

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES**



**Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire**

THEME :
**Réalisation d'un identificateur électronique des
bovins par la technologie RFID(Radio-frequency-
identification).**

Présenté par :
Ayad issam

Encadre par :
Dr Bezzerouk Med amine (MCB)
Dr Ayad Med amine (MCB)

Année universitaire : 2018 – 2019

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la

Force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé au laboratoire de physique de

L'institut des sciences vétérinaire de l'Université Ibn Khaldoun

De Tiaret.

*Sous la direction de mon encadreur monsieur **Bezzerouk Mohamed Amine** et mon Co-encadreur monsieur **Ayad Mohamed Amine** où va ma plus grande gratitude, je leur remercie pour leur disponibilité et la confiance qu'ils m'ont accordée. J'ai profité pendant longtemps du savoir et du savoir-faire dont j'ai*

Pu bénéficier au cours de nombreuses discussions. J'aimerais aussi les remercier

Pour l'autonomie qu'ils m'ont accordée, et leurs précieux conseils qui m'ont

Permis de mener à bien ce travail.

*J'exprime toute ma reconnaissance à ma collègue **Tit Abdelkader Sabrina***

De m'avoir aidé et soutenue à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier tous les enseignants de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret.

Afin de n'oublier personne, mes vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui

m'ont aidé à la réalisation de ce modeste projet de fin d'étude.

Dedicaces

Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout

Puissant.

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de

Remerciement :

A mes chers parents : Ayad Ghlamallah et Abdi Halima

Qui m'ont aidé pendant toute ma vie

A mes frères :

Mohamed Amine, Nadjib, Toufik

Sans oublier Mme Ayad Fatima Zehra

Et mes neveux Imad et Ines qui sont la joie de la famille.

A ma chère collègue :

Mlle Abdelkader Sabrina.

A mes chers cousins :

Abdi kadi, Mohamed Réda, Amine, Ayoub, Raouf

A toute ma famille maternelle et paternelle.

A tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste travail et tous ceux

Qui nous sont chers.

Ayad Issam

Sommaire

Table des matières :

I.	Histoire de la RFID :	2
A.	Principe de fonctionnement général :	3
1.	Technologies LF et HF :	6
2.	Technologies UHF et SHF :	8
3.	Technologie ULB (ou UWB pour Ultra Wide Band) :	9
B.	L'interaction lecteur – étiquette :	10
1.	Le couplage magnétique :	10
2.	Couplage radiatif :	11
C.	Étiquettes passives et actives :	11
1.	Les étiquettes passives :	12
2.	Les étiquettes actives :	12
II.	Les applications des RFID :	12
A.	Les applications en logistique :	12
B.	Le contrôle de la qualité :	13
C.	L'identification :	13
D.	La traçabilité :	13
E.	La lutte contre le vol :	13
F.	Le paiement :	13
G.	Les applications scientifiques ou techniques :	13
1.	Introduction :	14
I.	LA DÉMARCHE DE L'IDENTIFICATION :	14
A.	Marquage au fer rouge :	15
B.	Marquage à froid :	16
C.	Tatouage :	16
D.	Marquage au fer rouge :	16
E.	Bouclage visuel :	17
F.	Boucles RFID :	18
G.	Implants RFID	19
H.	Bolus RFID :	19
II.	Identification intrinsèque :	19
III.	CONDITIONS FONDAMENTALES POUR UN SYSTÈME D'IDENTIFICATION :	20

IV.	Qu'est-ce-que la RFID ?	21
A.	Comment fonctionnent les boucles électroniques ?	21
B.	Un transpondeur :	21
C.	Une capsule plastique :	21
D.	Deux technologies disponibles : HDX et FDX	22
1.	Les boucles électroniques HDX :	22
2.	Les boucles électroniques FDX :	22
E.	Une solution d'identification au service de l'éleveur :	22
F.	La RFID standardisée par des normes ISO :	24
V.	NORMES POUR LES MOYENS D'IDENTIFICATION :	25
VI.	Législation de l'identification animale :	26
VII.	Endroit d'emplacement de la boucle RFID chez les différentes espèces :	27
A.	Chez les bovins :	27
B.	Chez les petits ruminants :	27
1.	Matériel et méthodes :	28
2.	Lieu de l'expérimentation :	28
3.	L'effectif expérimental :	28
4.	Matériels utilisés :	29
5.	Fabrication de l'identificateur des bovins :	31
6.	Programmation des puces	33
a-	Lecture des codes « VID » de puces :	33
7.	Mise en place des boucles :	35
	Résultats et discussion	36
	Conclusion	38
	Recommandations et perspectives	39
	Bibliographie :	40

Listes des figures

Figures :

Numéro de page :

1. **Figure 1** : (a) Vue du système d'écoute « the thing » inventé par Léon Theremine. (b) Principe de fonctionnement.....n : 02
2. **Figure 2** : principe de fonctionnement d'un système RFIDn : 04
3. **Figure3** : classement des technologies RFID en fonction de leur zone de fonctionnement (champ proche, lointain) et de leur portée de lecturen : 06
4. **Figure 4** : principe de fonctionnement d'un tag RFID à couplage magnétique n : 07
5. **Figure 5** : masque de communication ULB.....n : 10
6. **Figure 6** : schéma de principe d'un couplage magnétique en champ proche n : 10
7. **Figure 7** : mode de propagation en onde électromagnétique.....n : 11
8. **Figure8** : marquage au fer rougen : 14
9. **Figure 9** : veaux avec des doubles boucles auriculairesn : 17
10. **Figure 10** : animal avec des boucles auriculaires doubles.....n : 18
11. **Figure 11** : composant de la boucle électroniquen : 21
12. **Figure 12** : composition des codes d'identification visuelsn : 25
13. **Figure 13** : Cow -tag- image.....n : 27
14. **Figure 14** : Shepp- tag- imagen : 27
15. **Figure 15** : cattle- tag- imagen : 27
16. **Figure 16** : les puces RFID.....n : 29
17. **Figure 17** : boucle d'oreillen : 30
18. **Figure18** : pince à bouclen : 30
19. **Figure 19** : Arduino Nanon : 31
20. **Figure 20** : Lecteur RFID-RC522.....n : 31
21. **Figure 21** : LCD (16x2).....n : 32
22. **Figure 22** : Schéma de câblagen : 32
23. **Figure 23** : Identificateur lors d'essain : 33
24. **Figure 24** : Une partie du programme utilisén : 34
25. **Figure 25** : Produit finaln : 35
26. **Figure 26** : mise en place de la boucle RFIDn : 35
27. **Figure 27** : lecture des puces après mise en placen : 36
28. **Figure 28. 29** : les informations intégrées dans les bouclesn : 37

Liste des tableaux

Tableau :

Numéro de page :

1. **Tableau 1** : classement des technologies RFID en fonction des fréquences d'utilisation.....n : 5
2. **Tableau 2** : comparaison des systèmes d'identification du bétailn : 19
3. **Tableau 3** : comparaison entre les 2 technique HDX et FDX.....n : 22
4. **Tableau 4** : distance moyenne entre lecteur et boucle électroniquen : 23
5. **Tableau 5** : les différentes informations concernant les vaches de la Fen : 28

Liste des abréviations

RFID : Radio Frequency Identification « Identification radiofréquence »

EID : Electronic identification « identification électronique »

IFF : Identification Friend and Foes « Identification ami et ennemi »

EAS : Electronic Article Surveillance « Surveillance électronique des articles »

LF : low frequency « basse fréquence »

HF : high frequency « haute fréquence »

UHF : ultra high frequency « ultra haute fréquence »

SHF : Supra high frequency « Supra haute fréquence »

ULB : Ultra large bande « Bande ultra large »

ISM : Industrielle Scientifique Médicale « Industrielle Scientifique Médicale »

EPC : Electronic Product Code « Code de produit électronique »

TOF : Time Of Flight « Temps de vol »

ECC : Electronic Communications Committee « Comité des communications électroniques »

FCC : Federal Communications Commission « Commission fédérale de la communication »

DSRP : Dedicated Short Range Communications « Communications dédiées à courte portée »

OCR : optimal reading systems « systèmes de lecture optique »

FAO : Food and agriculture organization « Organisation pour l'alimentation et l'agriculture »

OMS : organisation mondiale de la santé

HDX : Half-Duplex

FDX : Full Duplex

FE : ferme expérimental

Introduction

Introduction

L'identification du bétail est essentielle pour l'élevage moderne ; elle est à la base de toute gestion réussie. Différents types et méthodes d'identification ont été développés pour être appliqués dans diverses circonstances. A l'origine, le marquage a été utilisé pour faire la relation entre les animaux et leurs propriétaires. De nombreuses tribus pastorales ont développé des systèmes d'identification sophistiqués basés sur les couleurs et les motifs cutanés. Ces dernières années, la nécessité d'identifier un animal pour retrouver sa trace à travers la chaîne de production et finalement dans les produits alimentaires – appelée traçabilité – est devenue essentielle pour de nombreux systèmes d'identification.

Il existe deux raisons principales pour placer des marques ou des dispositifs d'identification sur les animaux : **la preuve de propriété et la gestion/traçabilité.**

Depuis toujours, les hommes ont cherché des moyens d'identification destinés à placer leur marque de propriété sur leurs animaux. Les animaux retrouvés après avoir été volés pouvaient être rendus à leur propriétaire et la personne détenant à tort ces animaux pouvait être poursuivie.

Chapitre I

Le principe de la RFID

I. Histoire de la RFID :

Comme le montre à de nombreuses reprises l'histoire de l'humanité, c'est pendant une période de troubles que des avancées technologiques majeures sont réalisées. Ainsi, c'est lors de la seconde guerre mondiale que les premières applications pouvant s'inscrire dans la grande famille des technologies d'identification par radiofréquences, ou RFID pour « Radio Frequency Identification », ont vu le jour. Les anglais inventèrent le système IFF (Identification Friend and Foes), un système de transpondeur radiofréquence permettant d'identifier les avions amis des avions ennemis à l'aide de signaux codés. Dans l'ex URSS, en 1945, Léon Theremin [1.1] inventa quant à lui un système pour l'espionnage, complètement passif permettant de convertir un signal audio en signal radiofréquence à l'aide d'une cavité recouverte d'un diaphragme sensible aux sons (**voir Fig.1 (a)**). Une antenne est insérée dans cette cavité dont le volume est modifié par les sons comme illustré (**Fig. 1 (b)**). Ainsi la cavité peut être considérée comme une charge variable qui évolue au cours du temps selon le signal sonore incident.

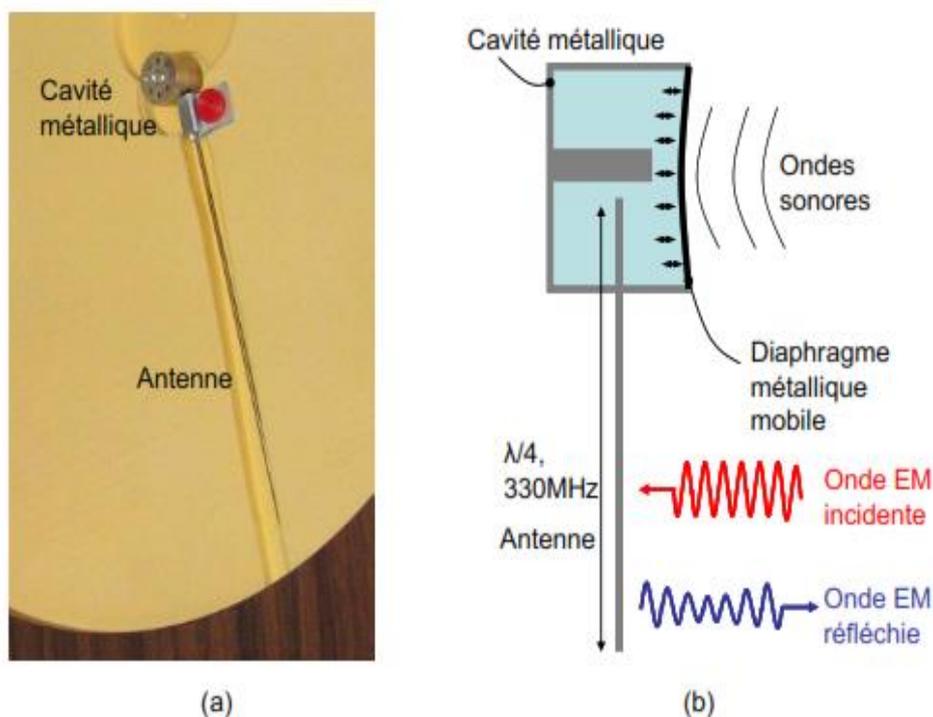


Figure 1 : (a) Vue du système d'écoute « the thing » inventé par Léon Theremine. (b) Principe de fonctionnement.

