UMR - SELMET

RAPPORT DE STAGE

Formation : Master 1

Production Animale en Régions Chaudes

Utilisation de la méthode ENA (Ecological Network Analysis) pour évaluer l'efficience, l'autonomie et la résilience d'un système de production ovins viande et foins

Présenté par

Géraud Ekué Atassé YEVUH

Septembre 2015

Jury composé de :

Charles Henri MOULIN

Fabien STARK

Tables de matières

1. Introduction 2

1.1. Contexte 2

1.2. Problématique 2

1.3. Objectifs de travail 5

2. Matériels et méthodes 5

2.1. Network Analysis et évaluation des agrosystèmes 5

2.2. Collecte des données 6

2.3. delimitation des compartiments 6

3. Résultats 8

4. Discussion des résultats et analyse comparée avec un système de production (ovins lait)……...13

5. Conclusion…….....12

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Selon la FAO dans les quatre (4) plus grand systèmes d'alimentation tels sur pâturage communautaire, sur résidus de récoltes, avec alimentation à l'auge et aliments achetés, il existe une forte tendance d'intégration agriculture-élevage poussée par la croissance humaine. Cette tendance varie considérablement en fonction des régions et connaît des différences entre les catégories socioéconomiques à l'intérieur d'une même région.

Les processus d'intégration agriculture-élevage se confrontent de nos jours à de nouveaux défis tels la gestion de l'eau car l'agriculture irriguée s'est développée dans le monde, l'eau étant le facteur de production limitant dans toutes les régions chaudes. En un demi-siècle en France, les surfaces irriguées ont plus que triplé (Gleyses et Rieu, 2004). En effet l'eau agricole représente 70% des prélèvements d'eau douce dans le monde (source FAO). Aussi les processus d'intégration agriculture élevage qui se matérialisent par les systèmes mixtes doivent répondre à de nouveaux enjeux comme produire plus dans un contexte d'environnement changeant (Darnhofer, 2010). Pour cela il faut étudier les différentes caractéristiques qui permettent d'évaluer les aptitudes de ces systèmes mixtes à faire face à ces enjeux nouveaux que sont la diversité et l'intégration.

1.2. PROBLEMATIQUE

Les systèmes mixtes (Elevages plus vente de foins) dans la plaine de la Crau aujourd'hui sont confrontés à de véritables enjeux autour de la gestion de l'eau qui est un facteur crucial dans l'efficience du système et de la productivité du travail. La plaine de la Crau (Sud-Est de la France) est un parfait exemple de remise en cause des schémas traditionnels d'irrigation dans le cadre d'une agriculture multifonctionnelle. Depuis plus de quatre siècles, les mêmes schémas d'irrigation sont appliqués. L'eau d'irrigation en plaine de Crau trouve sa source dans les montagnes des Alpes. La fonte des neiges alimente le barrage de Serre-Ponçon situé sur la rivière Durance. Les différents usages représentés sur le barrage sont : la production d'électricité par EDF, le tourisme avec la base de loisir sur le barrage, l'irrigation des terres agricoles en aval, l'eau écologique et paysagère correspondant au maintien d'un niveau d'eau minimum dans la Durance. Les prairies multi-spécifiques de Crau représentent 12 500 ha (100 000 tonnes de foin vend sous l'AOC foin de Crau) soit la moitié des surfaces agricoles (Comité de Crau, 2003 ; 2004). La plaine de Crau est irriguée par gravité à la planche. L'irrigation recharge en eau la nappe superficielle de Crau à hauteur de 70%. La nappe de

Crau a un rôle stratégique dans la région puisqu'elle assure l'alimentation en eau potable de plus de 250 000 personnes.

Ces dernières années, l'augmentation de la demande en eau au niveau du barrage de Serre-Ponçon a conduit à une remise en cause de la gestion de l'eau en Crau, les principaux volumes d'eau étant attribués à l'irrigation. Economiser de l'eau, pour la laisser dans le barrage, n'est pas une priorité actuellement (Balland et al., 2002) mais les agriculteurs sont encouragés à limiter leurs consommations. Ces derniers revendiquent la multifonctionnalité de leur agriculture et notamment leur participation à la recharge de la nappe. Il existe donc une forte attente sociétale pour améliorer la gestion de l'eau en Crau sans modification fondamentale de l'économie agricole et des schémas hydrologiques de la zone (Mérot , 2007).

