



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
DOMAINE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
ECOLE DOCTORALE : PHYSIQUE ET APPLICATIONS



**THESE**

**Pour l'obtention du diplôme de  
DOCTORAT EN PHYSIQUE**

**Spécialité : Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies**

**Sur le thème :**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ACTIVITE CARDIOELECTRIQUE  
DES SPORTIFS EXCITE PAR LE POTASSIUM-40 EXTRAIT DU mollugo  
nudicaulis OU Aferontany (Molluginacées).**

**Présentée par RAVELOMANANTSOA Germier**

***Devant la commission d'examen composée de :***

**RAMANANTSIZEHENNA Georgette**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Président**

**RANDRIANTSOA Adolphe**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Rapporteur externe**

**RANDRIANARIVONY Edmond**

Professeur titulaire Emérite, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Rapporteur interne**

**RABOANARY Roland**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Examinateur**

**RAVELOMANANTSOA  
Solofonirina Dieudonné**

Professeur, Faculté des Sciences,  
Université d'Antananarivo

**Directeur de thèse**

**RABESIRANANA Naivo**

Maître de Conférences-HDR, Faculté  
des Sciences Université d'Antananarivo

**Codirecteur thèse**

**Le Jeudi 21 décembre 2017**



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
DOMAINE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
ECOLE DOCTORALE : PHYSIQUE ET APPLICATIONS



**THESE**

**Pour l'obtention du diplôme de  
DOCTORAT EN PHYSIQUE**

**Spécialité : Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies**

**Sur le thème :**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ACTIVITE CARDIOELECTRIQUE  
DES SPORTIFS EXCITE PAR LE POTASSIUM-40 EXTRAIT DU mollugo  
nudicaulis OU Aferontany (Molluginacées).**



**Présentée par RAVELOMANANTSOA Germier**

*Devant la commission d'examen composée de :*

**RAMANANTSIZEHENNA Georgette**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Président**

**RANDRIANTSOA Adolphe**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Rapporteur externe**

**RANDRIANARIVONY Edmond**

Professeur titulaire Emérite, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Rapporteur interne**

**RABOANARY Roland**

Professeur Titulaire, Faculté des  
Sciences, Université d'Antananarivo

**Examinateur**

**RAVELOMANANTSOA  
Solofonirina Dieudonné**

Professeur, Faculté des Sciences,  
Université d'Antananarivo

**Directeur de thèse**

**RABESIRANANA Naivo**

Maître de Conférences-HDR, Faculté  
des Sciences Université d'Antananarivo  
**Le Jeudi 21 décembre 2017**

**Codirecteur thèse**

## TABLE DE MATIERE

DEDICACES .....	iii
REMERCIEMENT.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PLANTE MEDICINALE AFERONTANY .....	3
1.1. Présentation de l'Aferontany.....	3
1.2. Constituants chimiques de la tisane d'Aferontany .....	4
1.3. Effets de l 'Aferontany .....	5
1.4. Intoxication de la fonction cardiaque .....	6
1.5. Exposition.....	9
1.6. Radionucléide de potassium dans le corps humain .....	8
1.7. Rayonnements des particules .....	9
CHAPITRE 2 : RAPPEL ANATOMO-FONCTIONNEL DU CŒUR .....	12
2.1. Anatomie du cœur de l'homme .....	12
2.2. Fonctionnement de l'appareil cardiaque .....	13
2.3. Circuit fermé de la vascularisation .....	14
2.4. Processus de contrôle d'excitation .....	18
2.5. Dynamique du relâchement myocardique .....	19
2.6. Dynamique de la contraction myocardique .....	20
2.7. Dynamique du couple fin de contraction-raccourcissement .....	21
CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES D'EVALUATION PHYSIQUE .....	23
3.1. Matériels d'évaluation de la capacité physique.....	23
3.2. Méthodes d'évaluation de la valeur physique .....	24
3.3. Méthodes d'analyse sanguine.....	27
3.4. Méthodes et principes de dosage plasmatique des transaminases.....	27

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

3.5. Méthodes et principes du dosage plasmatique de créatinine.....	30
3.6. Mesure d'ECG.....	32
<b>CHAPITRE 4 : METHODE D'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE GAMMA.....</b>	<b>34</b>
4.1. Chaîne de détection par spectrométrie gamma .....	34
4.2. Principe de détection des radionucléides .....	36
4.3. Etalonnage de la chaîne de détection .....	37
4.4. Echantillonnage .....	40
4.5. Activité du potassium.....	42
4.6. Méthodes de détermination du taux de transfert du potassium-40.....	44
<b>CHAPITRE 5 : RESULTATS D'EVALUATION D'APTITUDE PHYSIQUE.....</b>	<b>46</b>
5.1. Caractéristiques constitutionnelles des individus.....	46
5.2. Résultats de la biochimie sanguine .....	47
5.3. Vitesse de sédimentation des hématies, d'hémogramme et NFS.....	48
5.4. Résultats d'analyse biochimique des fonctions hépatorénales.....	51
5.5. Adaptations au système ATP-CP .....	52
5.6. Résultats de la qualité aérobie .....	56
<b>CHAPITRE 6 : EFFETS DE TISANE D'AFERONTANY AU CŒUR.....</b>	<b>58</b>
6.1. Radionucléide dans l'Aferontany .....	58
6.2. Contribution du potassium-40 absorbée au corps humain .....	59
6.3. Mécanisme de contraction cardiaque .....	62
6.4. Effets de la tisane d'Aferontany sur la fréquence ventriculaire .....	64
6.5. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle PR .....	66
6.6. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle complexe QRS .....	69
6.7. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle QT .....	72
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>77</b>

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **DEDICACES**

Ce jour précisément, ma pensée s'oriente à nos défunts parents qui ont tous fait pour que nous réussissions dans la vie professionnelle et familiale. Particulièrement, notre père n'a jamais mesuré ses moyens pour notre éducation. Il n'a, en aucun cas, concédé devant nous un signe de souffrance pour pourvoir nos besoins éducatifs. Pour lui exprimer mes gratitude, j'ai légué son nom RAVELOMANANTSOA Daniel à mon unique fille RAVELOMANANTSOA Danielle.

Présentement, je vais soutenir le fruit de mes recherches réalisées trois ans durant. Si, au moins, l'un de vous est présent ici, vraiment, je suis comblé de joie. Pourtant, le destin en a décidé autrement et qu'il faut accepter.

J'ai franchi une étape académique pour défaire l'adage de toujours « tel père, tel fils » ou *adala izay toa an-drainy*. A partir d'aujourd'hui, je ne suis plus « *adala* » et ma petite fille est prévenue. Gare à elle si elle le sera éternellement.

De ce qui précède, je dédie cette thèse à nos défunts parents. Mes plus chers souhaits sont qu'*ils se reposent toujours en paix et qu'ils prient pour nous*.

Votre reconnaissant fils RAVELOMANANTSOA Germier

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **REMERCIEMENTS**

Issu d'une famille chrétienne d'obédience protestante FJKM, je gratifie, tout d'abord, le puissant Dieu en me donnant la force, la détermination et le courage de finir mes recherches pour aboutir à la soutenance de ce jour.

Aujourd'hui est le moment propice pour moi de concéder solennellement les accueils cordiaux de M. RAVELOMANANTSOA Solofonirina Dieudonné à mon encontre. Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, il est aussi le Directeur Général des Orientations Stratégiques et Affaires Sociales du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. Mais il honorait assidûment ses obligations d'enseignant-chercheur pour être le Directeur de cette thèse. Il m'a orienté avec des consignes précises et d'autonomie de gestion de temps et d'espace. Qu'il éprouve les aveux de mes gratitude et de mes respects.

En sa qualité de Codirecteur de thèse, M. RABESIRANANA Naivo m'a encouragé à travers ses visions et ses directives lors des travaux dans le laboratoire Analyses et Techniques Nucléaires de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires-Madagascar. Docteur HDR, il est le Directeur Technique de Développement dudit Institut. Mais, ses responsabilités, même si lourdes soient-elles, ne l'empêchent d'assurer ses obligations. A cet effet, qu'il reçoive mes sincères remerciements.

M. RABOANARY Roland est un digne Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. De simplicité reconnu, de principe estimé et très efficace, il est Responsable d'Equipe d'Accueil Doctorale de Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies. Quand je l'ai approché pour lui solliciter mon intérêt de le voir au sein du jury de cette thèse en tant qu'examinateur, il a accepté sans condition autre que sa disponibilité à la date proposée. En conséquence, je lui présente mes loyaux remerciements.

Le Professeur titulaire RANDRIANTS OA Adolphe est un enseignant à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. Pharmacologie de spécialité, il est aussi Directeur de Recherche à l'Institut Malgache de Recherche Appliquée (IMRA). Très exemplaire, il était nos repères quand nous étions élèves-professeurs certifiés en EPS de l'Ecole Normale Supérieure.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

A cette époque, il présidait déjà le jury de ma soutenance en 2000 pour l'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale (CAPEN). Aujourd'hui, il a accepté de rapporter les valeurs scientifiques de ma thèse. Avec les respects que je lui dois, je me permets de l'inviter à recevoir mes remerciements très attachés.

M. RANDRIANARIVONY Edmond est Professeur émérite à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. Il est très connu par ses façons d'approche et d'être approché. Il a accepté de rapporter ses visions sur la valeur scientifique de cette thèse une fois que je lui ai demandé de le faire. De ce qui précède, qu'il reçoit mes remerciements affectueux.

Enfin et à Dieu ne plaise si c'est la moindre des choses car avec tous mes hommages, je prie M. RAMANANTSIZEHENA Georgette d'accepter mes tendres remerciements. Elle est Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. Autant, elle est le Directeur de l'Ecole Doctorale Physique et Application. De par ses attributions, elle a toujours honoré ses obligations de service et a apposé son accord de présider le jury de cette thèse.

Je tiens, aussi, à remercier M. RASOLONIRINA Martin. Docteur, il a assuré l'intérim du Chef de Département Analyses et Techniques Nucléaires de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires. Pendant mes travaux de laboratoire, il m'a donné une très précieuse et franche collaboration et assistance.

Toutefois, permettez-moi de reconnaître publiquement les souffrances supportées par ma famille durant la réalisation de la présente thèse. Particulièrement, je remercie du fond de mon cœur ma petite fille. Elle m'a toujours soutenu tant dans l'aisance que dans la difficulté. A cet effet, qu'elle sache que ***tout le monde est égal à tout le monde, mais quand elle le veut, elle peut devenir quelqu'une*** ».

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Réactifs utilisés lors du test.....	29
Tableau 2: Procédures du test.....	29
Tableau 3: Valeurs de références du test.....	30
Tableau 4 : Présentation de la méthode cinétique liquiV et Test ALAT. ....	30
Tableau 5 : Réactifs utilisés .....	31
Tableau 6: Efficacité du détecteur et leur écart relatif. ....	39
Tableau 7: Sites de prélèvements avec leurs dates respectives. ....	41
Tableau 8 : Caractéristiques des individus.....	46
Tableau 9 : Concentration glycémique, calcémique et magnésique des individus. ....	47
Tableau 10 : Résultats d'analyse de vitesse de sédimentation des hématies et NFS. ....	49
Tableau 11 : Valeurs leucocytaires normales.....	50
Tableau 12 : Les références d'enzymes des fonctions hépatorénales .....	51
Tableau 13 : Résultats d'analyse biochimique hépatorénale.....	52
Tableau 14 : Détente verticale des individus.....	55
Tableau 15 : Adaptations anaérobiques des individus. ....	55
Tableau 16 : Dépenses des fréquences cardiaques liées au travail de la respiration.....	56
Tableau 17 : Indices des dépenses des fréquences cardiaques liées à la respiration.....	57
Tableau 18 : Résultats d'analyse d'Aferontany. ....	59
Tableau 19 : Masse, activité correspondante et concentration totale du potassium-40. ....	60
Tableau 20 : Activité du potassium-40 excitant le muscle cardiaque des individus.....	60
Tableau 21: Résultats d'analyse de tisane d'Aferontany en décoction. ....	61
Tableau 22 : Taux de transfert aux variations de masse, température et durée.....	62

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Tableau 23 : ECG à la fréquence ventriculaire générés par le nœud sinusal. ....	64
Tableau 24 : Effets de tisane d'Aferontany à la fréquence ventriculaire. ....	65
Tableau 25 : Activité du potassium-40 qui excite la fréquence ventriculaire. ....	66
Tableau 26 : ECG sur l'intervalle PR.....	67
Tableau 27 : Effets de la tisane sur le paramètre intervalle PR.....	68
Tableau 28 : Activité du potassium-40 qui excite l'influx sur l'intervalle PR. ....	69
Tableau 29 : ECG sur le paramètre complexe QRS.....	70
Tableau 30 : Effets de tisane d'Aferontany au paramètre complexe QRS.....	71
Tableau 31 : Activité du potassium-40 qui excite l'influx sur le paramètre QRS. ....	72
Tableau 32 : ECG au paramètre QT.....	73
Tableau 33 : Effets de la tisane d'Aferontany au paramètre QT.....	74
Tableau 34 : Activité du potassium-40 qui excite le potentiel d'action à l'intervalle QT. ....	74

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Plante Mollugo nudicaulis en floraison .....	3
Figure 2: Chaîne alimentaire .....	8
Figure 3: Schéma d'anatomie du cœur .....	12
Figure 4: Système cardiovasculaire.....	15
Figure 5: Muscle où ES est le ressort linéaire et EP est le ressort exponentiel.....	17
Figure 6 : Tête de myosine où est la résultante de contact qui s'oppose à P .....	20
Figure 7: Triangle d'Einthoven.....	33
Figure 8 : Chaîne spectrométrie gamma. ....	35
Figure 9 : Pic d'absorption total.....	37
Figure 10 : Courbe d'étalonnage en énergie. ....	38
Figure 11 : Courbe d'étalonnage en efficacité.....	40
Figure 12 : Contraction musculaire concentrique à force adhérent au mouvement.....	53
Figure 13 : Contraction excentrique où la force et le mouvement s'opposent.....	53
Figure 14 : Spectre des énergies gamma de l'échantillon Aferontany.....	58

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>ADC</b>	Analogic Digital Convertisseur
<b>ADN</b>	Acide DésoxyriboNucléique
<b>ALAT</b>	Alanine Amino Transférase
<b>ASAT</b>	Aspartate Amino Transférase
<b>ATP</b>	Adénosine triphosphate
<b>aVF</b>	augmented Voltage Foot
<b>aVL</b>	augmented Voltage Left arm
<b>aVR</b>	augmented Voltage Right arm
<b>CA</b>	Condition athlétique
<b>CICR</b>	Calcium-induced calcium release
<b>CK</b>	Créatine Kinase
<b>DPA</b>	Durée du potentiel d'action
<b>EC</b>	Elément contractile
<b>ECG</b>	Electrocardiogramme
<b>EP</b>	Elément passif
<b>EPS</b>	Education Physique et Sportive
<b>ES</b>	Elément élastique
<b>GGT</b>	Gamma Glutamyl Transférase
<b>Hg</b>	Mercure
<b>IEA</b>	Intoxication Ethylique Aigüe
<b>IMC</b>	Indice de Masse Corporelle
<b>MCA</b>	Multi-chanal analyseur
<b>mL</b>	Millilitre

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

<b>mm</b>	millimètre
<b>ms</b>	Milliseconde
<b>NSF</b>	Numération de la Formule Sanguine
<b>PAL</b>	Phosphatase Alcaline
<b>UI.L<sup>-1</sup></b>	Unité Internationale par Litre
<b>RPM</b>	Rotation par minute
<b>sv</b>	Sievert
<b>TM</b>	Time motion.
<b>TPLA</b>	Tobim-Pahasalamana Loterana Ambohibao.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## INTRODUCTION

Les malagasy négligent la visite d'aptitude médicale avant la pratique sportive. Or, elle est légiférée même si les Ministères de la Jeunesse et des Sports, de l'Education Nationale et de la Santé publique ne sont pas conscients de la gravité de la situation. De fait, la proposition, l'autorisation et parfois l'interdiction de la pratique sportive revient au médecin. Et l'orientation des sportifs relèvent des enseignants d'EPS, des entraîneurs sportifs et des éducateurs sportifs pour qu'ils aient ceux qu'ils espèrent.

Pendant la pratique sportive, le cœur envoie le sang dans les vaisseaux par des contractions rythmiques. Il tire son énergie en lui-même tandis que ses cellules donnent des impulsions électriques [1]. Ainsi, le système nerveux modifie le rythme cardiaque à l'adaptation de son travail aux besoins organiques. La contraction myocardique répond à la diffusion d'impulsion électrique venant du nœud sinusal [2]. Tandis que la baisse de l'activité cardioélectrique peut être à l'origine de l'insuffisance cardiaque.

Le *mollugo nudicaulis*, de nom vernaculaire Aferontany appartient à la famille des Molluginacées. Ses bienfaits sont appropriés à l'Homme où en quantité importante, le potassium figure parmi ses éléments nutritifs. Il dispose du potassium-40 radioactif émetteur bêta moins et gamma. Il est possible que les sportifs absorbent la tisane de la plante Aferontany et/ou des alicaments. La question problématique est « le potassium-40 d'Aferontany génère-t-il des effets à l'activité cardioélectrique des sportifs ? »

Les objectifs de cette thèse sont de :

- détecter le potassium-40 dans l'Aferontany,
- quantifier son apport à l'activité cardioélectrique des sportifs.

En effet, la détection du potassium-40 a été faite par l'analyse par spectrométrie gamma. Trois élèves Professeurs certifiés en EPS sains sont décidés pour l'expérimentation. Ils sont soumis aux examens médicaux, aux analyses biochimiques sanguines, enzymatiques hépatorénales et à la mesure d'ECG. Ces examens médicaux ont été opérés à l'hôpital TPLA

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du *mollugo nudicaulis* ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

d'Ambohibao. Toutefois, seuls les laborantins dudit hôpital ont eu le droit à la manipulation des matériels hospitaliers. Enfin, il a été évalué les capacités physiques de ces trois élèves.

La thèse est organisée en six chapitres. Les deux premiers chapitres présentent des informations relatives aux Aferontany et au système cardiovasculaire. Le chapitre trois décrit la méthodologie évaluative d'état physique des individus liée à leur activité cardioélectrique. Le chapitre quatre présente les matériels et la méthode d'analyse d'un Aferontany par spectrométrie gamma. Le cinquième chapitre traite les résultats obtenus lors d'évaluation de l'état physique des individus. Puis, le chapitre six décrit les effets de tisane d'Aferontany sur l'activité cardioélectrique.

La conclusion générale termine le manuscrit traitant le thème « Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique du cœur des sportifs excité par mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées) ».

# CHAPITRE 1 : PLANTE MEDICINALE AFERONTANY

## 1.1. Présentation de l'Aferontany

La plante médicinale Aferontany est herbacée, lisse et pousse dans des zones arides, sablonneuses et rayonnantes. Et peu poilu à la face inférieure de feuilles sur les nervures, elle peut avoir une hauteur de 15 à 20 cm au plus, y comprises les sommités. Ses feuilles sont radicantes en rosette à la base de tiges florifères et maintiennent des bractées étroites. À peu près linéaires de 25 x 2 à 63 x 12 mm, elles sont tranchées en pétiole à la base, obtuses, peu épaisses et non crassulentes parfois au sommet. Puis, son limbe divers, vert sombre, parfois violacé à l'état adulte est entier. Enfin, à l'état frais, sa teneur en eau varie de 40 à 80% tandis qu'à l'état sec, elle varie de 5 à 10%.



**Figure 1 : Plante Mollugo nudicaulis en floraison**

Ignorant la structure chimique des principes actifs d'extrait d'Aferontany, les guérisseurs traditionnels l'utilisent en tambavy et soignent la blennorragie par sa tisane en décoction. Bien que la décoction est la solution aqueuse détachée de la macération à l'eau bouillante. La concentration du potassium de 4,70% peut être 6,30% au niveau de racine d'Aferontany et 1,20% du calcium y est aussi. Elle confine également un fer allant pouvant aller jusqu'à 0,45% [3]. En cation dans la cellule humaine, le potassium aide à

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

l'osmolarité à laquelle la concentration intracellulaire polarise la membrane cellulaire. D'où, la conduction d'influx nerveux et la contraction myocardique sont provoquées.