Le niveau de puissance de l'onde électromagnétique réfléchie par cette antenne va donc varier au rythme des ondes sonores créant ainsi une modulation d'amplitude. Cette invention peut être considérée comme la première technologie RFID sans puce bien que l'aspect identification ne soit pas considéré dans ce dispositif. Pour terminer sur cette période particulière qui correspond

véritablement à la naissance de la RFID, en 1948 Stockman [1.2] envisage l'utilisation de ce qui est connu aujourd'hui comme la RFID à des fins de télécommunication pour des applications diverses en utilisant le principe de modulation de la puissance de l'onde réfléchie par un transpondeur distant. Durant près de 20 ans, la discipline est explorée principalement dans le domaine militaire, et avec l'avènement du transistor et de la miniaturisation des composants, la RFID devient une discipline de recherche attrayante [1.3]. Ainsi en 1964, Harrington [1.4], propose une théorie concernant la réflexion des ondes électromagnétiques par des antennes connectées à des charges variables.

La première application qui est un succès commercial apparaît en 1970 avec les systèmes antivols EAS (Electronic Article Surveillance) dont les transpondeurs sont l'équivalent de tags sans puces 1 bit. Dès lors la RFID intéresse les grandes compagnies comme General Electric ou Philips. D'autres applications voient le jour comme l'identification des animaux d'élevage en 1978 avec un système commercialisé par Identronix Research Californie. Depuis les années 1980, les recherches concernant la RFID n'ont cessées de se développer. Chaque application nécessite des besoins et des performances spécifiques. Les contraintes varient fortement suivant l'environnement de fonctionnement, ce qui explique que les technologies proposées n'ont cessé de se diversifier et que la recherche dans ce domaine s'intensifie. En l'espace d'une vingtaine d'années, nous avons vu apparaître les systèmes de télépéage pour le contrôle d'accès des véhicules sur les autoroutes, les tickets de transport sans contact, les passeports RFID et plus récemment les cartes bancaires sans contact. Toutes ces nouvelles applications ont durablement modifié notre quotidien. Bien que le principe de la RFID sans puce fut introduit par Léon Theremin avant même celui de la RFID conventionnelle, ce n'est que depuis les années 2000, que les recherches sur ce sujet fort prometteur s'intensifient. Potentiellement, le chipless devrait permettre dans un avenir proche de rivaliser avec le code barre optique qui, jusqu'à présent, est le moyen d'identification le plus utilisé et le plus répandu, et ce dans le monde entier. . (Arnaud VENA 28 juin 2012)

A. Principe de fonctionnement général :

Malgré le nombre incroyable de variantes technologiques qui composent les systèmes RFID actuels, le principe de fonctionnement peut être lui décrit de manière générale. Un système RFID est composé par un ou plusieurs lecteurs RFID connectés ou non à des ordinateurs de supervision qui peuvent faire le lien avec des bases de données. Ces lecteurs permettent d'identifier des objets grâce aux tags RFID qui y sont apposés comme schématiquement illustré sur la (Fig. 2) D'un point de vue de la gestion informatique, nous parlerons de circuit ouvert lorsque l'identifiant du tag est universel et l'association entre l'identifiant et l'objet peut être

trouvée sur un serveur distant (voir Fig. 2). Le code à barre est un exemple bien connu de système ouvert permettant d'identifier des articles de manière universelle. Les systèmes fermés sont dédiés aux applications dont la gestion des identifiants est réalisée en interne, et n'est pas accessible de l'extérieur. Ainsi, bien souvent l'infrastructure réseau des circuits fermés s'arrête à un réseau local rassemblant les informations dans une base de données privée. D'utilisation de circuits fermés se justifie parfois par la nécessité d'un niveau de sécurité supérieur. Dans ce cas les identifiants ne doivent pas être connus du public pour éviter la falsification des données.

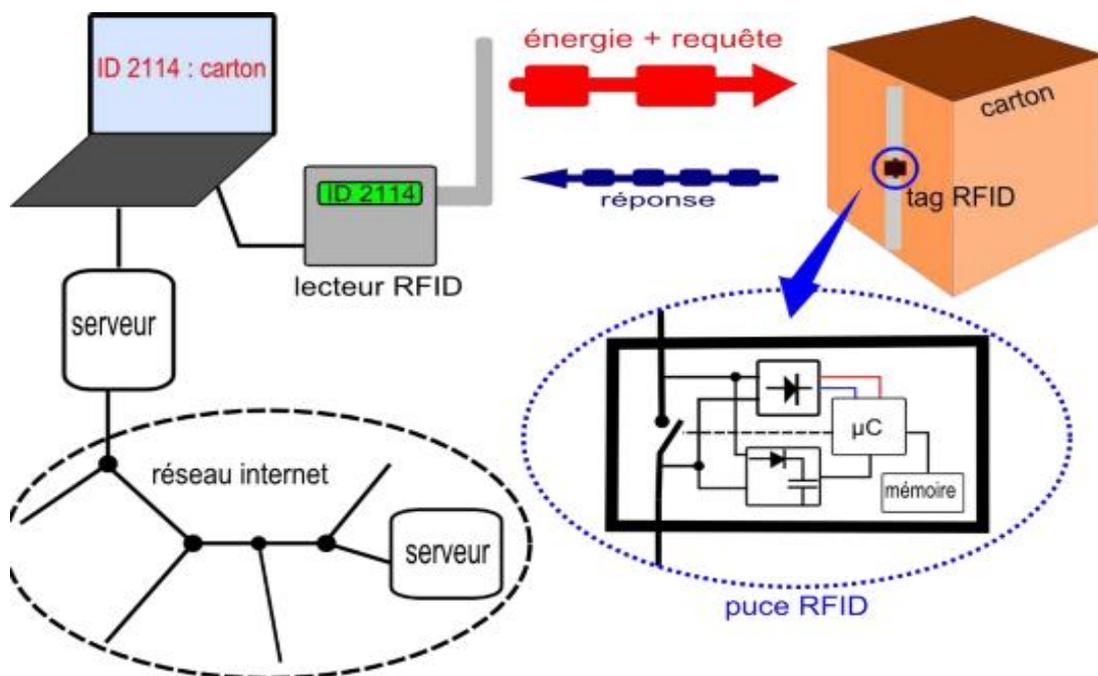


Figure 2 : principe de fonctionnement d'un système RFID.

Des tags RFID peuvent être classés en fonction de leur mode d'alimentation, de leur fréquence d'opération, de leur capacité cryptographique, de leur protocole de communication ou encore par la présence ou non d'une puce électronique. Ainsi nous parlerons de tags passifs lorsque le tag est totalement alimenté par le champ électromagnétique du lecteur. Les tags semi-passifs utilisent l'énergie du lecteur pour générer la réponse à une requête lecteur. En revanche, les autres éléments de la puce tels que le microcontrôleur et la mémoire tirent leur énergie d'une pile. Enfin un tag actif, est totalement alimenté par une pile, il génère la réponse vers le lecteur à partir de sa propre énergie en utilisant un étage d'émission RF. Dans ce dernier cas, les fréquences d'émission et de réception peuvent être différentes. Suivant les fréquences de fonctionnement, les principes physiques mis en jeu sont différents, ce qui conduit à des

performances en termes de portée de lecture, de positionnement des tags, de coût unitaire et de susceptibilité à l'environnement très différents (**voir Tableau 1**).

Tableau 1 : classement des technologies RFID en fonction des fréquences d'utilisation.

Famille	Portée	Capacité de codage	Accès	Niveau de confidentialité	susceptibilité	positionnement	Coût du tag
LF, HF	<1m	qq. kbits	Lecture/Ecriture	Elevé	Métal à 13.56MHz	Indépendant de la polarisation	>0.4 euros
UHF, SHF	1m-100m	qq. kbits	Lecture/Ecriture	Faible	Métal, liquides	Dépend de la polarisation	>0.1 euros
ULB	<60m	qq. bits	Lecture/Ecriture	bon	Métal, liquides	Dépend de la polarisation	>0.3 euros
Sans puce	<1m	256 bits	Lecture/Ecriture	Sans	Métal, liquides	Dépend de la polarisation	>0.005 euros

Ainsi nous pouvons classer les technologies RFID en quatre sous familles :

- Les technologies basses fréquences LF, HF à couplage magnétique.
- Les technologies UHF, SHF utilisant la propagation des ondes électromagnétiques.
- La technologie ULB.
- Les technologies sans puces.

La portée de lecture est liée au mode de fonctionnement du tag en champ proche ou en champ lointain comme illustré (**Fig.3**). Les tags « basses fréquences », fonctionnent en champ proche. Leur distance de fonctionnement étant bien inférieure à la longueur d'onde λ égale à 2400 m à 125 kHz et 22 m à 13.56 MHz. de transfert d'énergie s'effectue essentiellement par couplage inductif. Pour les fréquences UHF-SHF, la longueur d'onde se situe entre 0.7 m (pour 433 MHz) et 5 cm (5.8 GHz). Des ondes se propagent à partir d'une distance R de l'antenne d'émission. (**Arnaud vena 28 juin 2012**).

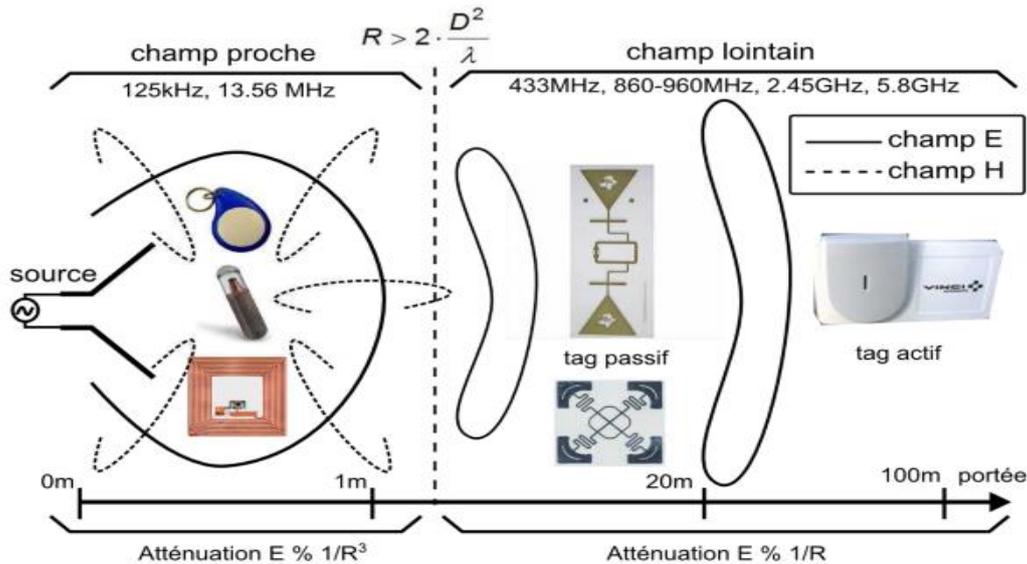


Figure 3 : classement des technologies RFID en fonction de leur zone de fonctionnement (champ proche, lointain) et de leur portée de lecture.

1. Technologies LF et HF :

Les technologies « champ proche » se trouvent principalement dans les applications dans lesquelles la confidentialité des données échangées entre le tag et le lecteur doit être garantie. Prenons pour exemple le passeport, ou le titre de transport RFID. Les lecteurs utilisés dans ce cas ont des portées de lecture de l'ordre de la dizaine de centimètres. L'échange de données peut se faire en mode crypté lorsqu'il s'agit par exemple de manipuler des sommes d'argent (décompte d'une unité de transport). Cela signifie que les puces implémentées sur ce genre de tags sont de véritables microcontrôleurs possédant de la mémoire en quantité et des unités de calcul dédiées à la cryptographie. Les débits de communication peuvent atteindre 848 kbit/s, ce qui permet une lecture rapide d'une quantité importante d'informations. Dans le cas d'un passeport, la photo d'identité du titulaire peut être lue en une fraction de seconde. Les fréquences de fonctionnement principalement utilisées sont 125 kHz, 134 kHz et 13.56 MHz contenue dans la bande ISM (Industrielle Scientifique Médicale). Les bandes 125 kHz et 134 kHz sont réservées aux applications nécessitant peu d'informations mémorisées et elles présentent l'avantage d'une meilleure tolérance aux environnements métalliques.

Le principe de fonctionnement d'un tag RFID en champ proche [1.5] est décrit dans les Figs. 1.2 Et 1.4. Le lecteur génère un signal à la fréquence de la porteuse (par exemple 13.56 MHz). Le tag distant est alimenté par couplage magnétique, comme dans un transformateur. L'énergie collectée par le tag est redressée via un pont à diodes et alimente la puce. Pour réveiller un tag distant, le lecteur envoie une commande en modulant la porteuse en amplitude avec un indice de modulation 100%. Au niveau du tag, un simple détecteur à diodes permet de démoduler la

requête lecteur. Après analyse de la requête par la puce, la réponse du tag est envoyée en utilisant un principe de modulation de charge.