Les agriculteurs de la plaine de la Crau sont aussi confrontés à un problème de main d'œuvre. L'irrigation gravitaire nécessite la présence d'ouvriers qui arrosent 24h sur 24h pendant plus de 6 mois (Mérot, 2007). En outre les mécanismes de soutien de la production ovine qui se sont mis en place depuis les années 80 ont eu pour conséquence un accroissement de la taille des troupeaux extensifs en Crau accompagné d'une simplification des systèmes d'élevage se traduisant par une diminution de la main d'œuvre et donc une augmentation de la productivité du travail (Pluvinage et al. 1994).

La gestion des espaces de parcours dans les systèmes mixtes dans la Crau est aussi un des grands enjeux dont la maîtrise rend le système efficient car les besoins du troupeau ne sont pas les mêmes pendant les périodes de l'année or il doit avoir une corrélation entre les disponibilités fourragères et les besoins des animaux. En ce sens qu'il est important d'améliorer les connaissances entre les activités pastorales et l'environnement afin d'être à même de disposer d'outils permettant à l'élevage ovin de s'adapter face aux contraintes socioéconomiques tout en conservant son rôle positif au regard de la protection de l'espace et la faune sauvage (Molenat et al., 1997). Dans la relation entre le troupeau et le couvert végétal, les interactions sont d'une grande complexité. Elles font intervenir des facteurs propres aux animaux (génétiques, physiologiques, expérience préalable, apprentissage, concurrence entre individus...), des facteurs propres au couvert végétal (type d'association, densité, diversité, répartition des espèces...) et dans un couvert donné des facteurs propres aux différentes plantes (Molenat et al., 1997). Le système d'alimentation repose presque exclusivement sur le pâturage, avec un calendrier fourrager comportant trois périodes caractéristiques. En été, la grande transhumance vers le massif alpin assure une alimentation pour les brebis gestantes avec des troupeaux importantes. De la descente d'estive à la fin février, les regains sur prés procurent une ressource abondante pour la période d'agnelage en automne. Au printemps l'ensemble du troupeau ainsi que les brebis ayant agnelées pendant

cette période pâturent la Crau sèchent (Coussouls), les parcelles en friches. Des cultures fourragères annuelles ainsi que les premières coupes de foins de Crau complètent les parcours et donc du fait de ce recours maximal au pâturage la soudure en début et fin de printemps est souvent difficile à assurer (Plumage et al.,1994). La gestion de la Crau sèche, l'utilisation de la 4ème coupe de prairie de Crau, présupposent un élevage ovin dynamique. Celui-ci ne doit être dans une situation de conquête et de transformation de l'espace lié à une intensification qui a été conduite dans d'autres régions européennes, ni dans une situation de régression, comme c'est le cas dans de nombreuses zones méditerranéennes où l'entretien de l'espace n'est plus assurée.

Les systèmes mixtes dans la plaine de la Crau sont confrontés aux enjeux de gestion de l'eau, d'augmentation de la productivité du travail, de gestion de l'espace pour le pâturage des animaux. L'équilibre dans le système est obtenu en maîtrisant tous ces enjeux. Cela passe par l'évaluation des systèmes en se dotant des outils d'évaluations efficaces. En effet la question posée dans ce travail est celle du management un système mixte de cultures de prairies irriguées plus élevages de brebis plus économe en eau, non polluante de l'environnement tout en maintenant la production quantitative et qualitative du foin et en augmentant la productivité du travail.

Le travail repose sur l'hypothèse selon laquelle il est nécessaire d'analyser et de modéliser le fonctionnement d'un système mixte (cultures de prairies et élevage) afin de comprendre le fonctionnement de ce système et d'avoir une évaluation intégrée à l'échelle du système rendant compte globalement des différents processus d'intégration en s'intéressant à la circulation des flux à l'intérieur du système.

1.3. OBJECTIFS DU TRAVAIL

Ce travail s'inscrit dans la dynamique de recherche de l'Unité Mixte de Recherche SELMET qui analyse l'association de différentes activités animales et végétales à l'échelle des exploitations et des territoires, dans le cadre d'une transition agro-écologique. De ce fait l'unité axe ses travaux sur différentes situations d'intégration agriculture-élevage dans la zone méditerranéenne et dans plusieurs zones tropicales (Caraïbes, Amérique latine et Afrique de l'Ouest). Pour ce stage Il s'agit de compléter les situations sur lesquelles l'unité travaille déjà en élevage ovins dans le sud de la France en commençant dans une première partie par la production des données bibliographiques sur les travaux des chercheurs qui ont déjà évalué des agrosystèmes en utilisant la méthode ENA. En seconde partie il s'agira de modéliser une exploitation ovins viande plus production de foins irrigués à partir de la situation concrète du domaine du Merle qui est un domaine de 1637 brebis et de 163 ha de prairies irriguées.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. NETWORK ANALYSIS ET EVALUATION DES AGROSYSTEMES