L'amertume de la tisane d'Aferontany vient des saponosides et sa couleur jaune résulte de la casse du mollugo flavonosides due à la hausse de température de décoction. Ses fleurs pédicellées et grêles de 6 à 10 mm de long sont périanthes et n'excèdent jamais les cinq divisions. Puis, ces périanthes rougeâtres s'ouvrent à la maturité des étamines et se ferment pendant la fécondation de fleur. Dans tous les cas, la tisane d'Aferontany en décoction répare l'état général de l'Homme.

## 1.2. Constituants chimiques de la tisane d'Aferontany

Un litre de tisane d'Aferontany produit 0,41 g d'extrait soluble dans l'eau où son rendement est 0,04% [4]. Il y a des traces de chlorure de sodium et de tannins dans la tige d'Aferontany ayant de sucres libres *mollugo saponosides*<sup>1</sup> aux oses hétérosides. A ce fait, 3% de ces oses sont des lipides, des pigments violets type des saponosides et des mollugo flavonosides.

Les saponosides ont des propriétés antimitotiques aux tumeurs soutenant une circulation veineuse. Leur pouvoir hémolytique vient de leur état antispasmodique, état antimicrobien et état anti-inflammatoire à effet sternutatoire. Toutefois, leurs propriétés stéroïdiques anti-inflammatoires et diurétiques soutiennent les veines si leurs propriétés flavonoïdes réduisent la perméabilité et garantissent la résistance capillaire. Enfin, leur propriété pigment naphtoquinonique fixe les quintes de toux, répare l'appétit et évite la déjection. Pourtant, le pigment vert ou naphtoquinone assure les propriétés antitussives où l'alcaloïde est de 0,08% du poids sec. Tandis que les mollugo sapogénols dissimulent un carbonyle réactif et émettent des traités avec la dinitro-2 et 4-phénylhydrazine. Et leur ingestion à l'ultraviolet réfléchit aux *tris terpènes*<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Classifiés en A, B, C, D, E, F, G et H incolores et âcres, ces sont des glucoses, fructose, saccharose, rhamnose, xylose, galactose et arabinose.

<sup>2</sup> La concentration glucoside cardiotonique des terpènes, saponines et coumarine dans la tisane sont faibles.

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du *mollugo nudicaulis* ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

### **1.3. Effets de l'Aferontany**

On dépose les racines, les écorces et les tiges de l'Aferontany dans l'eau pour préparer la décoction. On les porte à ébullition pendant 15 min et on la laisse refroidir. La décoction contient plus des principes actifs que l'infusion car les produits chimiques naturels et synthétiques sont dans l'eau et dans la nourriture. Pourtant, tous les produits chimiques sont toxiques si l'exposition à ces produits est élevée. Or, un produit toxique est un produit chimique aux effets néfastes pour la santé. La décoction d'Aferontany est quasiment dénudée de toxicité. Et le tambavy, l'Aferontany est apéritif et anabolisant.

Les effets d'exposition à l'Aferontany sont soit immédiat, soit chronique. Un effet immédiat présente des effets négatifs qui se produisent sur une période courte à la suite d'exposition à un produit toxique. C'est une toxicité aiguë allant de vertiges et de nausées à la mort. Elle se produit immédiatement ou quelques jours suivant une simple exposition. Un effet chronique donne des effets négatifs qui se présentent au cours des temps après l'exposition à un produit toxique ou après une longue exposition à celui-ci. C'est une toxicité chronique qui détériore habituellement les reins et le foie suite à une exposition prolongée et faible à l'Aferontany.

La mesure de toxicité est l'étendue des effets négatifs générés par des doses de l'Aferontany toxique. Pourtant, une dose toxique est la quantité avalée par l'organisme exposé. La réaction est le type et la quantité de dommages générés par l'exposition à la dose typique. La dose létale provoque la mort si la dose nocive sublétale ne peut finir au décès humain. Les mélanges chimiques élèvent le taux de complexité d'estimation du risque. Ces mélanges créent l'additivité, la synergie et l'antagonisme à partir d'un agissement les uns sur les autres.

Quand un mélange est additif, l'effet est exactement celui auquel on s'attend, étant donné les effets individuels de chaque composant du mélange. Si le produit dont le niveau de toxicité est de 1 est mélangé à un autre produit au niveau de toxicité de 1, l'effet combiné d'exposition au mélange est 2. Si le mélange est synergique, l'effet est plus grand que ce qui est attendu par rapport aux effets combinés. Pour deux produits à

niveau de toxicité 1, la toxicité combinée est 3. Puis, l'interaction antagonique dans un mélange a pour effet combiné plus petit que ce qui est attendu.

En effet, les effets indésirables de l'Aferontany découlent de l'overdose quand la dose avalée est plus grande que la dose exigée à l'effet principal thérapeutique. Puis l'hyperréactivité est indésirable si la dose normale thérapeutique incite de toxicité. La non-sélectivité expose aussi un effet indésirable quand elle n'agit pas aussitôt à la cible.

Toutefois, l'effet espéré est la réparation de la fonction physiologique d'organe atteint de trouble pathologique. Donc, la toxicité apprécie la capacité de radionucléide à créer des effets néfastes à la santé ou à la vitalité du foie, du rein, des poumons...

#### **1.4. Intoxication de la fonction cardiaque**

La persistance est la spécificité des produits extrêmement stables où durant des années, ils s'altèrent en formes plus simples par le processus naturels. Ils se tendent en bioaccumulation et en amplification biologique. La bioaccumulation est l'accumulation de substance toxique appuyée dans le corps d'un organisme souvent aux tissus adipeux. Et l'amplification biologique est une augmentation des produits chimiques toxiques aux tissus d'organisme au niveau supérieur des réseaux trophiques.

D'où, l'intoxication de fonction cardiaque vient des plantes médicinales bue à surdosage volontaire. Elle crée des troubles du rythme cardiaque et/ou de décès à un effet inotrope positif venant de la hausse de contraction du cœur en inhibant la pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase. En tout cas, ces plantes cardiotoxiques renferment des cardénolides et/ou hétérosides cardiotoniques. L'intoxication vient d'hétéroside dans leurs feuilles où sa concentration dans le sang crée des troubles du rythme cardiaque. Les feuilles et la graine d'If provoquent aussi une arythmie ventriculaire et une trouble bradycardie du rythme cardiaque de 25 à 30 bat. $\text{min}^{-1}$  et une arythmie ventriculaire.

#### **1.5. Exposition**

L'automédication et la méconnaissance sont dangereuses pour la santé. Or, la tisane d'Aferontany est ingérée en quantité changeante de 1 à 3 verres de 1 à 3 fois par

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

jour par un individu selon son habitude. Cliniquement, le médicament fortifiant accroît les forces physiques par l'excitation métabolique ou par la défense immunitaire. Puis, le médicament tonifiant donne de vigueur physique d'organe. La vertu tonifiante est jugée par l'usage du cœur isolé en modèle pharmacologique.

Or, toute matière vivante ou inerte à l'état gazeux, liquide ou solide est formée d'atomes et d'éléments. Un atome comprend un noyau de protons et de neutrons autour duquel gravitent des électrons. Mais, un élément défini par un seul type d'atome est un corps simple. Alors, la radioactivité est la propriété des éléments d'émettre spontanément des particules et de générer des rayonnements. En résultat, des éléments radioactifs sont instables car ils sont surchargés en neutrons.

Un isotope instable est un radio-isotope radioactif qui émet spontanément des particules et des rayonnements. Si un élément radioactif émet des radiations, son noyau change et devient plus stable. C'est une désintégration radioactive suivie d'une émission de particules énergétiques ou des rayonnements par le noyau atomique instable. Elle est formée des particules bêta négatives et des rayonnements électromagnétiques à très haute énergie gamme pour le potassium-40.

Pour libérer la surcharge en neutrons de l'atome, une éjection des particules en excédent est suivie d'extrait d'énergie pour harmoniser le rayonnement radioactif. Les rayonnements émis par les atomes radioactifs sont des natures physiques variées. Ainsi, les particules bêta sont des rayonnements corpusculaires couvrant la mutation de neutron en proton et la mutation inverse. La première mutation donne un rayon bêta moins par la diffusion de négaton  $e^-$ . Et la deuxième crée un rayon bêta plus défini par diffusion de positon  $e^+$  de masse négligeable.

Or, les rayons gamma de très haute fréquence et très pénétrants sont arrêtés par une épaisse plaque de plomb ou de béton. Ces rayonnements électromagnétiques sont presqu'émis par tous les éléments radioactifs. De vitesse proche de la lumière, ces rayons peuvent franchir des centimètres de tissu vivant et irradiient l'Homme par l'ingestion. Leur cheminement par la chaîne alimentaire est :

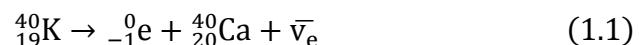


***Figure 2: Chaîne alimentaire***

### 1.6. Radionucléide de potassium dans le corps humain

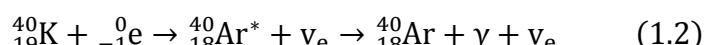
Les isotopes du potassium sont les  $^{39}\text{K}$  à 93,26% et  $^{41}\text{K}$  à 6,73% stables et  $^{40}\text{K}$  à 0,0117% instable. Ce potassium-40 se transforme spontanément pour émettre, en fait, des rayonnements bêta et gamma. Ainsi, il est radioactif et se désintègre conformément aux trois modes de désintégration ci-après.

Au bilan d'énergie 1,311 MeV, la désintégration bêta moins donne le calcium-40 stable à 88,80%. Lors d'émission, un neutron s'est converti en proton avec émission d'un électron et d'un antineutrino électronique pendant l'excès de neutrons.



Ce rayonnement est défini par l'excitation des ionisations et les excitations par diffusion. Et un électron en interaction aux électrons du cortège électronique de l'atome cible se crée par condition. Si l'énergie de l'électron incident est plus de 30 eV, il y a une expulsion d'un électron du cortège électronique de molécule cible créant son ionisation. Si la différence des énergies de liaison de deux couches électroniques externes de l'atome cible est égale à l'énergie de l'électron incident, un électron monte à la rangée d'énergie supérieure et on a un phénomène d'excitation de la molécule. Et si l'énergie de l'électron incident est trop faible, le transfert d'énergie ne provoque que l'excitation thermique de la molécule qui se dissipera sous forme de chaleur.

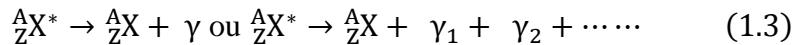
A énergie de désintégration 1,505 MeV, la capture électronique 11,20% génère l'argon-40 stable. Dans ce cas, le noyau excité se réduit à sa base par la diffusion gamma et la conversion interne. A la diffusion gamma, la transition est directe quand l'énergie du photon gamma diffusé correspond à l'énergie d'excitation du noyau.



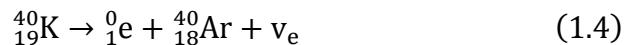
Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Quand la quantité d'énergie de désintégration coïncide à l'énergie d'excitation, les rayonnements gamma peuvent être émis en cascade.



La diffusion gamma est par mutation interne où ait lieu le transfert d'énergie d'excitation à un électron du cortège électronique. La désintégration bêta plus est :



A protons en excès, un proton change en neutron avec diffusion des neutrinos  $\nu$  et de positrons qui crée le bêta plus. Le danger attaché à ce rayonnement est indirect. En effet, le positron diffusé pendant ce rayonnement sera aussitôt aboli par un électron du milieu. A l'annihilation, deux rayons gamma 511 keV destructeurs se créent et sont émis à un angle solide 180°.

### 1.7. Rayonnements des particules

Le rayonnement alpha est ionisant et crée de paires électrons-ions. Par sa grande masse, la particule alpha peu déviée suit la trajectoire rectiligne de la matière.

Pour la particule bêta, la perte d'énergie des électrons et des positrons se fait à l'interaction aux électrons atomiques excitant ou ionisant la matière. Pendant la perte d'énergie des électrons et positrons par interaction aux noyaux des atomes du milieu, elle modifie la trajectoire des électrons. Et un rayonnement de freinage est diffusé pour conserver la quantité de mouvement. En résultat, les particules bêta facilement déviées par le champ électromagnétique des noyaux sont plus légères que les particules alpha. Leur trajectoire est en ligne brisée et sont moins ionisantes que les particules alpha.

L'ionisation des rayonnements neutroniques étant indirecte, alors l'interaction neutron-matière se mute en réaction aux noyaux atomiques franchis. D'où, le défaut de

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

charge du neutron interdit l'interaction électromagnétique des atomes. L'énergie cédée par collision au noyau léger, enrôlée et chargée est une particule ionisante. Elle franchit les matériaux formés d'atomes lourds plomb et acier. En microscopie, l'interaction des photons gamma de haute énergie correspond à l'interaction aux électrons atomiques. L'effet photoélectrique résulte d'interaction en fonction d'énergie des photons dont l'énergie du photon incident est faible  $20 \text{ keV} < E < 100 \text{ keV}$ . Elle cède son énergie à un électron des couches profondes éjecté d'atome et il y a absorption totale du photon et ionisation d'atome. L'énergie de l'électron est :

$$E_{e^-} = h\nu - W_e \quad (1.5)$$

Où  $E_{e^-}$  est l'énergie d'électron,  $h\nu$  est l'énergie du photon incident et  $W_e$  est l'énergie de liaison de l'électron éjecté.

L'atome réaménage son cortège électronique pour émettre un rayonnement X secondaire. Si l'énergie du photon incident médiane est  $100 \text{ keV} < E < 1,02 \text{ MeV}$ , on a un effet Compton. Le photon incident libère une partie de son énergie d'électron des couches périphériques d'atome éjecté. Un nouveau photon diffuse l'énergie. En effet, l'émission du photon incident et l'ionisation d'atome se créent où l'énergie du photon diffusé est :

$$h\nu = E_{e^-} + h\nu' \quad (1.6)$$

Donc, l'énergie de liaison d'électron des couches périphériques est critique. Si l'énergie du photon incident est supérieure à  $1,02 \text{ MeV}$ , le photon incident se perd. Son énergie produit une paire  $e^+ + e^-$  où le photon doit avoir une énergie supérieure au seuil de créations  $e^+ + e^-$

Le potassium-40 produit de radioactivité des organismes sains à attrait d'unité d'action du carbone-14. Or, 1 kg du corps humain émet la désintégration 62,85 atomes de potassium-40.s<sup>-1</sup> à laquelle la réaction nucléaire dans le corps humain est de 0,0062 mSv.an<sup>-1</sup> de potassium-40 et 0,0001 mSv.an<sup>-1</sup> de carbone-14. Une fois excité, il y a des

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excités par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

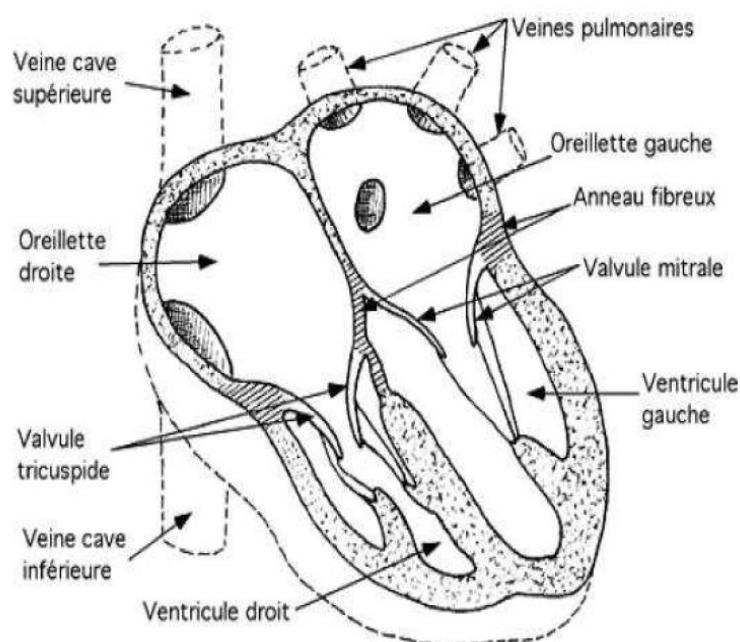
Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

répulsions électriques qui s'affrontent dans son noyau pour le détruire. Des interactions nucléaires assurent sa cohésion et libère de moitié les photons du corps. Les énergies moyennes des électrons diffusée à la désintégration bêta moins est environ 40%. Le potassium-40 absorbé excite le cœur s'il se désintègre.s<sup>-1</sup>.

## CHAPITRE 2 : RAPPEL ANATOMO-FONCTIONNEL DU CŒUR

### 2.1.Anatomie du cœur de l'homme

Pour avoir les besoins énergétiques accrus pendant l'exercice physique, le sang frais en quantité importante est vital pour préserver les cellules cardiaques en oxygène. Il nourrit en substances nutritives les systèmes respiratoire et cardiovasculaire, parfait leurs déchets métaboliques et stabilise l'acidité et la température de son milieu. Donc, les adaptations et besoins métaboliques des territoires actifs sont toujours en cohésion.



**Figure 3: Schéma d'anatomie du cœur**

Le cœur constitué d'un tissu musculaire spécial appelé myocarde se recouvre à l'intérieur d'endocarde et au-dehors du péricarde. Et les fibres myocardiques en réseau continu, striées et reliées les unes des autres provoquent sa contraction en masse. Puis, à capacité de 500 à 600 mL, il diffuse le sang par contraction rythmique aux vaisseaux. A son intérieur, l'oreillette et le ventricule droit forment le cœur droit si l'oreillette et le ventricule gauche sont le cœur gauche. Relié aux systèmes d'activation intrinsèque et nerveux et automatique, il fonctionne par la répétition de contractions dont le rythme est

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

la fréquence cardiaque. En tous cas, le cœur droit fournit la circulation pulmonaire et le cœur gauche pourvoit la circulation systémique.

## 2.2. Fonctionnement de l'appareil cardiaque

Le fonctionnement cardiaque est la contraction à la systole et le relâchement à la diastole du myocarde. De fréquence 60 à 80 bat. $\text{min}^{-1}$  au repos, elle change selon un individu, son émotion, son alimentation et sa condition physique. Puis, deux débuts de contraction cardiaque sont séparés par la *révolution cardiaque*<sup>3</sup>.

A la phase de relaxation, les quatre cavités cardiaques se décontractent à la fin de contraction précédente. La relaxation ou la diastole est générale et les ventricules se relâchent, la pression ventriculaire baisse et le sang revient dans les ventricules. Donc, les valvules sigmoïdes se ferment et les ventricules continuent à se relâcher pour que la tendance de leur pression soit à la baisse. Devenue inférieure des oreillettes, elle éjecte l'additionnelle de sang 30 mL et expose les valvules auriculo-ventriculaires. Pourtant, le cœur pompe chaque minute une quantité de sang pour exciter le *débit cardiaque*<sup>4</sup>. A cet effet, le débit cardiaque est déterminé par :

$$\dot{D} = VES \times FC \quad (2.1)$$

La phase de remplissage ventriculaire avale 100 mL de sang si les valves sont ouvertes. L'excitation du nœud sinusal dépolarise l'auriculaire, excite les oreillettes de l'auriculaire et éjecte 30 mL supplétifs, d'où 130 mL de sang est à chaque ventricule.

Lors de la phase systole ventriculaire, la dépolarisation menée par le faisceau de His élève la pression intra ventriculaire à la fin systole auriculaire. Elle ferme les valvules mitrales et tricuspides. Elle noie la pression aortique et ouvre les deux valves sigmoïdes. Et le sang est éjecté aux troncs pulmonaires et à l'aorte où le débit s'adapte aux besoins tissulaires où 25 à 30 L. $\text{min}^{-1}$  sont acquis aux exercices intenses.

---

<sup>3</sup>La révolution cardiaque est formée de relaxation, de remplissage ventriculaire et de systole ventriculaire.

<sup>4</sup>Le débit cardiaque est en moyenne 1,5 L. $\text{min}^{-1}$  en état de repos [5].

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

La pression est la force du sang en sortant du ventricule gauche pour qu'il soit en mesure de résister à son écoulement. Donc, l'effort intense change la pression par la hausse de pression systolique. Inversement, les résistances sont des forces d'opposition à l'écoulement du sang aux vaisseaux. Ainsi, la vascularisation se fait en circuit fermé. Le courant sanguin diminue les besoins vitaux des cellules organiques lors d'irrigation des cellules. L'appareil circulatoire et les systèmes nerveux et endocriniens soutiennent les régulations. L'accroissement de dépense énergétique aérobie liée à l'effort physique provient des adaptations du système cardiovasculaire. D'où, l'appareil circulatoire se dissocie en petite et grande circulation au secteur organique.