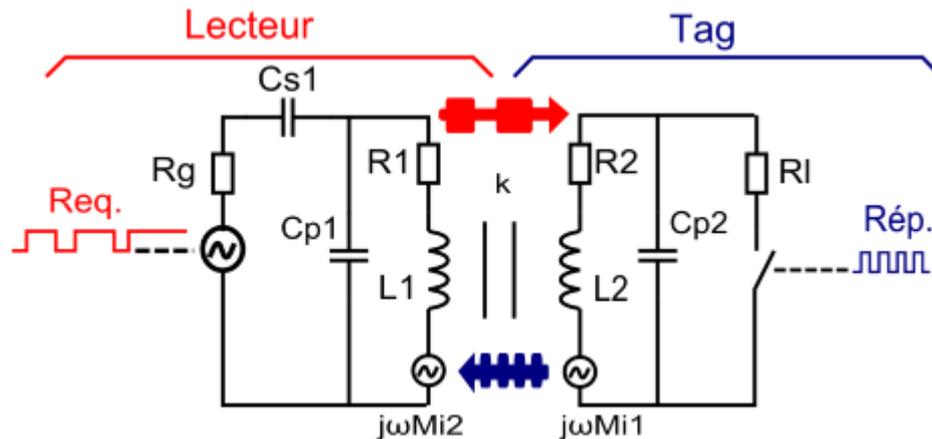


Figure 4 : principe de fonctionnement d'un tag RFID à couplage magnétique.

Pour mieux comprendre ce qui passe au niveau du lecteur lorsque le tag module sa charge, nous pouvons faire l'analogie avec le fonctionnement d'un transformateur électrique (voir Fig. 4) dont le bobinage secondaire est lié à l'enroulement primaire par couplage magnétique et inversement [1.5], [1.6]. Si le secondaire du transformateur est à vide, le courant secondaire est nul, ce qui n'induit aucune tension électromotrice opposée au primaire. Dans le cas contraire, une force électromotrice au primaire proportionnelle au niveau de courant dans le secondaire va avoir pour effet de diminuer la tension totale au primaire. Ainsi, les modulations de courant au secondaire sont donc détectables au primaire. C'est ce principe qui est exploité dans les systèmes RFID à couplage magnétique. Ainsi en modulant la charge au niveau du tag, au rythme d'une fréquence sous-multiple de la fréquence porteuse (générée par division de fréquence de la porteuse 13.56 MHz), le courant est modulé dans l'antenne-boucle du tag, et par couplage magnétique, la tension au niveau de l'antenne-boucle du lecteur est également modulée.

La norme régissant le fonctionnement des tags RFID à 13.56 MHz depuis la couche transport jusqu'à la couche application est l'ISO/IEC 14443 [1.5]. Cette norme fait autorité dans le monde entier. Elle a permis d'unifier le développement des systèmes RFID à 13.56 MHz et a donc rendu leur utilisation très répandue dans le monde du transport, du contrôle d'accès aux bâtiments, du passeport et tout récemment du paiement sans contact avec Paypass. De nombreux fournisseurs proposent des produits fonctionnant dans la bande 13.56 MHz. Parmi eux NXP, qui propose une gamme complète de circuits intégrés pour les cartes ou tickets sans contact avec ses produits Mifare [1.7]. Un autre fabricant connu proposant des produits en RFID HF est ST Microelectronics avec la gamme SRi ou SRt [1.8].

Les capacités mémoires de ces puces sont en général comprises entre 256 bits et plusieurs dizaines de kbits.

Les systèmes LF fonctionnant essentiellement à 125 kHz, et 134 kHz sont plus hétérogènes et ne font pas partie de la bande ISM. Leurs applications principales se situent dans le contrôle d'accès aux bâtiments (gâchettes) ou les micro-paiements pour les machines de distribution de boissons automatiques. Les animaux domestiques sont également tagués avec des puces à 125 kHz ou 134 kHz, pour la traçabilité du bétail et afin de lutter contre le trafic animal. . (Arnaud VENA 28 juin 2012)

2. Technologies UHF et SHF :

Les technologies RFID dans les bandes UHF et SHF sont apparues depuis une décennie et suscitent un réel intérêt notamment depuis la définition du standard EPC (Electronic Product Code) par l'Auto-ID Center, en 2003. d'EPC réuni un consortium de 120 compagnies majeures dans le domaine des technologies de l'identification et des RFID, parmi elles des noms comme DHD ou Cisco Systems apparaissent. Pour n'en citer que quelques-unes, les applications visées concernent la traçabilité des marchandises ou la gestion des palettes dans les centres de logistique. De standard EPC a été repris par l'ISO pour la définition de la norme ISO 18000-6 C destinée aux puces dites de deuxième génération fonctionnant dans la gamme 860-960 MHz. Avant même la création de l'EPC, des systèmes RFID UHF ont vu le jour dans les péages autoroutiers français à partir de 1992. En effet, la nécessité d'avoir des distances de lecture plus importantes que celles envisageables avec les technologies à base de couplage magnétique, a motivé le développement de cette technologie pour les fréquences 2.45 GHz et 5.8 GHz. Ces deux fréquences sont soumises aux normes ISO 18000-4 et 18000-5. Enfin plus récemment, la fréquence d'utilisation à 433 MHz a fait l'objet d'un nouvel ajout dans la norme ISO 18000-7.

Dans cette partie, nous présentons deux principales variantes technologiques que sont, les tags passifs et les tags actifs. Ils se différencient par la manière dont la réponse est renvoyée à la station de base. On parlera de tag passif, lorsque la réponse du tag vers le lecteur est basée sur un principe de rétro diffusion ou « backscattering » en anglais. A l'opposé, un tag actif embarque un réel étage d'émission RF, sa puissance d'émission n'est donc pas liée à la distance entre le tag et le lecteur, car l'énergie est fournie localement par une batterie. De choix entre un tag passif et un tag actif peut s'opérer suivant plusieurs critères notamment, la portée de lecture, le coût du tag, l'encombrement, la durée de vie... (Arnaud VENA 28 juin 2012)

3. Technologie ULB (ou UWB pour Ultra Wide Band) :

La RFID Ultra large bande (ULB) est une discipline récente représentant une alternative intéressante aux systèmes RFID à bande étroite décrits précédemment. Ce qui a motivé les équipes de recherches et les industriels à explorer cette technologie est avant tout la possibilité de localiser précisément les tags en plus de les identifier. En effet en communication ULB, des impulsions ultra-courtes (de l'ordre de la nanoseconde) sont utilisées pour véhiculer les données, ce qui permet d'estimer avec précision la durée d'un trajet aller-retour ou temps de vol (TOF pour Time Of Flight) effectué par les signaux. Ceci permet également de choisir de manière très précise la zone de détection des tags si l'antenne lecteur est capable de modifier, de manière dynamique, son diagramme de rayonnement.

D'autre part, le fait d'utiliser des signaux avec un spectre fréquentiel très large permet de s'affranchir des problèmes d'interférences avec les communications bandes étroites. Un étalement spectral est plus robuste aux différents mécanismes d'atténuation du signal et aux environnements multi-trajets. Ceci favorise ainsi une portée de lecture plus importante, à puissance égale, par rapport à un système RFID à bande étroite.

Un système communiquant ULB est caractérisé par une bande passante supérieure ou égale à 500 MHz. Les autorités de régulations américaines FCC (Federal Communications Commission), autorisent des communications ULB entre 3.1 et 10.6 GHz. En Europe l'ECC (Electronic Communications Committee) autorise des communications entre 3.1 et 9 GHz avec une bande non autorisée entre 4.8 et 6 GHz. (**La Fig. 5**) illustre les différents masques d'émissions autorisés. La densité spectrale de puissance maximum autorisée est de 41.3 dBm. Ces valeurs peuvent paraître faibles mais en radio impulsionnelle, le rapport cyclique ainsi que la durée des signaux échangés est faible. Il est donc préférable de parler de l'énergie transportée par un pulse. Des calculs de portée de détection font donc appel à des énergies plutôt qu'à des puissances. (**Arnaud VENA 28 juin 2012**)

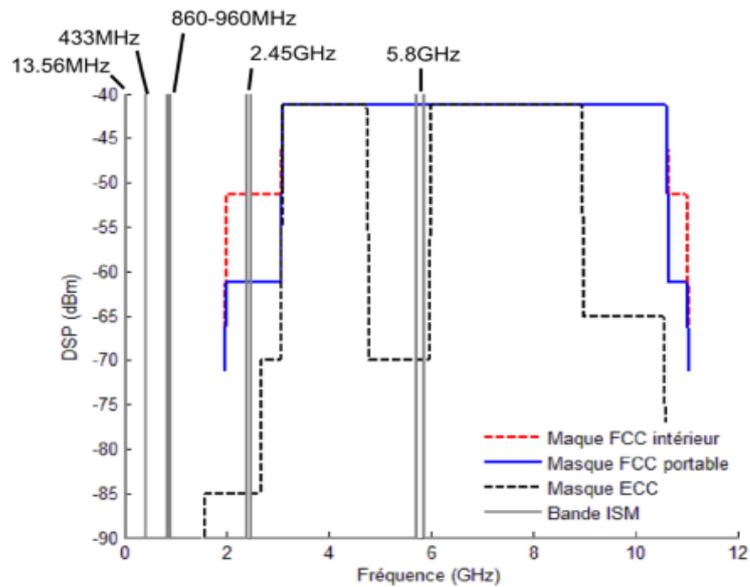


Figure 5 : masque de communication ULB.

B. L'interaction lecteur – étiquette :

1. Le couplage magnétique :

Tous circuit ,et en particulier les antennes , rayonnent . A une distance maximale de l'ordre de la longueur d'onde , une source émet un faisceau casiment parallele qui permet a la source d'entre en resonance inductive avec un recepteur , comme les enroulements d'un transformateur (figure 6).

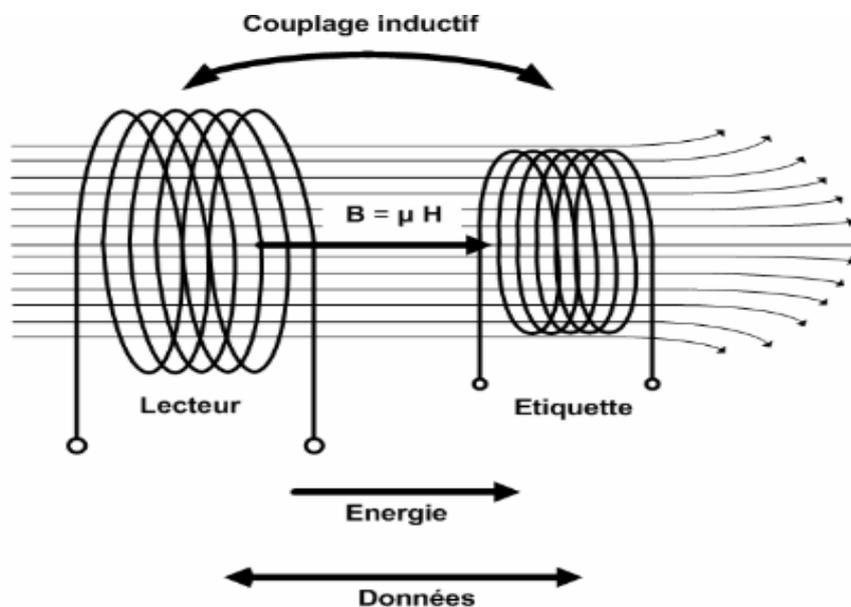


Figure 6 : schéma de principe d'un couplage magnétique en champ proche.

Le passage d'une étiquette à proximité d'un lecteur « réveille » cette dernière et permet d'accéder au données stockées dans sa mémoire. la lecture des données se fait dans le lecteur par analyse des perturbations induites au niveau du champ émis .L'avantage du couplage magnétique et qu'il est peu sensibles aux perturbations externes et est facilement modélisable

.l'étiquette est de conception très simple , donc peu couteuse et en règle générale passive .L'inconvénient majeur réside dans la limitation en termes de portée ainsi que ,Dans la bande HF , la fréquence de 13,56MHz correspondant à une longueur d'onde de 22 mètres. Mais on trouve des transpondeurs passif opérant jusqu'à 29MHz. (Jean pierre Hauet, 2005)

2. Couplage radiatif :

En champ lointain, à une distance de la source approximativement supérieure à la longueur d'onde, le faisceau diverge pour donner naissance à une onde sphérique localement plane (**figure 7**). L'étiquette se comporte alors comme un véritable émetteur-récepteur radio et nécessite en règle générale des solutions actives.