Dans ce contexte, les méthodes d'étude des systèmes de productions développées en agronomie permettent d'apporter des outils pour l'aide à la réflexion. Le recours à la modélisation de ces systèmes est couramment admis comme indispensable pour répondre à ce type d'interrogation. En effet, l'agencement de combinaisons de techniques, de contraintes, de cultures et de climats conduit à privilégier l'utilisation de modèles pour tester différents scénarios. La modélisation permet de générer des systèmes de productions, de les tester et de les évaluer (Dore et al., 2006).

Il n'y a beaucoup de travaux scientifiques et de méthodes pour étudier les systèmes de production et quantifier les flux (Rufino et al., 2009). En plus ces travaux peuvent être orientés sur un plan agronomique, technico-économique, social et environnemental. Néanmoins une méthode appelée ENA (Ecological Network Analysis) a été introduite pour quantifier le degré d'intégration et de diversité des agroécosystèmes en utilisant des indicateurs. Le NA (Network Analysis) qui permet d'analyser les flux entrants et sortants d'un système et aussi la circulation de ces flux à l'intérieur du système est originalement utilisé en économie (Leontief 1951) qu'on a testé en écologie (Hannon, 1973) afin d'étudier les relations dans les écosystèmes. Le principe du NA repose sur le calcul des indicateurs à partir d'une matrice construite à la base de flux quantifiés pendant une période donnée.

Pour notre évaluation nous avons choisi d'utiliser une matrice de flux d'azote car l'azote est souvent un des facteurs limitants dans la production surtout dans les systèmes de cultures associés à l'élevage (Rufino et al., 2009) et les flux sont estimés sur une année.

2.2. COLLECTE DES DONNEES

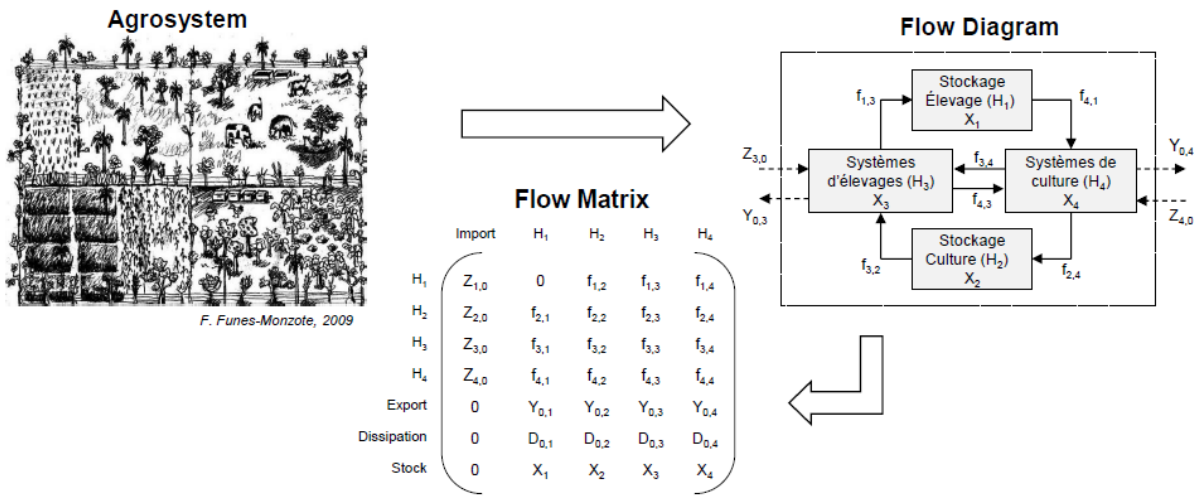
Les données sont collectées à partir de la bibliographie et des entretiens avec des techniciens qui travaillent sur le domaine de Merle dans la plaine de la Crau sur les différentes prairies, l'utilisation des parcours et de l'expertise scientifique. Les données ont été aussi enregistrées sur des systèmes de production dans la zone autour du domaine du Merle.