La petite circulation est la circulation pulmonaire où le sang veineux pauvre en oxygène et sali arrive au cœur droit par les veines caves. Puis éjecté par le ventricule droit vers les poumons, il perd son dioxyde de carbone et se dote d'oxygène. Devenant sang artériel, il retourne au cœur gauche par les veines pulmonaires.

La grande circulation nourrit les tissus organiques. Arrivé au tube de digestion, le sang artériel mû par le ventricule gauche parcourt le foie et se ravitaille de matériaux alimentaires. La deuxième partie arrivée au rein assainit le sang et la troisième partie se répartit aux cellules organiques où il assure la nutrition. Le système dirige vers le foie, les veines caves inférieures et l'oreillette droite le sang des nutriments.

### 2.3. Circuit fermé de la vascularisation

Le circuit vasculaire fermé aux compartiments du système artériel, du système veineux et du ventricule gauche creuse les conditions de remplissage et d'éjection. Le sang passe au compartiment veineux du ventricule gauche par la valve mitrale. Ensuite, il ressort au compartiment artériel par les valves aortiques unidirectionnelles. Dans tout cas, chaque valve en série résiste constamment. Donc, le cylindre ventricule gauche est incompressible à longueur constante et lie l'excitation-contraction ( $\sigma, \varepsilon$ ).

Cependant, l'incompressibilité du muscle cardiaque est :

$$V_m = V_e - V_i = V_{er} - V_{ir} \quad (2.2)$$

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

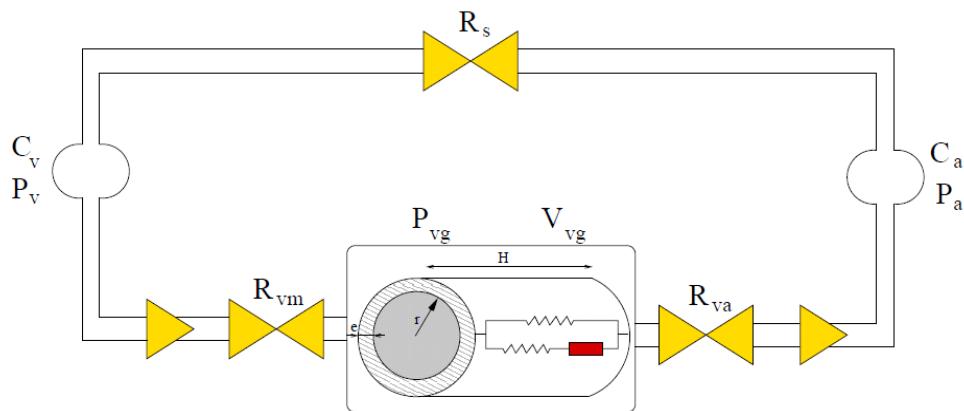
Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Où  $V_e$ ,  $V_i$ ,  $V_{er}$  et  $V_{ir}$  sont les volumes extérieur, intérieur, extérieur et intérieur au repos.

Or,  $V_m$  est le volume de masse du muscle cardiaque déterminé par :

$$V_m = \pi H(r_e^2 - r^2) \quad (2.3)$$

Où  $r$  et  $r_e$  sont le rayon et le rayon extérieur.



**Figure 4: Système cardiovasculaire.**

Où  $P_v$  et  $P_a$  sont les pressions veineuse et artérielle,  $C_v$  et  $C_a$  sont les capacités veineuse et artérielle,  $R_s$  est la résistance systémique,  $R_{va}$  et  $R_{vm}$  sont les résistances de la valve de l'aorte et de la valve mitrale,  $V_{vg}$  et  $P_{vg}$  sont le volume et la pression du ventricule gauche,  $r$  est le rayon variable,  $H$  est la longueur constante,  $e$  est l'épaisseur et  $R_s$  est la résistance systémique.

Si  $e$  est l'épaisseur et on substitut  $r_e^2$  par  $\left(1 + \frac{e}{r}\right)^2 - 1$ , on a :

$$V_m = \pi H r^2 \left[ \left(1 + \frac{e}{r}\right)^2 - 1 \right] \quad (2.4)$$

Dans ce cas, on arrive à avoir :

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

$$\frac{V_m}{V_{vg}} = \left[ \left( 1 + \frac{e}{r} \right)^2 - 1 \right] \quad (2.5)$$

En conséquence, la déformation du cylindre ventricule gauche est :

$$\frac{e}{r} = \left( \frac{V_m}{V_{vg}} + 1 \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \quad (2.6)$$

Où  $e$  est la déformation du ventricule gauche ou couple contraction-excitation.

L'élément contractile du ventricule gauche de la pompe cardiaque est une fibre musculaire où sa déformation est :

$$\varepsilon = \frac{r - r_r}{r_r} = \sqrt{\frac{V_{vg}}{\bar{V}_{vg}} - 1} \quad (2.7)$$

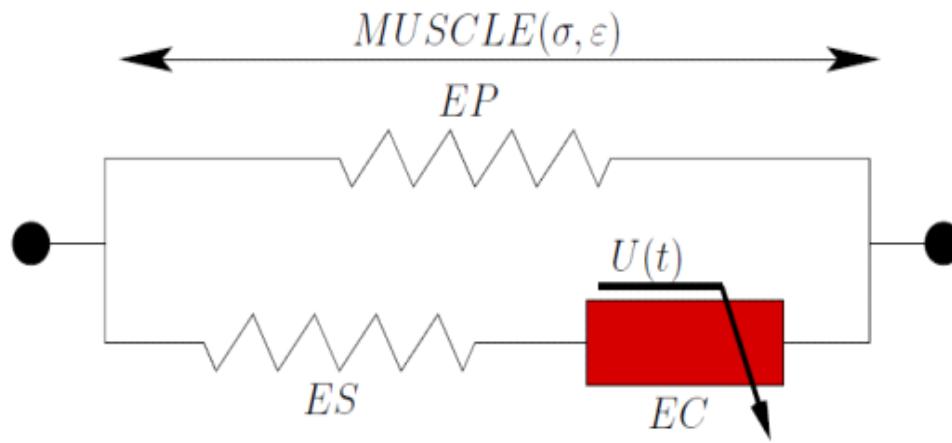
Où  $r_r$  est le rayon au repos et  $\bar{V}_{vg}$  est le volume de référence du ventricule gauche.

La relation entre la contrainte et la pression selon la loi de Laplace est :

$$P_{vg} = \frac{e}{r} \sigma(\varepsilon, u) \quad (2.8)$$

En effet, le muscle cardiaque formé de ressort actif EC en série avec d'ES dont l'ensemble est parallèle à l'EP. Si la pression veineuse est supérieure à la pression du ventricule, le volume du ventricule gauche est positif. Et si la pression ventriculaire est supérieure à la pression artérielle, le volume du ventricule gauche est déterminé par :

$$\dot{V}_{vg} = \frac{1}{R_{vm}} |P_v - P_{vg}|_+ - \frac{1}{R_{va}} |P_{vg} - P_a|_+ \quad (2.9)$$



**Figure 5:** Muscle où *ES* est le ressort linéaire et *EP* est le ressort exponentiel.

Pourtant, les compartiments veines et artères sont reliés par la résistance  $R_s$  des artérioles et capillaires et caractérisées par leurs capacités  $C_a$  et  $C_v$  aux volumes :

$$V_a = C_a \times P_a \quad (2.10)$$

$$V_v = C_v \times (P_v - P_{ev}) \quad (2.11)$$

Où  $C_a$  est constante et  $P_{ev}$  est la pression externe considérant l'effet de verticalisation.

Par principe de conservation de masse, le volume total engagé dans le système cardiovasculaire est constant, d'où :

$$C_v \cdot \tilde{P}_v = V_t - C_a \cdot P_a - V_{vg} \quad (2.12)$$

Où  $C_v \cdot \tilde{P}_v$  est la pression veineuse et  $\tilde{P}_v = P_v - \rho g h_v \sin \theta$ .

De position couchée à la position debout,  $\theta$  est l'angle d'inclinaison et  $h_v$  est la distance selon le point d'indifférence hydrostatique. Si  $C_a \cdot P_a$  est la pression artérielle, sa régulation est définie [6] par :

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

$$C_a \cdot \dot{P}_a = \frac{1}{R_{va}} |P_{vg} - P_a|_+ - \frac{1}{R_s} (P_a - P_v) \quad (2.13)$$

## 2.4. Processus de contrôle d'excitation

A l'état physiologique de base individuel, le système cardiovasculaire apprécie le système nerveux autonome par la *régulation des réflexes*<sup>5</sup>. Cette régulation apprécie les durées.min<sup>-1</sup> du débit cardiaque par les mesures de pression. Ces barorécepteurs à la paroi des artères sont sensibles aux modifications de pression très minimes de mm Hg. Ils diffusent des messages nerveux en impulsions électriques et codés en fréquence par des fibres afférentes s'organisant en nerfs sinusoïaux et aortiques de périphérie au centre, s'achevant au noyau du tractus solitaire après liaison aux IXe et Xe paires crâniennes.

Au noyau du tractus solitaire, des neurones secondaires s'atténuent sous forme de fréquence très basse par rapport aux neurones des barorécepteurs. Elles se reflètent à la hausse de pression des barorécepteurs par la hausse de leur fréquence de déblaye. Et l'activité des barorécepteurs par la pression est non-linéaire quand elle est embarrassée par la pression sigmoïdale très élevée ou très basse. Cette non-linéarité entre l'entrée de trains d'impulsions électriques des barorécepteurs et la sortie au noyau ambigu est très proche du relais du tout-ou-rien. C'est par le tronc cérébral que sorte les deux branches efférentes sympathique et parasympathique du système nerveux autonome. Leurs effets sont contraires à la pression artérielle systémique.

En effet, l'excitation sympathique accroît la fréquence cardiaque, la contractilité des fibres myocardiques et les pressions ou résistances périphériques. Mais, l'excitation parasympathique, surtout au pacemaker sinusal, ralentit le cœur et réduit la pression. La *durée d'action de voie sympathique*<sup>6</sup> est très puissante. La très courte durée d'action du vague émis par la voie parasympathique est examinée par le battement cardiaque. Donc, la voie sympathique est en retard par rapport à la voie parasympathique. Elles s'excitent à la fréquence cardiaque par *conversion du rythme du pacemaker, de vitesse de diffusion*

<sup>5</sup> Cette régulation est appelée baroréflexe qui passe aux centres végétatifs supérieurs du système nerveux central.

<sup>6</sup> Cette durée est d'une dizaine de battements cardiaques.

*de l'influx électrique à la paroi du cœur et par la force/puissance de pompe*<sup>7</sup>. En effet, elles soutiennent la vitesse de contraction des fibres du muscle, leur relaxation et tension. Leurs actions aux résistances périphériques sont exercées par la vasoconstriction active sympathique ou par la vasodilatation passive à travers l'inhibition du sympathique.

## 2.5. Dynamique du relâchement myocardique

Un angle est formé par les têtes de myosine se décollant d'activité ATP-asique pour se lier aux filaments minces. Suite du changement de structure de la molécule de myosine, les têtes et cervicales de myosine fixent leur angulation en articulation et font glisser les filaments minces par la poussée latérale. Le cycle de glissement réduit 1% le sarcomère. Au frottement à glissement, la vitesse de glissement d'actine en fonction de la tête de myosine est  $\overrightarrow{V_{A1/0}}$ . La traction de filament de myosine s'oppose à l'action de  $\overleftarrow{V_{A1/0}}$ . L'actine et la myosine, de part et d'autre de strie Z, s'allongent.

A la contraction myocardique, les filaments minces se glissent à la longueur de filaments épais et s'empiètent à pénétrer plus loin dans la bande A. La poussée latérale passe au centre de gravité G et fait tourner les filaments minces dans la zone H. La force de friction se produit entre la tête de myosine et l'actine lors du contact. A l'instant  $t$ , les filaments d'actine et de myosine en position A se meuvent à la position A' à  $x'$  de 0 pour créer  $t' = t + t$ . Le déplacement de A à A' est  $x = x' - x$  dans une durée de  $t = t' - t$ . A cet effet, la vitesse moyenne de A entre les instants  $t'$  et  $t$  est :

$$\bar{V} = \frac{x' - x}{t' - t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.14)$$

Où en  $m.s^{-1}$  est la vitesse moyenne,  $\Delta x$  en m est la distance parcourue et  $\Delta t$  en s est la durée.

Le départ de friction est une force de friction déterminée par :

---

<sup>7</sup> La conversion du rythme du pacemaker est l'effet chronotrope, la modification de vitesse de transmission de l'influx électrique à la paroi du cœur est l'effet dromotrope et la force/puissance de la pompe est l'effet inotope.

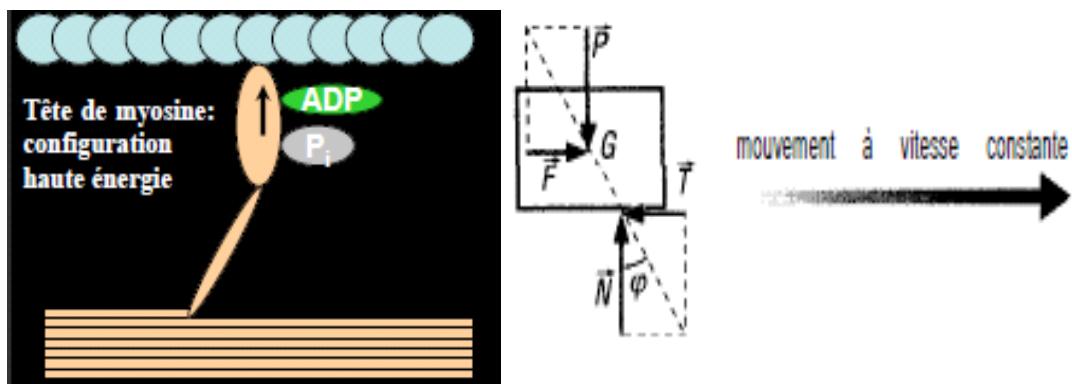
Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

$$\sum F_x = -F_f = m_a \quad (2.15)$$

$$\sum F_y = -m_g + F_N = 0 \quad (2.16)$$

Où  $m_a$  est la masse-accélération et  $m_g$  est la masse-gravitation.



**Figure 6 : Tête de myosine où est la résultante de contact qui s'oppose à  $\vec{P}$**

## 2.6. Dynamique de la contraction myocardique

Pendant le repos, le sarcolemme a la différence de potentiel stable entre sa face interne et sa face externe. Au cours de commande nerveuse, l'acétylcholine bondit aux terminaisons nerveuses pour corriger ce potentiel. Il se diffuse vite au sarcolemme des cardiomyocytes qui se trouvent aux cellules par les tubules T. Puis les canaux calciques voltage-dépendants L du sarcolemme et des tubules T sont ouverts. Et la membrane est perméable au calcium qui se fixe aux récepteurs à la ryanodine RyR2.

Et le calcium dans le réticulum sarcoplasmique s'éjecte en masse pour exciter le processus CICR en se liant à la concentration  $[Ca]_i$  selon le gradient de concentration  $[Ca^{2+}]$  au réticulum sarcoplasmique et au cytosol. Le calcium sortant du cytoplasme se fixe à la troponine C pour soutenir l'accès de tête de myosine dans le site d'actine. La légère rotation de tropomyosine est suffisante pour ôter l'inhibition qu'elle appliquait. Le  $[Ca^{2+}]_i$  suit les mouvements du  $[Na^+]$  lors du potentiel d'action. Le gradient sodé est

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

mis au repos selon l'équilibre de concentration entre  $[Na^+]$  et  $[K^+]$ . Ainsi, la contraction des myosines diffuse de chaleur. Or, l'énergie requise pour réaliser ce phénomène est :



Où Pi est un phosphate inorganique.

Et l'envoi de deux  $[Ca^{2+}]$  et la fixation de deux têtes de myosine à la molécule d'actine utilisent la molécule d'ATP. Donc, les sites de réception de la tête de myosine et d'actine se touchent pour former le complexe ATP-myosine. Et ce complexe produit l'angle  $90^\circ$  avec la tête de myosine et s'ensuit la formation de complexe AM-ADP-Pi. Et le phosphate inorganique quitte ce deuxième complexe et l'angle formé par les têtes de myosine pivotant devient  $50^\circ$ . Alors, ce phénomène excite le glissement du filament de myosine à l'actine. Et la libération d'ADP mène les têtes de myosine à leur position finale  $45^\circ$  et termine le glissement.

## 2.7. Dynamique du couple fin de contraction-raccourcissement

L'ATP divise les ponts actine-myosine et rectifie les têtes de myosine à  $45^\circ$  et  $90^\circ$  avant que l'ATP ne reforme le complexe ATP-myosine [7]. Si la concentration en  $[Ca^{2+}]_i$  s'accroît, de nouveaux cycles jusqu'à 50 secousses musculaires se rapporte à la fréquence du potentiel d'action. Chaque potentiel d'action stimule un cycle où les têtes de myosine sont en asynchrone, étant en va-et-vient. Alors, la contraction de muscle est en secousses consécutives car à tout moment, une partie est en action. Ce mouvement de bascule touche les mêmes têtes de myosine et provoque la continuité de l'opération et de l'efficacité de contraction. Donc, la chute de concentration en  $[Ca^{2+}]_i$  en dessous de normale gène le cycle de glissement des filaments pour revenir à la position repos.

Le relâchement musculaire est la réapparition du calcium aux citernes à quoi le  $[Ca^{2+}]$  s'éjecte de sarcomères. La concentration en  $[Ca^{2+}]_i$  revient à sa valeur normale. Donc, 20% du  $[Ca^{2+}]_i$  sont éjectés de la cellule par les échangeurs  $Na^+/Ca^{2+}$  tandis que 80% sont repris dans le réticulum sarcoplasmique par les pompes à sa membrane.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

En conséquence, la contraction du muscle cardiaque est un mécanisme actif par la réquisition d'ATP et du calcium. Des variations de concentration sont influentes aux intensités de contraction et de raccourcissement. Or, cette variation de contractilité requiert le renouvellement d'ATP pour satisfaire les besoins d'activité physique. Et dès lors, la fréquence cardiaque s'élève après l'excitation sympathique du nœud sinusal. En parallèle, le  $[Ca^{2+}]_i$  disponible pour les protéines contractiles s'évoluent en même sens. Entre les  $[Ca^{2+}]_i$ , vitesse maximale de contraction et tension active, la hausse estime la primauté du calcium sur la vitesse de renouvellement et le nombre des ponts activés.

## **CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES D'EVALUATION PHYSIQUE**

### **3.1. Matériels d'évaluation de la capacité physique**

Lors d'examen physique, la balance Camry de précision  $\pm 5\%$ , la toise en bois graduée à 5 cm de 150 à 200 cm et le mètre ruban métallique gradué ont été employés. On a entamé l'inspection, l'auscultation, la percussion, la prise de pouls et de tension artérielle et la palpation. Trois élèves Professeurs certifiés en EPS ont testé l'effet aigu immédiat et l'effet chronique de tisane d'Aferontany sur leur activité cardiaque.

Le sergent test par la détente verticale et la vitesse gestuelle employé évalue la puissance de leur système anaérobie. Il requiert la planche verticale 350 cm graduée en cm à partir de 150 cm. Pendue au mur, la planche aplatie de 15 cm prévient l'accident. La durée d'exercice ne dépasse 8 s et requiert un chronomètre à 0,01 s.

Le système aérobie apprécie plutôt l'endurance que la puissance pour avoir la vitesse de consommation d'oxygène maximale. On a fait l'épreuve de test de Cooper à partir duquel une piste d'athlétisme de 400 m étalonnée de 50 en 50 m, un sifflet et un chronomètre sont les matériels requis.

L'examen médical axé à la biochimie sanguine analyse la glycémie, la calcémie et la magnésémie. Les matériels sont un Semi-automate Mindray BA 88, une piqûre pour prélever le sang et un tube de prélèvement ayant un anticoagulant de citrate de sodium.

Pendant l'examen de vitesse de sédimentation des hématies et d'hémogramme, la saisie sanguine sollicite un tube vertical de WESTERGREEN en verre, une pipette de mesure et un anticoagulant dans le tube sanguin. Le sérum ou plasma doit suivre la notice technique du fabricant.