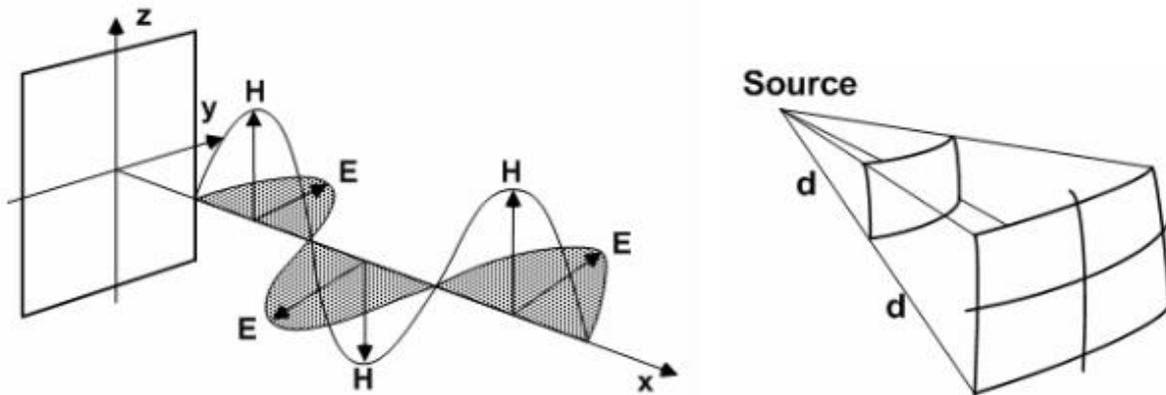


Figure 7 : mode de propagation en onde électromagnétique.

Le champ électromagnétique diminue en fonction de $1/d$, inverse de la distance à la source, et l'énergie reçue en fonction de $1/d^2$.

Ce mode d'interaction permet de communiquer sur des distances plus grandes, de 10 mètres et plus, et de transmettre des débits de données plus importants. Les antennes, fonction de la longueur d'onde, sont plus petites.

En contrepartie, les systèmes sont plus complexes que les systèmes inductifs. la propagation des ondes est plus difficile à prévoir, en opérant a des fréquences de 900Mhz, il est possible de réduire fortement la taille des antennes ce qui contribue à la miniaturisation des équipements. . (Jean pierre Hauet, 2005)

C. Etiquettes passives et actives :

Une autre façon de classer les systèmes RFID consiste à distinguer les étiquettes passives des étiquettes actives. Les étiquettes passives ne disposent d'aucune autre source d'énergie que celle qu'elles reçoivent de la part du lecteur alors que les étiquettes actives sont dotées d'une batterie dont la durée de vie est typiquement de 5 ans. (Jean pierre Hauet, 2005)

1. Les étiquettes passives :

La plus part des étiquettes passives sont des « marqueurs », c'est-à-dire qu'elles renvoient, lorsqu'elles sont interrogées, les informations contenues dans leur mémoire qui permettent par exemple l'identification de l'objet concerné. On verra plus loin que selon le standard de fait EPC (Electronic product code), cette identification se fait sur 96 bits. **(Jean pierre Hauet, 2005)**

2. Les étiquettes actives :

A des fréquences élevées et en particulier à partir de 2,45GHz, il n'est plus possible « d'énergétiser » le transpondeur à partir du lecteur. Une batterie embarquée devient indispensable. C'est en particulier le cas des systèmes de péage autoroutier qui opèrent de plus en plus fréquemment dans les bandes DSRP (Dedicated Short Range Communications) à 5,8 ou 5,9 GHz. **(Jean pierre Hauet, 2005).**

II. Les applications des RFID :

Les applications des systèmes RFID sont extrêmement nombreuses et s'enrichissent tous les jours de nouvelles idées. Typiquement cependant, on peut dire que les RFID sont appelées à substituer :

- aux différents codes-barres, en évitant le problème de la lecture directe, en permettant des échanges de données plus nombreuses, leur mémorisation et leur actualisation.
- à certain systèmes de lecture optique (OCR), pour la reconnaissance de documents officiels notamment
- à certaines applications des « smart cards » pour le paiement électronique ou le contrôle d'accès.

Ceci rappelé, il est difficile de classifier les applications des RFID sans rapidement tomber dans un inventaire « à la Prévert ». On citera cependant :

A. Les applications en logistique :

Relevant de la logistique et du « supply chain management ». L'étiquetage RFID permet, bien mieux que le code barre, d'assurer le suivi des produits en fabrication, en stock et en distribution. Les constructeurs automobiles (Ford) et les grands distributeurs ont été pionniers dans ce domaine.

Wal-Mart a en particulier exigé d'une certaine de ses grands fournisseurs que l'étiquetage des produits achetés soit fait, à partir de janvier 2005, de peur de se trouver marginalisées, un nombre bien supérieur de fournisseurs se sont alors raccrochés à cette initiative dont Wal-Mart attend des progrès très significatifs en terme de réduction des délais d'approvisionnement et des

ruptures de stock ainsi qu'une meilleure connaissance des flux dans le cadre d'une gestion intégrée.

B. Le contrôle de la qualité :

En s'assurant que les outillages, les matières premières de qualité souhaitée et les composants requis sont disponibles. On rangera aussi dans cette catégorie la possibilité de lutter contre la contrefaçon de médicaments ou de billets de banque, ainsi que le contrôle de la qualité des services postaux par échantillonnage(en attendant le timbre RFID !).

C. L'identification :

Qui peut être celle d'objets tels que des documents administratifs (passeports), des bagages (dans les aéroports), des vêtements (pour l'adaptation automatique du programme de lavage), ou **celle d'animaux** (suivie et contrôle du bétail, pour la traite ou l'alimentation notamment) ou bien même celles des êtres humains.

D. La traçabilité :

Pour vérifier, par exemple, le parcours de livres en bibliothèque ou le respect de la chaîne du froid, ou bien encore l'origine et la non-péremption de produits spéciaux, tels que les poches de sang, ou le comportement de pneumatiques ou la lutte contre des pandémies (vache folle ou grippe aviaire). Dans un domaine plus ludique, on pourra aussi rechercher et identifier les balles de golf perdues.

E. La lutte contre le vol :

Dans les magasins mais aussi pour les véhicules grâce aux systèmes de démarrage commandés par cartes RFID

F. Le paiement :

Après identification, dans les systèmes de transport public : métros, bus dans les parkings, au télépéage des autoroutes mais aussi dans des domaines beaucoup plus large (pompes à essence, distributeurs) grâce au couplage à un téléphone portable.

G. Les applications scientifiques ou techniques :

Pour le relevé des informations collectées par des stations d'observation ou au niveau de points de contrôle (sur des pipelines par exemple). (**Jean pierre Hauet, 2005**)

Chapitre II :
L'utilisation de la RFID
chez les animaux

1. Introduction :

L'identification du bétail est essentielle pour l'élevage moderne ; elle est à la base de toute gestion réussie. Différents types et méthodes d'identification ont été développés pour être appliqués dans diverses circonstances. A l'origine, le marquage a été utilisé pour faire la relation entre les animaux et leurs propriétaires. De nombreuses tribus pastorales ont développé des systèmes d'identification sophistiqués basés sur les couleurs et les motifs cutanés. Ces dernières années, la nécessité d'identifier un animal pour retrouver sa trace à travers la chaîne de production et finalement dans les produits alimentaires – appelée traçabilité – est devenue essentielle pour de nombreux systèmes d'identification.

I. LA DÉMARCHE DE L'IDENTIFICATION :

Il existe deux raisons principales pour placer des marques ou des dispositifs d'identification sur les animaux : la preuve de propriété et la gestion/traçabilité.

Etablir une preuve de propriété Depuis toujours, les hommes ont cherché des moyens d'identification destinés à placer leur marque de propriété sur leurs animaux. Les animaux retrouvés après avoir été volés pouvaient être rendus à leur propriétaire et la personne détenant à tort ces animaux pouvait être poursuivie.(FAO/OMS,2004)



Figure 8 : marquage au fer rouge.

ÉVITER : des marques illisibles sur des bovins en Namibie – le marquage ne peut pas être utilisé pour l'identification claire et non équivoque nécessaire pour la traçabilité moderne

A. Marquage au fer rouge :

Le marquage des animaux (**Figure 8**) au fer rouge est utilisé depuis près de 4 000 ans. Tout en disposant une marque permanente sur l'animal, le marquage présente plusieurs désavantages :

- La contrainte de la taille signifie que le nombre de symboles que l'on peut mettre sur la peau de l'animal est limité et que l'identification individuelle ne peut se faire.
- Le marquage détériore et dévalue le cuir de l'animal – plus la marque est saillante, plus les lésions et les pertes financières sont importantes.
- Une mauvaise technique de marquage ou l'utilisation de symboles ambigus ont un effet défavorable sur la lisibilité du marquage. L'utilisation d'une série de symboles codés, qui est une pratique moderne courante, rend la lecture difficile.
- Le «maquillage» des marques – techniques de juxtaposition des marques utilisée par les voleurs de bétail – les rend facilement illisibles.
- La croissance de l'animal déforme les marques appliquées très tôt, de sorte que lorsqu'il est adulte, la marque n'est plus lisible.
- La pousse du poil, en particulier la formation du long pelage d'hiver, peut souvent rendre la marque presque invisible.
- Plusieurs éleveurs peuvent, volontairement ou involontairement, utiliser les mêmes marques ou des marques similaires, entraînant ainsi des confusions.
- La position des marques sur les animaux – en général placées le plus bas possible sur les membres afin de minimiser les dégâts sur le cuir – rend leur lecture difficile, en particulier lorsque les animaux se trouvent dans un enclos dont la structure bloque la vision.
- Le fait que le marquage soit réalisé par le propriétaire des animaux signifie que, même au sein d'un même troupeau, l'aspect et la lisibilité des marques varient considérablement. Les marques peuvent être copiées illégalement et utilisées par d'autres. Le manque de contrôle centralisé concernant l'utilisation et l'application des marques est à la base de nombreux problèmes rencontrés.
- Des questions de bien-être ont aussi commencé à être soulevées au sujet de l'utilisation des marques. Le fait que le marquage provoque douleur et stress ne peut plus être ignoré. (FAO/OMS, 2004)

B. Marquage à froid :

Le marquage à froid utilise l'azote liquide pour porter un fer à des températures très basses pour marquer un animal. Il présente tous les inconvénients du marquage à chaud – sauf qu'il est supposé être moins douloureux. Il est aussi cher et difficile à utiliser, et donc hors de portée des éleveurs plus pauvres. (FAO/OMS, 2004).

C. Tatouage :

La philosophie de base de l'utilisation des tatouages est l'identification de la propriété des animaux comme pour le marquage. Il n'existe pas de contrôle centralisé pour la réalisation des tatouages, le nombre de symboles utilisables par individu ne permet pas l'identification individuelle et, surtout, la lisibilité pose de gros problèmes. Les animaux sont, en général, tatoués à l'oreille, ce qui signifie qu'un animal doit d'abord être attrapé physiquement puis examiné, premièrement pour savoir s'il est marqué ou non et, deuxièmement, pour essayer de déchiffrer les signes utilisés pour le tatouage. A cause de ces difficultés, les tatouages ne sont utilisables que pour confirmer la propriété. Un autre inconvénient existe pour identifier des propriétaires successifs – alors qu'un animal peut être marqué à différents endroits sur son corps pour identifier plusieurs propriétaires successifs, seules deux oreilles sont disponibles pour les tatouages. (FAO/OMS, 2004).

D. Marquage au fer rouge :

Lorsque le marquage est utilisé comme preuve de propriété, les normes suivantes devraient être appliquées :

- Les caractères et symboles utilisés devraient être clairs et de grande taille (au moins 7 cm de haut).
- Les caractères utilisés devraient être des chiffres et des lettres et non des dessins, pour faciliter le stockage des données dans un registre.
- La marque devrait être placée à un endroit saillant sur le cuir, comme sur le haut de la cuisse, la croupe ou l'épaule.
- Les animaux doivent être contenus fermement pour le marquage.
- Le fer de marquage doit être chauffé au rouge et appliqué sur la peau de l'animal pendant 3 à 5 secondes.
- Le fer doit être de nouveau chauffé au rouge avant d'être utilisé sur un autre animal.
- Les marques devraient être enregistrées auprès d'une autorité centrale. (FAO/OMS, 2004).

