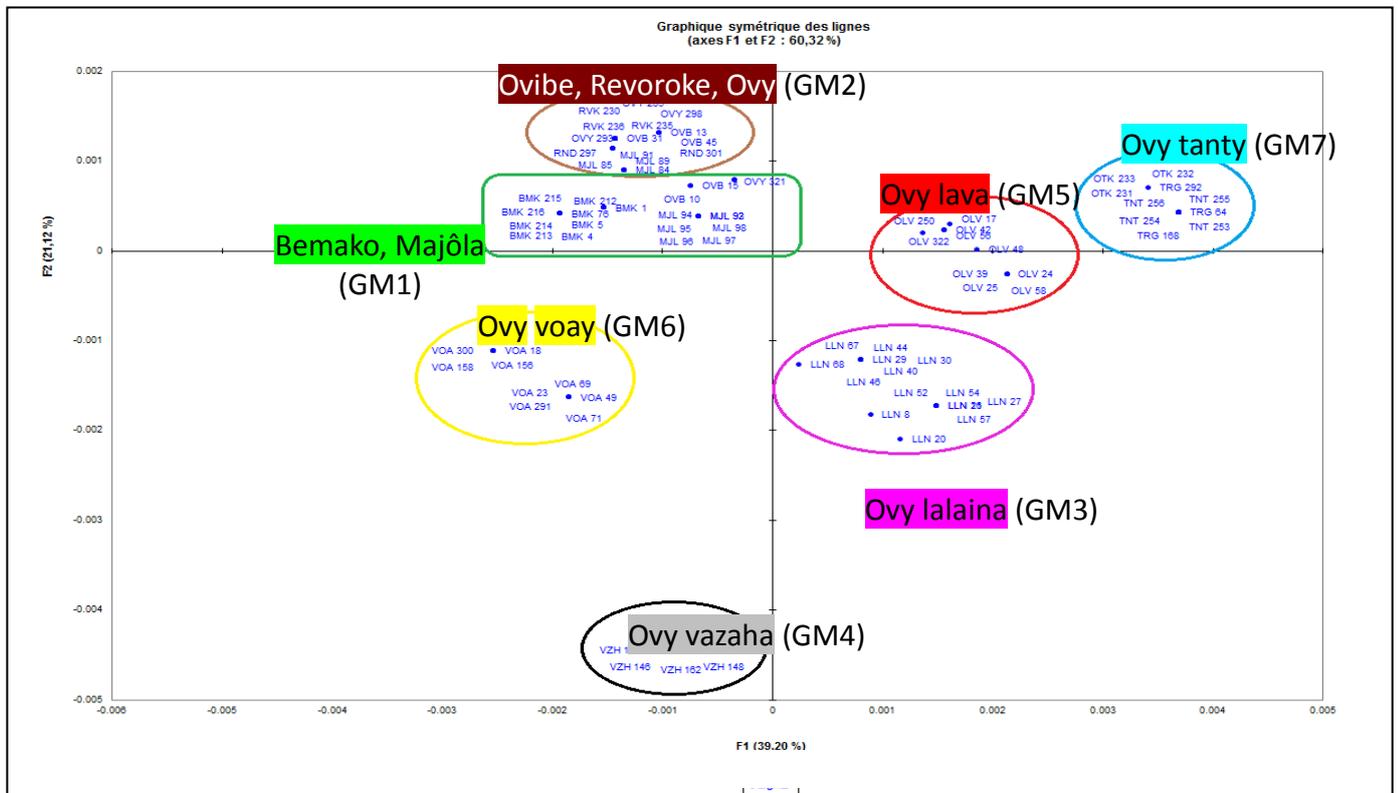


Figure 13 : Projection des différents groupes formés sur le premier plan factoriel

- ✓ Le groupe 7 ou **GM7** est composé de trois cultivars mais en grande partie il est caractérisé par OTK (Ovy toko) à 45,83% et TNT (Ovy tanty) à 41,66%. Le descripteur uniformité de la chair du tubercule (Unif) contribue fortement à la formation de ce groupe sur ce plan factoriel.

La description de chacun des groupes morphologiques de l'espèce *D. alata* se résume dans le tableau 20 suivant.