L'échographie ou cardiographie ultrasonique est essentiel à l'expérimentation. Or, l'anatomie du cœur à la cage thoracique n'attise pas la technique d'enregistrement car les ultrasons ne diffusent dans l'air et dans le dos. Sa mobilité requiert le mode TM

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

ratifiant l'étude cinétique quantitative des structures cardiaques. La base d'échographie diffuse le faisceau d'ultrasons à recueil de faisceaux réfléchis à la direction incidente. L'émetteur est le cristal de quartz piézo-électrique de fréquence d'émission 2 à 5 MHz. Les ultrasons se reflètent aux interfaces qui séparent les milieux d'indice de réfraction. Mais, le capteur est inclus dans la même sonde que l'émetteur et relié aux enregistreurs par le système transducteur peu complexe. L'enregistrement est en papier à vitesse de déroulement  $25 \text{ mm.s}^{-1}$  où 1 mm vaut 0,04 s. En effet, l'ECG dispose de l'électrode bi et unipolaire. Les électrodes bipolaires présentent les transformations de potentiel entre deux électrodes à la surface corporelle par rapport au plan frontal.

### **3.2. Méthodes d'évaluation de la valeur physique**

Un sportif doit être l'objet d'un examen médical complet avant une pratique de sport. Puis, son aptitude étant reconnue par le médecin, le contrôle des résultats acquis sera ensuite exercé à des mensurations et à des examens périodiques. Pour obtenir un état physique de l'Homme, on estime ses appareils locomoteurs, l'auscultation cardio-pulmonaire, la dentition et le signe de Chvostek. Toutefois, le type normal d'un homme au point de vue corpulence est défini par le segment anthropométrique déterminé par :

$$Q = \frac{P}{T} \quad (3.1)$$

Après, on définit la norme pondérale par :

$$P_n = (T - 100) - \frac{T - 150}{4} \quad (3.2)$$

Puis, on a abordé le profil corporel par :

$$IMC = \frac{P}{T^2} \quad (3.3)$$

Enfin, la dépense physiologique est :

$$IRCa = \frac{(B_1 + B_2) - 2(B - b)}{10} \quad (3.4)$$

Où Q en  $\text{kg.cm}^{-1}$  est le segment anthropométrique, P en kg est le poids de l'individu, T en dm est la taille de l'individu,  $P_n$  en unité est la norme pondérale, IMC en  $\text{kg.m}^{-2}$  est l'indice de masse corporelle, IRCa est l'indice de résistance cardiaque, B,  $B_1$  et  $B_2$  sont le pouls moyen normal, le pouls actif à 20 flexions. $45 \text{ s}^{-1}$ , le pouls stimulé après 1 min de repos et b est un écart de  $B_2$  et B où  $B_2 > B$ .

Les travaux cardiaque et respiratoire se lient par :

$$IE = \frac{(R_1 + R_2) - 2(R - r)}{10} \quad (3.5)$$

Le test de Ruffier-Dickson termine le test d'état physique qui est défini par :

$$IRD = \frac{(B_1 - 70) + 2(B_2 - B_0)}{10} \quad (3.6)$$

Où IE est l'indice d'essoufflement, R est la respiration moyenne. $\text{min}^{-1}$ ,  $R_1$  et  $R_2$  sont les mouvements respiratoires après 20 flexions et respiratoires activés après 1 min de repos, r est l'écart de  $R_2$  et R dont  $R_2 > R$ , IRD est l'indice de Ruffier-Dickson et  $B_0$  est le nombre des pouls au repos.

Pour évaluer la détente verticale et la vitesse gestuelle, on circonscrit une ligne à 30 cm avant la planche. De position profil, les individus posent leurs pointes de pieds sur la ligne et les extrémités de leurs doigts tiennent une craie. Ils étendent leur bras du côté du mur. Leurs talons au sol, ils notent sur la planche l'indice de performance noté « a ». Sans élan, ils sautent le plus haut possible, le bras tendus et tracent une nouvelle performance à la planche. Sur les trois sauts réalisés, seule la hauteur maximale atteinte est notée « b ». En effet, la détente verticale obtenue est :

$$D = b - a \quad (3.7)$$

En conséquence, la capacité anaérobie est :

$$C_{san} = \sqrt{b} \times p \times \sqrt{D} \quad (3.8)$$

L'évaluation est deux fois lors du test d'effet chronique de tisane d'Aferontany sur l'activité cardioélectrique. De mêmes principes mais à durée de plus en plus longue au maximum 80 s est offerte à l'évaluation de puissance anaérobie:

$$P_{ATP-CP} = \frac{V_r}{V_e} \quad (3.9)$$

Où  $C_{san}$  en  $\text{kg.m.s}^{-1}$  est la puissance du système anaérobie,  $P_{ATP-CP}$  en  $\text{m.s}^{-1}$  est la puissance anaérobie,  $V_r$  en  $\text{m.s}^{-1}$  est la vitesse de réalisation de la performance et  $V_e$  en  $\text{m.s}^{-1}$  est la vitesse étalon.

Le processus aérobie permet d'avoir d'efforts de longues durées. Leur intensité est basée à *la puissance et à la capacité*<sup>8</sup>. Dans ce cas, on supplie les individus à courir durant 12 min pour déterminer leur consommation d'oxygène maximale par :

$$CA = \frac{t \times 100}{2(B + B_1 + B_2 + B_3)} \quad (3.10)$$

Où CA est la condition athlétique, B,  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$  sont respectivement les pouls des individus assis, 1 à 1 min 30 s après, 2 à 2 min 30 s après et puis 3 à 3 min 30 s et  $VO_2$  max est la consommation maximale d'oxygène.

A vitesse régulière et autoriser à marcher, les individus sont invités à effectuer la plus grande distance possible. Pendant le test, on annonçait la durée de course toute

<sup>8</sup> La puissance est la consommation maximale d'oxygène et la capacité est le niveau d'entraînement.

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

les 30 s pour les 4 premières min, toutes les min pour les 4 min qui suivent et plus rien pour le tiers temps restant pour réguler leur vitesse. L'épreuve est faite une seule fois.

### **3.3. Méthodes d'analyse sanguine**

La glycémie est la concentration de glucose du plasma sanguin capillaire qui est prélevé dans les veines. Alors que la calcémie et la magnésémie sont contenus dans le sang veineux prélevé au pli du coude. La calcémie est la mesure du taux plasmatique du calcium. Les individus doivent indiquer leurs éventuels traitements en cours.

L'examen de vitesse de sédimentation des hématies use les mêmes méthodes. Il apprécie la phase liquide du plasma formé des érythrocytes, leucocytes et plaquettes pendues et sédimentant au repos. 1,6 mL d'échantillon de sang dans un tube à 0,4 mL d'anticoagulation de citrate de sodium à 3,8 % au laboratoire est requis. Les individus sont à jeun. L'analyse du sang incoagulable dans le WESTERGREEN en verre durait deux heures. La longueur et le diamètre de pipette de mesure sont constants. Après une heure, on prenait le résultat en mm de la vitesse de sédimentation des hématies fixant à la teneur du sang en protéines d'inflammation. Et néanmoins, sa mesure aux 2<sup>e</sup> et 24<sup>e</sup> heures a peu d'informations par rapport à la seule mesure à la première heure.

Enfin, l'hémogramme a requis l'échantillon de sang prélevé à l'aiguille insérée à la veine du pli du coude. On le met dans le WESTERGREEN à tube de sang ayant un anticoagulant. Les individus ne sont pas forcément à jeun et pas de précaution stricte à observer. Le sérum ou plasma suit toujours la notice technique du fabricant du réactif.

### **3.4. Méthodes et principes de dosage plasmatique des transaminases**

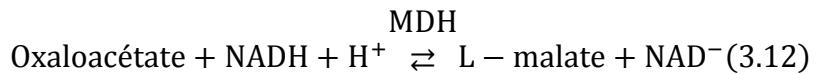
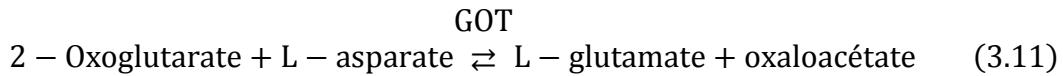
On a prélevé 2 mL de sang veineux au bras de chaque individu, les a mis dans un tube hémolysé, hépariné et centrifugé à 500 RPM durant 5 min. On sépare le sérum ou plasma du matériel cellulaire 4 h après prélèvement. La température ambiante est de 25° C. On utilise deux méthodes différentes.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

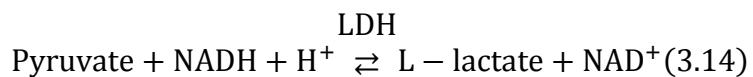
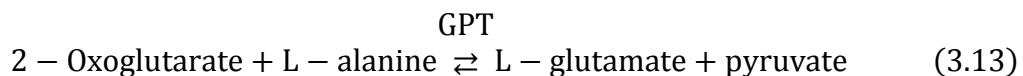
Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

La méthode cinétique liquiUV ASAT interdit l'hémolyse. Les tampons/réactifs des enzymes sont les TRIS à pH 7,8 de 100 mmol.L<sup>-1</sup>, L-aspartate 300 mmol.L<sup>-1</sup>, LDH 0,9 kU.L<sup>-1</sup> et MDH 0,6 kU.L<sup>-1</sup>. Les substrats 2-Oxoglutarate de 60 mmol.L<sup>-1</sup> et NADH de 0,9 mmol.L<sup>-1</sup> vont sollicités les principes :



Cette méthode n'est pas activée par le pyridoxal-phosphate.

La méthode cinétique liquiUV ALAT utilisait le tampon/réactif enzymatique TRIS à pH 7,5 de 150 mmol.L<sup>-1</sup>, L-alanine de 750 mmol.L<sup>-1</sup> et LDH 1,2 kU.L<sup>-1</sup>. Et les substrats 2-Oxoglutarate à 90 mmol.L<sup>-1</sup> et NADH à 0,9 mmol.L<sup>-1</sup> impliquent :



Les quatre réactifs 12211, 120011, 12021 et 120031 sont utilisés à la méthode ASAT et les quatre réactifs 12212, 12012, 12022 et 12032 à la méthode ALAT. Or, les références 12031, 12021, 12032 et 12022 requièrent un mélange de flacon de substrat au flacon de réactif enzymatique. Les deux références 12211 et 12212 demandent une entrée de flacon de substrat 1 mL pipeter au flacon de réactif enzymatique. Et les deux références 12011 et 12012 ont besoin 2 mL pipeter du flacon de substrat dans un flacon de réactif enzymatique et emmêlé.

**Tableau 1: Réactifs utilisés lors du test.**

Référence	12211/12212	12011/12012	12021/12022	12031/12032
Tampon en mL	16 x 4	10 x 8	8 x 40	4 x 200
Substrat en mL	1 x 16	2 x 10	8 x 10	4 x 50

La stabilité du réactif de travail dure quatre semaines pour la température 2° à 8° C et cinq jours pour la température 15° à 25° C pour les deux méthodes. Et pendant l'analyse, la longueur d'onde est Hg 365 nm, Hg 340 nm ou Hg 334 nm, l'épaisseur de la cuve est 1 cm, la température est 25° C, 30° C ou 37° C et la lecture est contre l'air. On ramène les réactifs et les cuves à la température constante à 0,5° C.

**Tableau 2: Procédures du test.**

Pipeter dans des cuves en ° C	25° C et 30° C	37° C
Echantillon en µL	200	100
Solution de travail en µL	1000	1000

On les ingère, lit l'absorbance après 1 min, déclenche le chronomètre puis relit après 1, 2 et 3 min. Aux diminutions d'absorbance, les différences des deux premières min sont à retenir. On incube 1 min puis on mesure après 2 min.

Si  $A \cdot \text{min}^{-1}$  est valeur référentielle, on décompose 0,1 mL d'échantillon dans 0,9 mL de sérum physiologique. On refait la détermination en multipliant par 10 le résultat. Or, le taux d'ALAT est estimé à la méthode spectrale et les taux de créatinine et de GGT à la méthode colorimétrique.

**Tableau 3: Valeurs de références du test.**

Longueur d'onde en nm	A en min <sup>-1</sup>	25° C et 30° C en U.L <sup>-1</sup>	37° C en U.L <sup>-1</sup>
<b>Hg 365</b>	0,080	170	380
<b>Hg 334/340</b>	0,160	190	350

Les mesures sont faites par spectromètre BA 88 MINDRAY où la présentation de cette méthode est :

**Tableau 4 : Présentation de la méthode cinétique liquiV et Test ALAT.**

Référence	Etat en mL	Observation
12211 et 12212	16 x 5	Kit M – test complet
12011 et 12012	10 x 10	Kit complet
12021 et 12022	8 x 50	Kit complet
13031 et 13032	4 x 250	Kit complet

### **3.5. Méthodes et principes du dosage plasmatique de créatinine**

Les réactifs utilisés sont dans le tableau ci-dessous :

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 5 : Réactifs utilisés**

Réactif	Concentration
Hydroxyde de sodium 2 x 100 mL	160 mmol.L <sup>-1</sup>
Acide picrique 1 x 50 mL	13,9 mmol.L <sup>-1</sup>
Standard créatinine 1 x 5 mL	2 mg.dL <sup>-1</sup> ou 176,8 µmol.L <sup>-1</sup>

Le principe à tenir est :



Le test cinétique à créatinine estime la dose plasmatique de créatinine à partir de la méthode colorimétrique photométrique. L'hémolyse est récusée car la stabilité est de 24 h pour 2° à 8° C. On introduit l'hydroxyde de sodium dans l'acide picrique avec les proportions 4 + 1 à but d'avoir le standard prêt à utiliser. Maintenus 15° à 25° C, ils sont stables jusqu'à la durée de péremption de quatre semaines, loin de lumière, même après son ouverture.

Pendant l'opération, la longueur d'onde est Hg 492 nm, l'épaisseur de la cuve est 1 cm, la température est 37° C et la lecture est à contre l'air. On place les réactifs et les cuves à la température constante 0,5° C. Le standard 100 µL et la solution de travail 1000 µL sont introduits dans les tubes semi-micro. Pourtant, il faut qu'ils soient surtout 200 µL et 2000 µL. On lance le chronomètre, après 30 s, on lit l'absorbance A<sub>1</sub> et l'absorbance A<sub>2</sub> après 2 min. Si pour l'échantillon et le standard, les concentrations sont évaluées [8] par :

$$C_s = 2,0 \times \frac{\Delta A_s}{\Delta A_{std}} \quad (3.16)$$

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

$$C_p = 176,8 \times \frac{\Delta A_p}{\Delta A_{std}} \quad (3.17)$$

$$C_u = 100 \times \frac{\Delta A_u}{\Delta A_{std}} \quad (3.18)$$

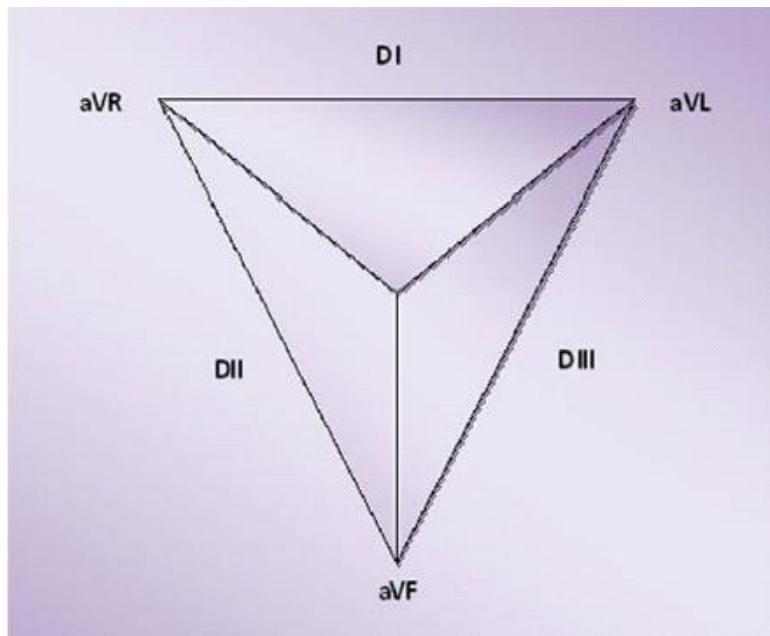
Où  $C_s$ ,  $C_p$  et  $C_u$  sont respectivement la concentration sanguine en  $\text{mg.dL}^{-1}$ , plasmatique en  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  et urinaire en  $\text{mg.dL}^{-1}$ .

### 3.6. Mesure d'ECG

L'ECG apprécie en temps réel l'activité électrique cardiaque par des électrodes uni et bipolaires. On les place entre les bras droit et bras gauche à la dérivation I entre le bras droit et la jambe gauche à la dérivation II puis entre le bras gauche et la jambe gauche à la dérivation III. La ligne théorique ou de dérivation lie deux électrodes. Trois lignes de dérivation forment les côtés du triangle d'Einthoven auquel le centre est tenu par le cœur.

Le tracé d'amplitude similaire aux dérivations est acquis par l'augmentation de « augmented Voltage Right arm » à l'intervalle du bras droit et de la borne centrale, de « augmented Voltage Left arm » entre le bras gauche et la borne centrale et de augmented Voltage Foot entre la jambe gauche et la borne centrale. Cette ligne des dérivations suit le sommet et le centre du triangle. Or, les dérivations précordiales sont l'activité selon le plan quasi horizontal. Leur position doit être précise pour pouvoir comparer les ECG successifs.

Avant l'enregistrement d'ECG, les individus s'allongent et s'allègent pour que les interférences pouvant venir des muscles squelettiques se dépérissent. Avant de fixer les électrodes, on les invite à raser les poils en excès pour que le contact électrique soit efficace. Les électrodes étant correctement établies, la vitesse de déroulement du papier est de  $25 \text{ mm.s}^{-1}$  soit 1 mm pour 0,04 s. L'étalonnage est de 10 mm pour 1 mV et le papier d'impression d'ECG est aux petits carreaux de 1 mm de côté.



**Figure 7: Triangle d'Einthoven.**

Le test d'effet aigu immédiat de la tisane d'Aferontany est fait une seule fois. On invite les individus à se reposer 30 min avant la mesure d'ECG témoin. Ils buvaient 100 mL de tisane, se relaxaient 1 h et réalisaient une deuxième mesure de l'ECG.

Au test d'effet chronique, les individus buvaient la même quantité tout le jour à 6 h durant dix jours. L'ECG mesuré au début de l'expérimentation était le témoin des effets recherchés. Les conditions expérimentales des effets sont similaires. Pourtant, les individus doivent effectuer des efforts physiques selon les besoins de l'expérience pour avoir l'effet chronique. L'intensité des exercices physiques est, cependant, variante.

## **CHAPITRE 4 : METHODES D'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE GAMMA**

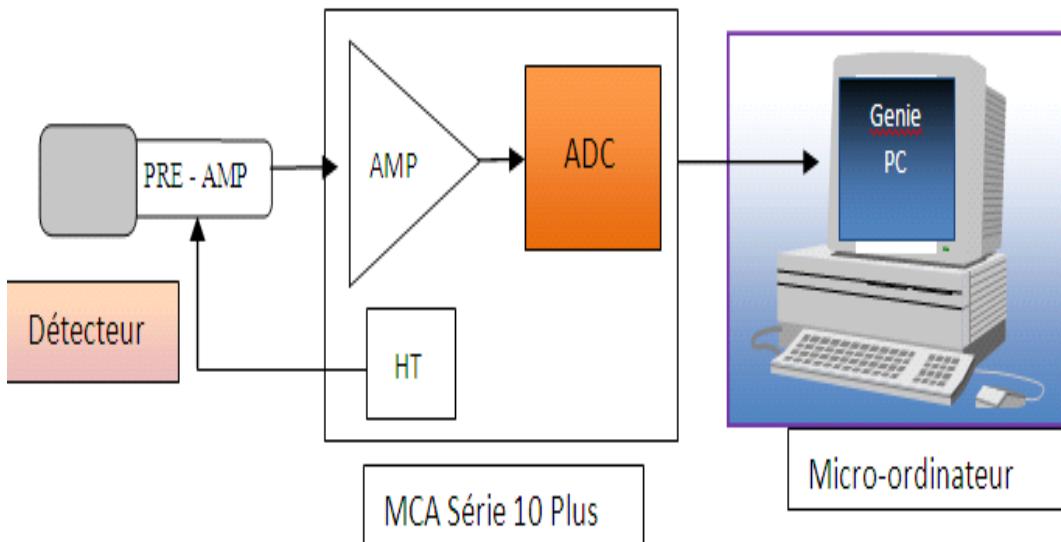
### **4.1. Chaîne de détection par spectrométrie gamma**

Le spectromètre gamma évalue l'énergie des photons gamma diffusé et calcule leur nombre pendant une durée bien déterminée. On peut caractériser les radioéléments d'un échantillon et d'en déterminer leur activité. Dans ce cas, la spectrométrie gamma est la technique non destructive de mesure nucléaire. Elle identifie et quantifie tous les éléments radioactifs par la mesure d'énergie et les rayonnements gamma diffusés par le radionucléide. Le flux de photons gamma diffusé par le radionucléide interagit pour le but de déposer l'intégralité ou une partie de son énergie dans le cristal de détection.