E. Bouclage visuel :

Les boucles pour animaux – en général des boucles en plastique fixées aux oreilles – sont utilisées depuis des décennies. De nombreux éleveurs ont utilisé des boucles écrites à la main comme moyen de gestion. La longévité de ces boucles a longtemps été un problème, surtout parce que les boucles tombaient ou s’effaçaient et devenaient illisibles. Cependant, de gros progrès ont été faits dans la fabrication des boucles et il existe maintenant des doubles boucles qui peuvent être imprimées au laser et sont impossibles à falsifier. Ces dernières ne s’enlèvent pas facilement et sont lisibles pendant des années (**Figures 9 et 10**). Les boucles peuvent être placées par la plupart des éleveurs au moyen d’un applicateur qui fixe correctement la boucle. Ces boucles peuvent être imprimées avec des codes alphanumériques de plusieurs caractères qui identifieront chaque animal de façon efficace et unique, et qui sont clairement et rapidement lisibles à une distance d’environ 2 m. Les boucles peuvent facilement durer toute la vie d’un animal d’abattoir et peuvent servir à enregistrer ses progrès à toutes les étapes de la chaîne de production. Au sein de leurs propres systèmes de gestion, les éleveurs peuvent facilement établir des bases de données fondées sur ce mode d’identification pour surveiller leur évolution pour d’autres paramètres comme le gain de poids et la transformation des aliments. Les boucles ont été conçues avec des formes et des tailles différentes selon les espèces animales, avec des boucles en plastique plus larges pour les bovins et les buffles et des petites boucles – en plastique ou en métal – plus adaptées pour les moutons et les chèvres. Pour ces boucles, les codes alphanumériques peuvent être utilisés et sont facilement conservés dans des bases de données informatiques. Le principal inconvénient ici est que l’enregistrement de l’identité d’un animal, lorsqu’il se déplace le long de la chaîne de production, doit être fait manuellement et qu’il est donc sujet à erreur lors de la transcription. (FAO/OMS, 2004).



Figure 9 : veaux avec des doubles boucles auriculaires



Figure 10 : animal avec des boucles auriculaires doubles.

F. Boucles RFID :

La dernière nouveauté dans le domaine de l'identification – l'utilisation de dispositifs basés sur la fréquence radio (en anglais RFID, ou micro transpondeurs) a fait avancer la technologie de l'identification encore davantage. Il existe différents types de transpondeurs avec plusieurs possibilités de programmation (les puces les plus sophistiquées peuvent en fait conserver des informations sur l'animal dans lequel elles sont placées) et de distance à laquelle ils sont lisibles. Les puces les plus économiques peuvent être utilisées pour marquer le prix des produits dans les supermarchés et sont lisibles avec un scanner à une distance de quelques centimètres seulement, alors que les versions plus puissantes peuvent être lues électroniquement à plusieurs mètres. Cependant, les micros transpondeurs présentent le même inconvénient que les codes-barres. Ils nécessitent une infrastructure électronique coûteuse pour fonctionner et les transpondeurs eux-mêmes sont très chers. Une boucle auriculaire contenant un transpondeur peut coûter deux ou trois fois plus chères qu'une simple boucle visuelle. Les RFID peuvent se casser et être inutilisables, bien que cela n'arrive que très rarement. En conclusion, les transpondeurs représentent un des plus grands pas réalisés à ce jour dans l'identification relativement facile du bétail. (FAO/OMS, 2004).

Tableau 2 : comparaison des systèmes d'identification du bétail

Type d'identification	Lisibilité	Coût	Longévité	Transcription	Contrôle centralisé
Marquage au fer rouge	mauvaise	bon marché	bonne	manuelle	impossible
Marquage à froid	mauvaise	cher	bonne	manuelle	impossible
Tatouage (à l'oreille)	très mauvaise	bon marché	bonne	manuelle	impossible
Boucle auriculaire (visuelle)	bonne	moyen	assez bonne	manuelle	possible
Boucle auriculaire (code-barres)	bonne (si elle est propre)	moyen	assez bonne	électronique	possible
Boucle auriculaire (transpondeur)	excellente	cher	bonne	électronique	possible
Transpondeur sous-cutané	excellente	cher	bonne	électronique	possible
Transpondeur intraruminal	excellente	cher	bonne	électronique	possible
Méthodes génétiques	difficile	cher	bonne	complexe	fondamental

G. Implants RFID

L'implantation sous-cutanée de micro transpondeur se fait à l'aide d'un appareil semblable à une grande seringue hypodermique et elle devrait pouvoir être réalisée par la plupart des éleveurs. Ces implants sont en général placés sous la peau de l'oreille

Mis à part son coût et autres inconvénients des marques contenant des micros transpondeurs, ceux-ci peuvent aussi migrer sous la peau, ce qui signifie qu'il faudra souvent les chercher. Extérieurement, l'animal ne porte aucun signe d'avoir été marqué par un transpondeur. Cette caractéristique peut être d'une grande aide pour l'arrestation des voleurs d'animaux, mais il signifie que toute personne désirant connaître l'identité d'un animal doit posséder un scanner électronique. Néanmoins, l'utilisation des transpondeurs sous-cutanés est un mode d'identification du bétail invisible et permanent bien plus sûr que le marquage ou le tatouage. (FAO/OMS, 2004).

H. Bolus RFID :

Les micros transpondeurs peuvent aussi être placés dans des bolus en céramique qui peuvent être administrés aux jeunes ruminants et rester de façon permanente dans le réseau. Alors qu'ils identifient l'animal de façon permanente et invisible, la procédure d'administration est délicate et hors de portée de nombreux éleveurs. Leur coût élevé est largement reconnu. (FAO/OMS, 2004).

II. Identification intrinsèque :

Les autres moyens d'identification – l'enregistrement du modèle rétinien unique dans l'œil, les empreintes nasales, l'empreinte digitale génétique des animaux – sont tous à des stades de recherche. Tous requièrent un appareillage complexe et coûteux pour le contrôle et l'enregistrement de chaque individu, ainsi que pour l'élaboration de bases de données

sophistiquées. Alors que ces méthodes sont plus infaillibles que celles citées ci-dessus, elles ne sont pas considérées encore comme assez pratiques et économiques pour pouvoir être utilisées quotidiennement sur la ferme. Un résumé des caractéristiques des différents systèmes d'identification des animaux est présenté dans **(le tableau 2)**. (FAO/OMS, 2004).

III. CONDITIONS FONDAMENTALES POUR UN SYSTÈME D'IDENTIFICATION :

Après avoir donné un aperçu de l'importance de l'identification ainsi que des moyens et les dispositifs existants, il est maintenant à propos de préciser les conditions d'un système d'identification. La connaissance des besoins et des ressources disponibles conduira finalement à choisir le moyen le plus adapté. L'idéal serait qu'un système d'identification remplisse les conditions suivantes :

- Les moyens d'identification devraient être clairs et facilement lisibles (visuellement ou électroniquement).
- L'identification utilisée doit être produite et contrôlée de façon centralisée afin d'obtenir une bonne qualité et une bonne lisibilité et d'éliminer, dans la mesure du possible, toute erreur humaine. Il est fondamental d'atteindre une qualité uniforme générale.
- Les moyens d'identification ne devraient pas être faciles à copier (pour éviter la contrefaçon) et ne devraient pas pouvoir passer d'un animal à un autre (pour éviter le vol de l'identification et la fraude). Cela signifie que la boucle, le transpondeur, le bolus ou tout autre moyen utilisé devraient se casser et devenir inutilisables si une personne essayait de les enlever d'un animal pour les mettre sur un autre. La production centralisée du dispositif par des moyens sophistiqués rendra aussi sa copie hors de portée d'un individu quelconque.
- Les moyens d'identification devraient aussi durer dans le temps – c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir persister sur ou dans l'animal une longue période de temps. Cela peut signifier de la naissance à l'abattage ou, dans le cas des vaches laitières, toute leur vie de production. En pratique, pour les boucles auriculaires, cela signifie qu'il faut un taux de persistance élevé.
- Les moyens d'identification ne devraient pas provoquer de douleur ou de gêne pour l'animal ; ils ne devraient pas abîmer le cuir ou la viande ni constituer une porte d'entrée pour les infections. L'identification ne devrait pas non plus contaminer la viande d'une quelconque manière.
- Le moyen d'identification devrait être facile à mettre en place sur l'animal et ne pas nécessiter d'équipement coûteux ou sophistiqué ; l'identification en elle-même ne devrait pas être excessivement coûteuse.

- Le système d'identification doit être utilisé efficacement à grande échelle mais ne doit pas exiger une infrastructure dépassant les moyens de la communauté des éleveurs ou du pays qui l'utilise.

(FAO/OMS, 2004).

IV. Qu'est-ce-que la RFID ?

La « Radio Frequency Identification » (RFID) ou « Identification Electronique » (EID), est un système qui permet de récupérer des informations à distance grâce au champ électromagnétique des ondes radios. Ce système utilise la basse fréquence, qui offre la possibilité de lire les informations dans des conditions extérieures extrêmes, humides et insalubres. (ARDES).

A. Comment fonctionnent les boucles électroniques ?

La boucle électronique est dite « passive » car elle **ne contient ni de batterie, ni de source d'énergie**, lui garantissant une **durée de vie illimitée**. L'énergie est issue du lecteur qui active la boucle électronique lorsqu'elle est à portée. La boucle électronique est donc la source d'information et la base de tout le système d'identification par RFID.

Deux éléments composent la boucle électronique pour son bon fonctionnement :

B. Un transpondeur :

Le transpondeur est composé d'une puce électronique et d'un microcircuit en Silicium. Ce microcircuit contient le numéro d'identification de l'animal et d'une antenne circulaire, en fil de cuivre bobiné.

C. Une capsule plastique :

La capsule plastique protège le transpondeur, grâce à un polyuréthane Résistant aux conditions d'humidité et de malpropreté, retrouvées sur les élevages de bovins, ovins, caprins et porcins. (ARDES).



Figure 11 : composant de la boucle électronique.

D. Deux technologies disponibles : HDX et FDX

Les boucles électroniques sont disponibles en «Half-Duplex» (HDX) et en «Full Duplex» (FDX). Ces deux technologies respectent les normes ISO 11784 et ISO 11785. La conception des transpondeurs ainsi que les performances de distance de lecture des boucles électroniques HDX et FDX sont différentes.

1. Les boucles électroniques HDX :

La technologie HDX est plus complexe, avec un échange asynchrone. Le signal de transmission des boucles HDX est plus fort permettant d'avoir une distance de lecture optimisée.

2. Les boucles électroniques FDX :

La technologie FDX est plus simple, permettant un échange synchrone. Les boucles électroniques FDX offrent des performances standards que les HDX mais avec un coût initial plus faible.

Tableau 3 : comparaison entre les 2 technique HDX et FDX.

	Avantages	Utilisation
Boucles électroniques ARDES HDX	Haute performance Distance de lecture supérieure	Lecteur fixe et portable (normes ISO) Animaux d'élevage
Boucles électroniques ARDES FDX	Performance standard Faible coût initial	Lecteur fixe et portable (normes ISO) Animaux d'élevage

E. Une solution d'identification au service de l'éleveur :

L'identification animale électronique est une solution d'identification constituée de plusieurs éléments, assurant un échange d'information, de l'animal jusqu'à l'utilisateur

ETAPE 1 : Lecture du numéro

Les protocoles d'échange d'information entre la boucle électronique et le lecteur sont régis par la norme ISO 11785. La boucle électronique délivre le numéro d'identification de l'animal au passage du lecteur à proximité. La distance de lecture varie selon le type de lecteur : fixe ou portable, mais aussi en fonction de la qualité des boucles électroniques. Un lecteur fixe assurera une distance de lecture plus importante.

Tableau 4 : distance moyenne entre lecteur et boucle électronique.

DISTANCE DE LECTURE MOYENNE ENTRE LA BOUCLE ELECTRONIQUE ET LE LECTEUR		
Type de lecteurs du marché	Boucle électronique ARDES	
Lecteurs fixes	84 cm	+ 5% par rapport à la concurrence
Lecteurs portables	23 cm	+ 9% par rapport à la concurrence

Test de distance de lecture des boucles électroniques ARDES réalisé par le RFTLAB®

Il n'est pas possible avec cette technologie de détecter un animal à grande distance (au milieu d'un prês par exemple), à cause de la faible portée du champ magnétique émis par les lecteurs. Dans ces conditions, il est nécessaire donc d'individualiser les lectures, grâce à des systèmes de contentions adaptées (couloir individuel par exemple).

ÉTAPE 2 : Transmission du numéro

L'information, une fois enregistrée sur le lecteur, est transmise (via un fil ou à distance via Bluetooth) vers un ordinateur ou un automate.

ÉTAPE 3 : Valorisation de l'information

Le numéro est alors converti en information utile et exploitable par l'utilisateur, offrant la possibilité de mettre en place de nombreuses solutions techniques, pour augmenter la productivité de l'exploitation.