**Tableau 20:** Caractéristiques des groupes pour *D. alata*

Groupe morphologique et nombre d'individu	Effectif et nom vernaculaire	Caractéristiques de chacun des groupes
<b>GM1</b> (24 individus)	11 BMK, 7 MJL, 5 OVB, 1 OVY	<b>Tige:</b> Liane supérieure à 6m de hauteur, tige de couleur verte et à ail avec une bordure violet. Tige sans épine, à section quadrangulaire et s'enroule dans le sens d'une aiguille d'une montre, <b>Feuille:</b> de couler vert foncé, glabre, à texture coriace, à sinus relativement fermé et à pétiole vert à bord violacé. <b>Tubercule:</b> de forme cylindrique, de grande taille, long de plus de 40cm, à écorce marron foncée à chair jaune-orangée
<b>GM 2</b> (45 individus)	8 MJL, 12 OVB, 12 OVY, 4 RND, 9 RVK	<b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section quadrangulaire, avec un sens d'enroulement à droite, à ailes vert à bord violet, non pubescente et sans épines <b>Feuille:</b> glabre, à limbe coriace et à sinus moyennement fermé, sans épines, le pétiole à un bord violet et à base de couleur verte <b>Tubercule:</b> de forme cylindrique, profond, long de plus de 40cm, à écorce marron foncée et à chair qui s'oxyde facilement après une coupe.
<b>GM 3</b> (15 individus)	15 LLN-	<b>Tige:</b> liane de plus de 6m de long, de couleur violet, à section hexagonale, avec un sens d'enroulement à droite, à ailes de couleur violet, non pubescente et sans épines. <b>Feuille:</b> à texture souple et à auricules très éloignés, non pubescente et sans épines, à limbe violet; Pétiole vert à bord violet et à base violette. <b>Tubercule:</b> pas de racines armées, long de plus de 40cm, à écorce violette et à chair violette non uniforme. <b>Bulbille:</b> présent

<p><b>GM 4</b> (9 individus)</p>	<p>9 VZH</p>	<p><b>Tige:</b> Liane supérieure à 6m de hauteur. Tige sans épine et s'enroule dans le sens d'une aiguille d'une montre.  <b>Feuille:</b> Cordée, sans épines, à limbe vert foncé et souple. Pétiole violacée à la base  <b>Tubercule :</b> De grande taille, supérieur à 40 cm de long et se développe en profondeur. La couleur de la chair n'est pas uniforme.</p>
<p><b>GM 5</b> (11 individus)</p>	<p>11 OLV</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section quadrangulaire, de couleur verte, couleur des ailes est verte, sans poils ni épines avec un sens d'enroulement à droite  <b>Feuilles:</b> cordée, à limbe coriace de couleur vert foncé, et à sinus moyennement fermé, à pétiole vert à bord violet et à base violette, glabre, sans épines.  <b>Tubercules:</b> de forme cylindrique, profond, un tubercule par pied, de grosse taille, de longueur supérieure à 40 cm, sans racines armées d'épines, la peau est de couleur marron, à chair toute blanche de la tête jusqu'à la partie distale et ne s'oxyde pas après une coupe, la couche sous l'écorce est blanche.  <b>Bulbilles:</b> absents</p>
<p><b>GM 6</b> (11 individus)</p>	<p>11 VOA</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de plus de 6m de long, à section quadrangulaire, avec un sens d'enroulement à droite, à ailes vert à bord violet, non pubescente, les ailes peuvent se transformer en épines  <b>Feuille:</b> glabre, à limbe coriace et à sinus moyennement fermé, sans épines, le pétiole à un bord violet et à base de couleur verte  <b>Tubercule:</b> de forme irrégulière, superficiel, à écorce marron foncée et à chair qui s'oxyde facilement après une coupe.</p>
<p><b>GM 7</b> (24 individus)</p>	<p>3 TRG, 10 TNT, 11 OTK</p>	<p><b>Tiges:</b> liane de moins de 6m de long, à section hexagonale, de couleur verte, non pubescentes, ailées de couleur vertes, pas d'épines, avec un sens d'enroulement à droite.  <b>Feuilles:</b> cordiforme allongée, à auricules de faible distance, de couleur vert jaunâtre, de texture coriace, non pubescente, pas d'épines, à pétiole de couleur vert.  <b>Tubercules:</b> de forme arrondie, peu profond, au nombre plus de 5, de taille petite, moins de 40cm de long, sans racines armées, de couleur marron clair, à chair blanche uniforme et ne s'oxyde pas après une coupe, la couleur sous l'écorce est blanche  <b>Bulbilles:</b> absents</p>