Cette mesure dans une durée bien déterminée permet de construire un spectre, donnant le nombre de photons détectés en fonction de leur énergie. L'identification est possible car les noyaux atomiques se construisent en niveaux d'énergie. De la sorte, les niveaux d'énergie sont caractéristiques de chaque radio-émetteur gamma. Alors que les raies d'émission se matérialisent sous forme de pics dans le spectre.

Le rayonnement de radioélément est soit d'émission alpha, bêta, X ou gamma. Le rayonnement gamma suit en général l'émission alpha ou bêta, résulte du noyau de l'atome et correspond à la désexcitation de ce dernier. Après la désintégration alpha ou bêta, le nouveau noyau n'est pas régulièrement en état d'équilibre énergétique. Dans ce cas, on a trop plein d'énergie ou d'excitation. Pour débarrasser l'excédent, il place un ou des rayonnements gamma d'énergie caractéristique du noyau. Donc, le rayonnement gamma est plus énergétique que le rayonnement de la lumière. Enfin, le photon est la particule associée à ce rayonnement.

La chaîne de spectrométrie gamma permet d'apprécier la qualité et la quantité des activités des radionucléides émetteurs gamma. Elle est formée d'un détecteur, d'un préamplificateur, d'un analyseur multicanaux ou MCA et d'un logiciel Gamma Vision.



**Figure 8 : Chaîne spectrométrie gamma où PRE-AMP est le préamplificateur, MCA est l'analyseur multicanaux, ADC est le convertisseur analogique digital, HT est le générateur à haute tension et AMP est l'amplificateur.**

Le préamplificateur directement relié au détecteur Germanium à haute pureté intercepte le signal électrique à la sortie du détecteur. Il épure le bruit électronique puis produit un signal en forme d'impulsion électrique dont l'amplitude est proportionnelle à la charge totale accumulée.

L'analyseur multicanaux recèle le générateur de haute tension, l'amplificateur et le convertisseur analogique digital. Le générateur polarise les armatures du détecteur pour qu'il soit apte de collecter des charges créées par l'interaction des photons gamma avec le cristal du détecteur. Puis, l'amplificateur amplifie le signal électrique sortant du préamplificateur. L'amplificateur adapte son amplitude de telle sorte que sa hauteur soit dans la gamme de tension 0 - 10 V testable par l'analyseur multicanaux. Il modifie le signal sorti pour obtenir une forme gaussienne dont l'amplitude est proportionnelle à l'énergie déposée par le photon incident. Le convertisseur analogique digital convertit les signaux analogiques en valeur numérique binaire traitable par le microprocesseur. Il place les énergies des photons E sur les canaux de l'analyseur multicanaux en fonction de leurs longueurs d'onde pour obtenir un spectre. Le convertisseur analogique digital peut être réglé par le gain de conversion qui correspond au nombre de canaux.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Le logiciel Gamma Vision règle la chaîne de spectrométrie gamma. Il manie les paramètres de la chaîne, stocke et traite le spectre obtenu par l'électronique liée à la chaîne de mesure qui gère les informations. Les rayonnements étant imperceptibles, on fait recourt à un organe intermédiaire qui va les modifier en une tension électrique pour assurer leur détection. Cette tension électrique est aussitôt exploitable par l'électronique liée à la chaîne de mesure.

Si le photon gamma entre dans le détecteur, soit il passe sans être détecté, soit l'interaction du photon aux atomes qui forme le cristal de germanium rend la détection possible. Elle repose sur les effets créés par le rayonnement gamma avec la matière. Et les pics ou raies dans le spectre correspondent à l'effet photoélectrique.

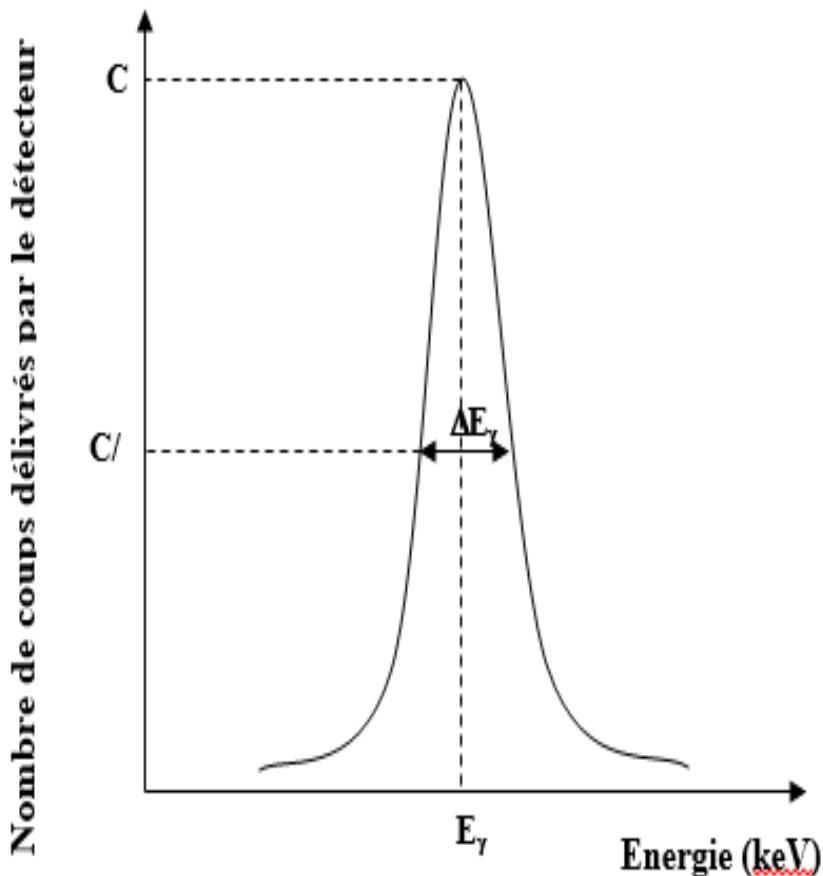
#### **4.2. Principe de détection des radionucléides**

Le principe de détection introduit les photons gamma émis par le radionucléide à la zone sensible du détecteur. Le flux de ces photons gamma en interaction provoque une ionisation et donne des porteurs de charge à la surface active du détecteur. Donc, le nombre de pairs négatons trous est immédiatement proportionnel à l'énergie du photon incident arrivant dans le détecteur.

La résolution en énergie de la chaîne de détection est acquise par l'usage d'une source ponctuelle de Co-60 placée à 25 cm au-dessus du détecteur dont l'énergie du pic d'absorption totale est de 1332,5 keV. Elle est définie par :

$$R = 100 \times \frac{\Delta E}{E_\gamma} \quad (4.1)$$

Où R en % est la résolution en énergie du détecteur,  $E_\gamma = 1332,5$  keV est l'énergie du pic d'absorption totale et  $\Delta E$  en keV est la largeur à mi-hauteur.



**Figure 9 : Pic d'absorption total.**

#### 4.3. Etalonnage de la chaîne de détection

Pour étalonner en énergie la chaîne, la fonction de détermination est :

$$E = a * \text{Canal} + b \quad (4.2)$$

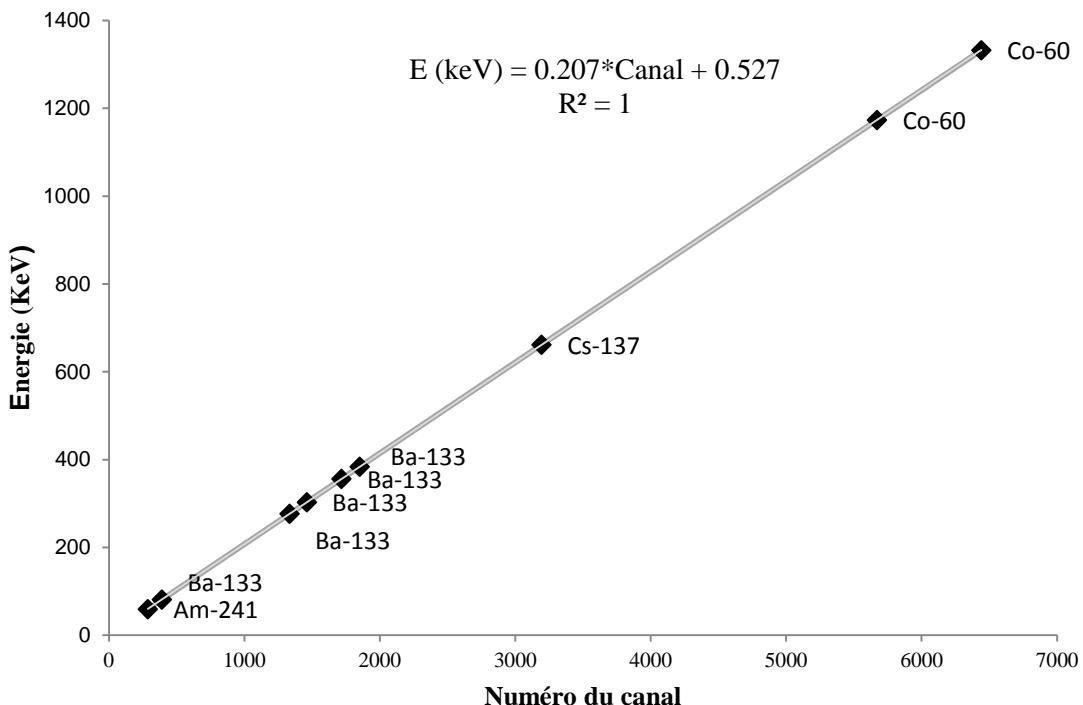
Où E en KeV est l'énergie et a et b constants fixent l'énergie de radionucléide.

Les matériaux de référence RGU-1 à 1428,5 g, RGTh-1 à 1350,4 g, RGK-1 à 1143 g et AIEA-Sol-375 à 1290,8 g définissent les deux constants. Le coefficient  $R^2 = 1$  définit la bonne corrélation entre les numéros de canal et les énergies.

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

L'écart relatif des énergies calculées et mesurées est moins 1%.



**Figure 10 : Courbe d'étalonnage en énergie.**

L'évaluation d'efficacité du détecteur requiert les mêmes énergies précédentes. Si la valeur mesurée est entre un intervalle de confiance de la valeur certifiée, la chaîne est fiable. Ainsi, la fonction de l'énergie est :

$$\ln(\varepsilon) = -0.027630 * (\ln E)^5 + 0.744496 * (\ln E)^4 - 7.775862 * (\ln E)^3 + 38.840337 * (\ln E)^2 - 91.44 \\ 9972 * \ln E + 75.276410 \quad (4.3)$$

L'étalonnage en efficacité définit le rendement du détecteur et déterminé par :

$$\varepsilon = \frac{S}{A \times P_\gamma \times t_c} \quad (4.4)$$

Où  $\varepsilon$  sont les constantes d'étalonnage en efficacité, A en Bq est l'activité corrigée dans la décroissance et  $P_\gamma$  est la probabilité de diffusion gamma.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

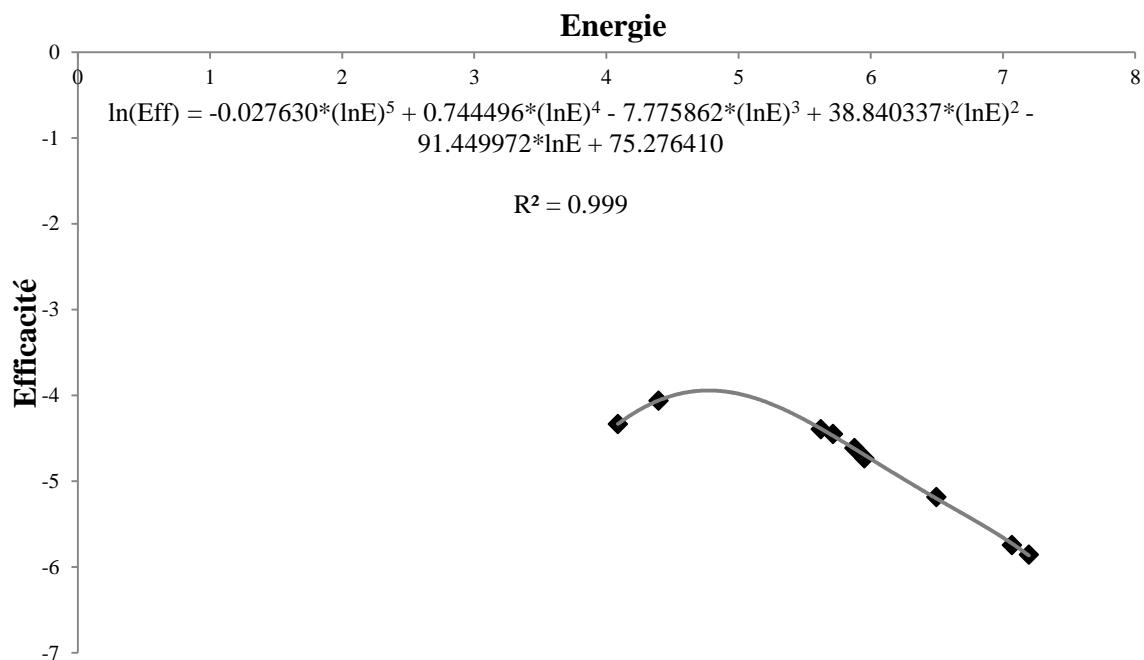
Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 6: Efficacité du détecteur et leur écart relatif.**

Radionucléide	Energie en keV	Numéro canal	Intensité en %	Efficacité		Ecart relatif en %
				Calculée	Mesurée	
Am-241	59,54	287	35,90	0,013156	0,013143	0,1
Ba-133	80,99	391	34,10	0,017243	0,017263	-0,1
Ba-133	246,40	1334	07,16	0,012399	0,012421	-0,2
Ba-133	302,85	1461	18,33	0,011708	0,011440	2,3
Ba-133	356,01	1718	62,05	0,009929	0,009832	1,0
Ba-133	383,85	1852	08,94	0,008820	0,009151	-3,8
Cs-137	661,66	3195	85,10	0,005624	0,005506	2,1
Co-60	1173,24	5671	99,97	0,003206	0,003252	-1,5
Co-30	1332,50	6442	99,99	0,002869	0,002826	1,5

Le coefficient  $R^2 = 0.999$  détermine la bonne corrélation des numéros du canal et des énergies. Le nombre de coup à chaque région d'intérêt est supérieur à  $10^4$  tandis que l'incertitude de mesure moins 1% est l'efficacité relative de 15%. La largeur à mi-hauteur du pic 1,8 keV est la résolution 0,1%. Dans ce cas, (4.2) trie les radionucléides par la table de raies gamma, sachant leurs énergies.

L'énergie du pic de spectre détermine le radionucléide où la bonne précision de mesure discerne les pics.



**Figure 11 : Courbe d'étalonnage en efficacité.**

#### 4.4. Echantillonnage

On a récolté les feuilles d'Aferontany le matin, ensoleillé, sec et sans rosée car elle stocke en partie ses propriétés dans l'ombre hors de portée du soleil. On les coupe avec un couteau. Dix sites de collecte aux surfaces non dérangées sont choisis. Chaque échantillon est lavé à l'eau froide de robinet, rincé à l'eau bi distillée et déposé dans un lieu ombreux et bien ventilé avant de le mettre dans une étuve pendant 48 h pour être séché à 80° C. Enfin, le taux d'humidité se détermine par :

$$\tau_s = \frac{m_h - m_s}{m_h} \times 100 \quad (4.5)$$

Où  $\tau_s$  en % est le taux d'humidité,  $m_s$  et  $m_h$  sont les masses sèche et humide.

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

A sec, il est broyé au mortier pilon. Les poudres qui en résultent sont tamisées et mises à la porte-échantillon Marinelli 1 L clos avant l'analyse.

**Tableau 7: Sites de prélèvements avec leurs dates respectives.**

Date	Localité	District	Quantité en g	Etat
04.12.2015	Anjiamangirana I	Antsohihy	150	Humide
18.02.2016	Soamahavory	Atsimondrano	150	Humide
18.02.2016	Tanjombato	Atsimondrano	150	Humide
20.02.2016	Vinaninony Sud	Faratsihio	150	Humide
22.03.2016	Anivorano Est	Brickaville	150	Humide
03.04.2016	Anivorano Nord	Antsiranana II	150	Humide
03.04.2016	Marotaolana	Antsiranana II	150	Humide
03.04.2016	Mangaoko	Antsiranana II	150	Humide
19.04.2016	Marofarihy	Manakara	150	Humide
19.04.2016	Mizilo	Manakara	150	Humide

Les principes actifs de ses racines résistent à l'extraction. D'où, la cueillette de sa partie aérienne de 5 cm au-dessus de la surface du sol baisse au minimum l'infection radioactive du sol.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

#### 4.5. Activité du potassium

L'activité du potassium est déterminée par :

$$A = \frac{S}{\varepsilon \times P_\gamma \times t_c} \quad (4.6)$$

Sa constante de désintégration est :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad (4.7)$$

Où A en  $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  est l'activité du potassium,  $\varepsilon$  est l'efficacité de l'énergie 1460,8 keV,  $t_c$  en s est le temps de comptage,  $P_\gamma$  est la probabilité d'émission gamma, S est l'aire nette du pic et T = 1,227.10<sup>9</sup> ans est la période du potassium-40.

Le nombre des atomes dans 1 g de potassium naturel est :

$$N_{gK} = \frac{N_{AV}}{m(^{40}_{19}K)} \quad (4.8)$$

Où  $N_{gK}$  est le nombre d'atomes dans 1 g de potassium naturel,  $N_{AV}$  égale à  $6,022 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup> est le nombre d'Avogadro et  $m(^{40}_{19}K)$  est la masse du potassium-40.

Dans ce cas, le nombre des atomes dans 1 g de potassium-40 radioactif est :

$$N_{g(^{40}_{19}K)} = N_{gK} \times 0,0117 \cdot 10^{-2} \quad (4.9)$$

Si une désintégration.s<sup>-1</sup> vaut 1 Bq, l'activité de 1 g de potassium-40 radioactif dans le corps d'un individu est :

$$A_{g(^{40}_{19}K)} = \lambda \times N_{g(^{40}_{19}K)} \quad (4.10)$$

Où  $A_{g(^{40}_{19}K)}$  en  $\text{Bq} \cdot \text{s}^{-1}$  est l'activité de 1 g de potassium-40 radioactif.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excités par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Or, la masse du potassium-40 dans le corps de l'homme est :

$$m({}_{19}^{40}K) = (P \times K_c) \times 0,0117 \cdot 10^{-2} \quad (4.11)$$

Où  $m({}_{19}^{40}K)$  en g est la masse du potassium-40 dans le corps de l'homme, P en kg est le poids de l'homme et  $K_c$  est 2 g potassium.kg<sup>-1</sup> de masse corporelle.

L'activité de cette masse est :

$$A_{m({}_{19}^{40}K)} = m({}_{19}^{40}K) \times A_{g({}_{19}^{40}K)} \quad (4.12)$$

Où  $A_{m({}_{19}^{40}K)}$  est l'activité de masse du potassium-40 radioactif dans le corps humain.