ARDES accompagne dans la mise en place de ces solutions ; voici une liste, non Exhaustive, des applications possibles sur le terrain, de la solution d'identification électronique :

Logiciel de gestion de troupeau

- + Suivi simple et rapide des performances, suivi sanitaire individuel
- + Analyse des performances des animaux et du troupeau
- + Augmenter la rentabilité et la productivité à moyen terme

Assistance à la traite

- + Repérer et surveiller facilement les animaux dans la salle de traite
- + Suivi du rendement de l'animal et du troupeau
- + Alerte des baisses anormales de productivité de l'animal

Système de pondération automatique

- + Relevé manuscrit et saisie informatique supprimés

- + Grande précision de la pesée tout en limitant le risque d'erreur
- + Gain de temps, pesage de l'animal rapide sans nécessité de le bloquer

Automatisation du tri

- + Déclenchement automatique de la fermeture et ouverture des portes
- + Tri du troupeau en fonction des données choisies (poids, race, âge, sexe...)
- + Confort de travail, portes des cages actionnées automatiquement

Comptage d'animaux automatisé :

- + Gain de temps, récolte d'information rapide et précise
- + Limitation du risque d'erreur
- + Transfert d'information automatisé

L'**identification électronique** permet une plus grande **précision, simplicité** et **rapidité** de lecture que les boucles visuelles, optimisant ainsi la traçabilité des animaux. Le coût supplémentaire des boucles électroniques par rapport aux boucles visuelles, est rapidement rentabilisé, grâce aux économies, aux avantages et au gain de temps permis par cette solution.

F. La RFID standardisée par des normes ISO :

En 1996, la RFID pour l'identification animale est standardisée par l'International Organization for Standardization (ISO) avec les normes ISO 11784 et ISO 11785.



Toutes les boucles électroniques ARDES

Remplissent les conditions techniques ISO 11784-11785 et sont approuvées aujourd'hui par le service ICAR « **International Committee for Animal Recording** », pour proposer un système d'identification électronique fonctionnel et efficace. (ARDES).

Le code AC002001 peut se décomposer de la façon suivante:

AC	002	001
(symbole du département)	(numéro d'enregistrement de la ferme)	(identification de l'éleveur)

Tous les animaux de cette ferme porteraient le code AC002001 s'ils appartiennent à l'éleveur A; Si un autre éleveur, l'éleveur B, avait aussi des animaux sur cette ferme, ses animaux pourraient porter le code AC002002, par exemple.

Pour franchir l'étape suivante, des chiffres supplémentaires pourraient être ajoutés pour identifier les animaux individuellement sur ces fermes. Si l'éleveur B avait 20 bovins, ils seraient marqués avec des codes allant, par exemple, de AC002002001 à AC002002020.

Si ces codes sont inscrits sur des boucles auriculaires, ils pourraient être présentés pour faciliter la lecture en séparant le code de groupe ou de troupeau du numéro de série individuel de l'animal. Par exemple, le quinzième animal de l'éleveur B serait identifié de la façon suivante:

AC002002
015

Figure 12 : composition des codes d'identification visuels

V. NORMES POUR LES MOYENS D'IDENTIFICATION :

Les normes pour les moyens d'identification (c'est à-dire les boucles et les transpondeurs à utiliser)

Sont très importantes et doivent être expliquées avec soin. La liste ci-dessous correspond aux normes minimales à satisfaire pour un système moderne d'identification des animaux.

- Les moyens d'identification utilisés ne devraient en aucune manière entraîner de contamination de la viande ou des abats ni détériorer la viande ou le cuir des animaux.
- Une fois que l'animal est à l'attache, la pose de l'identification ne devrait pas prendre plus de 30 secondes, ne comporter aucun risque inconsidéré pour l'opérateur et, une fois en place, ne devrait pas provoquer de douleur ou de gêne pour l'animal.
- L'identification doit être facilement lisible à une distance de 1 à 2 m pour les bovins et les buffles et à une distance de 0,5 à 1 m pour les animaux plus petits. L'idéal serait que quelques secondes suffisent pour lire l'identification (à la vue pour les symboles alphanumériques ou électroniquement dans le cas des codes-barres et des transpondeurs).
- Les moyens d'identification utilisés devraient être de qualité et de fabrication uniforme et devraient être fabriqués de façon à limiter la contrefaçon et la reproduction sans autorisation.
- La commande et la distribution du dispositif d'identification doivent être sous le contrôle central d'une institution mandatée pour enregistrer l'identification des animaux dans le but de limiter la possibilité d'une utilisation non autorisée ou frauduleuse des codes d'identification existants.

- Les moyens d'identification utilisés doivent être impossibles à falsifier de telle sorte qu'il doit être impossible d'enlever une identification placée sur un animal sans endommager celle-ci et la rendre inutilisable pour un autre animal.
- Les moyens d'identification utilisés devraient être résistants, avoir un taux élevé de persistance et être clairement lisibles au moins pendant sept ans après leur pose. L'idéal serait que le taux de persistance dépasse 90 pour cent, et que tout système d'identification prévoit le remplacement du dispositif d'identification perdu ou endommagé.
- Les codes d'identification devront être sous forme alphanumérique pour faciliter l'enregistrement.
- Les éleveurs devraient conserver sur leur ferme des données concernant les animaux et leurs codes d'identification. (FAO/OMS, 2004).

VI. Législation de l'identification animale :

Le projet de loi devrait être fait en deux parties :

- Une loi adoptée par le Parlement, qui définirait l'identification, les espèces à identifier, les régions du pays où la législation s'appliquerait, créerait l'autorité centrale et déterminerait ses pouvoirs, et définirait les délits. La loi habiliterait le ministre à faire les lois en collaboration avec l'autorité centrale.
- Un ensemble de règles, à promulguer par le Ministre désigné par la loi mère, qui définirait précisément les moyens d'identification à utiliser et prendrait les dispositions pour mettre en place tous les mécanismes nécessaires pour administrer et faire appliquer l'identification.

Un cadre légal de ce type permet de modifier le système d'identification en en référant directement au Ministre, sans avoir à présenter un amendement devant le Parlement.

Cela permet au système d'être flexible et réactif. (FAO/OMS, 2004).

VII. Endroit d'emplacement de la boucle RFID chez les différentes espèces :

A. Chez les bovins :

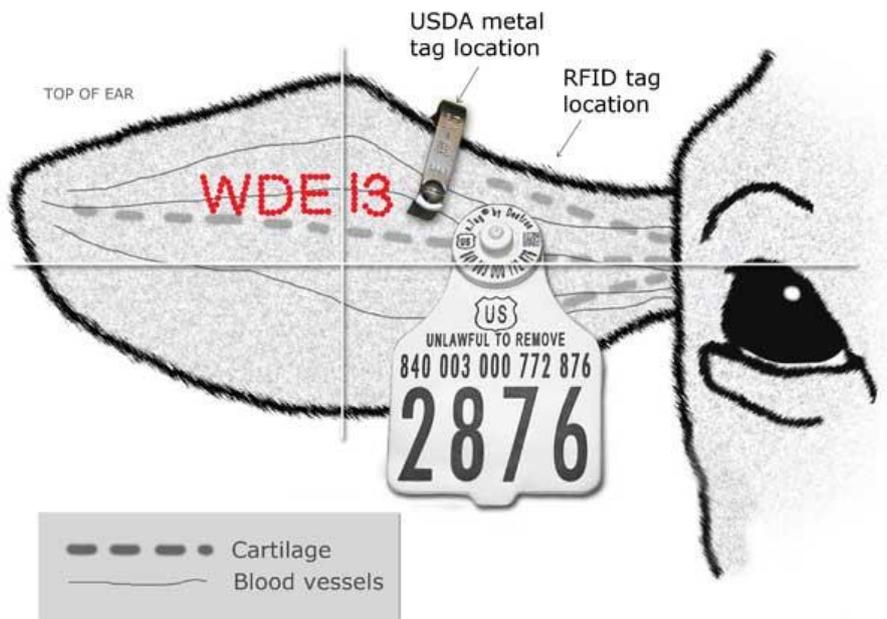


Figure 13 : Cow -tag- image

B. Chez les petits ruminants :

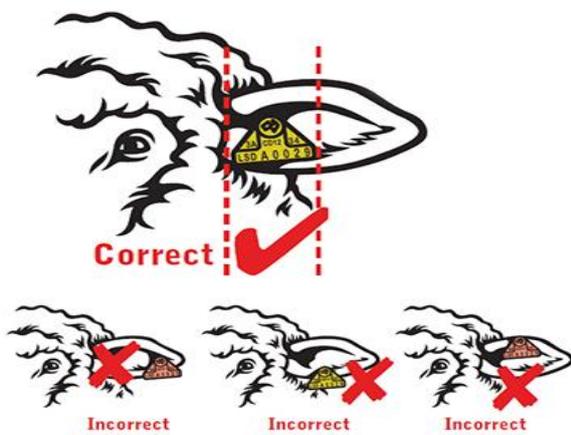


Figure 14 : Shepp- tag- image

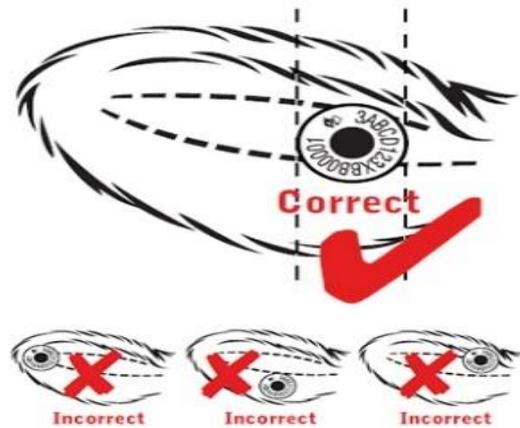


Figure 15 : cattle- tag- image

Matériel et méthodes

Matériel et méthode

1. Matériel et méthodes :

Dans le présent travail on s'est intéressé à l'identification du cheptel bovin par les nouvelles techniques d'identification à savoir la RFID

2. Lieu de l'expérimentation :

Notre travail s'est déroulé dans deux régions distinctes, la partie consacrée sur la conception et la fabrication du lecteur des puces à l'aide des dispositifs électroniques au sein de l'équipe de « Conception des matériaux et dispositifs électroniques dans le diagnostic en médecine vétérinaire – Laboratoire de la reproduction des animaux de la ferme – Institut des sciences vétérinaires Université Ibn Khaldoun-Tiaret et une seconde au niveau de la ferme expérimentale de l'université ibn Khaldoun Tiaret (Ferme SN Métal) durant une période allant du 01 février 2019 au 30 Juin 2019.

3. L'effectif expérimental :

Un choix au hasard de 10 vaches de races différentes (Fleckvieh et Croisés) et d'âge différent allant de 03 ans à 10 ans d'ont les rangs de lactation était différent ainsi que les informations de parités. Le tableau n : 5 représente les différentes informations des vaches choisies.

N°	Nbre	espèce	N° boucle	Date de naissance	Age	Race	Robe	Date de dernière mise bas
1	13	Bovine	Fe 14/25	29/12/2014	05 ans	Fleckvieh	pie rouge	20/11/2017
2		Bovine	Fe 14/22	10/12/2014	05 ans	Croisé	Pie noir	03/11/2016
3		Bovine	Fe 87897	2010	09 ans	Fleckvieh	pie rouge	05/04/2019
4		Bovine	Fe 14/30	17/02/2015	04 ans	Croisé	Pie noir	02/12/2017
5		Bovine	Fe 14/21	2012	06ans	Croisé	Pie noir	05/12/2018
6		Bovine	Fe14/11	2009	10ans	Croisé	Pie noir	12/01/2019
7		Bovine	Fe 70671	2010	09 ans	Fleckvieh	pie rouge	12/12/2018
8		Bovine	Fe 14/06	2012	07ans	Croisé	Pie noir	29/01/2019
9		Bovine	Fe 14/34	2012	07 ans	Croisé	Pie noir	04/02/2017
10		Bovine	Fe 14/03	2012	07 ans	Croisé	Pie noir	29/11/2018
11		Bovine	Fe 14/35	42399	03 ans et 04 mois	Croisé	Pie noir	11/01/2019
12		Bovine	Fe 14/39	42399	03 ans et 04 mois	Fleckvieh	pie rouge	02/01/2019
13		Bovine	Fe 14/44	42448	03 ans et 02 mois	Croisé	Pie noir	10/01/2019

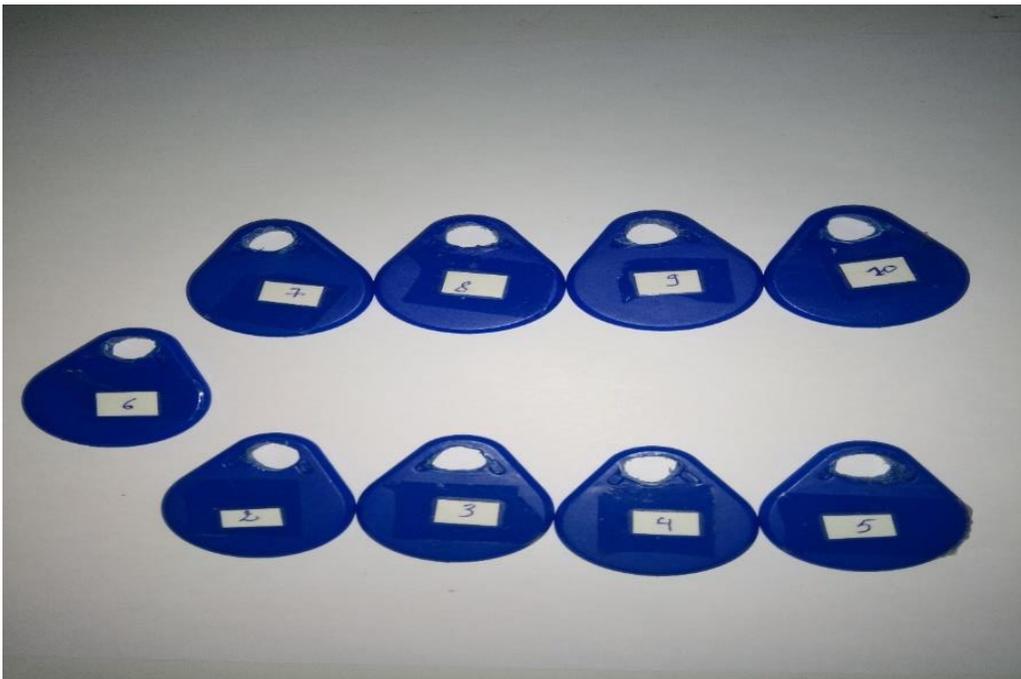
Matériel et méthode

Légende :

- Les informations intégrées dans la puce RFID (rouge).
- Les vaches choisies au hasard (jaune).

4. Matériels utilisés :

- Arduino Nano
- Câbles électriques
- Une LED
- Buzzer
- Les puces (Boucles RFID 13.56 MHz)
- L'identificateur RFID
- La pince à boucle
- Les boucles d'oreilles



Figures 16 : les puces RFID.



Figure 17 : boucle d'oreille.



Figure 18 : pince à boucle.

Matériel et méthode

5. Fabrication de l'identificateur des bovins :

Un microcontrôleur Arduino Nano (Figure.1) a été utilisé avec un lecteur RFID-RC522. L'Arduino Nano est une carte compacte similaire à l'Uno, il est basé sur l'ATmega3280. Il dispose de 14 broches d'entrée / sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 6 entrées analogiques, d'un quartz 16 MHz, d'une connexion USB.

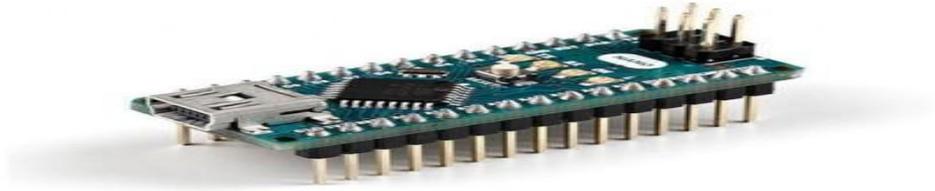


Figure 19 : Arduino Nano

Le RFID-RC522 est utilisé pour deux tâches importantes ; la première est consacrée sur la lecture des codes « VID » des boucles et la deuxième tâche pour recevoir les informations.



Figure20 : Lecteur RFID-RC522

Matériel et méthode

Un écran LCD (16x2) est utilisé pour afficher des informations des bovins enregistrées sur le lecteur à partir des boucles.



Figure21 : LCD (16x2)

Câblage module RFID :

Nous allons donc raccorder les différents dispositifs selon le schéma suivant :

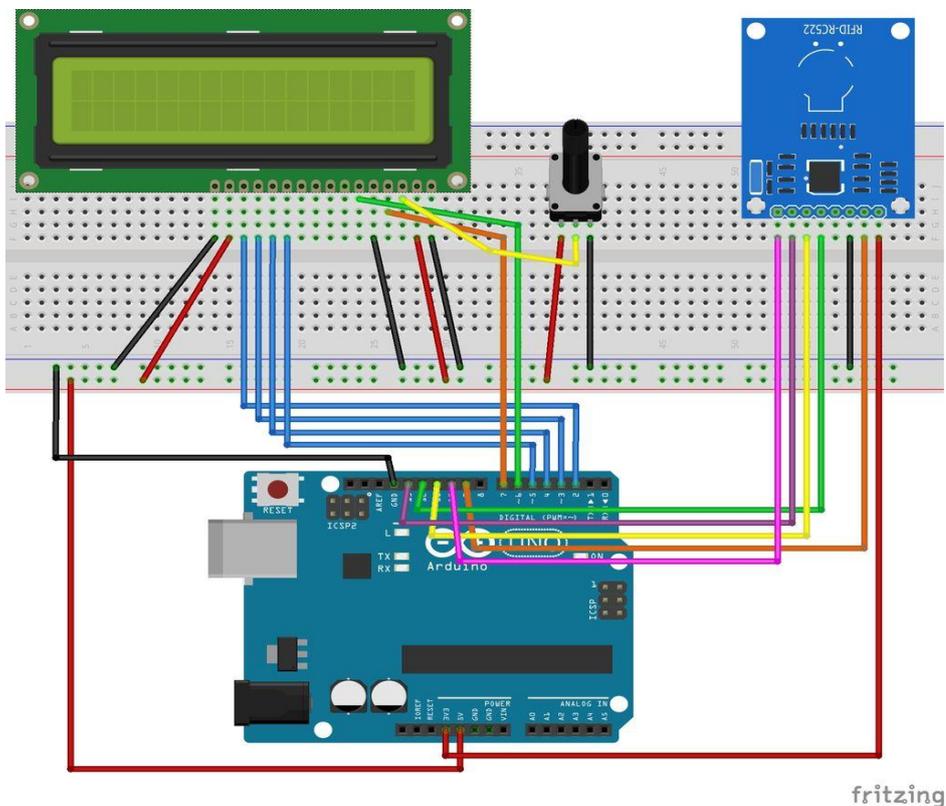


Figure 22 : Schéma de câblage

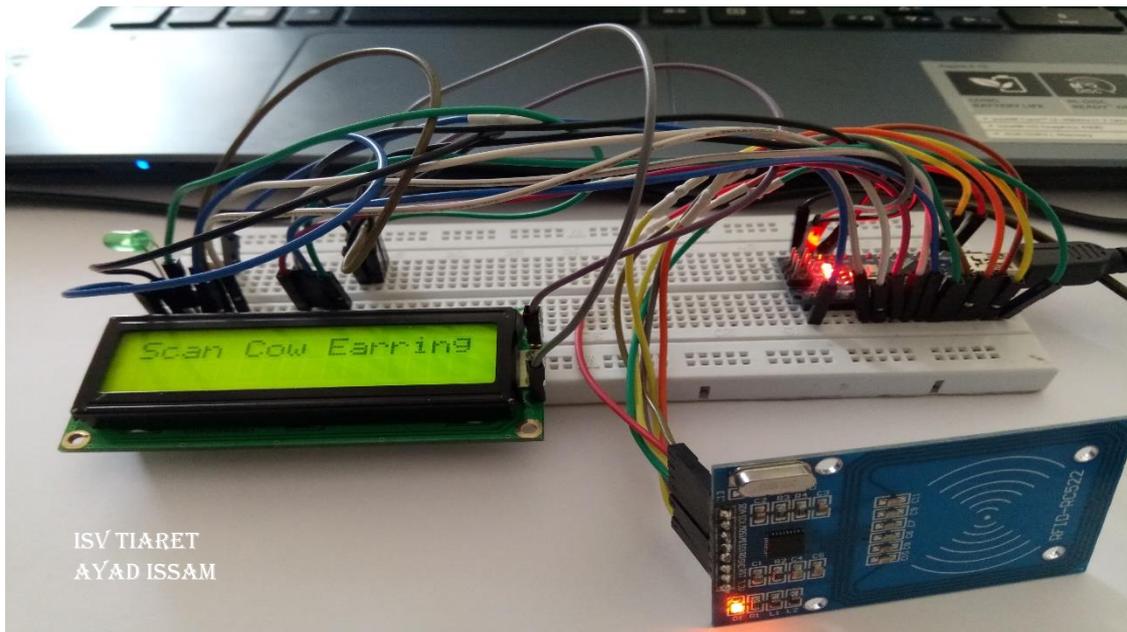


Figure 23 : l'identificateur lors d'essai.

6. Programmation des puces

a- Lecture des codes « VID » de puces :

Avant de programmer et insérer les informations des bovins dans l'identificateur, Il est nécessaire d'avoir le code « VID » des puces. On a utilisé un programme qui permet de visualiser le code « VID » pour l'utiliser une autre fois dans le programme principal.

b- Programmation de l'identificateur :

Un programme bien détaillé porte toutes les informations nécessaires des bovins telles que le matricule, la race, la date de naissance et la dernière date de mise bas. Ci-dessous une partie de ce programme est représentée dans la figure.24.



```
Arduino_Nano_LCD_RFID_Ayad_Issam | Arduino 1.8.0
Fichier Édition Croquis Outils Aide

Arduino_Nano_LCD_RFID_Ayad_Issam
46 content.toUpperCase();
47 if (content.substring(1) == "5E 3A 5D 55")// (Vache 01)
48 {
49   lcd.clear();
50 lcd.begin(16, 2);
51 lcd.print(" FE 14/25-Fleck " );
52   lcd.setCursor(0,1);
53   lcd.print("(2014)20/11/2017");
54     tone(Led1,250,2000);
55     digitalWrite(Led2, HIGH); //allumer Led2
56     delay(50); //
57     digitalWrite(Led2, LOW); // OFF Led2*/
58     delay(5000);
59   lcd.clear();
60   setup();
61 }
62 content.toUpperCase();
63 if (content.substring(1) == "F5 4E 56 55")// (Vache 02)
64 {
65   lcd.clear();
66 lcd.begin(16, 2);
67 lcd.print(" FE 37897-Fleck " );
68   lcd.setCursor(0,1);
69   lcd.print("(2010)05/04/2015");
70     tone(Led1,250,2000);
71     digitalWrite(Led2, HIGH); //allumer Led2
72     delay(50); //
```

Figure 24 : Une partie du programme utilisé

Après avoir programmé le lecteur en introduisant toutes les informations nécessaires des bovins, on a essayé de finaliser notre prototype du lecteur RFID dans un boîtier qui regroupe tous les dispositifs électroniques ensemble afin d'être prêt à l'utilisation dans la ferme. (Figure.25)



Figure 25 : Produit final.

7. Mise en place des boucles :

Après avoir fabriqué le lecteur des puces RFID et programmer les puces selon le tableau n : 5 en s'est dirigé vers la ferme expérimental de l'institut des sciences vétérinaire université ibn khaldoun Tiaret (SN Métal) où se trouve les vaches choisies.

Notre travail s'est déroulé comme suite :

- Contention des vaches.
- Emplacement des boucles à l'aide de la pince à boucle.
- Lecture de la boucle RFID à l'aide du l'lecteur préfabriqué.

La photo ci-dessous montre une vache après l'emplacement de la boucle.

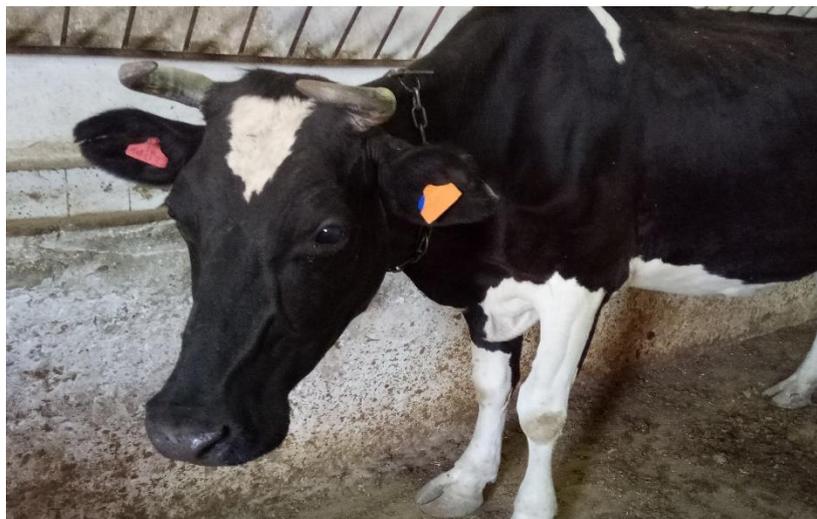


Figure 26 : Boucle RFID en place.