La valeur totale de potassium dont un individu reçoit dans son corps est [9] :

$$KCTH = (98,3 - 0,1594 \times a + 0,1431 \times p - 0,1848 \times h) \times MNG \quad (4.13)$$

$$KCTF = (94,3 - 0,1735 \times a + 0,1169 \times p - 0,1567 \times h) \times MNG \quad (4.14)$$

Où KCT en mmol est la concentration totale de potassium reçue par un individu, H ou F est un homme ou une femme, a en unité révolue est l'âge de l'individu, p en kg est le poids de l'individu, h en cm est la taille de l'individu et MNG équivalant à  $\frac{4}{5}$  du poids corporel total et en kg est la masse non grasse de l'individu.

La contraction du muscle cardiaque provoquée par 1 mmol est :

$$C_{mmol} = \frac{N_A}{1000} \times \frac{\ln 2}{\frac{t_1}{2} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} \quad (4.15)$$

Où  $C_{mmol}$  est la contraction myocardique excitée par 1 mmol.

Donc, l'activité du potassium-40 radioactif qui excite le muscle cardiaque est :

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

$$A_{(40\text{K})C} = KCT \times 0,0117 \cdot 10^{-2} \times C_{\text{mmol}} \quad (4.16)$$

Où  $A_{(40\text{K})C}$  en  $\text{Bq.s}^{-1}$  est l'activité du potassium-40 excitant le muscle cardiaque.

L'énergie moyenne des électrons diffusée à la désintégration bêta moins est :

$$\bar{E} = P_{\beta^-} \times \bar{E}_{\beta^-} \times q_{\beta^-} + P_{CE} \times \bar{E}_{CE} \times q_{CE} \quad (4.17)$$

Où  $P_{\beta^-}$  et  $\bar{E}_{\beta^-}$  sont la probabilité de désintégration bêta moins et l'énergie moyenne de désintégration bêta moins et  $\bar{E}_{CE}$  et  $P_{CE}$  sont l'énergie moyenne à capture électronique et la probabilité de capture électronique.

#### 4.6. Méthodes de détermination du taux de transfert du potassium-40

La tisane d'Aferontany décocée est ingérée par l'individu par voie orale. Et la teneur brut du potassium qui le constitue est un moyen de calculer son taux transféré à la décoction. Pendant sa préparation, on le fait bouillir à l'eau bi distillée de 100 mL à durée fluctuée de 5, 10, 15 et 20 min et à température constante. Le taux de transfert du potassium d'Aferontany à sa tisane en décoction est :

$$T_K(X) = \frac{V_e \times C_K(X)}{C_K^0 \times m} \times 100 \quad (4.18)$$

Où  $T_K(X)$  en % est le taux de transfert à la décoction,  $C_K^0$  en  $\mu\text{g.g}^{-1}$  est la concentration du potassium d'Aferontany initial,  $m$  en g est sa masse,  $V_e$  en mL est le volume d'eau,  $C_K(X)$  en  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  est la concentration du potassium à la décoction et  $X$  en g ou  $^{\circ}\text{C}$  ou min est la masse ou température ou durée.

L'incertitude est :

$$\sigma_{tK} = t_K(X) \left[ \left( \frac{\sigma_K}{C_K(X)} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{K0}}{C_K^0} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_e}{V_e} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_m}{m} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.19)$$

La différence du taux de transfert est :

$$\tau_d = \tau_{\max} - \tau_{\min} \quad (4.20)$$

Dans ce cas, l'écart relatif est déterminé par :

$$\tau_{dr} = \frac{\tau_d}{\tau_{\min}} \times 100 \quad (4.21)$$

Où  $\sigma_{tr}$ ,  $\sigma_{K0}$ ,  $\sigma_e$  et  $\sigma_m$  est l'écart-type du taux de transfert décocté, de concentration du potassium initial, de concentration décoctée du potassium, du volume d'eau, de masse,  $\tau_{dr}$  en % est l'écart relatif,  $\tau_{\max}$  et  $\tau_{\min}$  sont les taux maximum et minimum.

## CHAPITRE 5 : RESULTATS D'EVALUATION D'APTITUDE PHYSIQUE

### 5.1. Caractéristiques constitutionnelles des individus

A l'âge rapproché, les poids, taille et pulsations des individus se dispersent. Si  $3,8 \leq Q \leq 4$  [10], seul l'individu 3 a un segment anthropométrique Q normal. Puis, leur norme pondérale ne reflète pas leur poids réel. Pourtant, leur profil corporel est normal selon  $18,5 \leq IMC < 25$ . Enfin, leur morphologie n'est adaptée à la pratique sportive.

**Tableau 8 : Caractéristiques des individus.**

Paramètres	Individu 1	Individu 2	Individu 3
<b>Sexe</b>	Féminin	Masculin	Masculin
<b>Age</b> en année révolue	21	22	21
<b>Poids</b> en kg	69	67	65
<b>Taille</b> en cm	171	180	167
<b>Pouls</b> en $\text{min}^{-1}$	85	74	74
<b>Q</b> en $\text{kg.cm}^{-1}$	3,72	4,03	3,89
<b>Norme pondérale</b> en kg	65,75	72,50	62,75
<b>IMC</b> en $\text{kg.m}^{-2}$	23,59	20,67	23,30

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## 5.2. Résultats de la biochimie sanguine

Les individus n'ont jamais été hospitalisés ou consulté médicalement pour une raison reliée à la pratique sportive. L'individu 1 a des caries dentaires, la dentition de l'individu 2 est saine et l'individu 3 présente des dents manquantes. L'examen clinique évalue le sang et le liquide intermédiaire dans les milieux intérieur et extérieur. Le sang déplace les nutriments, les déchets et les gaz dissous. Son volume corporel moyen 5 à 6 L change avec la taille et l'état d'entraînement. Il est plus grand quand l'individu est grand et entraîné [11] et DOUTRELOUX J.P, 1998. Pendant l'exercice physique, il régule la température par les basculements liquidiens des territoires corporels au repos. Ce phénomène se dirige vers la peau et diffuse de la chaleur à l'organisme entier. Les résultats d'analyse biochimique sanguine sont :

***Tableau 9 : Concentration glycémique, calcémique et magnésique des individus.***

Paramètre	Individu 1	Individu 2	Individu 3
Concentration glycémique en mmol.L <sup>-1</sup>	4,34	5,01	3,98
Concentration de la calcémie en mmol.L <sup>-1</sup>	1,97	2,42	2,13
Concentration de la magnésémie en mmol.L <sup>-1</sup>	0,93	0,81	0,77

La glycémie est la quantité de glucose sanguin. Pourtant le glucose est le substrat énergétique principal de l'organisme. Il est utilisable rapidement et une partie du glucose sanguin se change en glycogène et donne la réserve de glucose stocké dans le foie. Il est mobilisable pour balancer la glycémie trop basse.

La glycémie des trois individus est normale selon les valeurs de référence 3,88 à 6,10 mmol.L<sup>-1</sup>. Et la variation constatée dérive des apports et des dépenses corporelles.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Les valeurs référentielles 2,02 à 2,60 mmol.L<sup>-1</sup> de calcémie attribuent à la fille l'hypocalcémie. Pour tester son hypocalcémie, le médecin a « cogné » son nerf facial entre l'œil et la lèvre par le marteau à reflexes. D'où, sa lèvre supérieure homolatérale se contractait pour justifier la réponse labiale pure à la calcémie normale. Dans ce cas, on a un signe de Chvostek + ou hyperexcitabilité neuromusculaire. Cependant, l'état de dentition et le signe de Chvostek + sont l'apparence d'hypocalcémie et de polycarence protéique et vitaminique. Pourtant, le signe de Chvostek + n'est constant et elle n'a pas de préjudice à la pratique sportive.

Le magnésium est un cation intracellulaire important après le potassium où 1% seulement est extracellulaire. La magnésémie ne crée pas les réserves en magnésium et balance les ions membranaires, lie les protéines et les acides nucléïdes. Elle provoque le neuromusculaire [12] [13] où sa réabsorption résulte du gradient électrique déduit de réabsorption du chlorure de sodium. Par le cotransporteur apical, le Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-2Cl<sup>-</sup> entre dans la cellule quand le [K<sup>+</sup>] ressort de la cellule par le potassique apical. Les canaux à sortie du potassium et du chlore tirent le potentiel au passage para cellulaire de calcium et de magnésium [14]. Donc, la concentration de magnésémie des individus ne présente pas de pathologie d'hypo/hypermagnésémie car la référence est 0,75 à 0,95 mmol.L<sup>-1</sup>.

### 5.3. Vitesse de sédimentation des hématies, d'hémogramme et NFS

La vitesse de sédimentation des hématies est plus élevée chez la fille que chez les hommes et s'élève si l'âge avance. Sa valeur normale est moins de 15 mm.h<sup>-1</sup> chez l'homme et 20 mm.h<sup>-1</sup> chez la femme. En conséquence, les trois individus présentent la vitesse de sédimentation des hématies normale.

La formule sanguine arrangée à la numération sanguine détermine les éléments cellulaires du sang en fonction de leur morphologie, l'homogénéité des érythrocytes et les plaquettes. On apprécie le rapport des catégories des leucocytes simplifié en valeur absolue par les polynucléaires, lymphocytes et monocytes. Alors, les cellules de moelle osseuse sont enlevées du sang circulant. Pendant l'évaluation de leucocytes, on voit des allergies, des infections et des immunitaires.

**Tableau 10 : Résultats d'analyse de vitesse de sédimentation des hématies et NFS.**

Paramètre	Individu 1	Individu 2	Individu 3
Vitesse de sédimentation des hématies en mm.h <sup>-1</sup>	13	11	10
NFS	Individu 1	Individu 2	Individu 3
Hémoglobine en %	14	15	13
Hématocrite en %	42	47	51
Leucocytes en mm <sup>3</sup>	6950	8224	5017
Lymphocytes en %	33	29	25
Monocytes en %	02	04	05
Polynucléaires neutrophiles en %	65	58	55
Polynucléaires éosinophiles en %	2,24	3,08	2,18
Polynucléaires basophiles en %	00	0,78	0,82

Les individus présentent une valeur d'hémoglobine normale de 13 à 17 % pour l'homme et de 11,5 à 15 % chez la femme. Ils ont l'hématocrite normal entre 40 à 54% pour l'homme et 37 à 47% chez la femme. Leurs leucocytes sont normaux étant entre 4000 à 10000 mm<sup>3</sup>.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

***Tableau 11 : Valeurs leucocytaires normales.***

<b>Paramètres</b>	<b>Valeur adulte en %</b>	<b>Valeur absolue en mm<sup>3</sup></b>
Lymphocytes	20 - 40	1000 - 4000
Monocytes	02 - 10	80 - 100
Polynucléaires neutrophiles	50 - 80	2000 - 8000
Polynucléaires éosinophiles	01 - 04	40 - 400
Polynucléaires basophiles	00 - 01	00 - 100

Pourtant, les leucocytes circulant dans le sang sont constitués de lymphocytes, de monocytes et de polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles. Ils assurent l'organisme par l'extinction des infections, infestations... Les lymphocytes combattent les infections et régulent la réponse immune. Tandis que les lymphocytes B diffusent des anticorps. Enfin, les lymphocytes T immunisent et poussent les micro-organismes typiques. Phagocytaire, les monocytes sont des anti-infections bactériennes. Quant aux polynucléaires neutrophiles, ils corrigent les micro-organismes en les stabilisants par la création de substances toxiques. Les polynucléaires éosinophiles augmentent pendant les réactions allergiques et infestations parasitaires. Mais, les polynucléaires basophiles contrôlent les processus d'inflammation par leur hausse venant des pathologies du sang et des intoxications. La formule leucocytaire détermine la proportion de ces cellules. A partir des valeurs référentielles des leucocytes circulant dans le sang, les leucocytes des individus sont normales. Ils ne présentent ni des troubles d'inflammation, de contagion, d'anémie, ni de mauvaise action de moelle osseuse.

#### **5.4. Résultats d'analyse biochimique des fonctions hépatorénales**

Les enzymes ALAT, ASAT, GGT et PAL précipitent une réaction chimique. Leur test est la mesure de vitesse de réaction proportionnelle à l'activité d'enzyme. Dès lors, les dosages des enzymes hépatiques ALAT et ASAT examinent et dépistent toutes maladies engageant le foie. Le dosage sanguin de GGT apprécie l'activité du foie ou la consommation d'alcool. Quand ces enzymes sont engagées au métabolisme des acides aminés, elles s'élèvent à la consommation chronique d'alcool. Donc, elles s'exposent aux cellules du foie, du pancréas, du rein, de la rate, des voies biliaires et des intestins.

Le dosage des ALAT, ASAT, GGT et PAL évalue l'activité hépatique et rénal dont les valeurs référentielles sont :

***Tableau 12 : Les références d'enzymes des fonctions hépatorénales [15] [16].***

Enzymes	Valeurs usuelles de référence en UI.L <sup>-1</sup>		Spécificité
	Hommes	Femmes	
ALAT plasmique	10 - 50	10 - 35	Foie
ASAT plasmique	10 - 50	10 - 35	Foie, muscle, cœur
GGT plasmique	09 - 36	12 - 64	Voie biliaire
PAL ou Créatininémie	30 - 120		Foie et os

En conséquence, leurs enzymes hépatorénales sont normales. Les individus ne présentent de dysfonctionnement, indices, douleurs et insuffisance cardiaque ou rénale.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 13 : Résultats d'analyse biochimique hépatorénale.**

Paramètres	Valeurs mesurées		
	Individu 1	Individu 2	Individu 3
ALAT plasmique en UI.L <sup>-1</sup>	28	30	26
ASAT plasmique en UI.L <sup>-1</sup>	25	28	29
GGT plasmique en UI.L <sup>-1</sup>	27,32	46	55
PAL ou Créatininémie en mg.L <sup>-1</sup>	7,93	09	10,3

### 5.5. Adaptations au système ATP-CP

Elément central de l'activité physique, le muscle se contracte et crée du travail par la production des forces. Et ces forces modifient sa longueur et meuvent les pièces des os pour créer le mouvement. Au test de détente verticale, le raccourcissement des muscles à son niveau est lié à la mise en tension du système contractile. L'excitation du muscle à l'arrivée d'influx nerveux et l'excitation des éléments élastiques viennent des *éléments contractiles*<sup>9</sup>. Si la tension est au plafond, le mouvement se déclenche dans le but que les éléments contractiles écourtent les variations brusques de contraction. Ainsi ils absorbent et conservent l'énergie qui est restituée plus tard. Pendant la contraction, le muscle entraîne la force F à lier entre elles les deux extrémités osseuses A et B. Et si l'extrémité A est liée, la force extérieure R s'oppose à F à l'extrémité B.

Pour faire la détente, la flexion des jambes donne  $F > R$  car la force musculaire est plus forte. Le muscle se raccourcit car la tension est du point d'insertion initiale  $A \neq 0$  au point final  $B = 0$ . Et la contraction du muscle concentrique qui réduit sa longueur est excitée par le circuit rectiligne  $\overrightarrow{BA}$ .

---

<sup>9</sup> Les éléments contractiles sont les myofibrilles et les éléments élastiques sont les tendons, sarcolemme...

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

D'où,  $W_{B \rightarrow A}(\vec{F}) \geq 0$  crée la musculation dynamique et génère des contractions excentriques et concentriques.



**Figure 12 : Contraction musculaire concentrique à force adhérente au mouvement.**

La fonction d'accélération des contractions excentriques et concentriques [17] est :

$$|W(\vec{F})| = \frac{1}{2} k \cdot A^2 \quad (5.1)$$

Après le saut vers s'ensuit la flexion des jambes avant la détente. Dans ce cas, l'angle d'articulation du coude augmente et tend à  $\pi$  alors que l'angle d'articulation de l'épaule tend à  $120^\circ$ . La contraction des fléchisseurs du coude mobilise constamment la force constante parallèle à lui-même.

Une direction rectiligne est parcourue par l'axe de glissade au point d'insertion A à l'écart du point d'insertion moyen au niveau de l'axe de glissade B. Au cours de la contraction, la tension résulte de l'axe de glissement au point d'insertion initiale A = 0 à l'écart du point final d'insertion moyen au niveau de l'axe de glissement B > 0. Ainsi le muscle se contracte pendant les gestes en effort même si son coût énergétique est au niveau négligeable. Dans ce cas,  $W_{B \rightarrow A} \leq 0$  produit un travail résistant et engendre la musculation récessive.



**Figure 13 : Contraction excentrique où la force et le mouvement s'opposent.**

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

La fonction de décélération de la contraction excentrique est :

$$|W(\vec{F})| = \frac{1}{2} k \cdot B^2 \quad (5.2)$$

Dans tous les cas, quelle que soit la tension musculaire, le travail produit est :

$$|W(\vec{F})| = -\frac{1}{2} k \Delta(AB)^2 \quad (5.3)$$

Où  $k$  est la rigidité du muscle.

Pendant la réalisation de mouvement musculaire, la maximale de puissance, la vitesse de raccourcissement et la force maximale réellement étendues sont obtenues par l'adaptation des points expérimentaux de (5.3). La puissance maximale chute après un épreuve de fatigue et revient aux valeurs initiales en deux jours. En effet, la puissance mécanique d'effort est :

$$P_{me} = p \times g \times \frac{l}{3} \times \frac{i_e}{t} \quad (5.4)$$

Or, l'intensité d'exercice est :

$$i_e = \frac{P_1 - P}{10} \times \frac{60''}{d} \quad (5.5)$$

La force de contraction musculaire est :

$$F_c = \varphi'' \times \frac{\sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\varphi}}{AB \times \sin\varphi} \quad (5.6)$$

La force appuyant la contraction musculaire, sa vitesse de raccourcissement est

$$v_r = \varphi' \times \frac{AB \times \sin\varphi}{\sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\varphi}} \quad (5.7)$$

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Où  $P_{me}$  en W est la puissance mécanique d'effort,  $p$  en kg est le poids de l'individu,  $g$  égale à  $9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  est l'attraction terrestre,  $l$  en m est la taille de l'individu,  $t$  en min est la durée de l'effort,  $i_e$  en pulsation. $\text{min}^{-1}$  est l'intensité de l'exercice,  $P_1$  est la pulsation après la détente verticale,  $P$  la pulsation moyenne,  $F_c$  en N est force de contraction,  $\varphi$  en rad est l'angle de l'articulation,  $\varphi'$  en  $\text{rad.s}^{-1}$  est la vitesse angulaire,  $\varphi''$  en  $\text{rad.s}^{-2}$  est l'accroissement angulaire et  $v_r$  en  $\text{N.s}^{-1}$  est la vitesse de raccourcissement musculaire.

Les résultats de détente verticale obtenus sont :

**Tableau 14 : Détente verticale des individus.**

Détente verticale	Individu		
	1	2	3
Meilleure performance des trois essais en m	3,46	3,78	3,59
Première performance réalisée en m	2,91	3,18	3,09
Détente verticale en m	0,55	0,60	0,50

Si la vitesse étalon est de  $8 \text{ m.s}^{-1}$ , leurs adaptations anaérobiques sont :

**Tableau 15 : Adaptations anaérobiques des individus.**

Paramètre	Individu 1	Individu 2	Individu 3
Capacité anaérobique en $\text{kg.m.s}^{-1}$	95,18	100,9	87,08
Vitesse de réalisation en $\text{m.s}^{-1}$	5	4	6
Puissance anaérobique en $\text{m.s}^{-1}$	0,62	0,50	0,75

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## 5.6. Résultats de la qualité aérobie

De repos à l'exercice intense, l'organisme s'adapte pour restaurer les dépenses énergétiques requises à l'effort.

**Tableau 16 : Dépenses des fréquences cardiaques liées au travail de la respiration.**

Paramètres	Individu		
	1	2	3
Fréquence cardiaque maximale en bat.min <sup>-1</sup>	199	198	199
Fréquence cardiaque moyenne ou B en bat.min <sup>-1</sup>	106	93	92
Fréquence cardiaque au repos ou B <sub>0</sub> en bat.min <sup>-1</sup>	85	74	74
Fréquence cardiaque après 20 flexions ou B <sub>1</sub> en bat.min <sup>-1</sup>	127	111	109
Fréquence cardiaque après 1 minute de repos ou B <sub>2</sub> en bat.min <sup>-1</sup>	108	94	93
Ecart entre B <sub>2</sub> et B ou b en bat.min <sup>-1</sup>	02	01	01
Respiration moyenne ou R en cycle.min <sup>-1</sup>	53	47	46
Respiration au repos ou R <sub>0</sub> en cycle.min <sup>-1</sup>	43	37	37
Respiration après 20 flexions ou R <sub>1</sub> en cycle.min <sup>-1</sup>	63	56	55
Respiration après 1 min de repos ou R <sub>2</sub> en cycle.min <sup>-1</sup>	54	47	47
Ecart entre R <sub>2</sub> et R ou r en cycle.min <sup>-1</sup>	01	00	01

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

L'organisme active le rythme respiratoire appuyé par la hausse des pouls. Donc, il travaille de la même façon en état de repos car leurs pouls s'ajustent toujours de la FC moyenne si on se réfère à la fréquence cardiaque des individus après l'effort physique et après 1 minute de repos. D'où, leurs fréquences cardiaques sont deux fois plus que leurs cycles respiratoires pendant le repos, pendant l'effort physique et en moyenne.

En conséquence, leurs battements cardiaques et leurs aires cardiaques sont tous constants. Leurs fonctions circulatoire et respiratoire s'accordent à l'effort. L'écart entre leurs fréquences cardiaques et respirations après 1 minute de repos et moyenne se trouvent autour de 0 à 2. Leur cœur à IRCa autour de 2% résiste à l'effort et en aucun moment, ils ne s'essoufflent pas en effort car leur IE est moins de 1. Les individus 2 et 3 d'IRD de 6 à 9 ont l'état physique moyen tandis que l'individu 1 d'IRD plus 9 a un état physique faible.

La valeur athlétique des individus 1 et 2 est moins de la moyenne si l'individu 3 a à peine la moyenne [18]. Les résultats du test de Cooper montrent que les individus 1 et 3 ont une très bonne capacité physique et l'individu 2 n'est que bonne [19].

**Tableau 17 : Indices des dépenses des fréquences cardiaques liées à la respiration.**

Paramètres	Individu		
	1	2	3
Condition athlétique	5,28	9,64	6,15
Performance du Cooper test en m	2720	2615	3025
Consommation d'oxygène maximale $\text{VO}_2 \text{ max}$ en $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$	49,20	47,20	56,00
Intensité de l'exercice en pulsation. $\text{min}^{-1}$	504	432	408

---

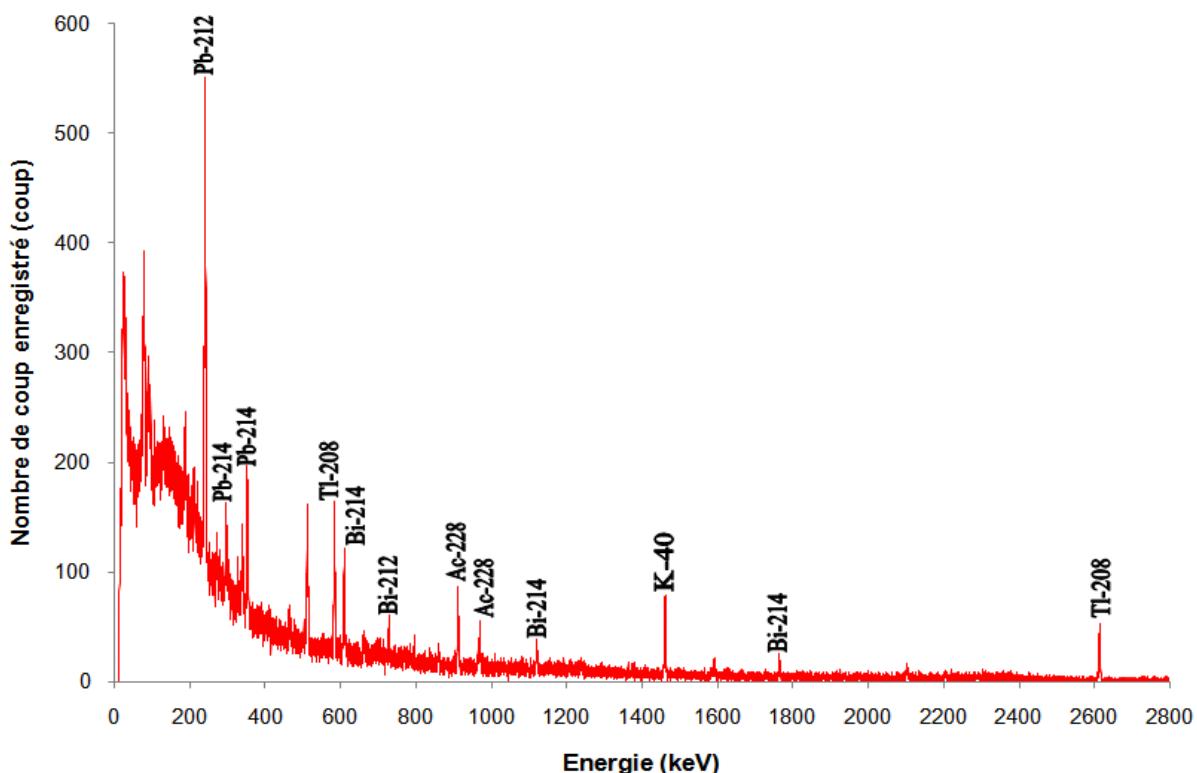
Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excitée par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## CHAPITRE 6 : EFFETS DE TISANE D'AFERONTANY AU CŒUR

### 6.1. Radionucléide dans l'Aferontany

Le taux d'humidité d'Aferontany de 32,52% vient de son poids humide 1500 g et de son poids sec 952,2 g. Pendant l'analyse, la statistique de comptage des coups est 108000 s. Pendant l'analyse, les résultats présentent douze spectres des radionucléides dont le potassium-40, l'uranium-238 et le thorium-232.



**Figure 14 :** Spectre des énergies gamma de l'échantillon Aferontany.

Des caractéristiques communes aux séries de désintégration d'uranium-238 et du thorium-232 sont remarquées car à chaque tête de série, il y a une longue période. À ce fait, chaque série prend fin en isotope stable du plomb passant par l'isotope du radon gaz radioactif. Et à des degrés différents dans l'environnement, ils excitent l'irradiation interne et externe. De leur période radioactive, ils diffusent toujours des rayonnements à l'atmosphère jusqu'à ce jour. La plage de cette étude est le potassium-40 comparable à l'âge de la terre. Sa désintégration donne le calcium-40 et l'argon-40.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 18 : Résultats d'analyse d'Aferontany.**

Etalon utilisé	Radionucléide	Energie en keV	Intensité en %	Activité en Bq.kg <sup>-1</sup>	Limite de détection en Bq.kg <sup>-1</sup>
RGU-1	Pb-214	295,22	19,30	67±03	16
		351,93	37,60	69±06	08
	Bi-214	609,31	46,10	104±08	10
		1120,29	15,10	105±07	32
	Ra-226	1764,49	15,40	104±09	31
		186,21	03,59	103±06	37
	Ac-6228	338,32	11,27	216±15	28
		911,20	25,80	216±17	17
		968,97	15,80	205±13	34
RGTh-1	Pb-212	238,63	43,30	207±14	15
	Bi-212	727,33	06,58	221±14	15
	Tl-208	583,19	84,50	221±14	15
		860,56	12,42	206±15	82
		2614,53	99,16	218±15	35
RGK-1	K-40	1461,00	10,67	972±35	49
AIEA-Sol-375	Cs-137	661,66	85,10	10±03	04

## 6.2. Contribution du potassium-40 absorbée au corps humain

Un gramme de potassium naturel présente 268650 Bq de radioactivité pourvu de  $1,5 \cdot 10^{22}$  atome. Puis, un gramme de potassium-40 radioactif range  $1,755 \cdot 10^{18}$  atome. Sa constante de désintégration est de  $1,791 \cdot 10^{-17} \cdot s^{-1}$ . En effet, un gramme de potassium-40 présente 31,43 Bq.g<sup>-1</sup> d'activité.

Le tableau ci-dessous montre la masse de potassium-40 dans le corps, l'activité relative à cette masse et la concentration totale du potassium-40 dans leur corps.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 19 : Masse, activité correspondante et concentration totale du potassium-40 dans le corps de chaque individu.**

Individu	Masse en g	Activité de masse en Bq.g <sup>-1</sup>	Concentration totale en mmol
1	0,016	0,502	3970,3
2	0,015	0,471	3811,8
3	0,015	0,471	3816,4

La contraction du muscle cardiaque excitée par 1 mmol est de  $1,0547 \cdot 10^{19}$ . De ce fait, l'activité du potassium-40 radioactif qui excite le muscle cardiaque est :

**Tableau 20 : Activité du potassium-40 excitant le muscle cardiaque des individus.**

Individu	1	2	3
Activité du potassium-40 en Bq.s <sup>-1</sup>	$4,896 \cdot 10^{18}$	$4,700 \cdot 10^{18}$	$4,708 \cdot 10^{18}$

La concentration du potassium-40 augmente quand la température et la durée de décoction s'élèvent à l'analyse de tisane d'Aferontany. Et les écarts absolu et relatif s'élèvent si la température s'accroît. L'exception est notée à la masse un gramme à la température fluctuée de 60 à 80° C où les écarts baissent.

Les résultats d'analyse sont :

**Tableau 21: Résultats d'analyse de tisane d'Aferontany en décoction.**

M en g	T en °C	Durée de la mesure en min				Ecart en %	
		5	10	15	20	Absolu	Relatif
		Concentration du potassium-40 décoctée en mg.L <sup>-1</sup>					
01	40	395±2	403±2	414±2	4222	27	6,84
	60	422±2	432±2	445±3	460±3	38	9,00
	80	451±3	469±3	480±3	488±3	37	8,20
	100	499±3	520±3	534±3	543±3	44	8,82
02	40	765±4	790±4	805±4	816±4	51	6,67
	60	820±4	850±4	870±4	885±4	65	7,73
	80	874±4	912±5	934±5	945±5	71	8,12
	100	970±5	1010±5	1038±5	1054±5	84	8,66

Pour les taux de transfert, une incertitude constante 0,50% est observée. Quand la masse d'échantillon est en hausse, le taux de transfert diminue en douceur d'un écart relatif de 8,77%. Cet écart relatif reflète la liaison des concentrations du potassium-40 dans la tisane décoctée. Et la hausse de la teneur du potassium-40 décocté s'extériorise parallèlement car l'intensité de la perméabilité s'accroît avec la température [20]. Mais la variation de ces taux résulte de l'interaction du potassium-40 avec l'eau. En résultat, cette interaction s'arrête si l'équilibre entre les deux milieux est atteint.

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 22 : Taux de transfert aux variations de masse, température et durée.**

Variation	Taux de transfert du $^{40}\text{K}$ en %	Incertitude en %	Ecart relatif en %
Masse en g	01	81,76	0,50 08,77
	02	79,40	
	03	76,68	
	04	73,74	

Lors d'expérimentation, les individus ont bu 100 mL par jour durant dix jours de tisane d'Aferontany, soit 1 L au total. Quand 1 L produit 0,41 g d'extrait, l'excédent d'activité du potassium-40 ingéré durant ces dix jours est de  $0,129 \text{ Bq.g}^{-1}$  pour chaque individu.

### 6.3. Mécanisme de contraction cardiaque

L'autonomie du cœur produit plus de 100000 battements par jour. Son muscle est constitués des cellules musculaires cardiomycocytes ramifiées ayant un ou deux noyaux. Elles sont accolées entre-elles pour former un réseau. L'ensemble des cellules permettent d'avoir un environnement favorable aux cellules musculaires. Les structures du cardiomycocyte sont les myofibrilles, sarcolemme et sarcomères.

Les myofibrilles s'étendent à la longueur de la cellule alors que le sarcolemme est la membrane plasmique cellulaire du muscle. Les sarcomères s'étendent de strie Z à strie Z suivante. La myofibrille formée d'une suite d'unités structurales répétitives sont les sarcomères forgés de deux filaments donnant l'aspect strié aux cellules musculaires. Des filaments épais de myosine au centre du sarcomère est la bande A. Et des filaments fins d'actine fixés aux extrémités du sarcomère est la bande I. Et au muscle

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

cardiaque, la position de repos des filaments est étirée si la cavité se remplit de sang. A cet effet, la contraction empiète les myofilaments pour exciter le raccourcissement des sarcomères. Donc, la cavité se referme et expulse le sang tandis que le sarcolemme se creuse pour produire les tubules T regagnant le réticulum sarcoplasmique.

Le réticulum sarcoplasmique verrouille la myofibrille et règle la contraction du muscle étant le réservoir intracellulaire des  $[Ca^{2+}]$ . Les myocytes cardiaques s'unissent les uns aux autres par des plis du sarcolemme. Elles relient entre elles les cellules par la hausse de surface de contact. Elles élèvent la stabilité structurale du muscle cardiaque et supportent la communication entre les cellules. Toutefois, la jonction des deux fibres musculaires est déterminée par le disque intercalaire. Cependant, le cardiomyocyte est court, ramifié, strié et connecté à la cellule voisine par des disques intercalaires formés de desmosomes et de jonction gap.

Les desmosomes sont des filaments reliés à la plaque protéique dans la surface du sarcolemme. Et ces liens mécaniques entre les cellules musculaires les prohibent de s'éloigner les uns des autres. La jonction gap est la structure protéique formant le canal qui relie deux cellules proches par leur sarcolemme et déplace les ions d'une cellule à l'autre. En résultat, le fonctionnement du myocarde requiert beaucoup d'énergie.

Le nœud sinusal excite l'activité électrique en produisant le potentiel d'action. Il se diffuse au système cardionecteur jusqu'au sarcolemme du myocyte cardiaque. A cet effet, il excite la contraction des sarcomères de la cellule et permet au sodium de se libérer de la cellule. Toutefois, il nécessite la présence de potassium pour le remplacer grâce au système de pompes.

La distribution du sodium et du potassium dans l'organisme est une condition de vie cellulaire pour le fonctionnement nerveux et musculaire. Ils forment le tandem, nécessaire, à la bonne régulation de la tension artérielle. Et le calcium et le magnésium sont engagés dans cette régulation. Le calcium favorise le relâchement de la paroi des artères car l'excès de sel alimentaire excite la perte urinaire de calcium. Tandis que le magnésium souvent lié au potassium dilate les vaisseaux pour baisser la tension.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excitée par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Au bilan d'énergie 1,311 MeV, une désintégration bêta moins du potassium-40 crée l'élément stable calcium-40 à 88,80%. Il unit l'excitation-contraction-relaxation une fois dans le corps. Après l'excitation membranaire, une hausse de concentration du calcium dans le cytosol déclenche la contraction par l'interaction des filaments d'actine et myosine. Donc, la relaxation est secondaire au recaptage du calcium par le réticulum sarcoplasmique et par les systèmes d'expulsion calcique au milieu extracellulaire. Dans ce cas, la régulation d'inotropisme active les canaux calciques, les systèmes d'échanges Na-Ca, la calmoduline et les protéines kinases. Puis, ils régulent l'activité des enzymes de transport calcique intracellulaires, transport calcique transmembranaires et protéines contractiles. A effet inotope positif, l'augmentation de contractilité est due à la hausse d'entrée de  $[Ca^{2+}]$  induite par la stimulation sympathique. En conséquence, il y a peu ou pas des terminaisons nerveuses parasympathiques ventriculaires ou inotope direct parasympathique.

#### 6.4. Effets de la tisane d'Aferontany sur la fréquence ventriculaire

Les cellules cardionectrices sont des cardiomyocytes nanti de l'autorythmicité.

**Tableau 23 : ECG à la fréquence ventriculaire générés par le nœud sinusal.**

	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet
Fréquence ventriculaire en bat. $\text{min}^{-1}$	85	75	79	60	80	70
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>						
	85	74	79	62	80	70

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Donc, elles se dépolarisent et provoquent le potentiel d'action grâce aux canaux  $[Na^+]$  voltage-dépendant dans la membrane plasmique de cellule cardionectrice. Dans ce cas, le neurotransmetteuradrénaline accroît le rythme cardiaque et l'acétylcholine le fait diminuer, influant leur rythmicité. D'où, elles ont le potentiel membranaire au repos du courant permanent de leur canal  $[Na^+]$  voltage-dépendant vers l'extérieur de cellule de  $[K^+]$ . Puis, la différence de charge électrique -60 mV de part et d'autre de la membrane cellulaire se présente.

A la fréquence ventriculaire, aucune onde identifiable à l'ECG ne se produit lors de la dépolarisation du noeud sinusal. Le potentiel d'action émis par le cardionecteur se diffuse au muscle par jonctions gap des cardiomyocytes. Ils ouvrent instantanément les canaux à  $[Na^+]$  voltage-dépendants du sarcolemme. Les ions  $[Na^+]$  arrivent au myocyte et le dépolarise. Le potentiel membranaire passe de -90 mV à +30 mV pour interner les canaux à  $[Na^+]$ .

**Tableau 24 : Effets de tisane d'Aferontany à la fréquence ventriculaire.**

Effet à la fréquence ventriculaire en %	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux
	Baisse	11,76	Baisse	24,05	Baisse	12,50
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	Baisse	1,18	Hausse	2,53	Stable	12,50

A l'effet aigu immédiat, la tisane d'Aferontany en décoction par rapport à l'ECG témoin réduit la fréquence des impulsions ventriculaires. A l'effet chronique, la tendance

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

est à la réduction de fréquence ventriculaire pour l'individu 1 tandis qu'elle est en hausse chez l'individu 2 et se stabilise pour l'individu 3.

Ces manifestations sont dues par la fréquence plus basse du nœud sinusal d'autre partie du système de leur pré potentiel et par la repolarisation plus lente. En conséquence, la tisane d'Aferontany ingérée ne provoque ni la bradycardie ou fréquence ventriculaire  $< 60 \text{ bat}.\text{min}^{-1}$ , ni la tachycardie ou fréquence ventriculaire  $> 100 \text{ bat}.\text{min}^{-1}$ .

L'activité du potassium-40 qui excite cette fréquence ventriculaire est montrée sur le tableau 25 ci-après :

**Tableau 25 : Activité du potassium-40 qui excite la fréquence ventriculaire.**

	Individu 1	Individu 2	Individu 3
<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>			
Activité du potassium-40 en Bq.s <sup>-1</sup>	$4,32 \cdot 10^{18}$	$3,56 \cdot 10^{18}$	$4,11 \cdot 10^{18}$
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>			
	$4,26 \cdot 10^{18}$	$3,68 \cdot 10^{18}$	$4,11 \cdot 10^{18}$

## 6.5. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle PR

L'onde P est la première onde détectable une fois que l'influx se diffuse dans le muscle cardiaque de l'auriculaire et dépolarise les oreillettes. Alors que l'onde R est la première déflexion positive produite par la dépolarisation septale suivant le vecteur initial partant de gauche vers la droite et le bas. A la dépolarisation, les canaux  $[\text{Ca}^{2+}]$  voltage-dépendants rapides sont ouverts. L'afflux à la cellule d'ions change le potentiel membranaire de -40 mV à un peu plus de 0 mV. Et l'influx parvient sur le nœud atrio-

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

ventriculaire à la jonction oreillette et ventricule droit près de valve septale tricuspidée et de la jonction du sinus coronaire. L'activation du nœud ne crée une onde connue à l'ECG car elle est le retour à la ligne isoélectrique avant l'onde R suivante. En résultat, l'intervalle PR est le temps d'influx de passer les oreillettes et nœud atrio-ventriculaire avant d'arriver au faisceau de His.

**Tableau 26 : ECG sur l'intervalle PR.**

	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
Intervalle PR en ms	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet
	136	141	149	144	132	137
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	136	152	149	143	132	147

L'intervalle PR dépolarise les ventricules et le septal en courant du potassium-40. Le canal ionique libère le  $[K^+]$  selon son gradient électrochimique. D'où le courant  $I_K$  de  $[K^+]$  par le canal ionique lié est fonction de son gradient électrochimique défini par la loi d'Ohm :

$$I_K = g_K \Psi(P - P_K) \quad (6.1)$$

Où  $g_K$  est la conductance,  $P$  et  $P_K$  sont le potentiel membranaire et conducteur de  $[K^+]$ .

Mais  $g_K$  se lie aux concentrations intra et extracellulaires à  $[K^+]$  et au potentiel membranaire. L'énergie vitale pour fonctionner la pompe  $Na^+/K^+$ -ATPase est aussitôt

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

conçue par les molécules d'ATP où l'hydrolyse produit l'énergie de cellule. La pompe injecte deux  $[K^+]$  et éjecte trois  $[Na^+]$ . Au repos, la cellule cardiaque est plus polarisée en potassium et moins polarisée en sodium. A la fin potentiel membranaire, le sodium s'enrichi et le potassium s'effrite. Le canal ionique  $[Na^+]$  rentrant à la dépolarisation et le canal ionique  $[K^+]$  sortant à la repolarisation s'ouvrent et activent la pompe. Puis, la cellule fixe ses concentrations initiales intra et extracellulaires en  $[K^+]$  et en  $[Na^+]$ . Les ATP et potentiel membranaire se lient à l'activation passée par le courant intensif  $I_{NaK}$ .