Résultats et Discussion

Résultats et discussion

C'est l'étape critique qui sert à rapprocher le lecteur à la boucle et voir les données qui existe dans la boucle.

Les figures suivantes montres les résultats de lecture :



Figure 27 : lecture des puces après mise en place



Figure 28 : les informations intégrées dans les boucles (Fe 14/03= numéro de la vache ; 2012= date de naissance ; 29/11/2018=date de la dernière mise bas.

Conclusion

Conclusion

Parmi les problèmes de n'importe qu'elle élevage l'identification représente une des piliers de la gestion des élevages et sans celle-ci les éleveurs orant des difficultés pour gérer leurs élevages.

Le présent travail nous a permis de réaliser une des différentes méthodes moderne de l'identification des animaux et plus spécialement les bovins, cette identification regroupe plusieurs informations sur une boucle plus ou moins petite, et ces informations peuvent être modifier à n'importe quel moment et qui ont la possibilité d'être étendue pour d'autres fonctions tel , les chaleurs, la traite, les mammites, l'alimentationetc.

Recommandations et perspectives

- ✚ Nous espérons ultérieurement pouvoir ajouter d'autres informations dans la boucle.
- ✚ Utiliser ces boucles à grand échelle dans nos élevages.
- ✚ Gérer nos élevages bovins avec des systèmes informatisés (diagnostic des chaleurs, distribution des aliments, traite des vaches, vaccinations...etc)
- ✚ Essayer de minimiser la taille des boucles.
- ✚ Relier les boucles avec les satellites pour lutter contre le vol des animaux.
- ✚ Etendre la technique vers d'autres espèces telles que les chevaux.

Bibliographie

Bibliographie :

1/ Arnaud VENA 28 juin 2012 :

- [6.1] BHATTACHARYYA R, FLOERKEMEIER C & SARMA S. Low-cost, ubiquitous rfid-tag-antenna-based sensing. *Proceedings of the IEEE*, 2010 , vol. 98, p.1593-1600.
- [6.2] FINKENZELLER K. *Rfid handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication*. Wiley. 2010.
- [6.3] YANG L, ZHANG R, STAICULESCU D, WONG C & TENTZERIS M. A novel conformal rfid-enabled module utilizing inkjet-printed antennas and carbon nanotubes for gas-detection applications. *Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE*, 2009 , vol. 8, p.653-656.
- [6.4] THAI T, CHEBILA F, MEHDI J, PONS P, AUBERT H, DEJEAN G, TENTZERIS M & PLANA R. Design and development of a millimetre-wave novel passive ultrasensitive temperature transducer for remote sensing and identification. *Microwave Conference (EuMC), 2010 European*, 2010, p.45-48.
- [6.5] SHRESTHA S, BALACHANDRAN M, AGARWAL M, PHOHA V & VARAHRAMYAN K. A chipless rfid sensor system for cyber centric monitoring applications. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 2009 , vol. 57, p.1303-1309.
- [6.6] CHEBILA F, JATLAOUI M, PONS P & AUBERT H. "Reconfigurable multi-band scatterers for micro-sensors identification". *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2009. APSURSI'09. IEEE*, 2009 , p. 1-4.
- [6.7] VENA A, PERRET E, TEDJNI S, KADDOUR D, POTIE A, BARRON T. Conception d'un capteur rfid sans puce à base de nanofils de silicium. *12e journées de caractérisation microondes et matériaux (JCMM2012)*, 2012, p.1-4.
- [6.8] VENA A, PERRET E, TEDJNI S, KADDOUR D, POTIE A, BARRON T. A compact chipless rfid tag with environment sensing capability. *Microwave Symposium Digest (MTT), 2012 IEEE MTT-S International*, 2012 (accepté), p.1-3.
- [6.9] GAY N & FISCHER W. Ultra-low-power rfid-based sensor mote. *Sensors, 2010 IEEE*, 2010, p.1293-1298.
- [6.10] JIA Y, HEISS M, FU Q & GAY N. A prototype rfid humidity sensor for built environment monitoring. *Education Technology and Training, 2008. and 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing. ETT and GRS 2008. International Workshop*

on, 2008, p.496-499.

[6.11] OCCHIUZZI C, PAGGI C & MARROCCO G. Rfid tag antenna for passive strain sensing. *Antennas and Propagation (EUCAP), Proceedings of the 5th European Conference on*, 2011, p.2306-2308.

[6.12] LI H, ZHANG J, TAO B, WAN L & GONG W. Investigation of capacitive humidity sensing behavior of silicon nanowires. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 2009 , vol. 41, p.600-604.

[6.13] WANG C, LIU C & GAU C. Silicon nanowire temperature sensor and its characteristic. *Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS), 2011 IEEE International Conference on*, 2011, p.630-633.

[6.14] MCGRATH M & PHAM A. Carbon nanotube based microwave resonator gas sensors. *International journal of high speed electronics and systems*, 2006 , vol. 16, p.913936.

[6.15] STAR A, TU E, NIEMANN J, GABRIEL J, JOINER C & VALCKE C. Label-free detection of dna hybridization using carbon nanotube network field-effect transistors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006 , vol. 103, p.921-926.

[6.16] CUI Y, WEI Q, PARK H & LIEBER C. Nanowire nanosensors for highly sensitive and selective detection of biological and chemical species. *Science*, 2001 , vol. 293, p.12891292.

[6.17] PENG K, WANG X & LEE S. Gas sensing properties of single crystalline porous silicon nanowires. *Applied Physics Letters*, 2009 , vol. 95, p.243112.

[6.18] SKUCHA K, FAN Z, JEON K, JAVEY A & BOSER B. Palladium/silicon nanowire schottky barrier-based hydrogen sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2010 , vol. 145, p.232-238.

[6.19] JAKUBIK W & URBANCZYK M. Hydrogen detection in surface acoustic wave gas sensor based on interaction speed. *Sensors, 2004. Proceedings of IEEE*, 2004, p.1514-1517.

[6.20] VENA A, PERRET E & TEDJINI S. Rfid chipless tag based on multiple phase shifters. , 2011, p.1-4.

[6.21] VENA A, PERRET E & TEDJINI S. Chipless rfid tag using hybrid coding technique. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 2011 , vol. 59, n° 12, p.33563364.

- [6.22] DHALLUIN F, BARON T, FERRET P, SALEM B, GENTILE P & HARMAND J. Silicon nanowires: diameter dependence of growth rate and delay in growth. *Applied Physics Letters*, 2010 , vol. 96, p.133109.
- [6.23] VENA A, PERRET E, MANNEQUIN C, VALLEE C, GONON P & TEDJINI S. Conception d'un switch rf à base de filaments conducteurs nanométriques. *12e Journées de Caractérisation Microondes et Matériaux, Chambéry (JCMM2012)*, 2012
- [6.24] VENA A, PERRET E, TEDJINI S, VALLEE C, GONON P, MANNEQUIN C. A fully passive rf switch based on nanometric conductive bridge. *Microwave Symposium Digest (MTT), 2012 IEEE MTT-S International*, 2012
- [6.25] SUN P, LIU P, UPADHYAYA P, JEONG D, HEO D & MINA E. Silicon-based spst rf switches for improved linearity. *Microwave Symposium Digest (MTT), 2010 IEMTT-S International*, 2010, p.948-951.
- [6.26] LAHIRI S, SAHA H & KUNDU A. Rf mems switch: an overview at-a-glanc *Computers and Devices for Communication, 2009. CODEC 2009. 4th International Conference on*, 2009, p.1-5.
- [6.27] BERNARD Y, RENARD V, GONON P & JOUSSEAUME V. Back-end-of-licompatible conductive bridging ram based on cu and sio₂. *Microelectronic Engineering*, 2010 , vol. 88, n°5, p.814-816.
- [6.28] PERSHIN Y & DI VENTRA M. Practical approach to programmable analog circuit with memristors. *Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on*, 2010 , vol.57, p.1857-1864.
- [6.29] DRISCOLL T, QUINN J, KLEIN S, KIM H, KIM B, PERSHIN Y, DI VENTRA & BASOV D. Memristive adaptive filters. *Applied Physics Letters*, 2010 , vol. 97, p.093502.
- [6.30] NESSEL J, LEE R, MUELLER C, KOZICKI M, REN M & MORSE J. A novenanoionics-based switch for microwave applications. *Microwave Symposium Digest, 2008 IEEE MTT-S International*, 2008, p.1051-1054.
- [6.31] POTEMBER R, POEHLER T & COWAN D. Electrical switching and memorphenomena in cutcnq thin films. *Applied Physics Letters*, 1979 , vol. 34, p.405-407.
- [6.32] RUSSO U, KAMALANATHAN D, IELMINI D, LACAITA A & KOZICKI Study of multilevel programming in programmable metallization cell (pmc) memor *Electron Devices, IEEE Transactions on*, 2009 , vol. 56, p.1040-1047.
- [6.33] LIU Q, DOU C, WANG Y, LONG S, WANG W, LIU M, ZHANG M & CHEN Formation of multiple conductive filaments in the cu/zro₂: cu/pt device. *Applied Physics*

Bibliographie

Letters, 2009 , vol. 95, p.023501-023501-3.

2/ Jean pierre Hauet, 2005 :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/RFID>

<http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>

ISO/IEC – www.highechaid.com/standards/18000.htm

Transponder news - <http://transpondernews.com>

Agence nationale des fréquences - http://www.anfr.fr/index.php?cat=tnrbf&page=afp_srd

ITR Manager - <http://www.itrmanager.com/38439-norme.etsi.va.accelerer.adooption.rfid.rose.marie.zito.responsable.developpement.europe.sud.printronix.html>

R. Moroz - *Understanding Radio Frequency Identification (RFID)*- Novembre 2004 - <http://www.rmoroz.com/rfid.html>

Nicolas Sériot – Les systèmes d'itentification radio – Janvier 2005- <http://seriot.ch/RFID>

The Association of Automatic Identification – Characteristics of RFID systems – janvier 2000 - <http://www.aimglobal.org/technologies/rfid>

Michel Rousseau – RFID : Quelques éclaircissements sur les normes et standards –juillet 2006 - <http://www.filrfid.org/categorie-383985.html>

EPCGlobal - <http://www.epcglobalinc.org>

ECMA international – Near Field Communication – White paper - <http://www.ecma-international.org/activities/Communications/2004tg19-001.pdf>

Center for Wireless Telecommunications – RFID systems <http://www.cwt.vt.edu/faq/rfid.htm>

3/FAO/OMS, 2004 :

Barcos, L.O. 2001. Recent developments in animal identification and traceability of animal products in

international trade. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 20(2): 640-651 (disponible à l'adresse suivante:

<http://www.oie.int/eng/publicat/rt/2002/BARCOS.PDF>).

CE. 2001. Final report of a mission carried out in Uruguay from 25 to 29 June 2001 in order to evaluate

the situation with regard to outbreaks of foot and mouth disease. DG(SANCO)/3342/2001, Bruxelles.

(disponible à l'adresse suivante:

http://europa.eu.int/comm/food/fs/inspections/vi/reports/uruguay/vi_rep_urug_3342-2001_en.pdf).

Bibliographie

FAO/OMS. 2004. Projet de Code d'usages en matière d'hygiène pour la viande. Dans le rapport de la 10^e session de la Commission du Codex sur l'hygiène de la viande. Alinorm 04/27/16. Rome (disponible à

l'adresse suivante: ftp://ftp.fao.org/codex/Alinorm04/AL04_16e.pdf).

Federation of Veterinarians of Europe (FVE). 1997. The “stable to table” approach to animal health,

animal welfare and public health. Bruxelles (disponible à l'adresse suivante:

<http://juliette.nfrance.com/~ju15296/gvpdu/stabltbl.pdf>).

McGrann, J. et Wiseman, H. 2001. Animal traceability across national frontiers in the European Union. Rev.

sci. tech. Off. int. Epiz., 20(2): 406-412 (disponible à l'adresse suivante:

<http://www.oie.int/eng/publicat/rt/2002/MCGRANN.PDF>).

USDA–APHIS. 1994. Animal identification practices in beef cow/calf herds. USDA report, janvier 1994

(disponible à l'adresse suivante: http://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/cahm/Beef_Cow-Calf/chapa/chapid.pdf).

Van den Ouwelant, E.P. 2002. A systems approach to traceability in the meat sector, Université de

Wageningen, Pays-Bas. (thèse de M. Sc.)