**Tableau 27 : Effets de la tisane sur le paramètre intervalle PR.**

	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
<b>Intervalle PR en %</b>	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux
	Hausse	3,54	Baisse	3,35	Hausse	3,64
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>						
	Hausse	6,98	Baisse	0,67	Hausse	6,56

La durée d'influx à l'ECG témoin est plus courte qu'à son effet pour l'individu 1 et 3 et plus long pour l'individu 2. Toutefois, le traversé de leur influx est normale car la valeur référentielle est de 0,12 s à 0,20 s. Il génère une hausse autour de 10% à l'effet chronique et de 3% à l'effet aigu immédiat des individus 1 et 3 et une baisse entre 4% et 3% pour l'individu 2.

En conséquence, ces faits n'incite ni le bloc atrio-ventriculaire du premier degré, ni la péricardite ou dépression du PR. D'où, l'activité du potassium-40 qui excite l'influx sur l'intervalle PR est :

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**Tableau 28 : Activité du potassium-40 qui excite l'influx sur l'intervalle PR.**

	Individu 1	Individu 2	Individu 3
<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>			
	4,32.10 <sup>18</sup>	3,56.10 <sup>18</sup>	4,11.10 <sup>18</sup>
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>			
	4,26.10 <sup>18</sup>	3,68.10 <sup>18</sup>	4,11.10 <sup>18</sup>

Une fois les canaux  $[Na^+]$  voltage-dépendants lents sont ouverts à l'effet d'une repolarisation du cycle précédent, le seuil d'excitation est atteint. Dans ce cas, l'afflux dans la cellule d'ions transforme le potentiel membranaire de -60 mV à -40 mV.

## 6.6. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle complexe QRS

L'onde Q est la première onde négative non cachée de positivité. L'onde R est la première déflexion positive créée par la dépolarisation septale selon le vecteur initial partant de gauche vers la droite et le bas. L'onde S est une onde négative venant après l'onde R. L'intervalle complexe QRS est la diffusion d'excitation ou la dépolarisation. La dépolarisation septale résulte d'un vecteur initial allant de gauche à droite et de bas en haut. Elle donne la première déflexion positive à l'électrode exploratrice. Elle se fait par les directions apicale et pariétale ventriculaire gauche. Elle traverse la direction de base vers l'arrière et le haut pour produire l'intervalle complexe QRS qui n'est autre que leur dépolarisation.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

Le transport ionique actif par l'échangeur  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  échange trois  $[\text{Na}^+]$  contre un  $[\text{Ca}^{2+}]$ . Toutefois, ce phénomène ne consomme précipitamment l'énergie cédée par le métabolisme cellulaire. L'énergie cédée par l'ion selon son gradient électrochimique réunit un canal ionique à un transporteur de la membrane. En conséquence, la durée de l'influx passant l'intervalle complexe QRS est présentée dans le tableau 29 ci-dessous :

**Tableau 29 : ECG sur le paramètre complexe QRS.**

Intervalle QRS en ms	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet
	112	104	91	95	107	99
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	112	106	91	95	107	99

La masse du ventricule gauche est plus développée que la masse du ventricule droit. Donc, le voltage produit par sa dépolarisation définit la forme du complexe QRS. Et la quantité de voltage relativement faible se dirige vers les dérivations sises à gauche lors de la dépolarisation du ventricule gauche.

En résultat, les effets de tisane d'Aferontany au complexe QRS sont restitués au tableau 30 suivant :

**Tableau 30 : Effets de tisane d'Aferontany au paramètre complexe QRS.**

Intervalle QRS en %	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux
	Baisse	1,88	Hausse	4,21	Baisse	7,47
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	Baisse	5,37	Stable	4,21	Stable	7,47

La tisane d'Aferontany a un effet sur le complexe QRS à primauté positive aux individus 1 et 3 où l'influx à leur intervalle QRS est plus court que l'ECG témoin. Pour l'individu 2, l'inverse est observé. Or, la durée de parcours est constante pour les deux effets chez les individus 2 et 3. La durée référentielle dans un intervalle complexe QRS 0,08 s à 0,20 s est la durée de parcours d'onde de dépolarisation au myocarde qui va d'endocarde à l'épicarde. En conséquence, les individus ne présentent aucun trouble de conduction intra ventriculaire.

Dans ce cas, l'activité du potassium-40 qui excite cet influx est montré sur le tableau 31 ci-après :

**Tableau 31 : Activité du potassium-40 qui excite l'influx sur le paramètre QRS.**

	Individu 1	Individu 2	Individu 3
<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>			
	4,32.10 <sup>18</sup>	3,56.10 <sup>18</sup>	4,11.10 <sup>18</sup>
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>			
	4,26.10 <sup>18</sup>	3,68.10 <sup>18</sup>	4,11.10 <sup>18</sup>

### 6.7. Effets de la tisane d'Aferontany sur l'intervalle QT

L'onde Q est la première onde négative non précédée de positivité si l'onde T est la repolarisation du myocarde ventriculaire passant l'épicarde et l'endocarde. Donc, l'intervalle QT est la durée d'excitation ventriculaire jusqu'à la fin de sa relaxation qui est la phase transitoire. A ce phénomène, aucun influx ne peut entrer dans le myocarde. Dès lors, il est la repolarisation du ventricule. Or, lors de la repolarisation, les canaux à  $[Ca^{2+}]$  se ferment alors que les canaux à  $[K^+]$  voltage-dépendants s'ouvrent. Dans ce cas, le potentiel membranaire au repos -60 mV s'inverse à la retombée -90 mV. Ainsi, il ferme les canaux  $[K^+]$  alors que les canaux  $[Na^+]$  voltage-dépendants lents s'ouvrent de nouveau pour qu'un cycle recommence. Et la partie myocardique excitée en premier est encore réfractaire lors que l'excitation est aux dernières parties du myocarde.

En effet, les cardiomyocytes sont dans la période réfractaire de dépolarisation à la repolarisation. Les résultats d'ECG sont relatés dans le tableau 32 ci-dessous :

**Tableau 32 : ECG au paramètre QT.**

	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
Intervalle QT en ms	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet	ECG témoin	Effet
	414	404	334	364	409	399
<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>						
	414	413	334	364	409	399

Mécaniquement, l'intervalle QT est la durée de systole ventriculaire équivalant à l'activité électrique ventriculaire globale. Or la DPA est la durée du potentiel d'action qui s'effectue du début de dépolarisation à la fin de repolarisation de la cellule. De la sorte que ces phases de potentiel d'action provoquent la contraction cellulaire.

En effet, la hausse du potentiel d'action ou dépolarisation cardiomycocytaire du ventricule vient des entrées de  $[Na^+]$ , de calcium contrebalancé par la sortie de potassium et de repolarisation à la sortie de potassium. De ce fait, la durée du potentiel d'action est relativement longue et se modifie selon la fréquence cardiaque. Elle est constante chez les individus 2 et 3. Toutefois, elle est plus courte par rapport à l'ECG témoin à l'individu 3 et plus longue chez l'individu 2.

Les effets relevés dans cet intervalle sont dans le tableau 33 ci-dessous.

**Tableau 33 : Effets de la tisane d'Aferontany au paramètre QT.**

Intervalle QRS en %	Individu 1		Individu 2		Individu 3	
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux	Effet tisane	Taux
	Baisse	2,41	Hausse	8,24	Baisse	2,44
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	Baisse	0,24	Stable	8,24	Stable	2,44

L’activité du potassium-40 qui excite l’influx au paramètre QT est reporté sur le tableau 34 ci-après :

**Tableau 34 : Activité du potassium-40 qui excite le potentiel d'action à l'intervalle QT.**

Activité du potassium-40 en $\text{Bq.s}^{-1}$	Individu 1			Individu 2		Individu 3
	<b>Effet aigu immédiat de tisane d'Aferontany sans effort physique</b>					
	$4,32 \cdot 10^{18}$		$3,56 \cdot 10^{18}$		$4,11 \cdot 10^{18}$	
	<b>Effet chronique avec réalisation d'effort physique</b>					
	$4,26 \cdot 10^{18}$		$3,68 \cdot 10^{18}$		$4,11 \cdot 10^{18}$	

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excitée par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## CONCLUSION

Cette thèse est difficilement réalisée car l'inadéquation des matériels utilisés et des objectifs à atteindre est manifeste. L'expérimentation devait être faite en cohérence avec trois souris. Les recherches sont axées aux effets du potassium-40 excédentaire de tisane d'Aferontany bue dans l'activité cardioélectrique des sportifs. Pendant dix jours de test, la masse excédentaire du potassium-40 est de 0,41 g. Cette masse excédentaire présente  $0,129 \text{ Bq.g}^{-1}$  d'activité. En aucun cas, elle ne provoque aucune pathologie ou maladie quelconque. En effet, 2,41 g de potassium-40 dans le corps des individus lors d'expérimentation est en dessous du seuil maximal 2,50 g.

Le potassium présente dans son gramme 268650 Bq de radioactivité disposant  $1,5 \cdot 10^{22}$  d'atome alors que 1 g de potassium-40 radioactif possède  $1,763 \cdot 10^{20}$  d'atome. Si sa constante de désintégration est de  $1,791 \cdot 10^{-17} \cdot \text{s}^{-1}$ , alors, ce gramme présente 31,43  $\text{Bq.g}^{-1}$  d'activité. La masse du potassium-40 corporel est de 0,016 g pour l'individu 1 si elle est de 0,015 g pour les individus 2 et 3. Et l'activité liée à cette masse est de 0,502  $\text{Bq.s}^{-1}$  pour l'individu 1 et de 0,471  $\text{Bq.s}^{-1}$  pour les individus 2 et 3. La concentration de potassium-40 reçue par l'individu 1 a reçu est de 3970,3 mmol.L si elle est de 3811,8 mmol.L pour l'individu 2 et de 3816,4 mmol.L pour l'individu 3. Or, 1 mmol.L excite  $1,054 \cdot 10^{19}$  contraction du muscle cardiaque. En résultat, l'activité du potassium-40 qui excite le muscle cardiaque est de  $4,896 \cdot 10^{18} \text{ Bq.s}^{-1}$  pour l'individu 1 contre  $4,700 \cdot 10^{18} \text{ Bq.s}^{-1}$  pour l'individu 2 et de  $4,708 \cdot 10^{18} \text{ Bq.s}^{-1}$  pour l'individu 3.

La concentration du potassium-40 augmente quand la température et la durée de décoction s'élèvent à l'analyse de tisane d'Aferontany. Et les écarts absolu et relatif s'élèvent si la température s'accroît. L'exception est notée à la masse un gramme à la température fluctuée de 60 à 80° C où les écarts baissent.

Après examens médicaux, les individus présentent la morphologie non adaptée à la pratique sportive. Leurs taux de glycémie, de calcémie et de magnésémie sont dans la norme sauf que l'individu 1 présente une hypocalcémie. La vitesse de sédimentation de leurs hématies, hématocrites, hémoglobine et leucocytes est normale. A chacun, ils

ont une capacité anaérobique respectivement de  $95,18 \text{ kg.m.s}^{-1}$ , de  $100,9 \text{ kg.m.s}^{-1}$  et de  $87,08 \text{ kg.m.s}^{-1}$ . Puis, leur vitesse de réalisation respective est de  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , de  $4 \text{ m.s}^{-1}$  et de  $6 \text{ m.s}^{-1}$ . Enfin, leur puissance anaérobique respective est de  $0,62 \text{ m.s}^{-1}$ , de  $0,50 \text{ m.s}^{-1}$  et de  $0,75 \text{ m.s}^{-1}$ .

Et suite d'introduction de 20% de chlorure de potassium, le cœur de grenouille isolé ne cesse de battre et sa fréquence cardiaque est constante. Après 40 s, on a injecté 0,25 mL de chlorure de potassium à la cuve. Et la concentration du potassium devient sept fois plus de sa valeur initiale. Les amplitudes et fréquences cardiaques diminuent jusqu'à valeur zéro [21]. En conséquence, l'absorption de tisane d'Aferontany n'excite ni la bradycardie, ni la tachycardie à la fréquence ventriculaire. Elle n'incite non plus le bloc atrio-ventriculaire du premier degré et la dépression du PR. Et elle n'excite aucun trouble de conduction intra ventriculaire.

Cette thèse répond les besoins d'action des éducateurs physiques et sportifs par la dynamique du calcium intracellulaire produit de désintégration du potassium-40. Ses avantages sont les activités électriques du nœud sinusal, atrium, faisceau de Purkinje et le ventricule. Elle expose le potentiel membranaire et le couple excitation-contraction. Or, ce couplage commande l'électromécanique responsable de la contraction.

Sa contribution d'intérêt théorique et pratique conscientise la nécessité d'avoir la vigueur sanitaire des sportifs. Elle expose que dans le milieu sportif, il n'y a pas de solution hasardeuse. En perspectives, il faut accoupler aux coeurs isolés les résultats des individus pour mieux résoudre les troubles cardiaques. Et on peut évoquer une activité cardioélectrique et des ECG aux points de mesures prédefinis pour aboutir au premier modèle différentiel d'ECG.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **DJABELLA K.** *Modélisation de l'activité électrique du cœur et de sa régulation par le système nerveux autonome.* Paris-Sud 11 : Thèse de doctorat, spécialité Physique de l'Ecole Doctorale "Sciences et Technologie de l'Information, des Télécommunications et des Systèmes", 2008.
2. **KHAN E.** *Clinical skills: the physiological basis and interpretation of the ECG.* Brit. J. Nursi., 13 (8), pp. 440-446, 2004.
3. **RAFATRO H.** *Recherche et développement d'un médicament antipaludique : la malagashanine issue de Strychnos de Madagascar.* Antananarivo : Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences Naturelles, Option : Pharmacologie, Département de Physiologie Animale et Pharmacologie, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, 2007.
4. **RAZANADIMBY N.L.** *Etude toxicologique d'une tisane quotidiennement consommée à Antananarivo.* Antananarivo : Thèse de doctorat en pharmacie de la Faculté de Médecine de l'Université d'Antananarivo, 2013.
5. **DOUTRELOUX J.P.** *Physiologie et Biologie du sport.* Paris : Ed. Vigot, 1998.
6. **HELD T., SHIM E.B., KAMM R.D. et MARK R.G.** *Computational modeling of cardiovascular response to orthostatic stress.* J Appl Physiol, pp. 1239-1254, 2002.
7. **SILBERNAGL S. et DESPOPOULOS A.** *Atlas de poche de physiologie.* Paris : Flammarion Médecine-Sciences, 1985.
8. **POPPER H. et al.** *Les méthodes et principes du dosage plasmatique de la créatinine.* Biochem. Zeitschr. 291 in HUMAN GESELLSCHAFT FUR BIOCHEMICA UND DIAGNOSTICA mbH, p. 354, 1937.
9. **STOLKOWSKI J.** *Le calcium et la vie.* Paris : PUF, 2ème ed, 1968.
10. **COMITE SCIENTIFIQUE DE KINO-QUEBEC.** *L'activité physique et le poids corporel.* s.l. : Secrétariat au loisir et au sport, ministère de l'Education, du Loisir et du Sport

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

gouvernement du Québec. Avis rédigé sous la coordination de M. Angelo TREMBLAY, Ph.D., 2006.

11. **HENSCHEN S.** *Skilauf und Skidwettlauf Fine Medizinische Sport-studio* . s.l. : Mitt Med Klin Upsala Jena, Fischer Verlag, 1999.
12. **BERNS J.S.** *Disorders of magnesium homeostasis*. In **GREENBERG A, CHEUNG A. K, COFFMAN T. M, FALK R. J, JENNETTE J.C.** Philadelphia : Eds, Primer on kidney diseases Philadelphia : Elsevier Saunders, 2005. pp. 131-135.
13. **KONRAD M, SCHLINGMANN K.P. et GUDERMANN T.** *Insights into the molecular nature of magnesium homeostasis*. Am J Physiol Renal, pp. 599-605, 2004.
14. **SIMOND. B., LU Y et CHOATE K.A.** *Paracellin-1, a renal tight junction protein required for paracellular Mg<sup>2+</sup> resorption*. 1999, Science, pp. 103-106, 1999.
15. **LOTHAR T.** *Clinical laboratory diagnostics : use and assessment of clinical laboratory results*. Frankfurt/Main : 1.ed. TH-Books-Ver.-Ger., 1998.
16. **PERLEMUTER L. et PERLEMUTER G.** *Insuffisance rénale chronique. Guide de thérapeutique*. s.l. : 3e édition, Masson Ed. , 2003.
17. **DIOP S.A.W.** « Notes de cours Physique 1S », Lycée Seydina Limamou Laye de Bambe Collection SAWD . <http://physiquechimie.ecole.officelive.com> . [En ligne] 2007. [Citation : 12 12 2016.]
18. **RABEMANANTSOA T.** *Le cœur du sportif Malgache* . Antananarivo : Thèse pour l'obtention du Doctorat en Médecine (Diplôme d'Etat), Faculté de Médecine de l'Université d'Antananarivo, 1985.
19. **HILL A.V.** *The heat of shortening and the dynamic constants of muscle*. s.l. : PROC. ROY SOC. B., 1938.
20. **DEYSSON G.** *La cellule végétale, structure et fonctionnement*. s.l. : Cours de botanique générale, Tome I, 1965.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)

Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

**21. MANOELA F.P.** *Etude de la correlation entre la concentration du potassium dans l'extrait de l'aferontany et effet biologique sur un cœur isolé.* Antananarivo : Thèse de Doctorat de troisième cycle en Physique nucléaire, physique théorique et physique appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo , 2005.

---

Contribution à l'étude de l'activité cardioélectrique des sportifs excité par le potassium-40 extrait du mollugo nudicaulis ou Aferontany (Molluginacées)  
Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Physique, Spécialité Physique Nucléaire Appliquée et Physique des Hautes Energies, Ecole Doctorale de Physique et Application, Domaine Sciences et Application de l'Université d'Antananarivo.

## **RESUME**

L'Aferontany est une plante médicinale que les sportifs malagasy ont tendance à boire en état de décoction. C'est un remède pour rétablir leur méforme suite de la fatigue musculaire ou d'ivresse. Les objectifs de cette thèse sont de détecter le radionucléide potassium-40 dans la plante Aferontany et de valoriser son apport dans l'activité cardioélectrique. Et la méthode par spectrométrie gamma a été utilisée à l'analyse d'échantillon. Trois élèves Professeurs certifiés en EPS sont sollicités pour l'expérimentation. Ils sont appelés pour évaluer l'état physique et la mesure des ECG. Le potassium-40 est détecté dans l'Aferontany dont sa tisane n'excite aucune pathologie. Son activité excite le muscle cardiaque et ses valeurs quantifiées ne provoquent ni l'atteinte au fonctionnement cardiovasculaire, ni l'atteinte au couple excitation-contraction.

**MOTS-CLES :** *Potassium-40, activité cardioélectrique, couple excitation-contraction.*

## **ABSTRACT**

The Aferontany is a medicinal plant that Malagasy sportsmen tend to drink in decoction. It is a remedy to straighten the met form after manifest fatigue or the drunkenness. The aim of the work is to determine the presence of the potassium-40 in this plant Aferontany and to highlight its contribution to the electrical activity of the athletes' heart. The method of analysis by gamma spectrometry is used to detect the potassium-40. The medical examination and the realization of the ECGs complete the methodology. The potassium-40 is found in the Aferontany plant. The dose of potassium-40 which they absorbed is not toxic and its activity is capable of exciting the heart muscle. The quantified potassium-40 values don't affect no the functioning of the athletes' heart, no its excitation-contraction couple.

**KEYWORDS:** *Potassium-40, electrical activity, excitation-contraction couple.*

Directeur de thèse : RAVELOMANANTSOA Solofonirina D, Professeur,  Codirecteur de thèse : RABESIRANANA Naivo, Maître de Conférences-HDR	Impétrant : RAVELOMANANTSOA Germier,  +261320299240, germier_ds@yahoo.fr
--	---