A partir de ces données un modèle d'exploitation est construit dans lequel les pratiques d'élevage sont simplifiées. Par exemple la lutte de rattrapage au niveau du système d'élevage est supprimée afin d'avoir une quantité de flux sur une année et un nombre assez exact d'animaux pour faire une estimation concrète. Les animaux sont au printemps uniquement sur coussouls car certaines exploitations dans la Crau n'utilisent pas les collines. Ces simplifications ont été faites pour que notre modèle d'exploitation soit assez représentatif. Le chargement sur les prairies de Crau est de 10 brebis/ha et il faut prendre en compte les agnelles de renouvellement pour la délimitation des surfaces de parcours et une agnelle de renouvellement est considéré comme une demi brebis.

2.3. DELIMITATION DES COMPARTIMENTS

A partir des données recueillies on définit les limites du système de production qu'on veut étudier ainsi que les différents compartiments représentant les activités de production qui contribuent directement ou indirectement à la production et qui ont un impact sur les ressources d'azote (Langeveld et al., 2008).

Les grands compartiments du système sont : Mouton, Foins, Fumier-prairie, Fumier-montagne, Pelouses-altitudes, Coussouls et Prairies. Avant de quantifier les flux d'azote, les flux physiques entre les compartiments, les flux physiques entrants et sortants du système ont été identifiés à l'échelle d'une année à partir des données recueillies par entretiens avec les techniciens du Merle et ces flux ont été convertis en quantités d'azote. A partir des flux d'azote une matrice a été construite pour calculer les indicateurs sur la base des feuilles de calcul Excel développées par (Rufino, 2009).



Source: Fabien STARK Th. D; 2014

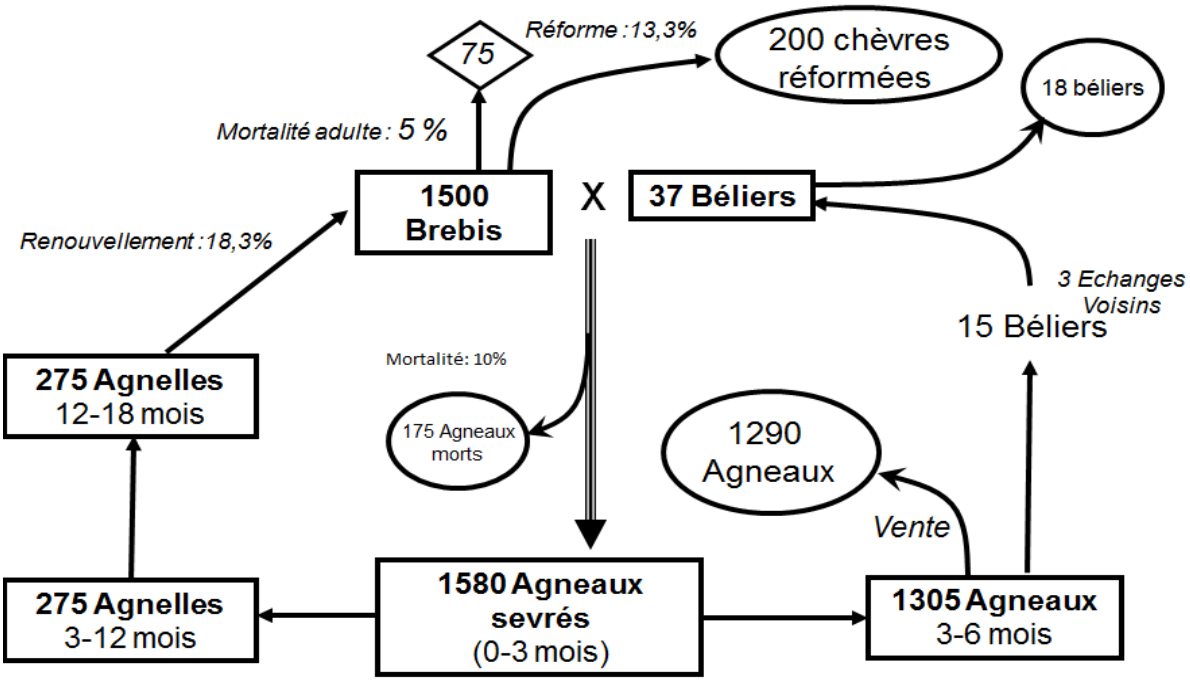
Les indicateurs calculés sont:

- Indicateurs d'IAE (Intégration Agriculture-Elevage) :
  - Complexité : nombre de liaisons dans le système ;
  - Diversité : nombre de compartiments ;
  - Organisation : Average Mutual Information ;
  - Intensity : Total System Throughput TST ;
  - Dependency of external inputs : The ratio IN/TST;
  - Cycling finn's index: FCI = TST(c) / TST.
- Indicateurs de performance agroécologique :
  - Productivité : Production maximale Output/ha
  - Autosuffisance : Input / ha
  - Efficience : Output/Input
  - AMT : Activité Maximum Théorique du système (Development capacity)
  - Ascendance : Activité actuelle (efficience)
  - Réserve d'activité possible : Résilience

Source : (Rufino et al., 2009 et Fabien SARK., 2014)

3. RÉSULTATS

- Schéma démographique du Troupeau :



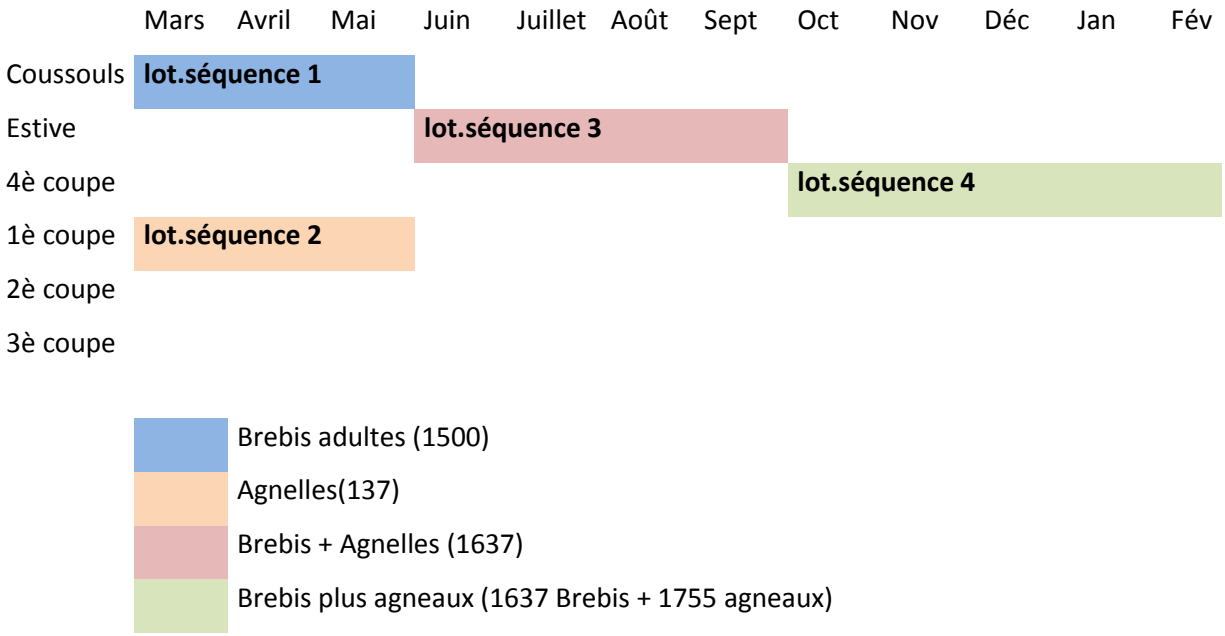
Le troupeau est constitué de 1500 Brebis de la race Mérinos croisées avec des béliers Ile de France. Le taux de mise bas est de 90% avec une prolificité élevée de 1,30. La mortalité est faible. Les agnelles de renouvellement sont mis très tôt à la reproduction et presque tout le troupeau de brebis est renouvelé après 5 ans. Les agneaux sont sevrés à 3 mois et une grande partie est vendue soit près de 1290. La race Mérinos est une race rustique qui supporte des variations climatiques contrastées et même certaines périodes de disette.

La conduite du troupeau est extensive. Les brebis agnellent une fois dans l'année, principalement à l'automne au retour de la montagne. Celles qui ne mettent pas bas à l'automne sont alors remises à la lutte pour mettre bas en février ou mars mais ceci n'est pas le cas toutes les années. Ce schéma démographique représente une exploitation dans laquelle l'exercice de la lutte de rattrapage n'a pas été réalisé. Les animaux de renouvellement sont quasiment produits sur l'exploitation.

Le système d'alimentation repose quasi exclusivement sur le pâturage (163 ha), avec un calendrier fourrager comportant trois périodes caractéristiques. En été la grande transhumance vers le massif alpin (1390 ha) assure une alimentation de qualité aux brebis en gestation. De la descente d'estive à la fin février les regains sur prés ou quatrième coupe procurent une ressource abondante pour la période d'agnelage puis l'allaitement des agneaux. De mars à

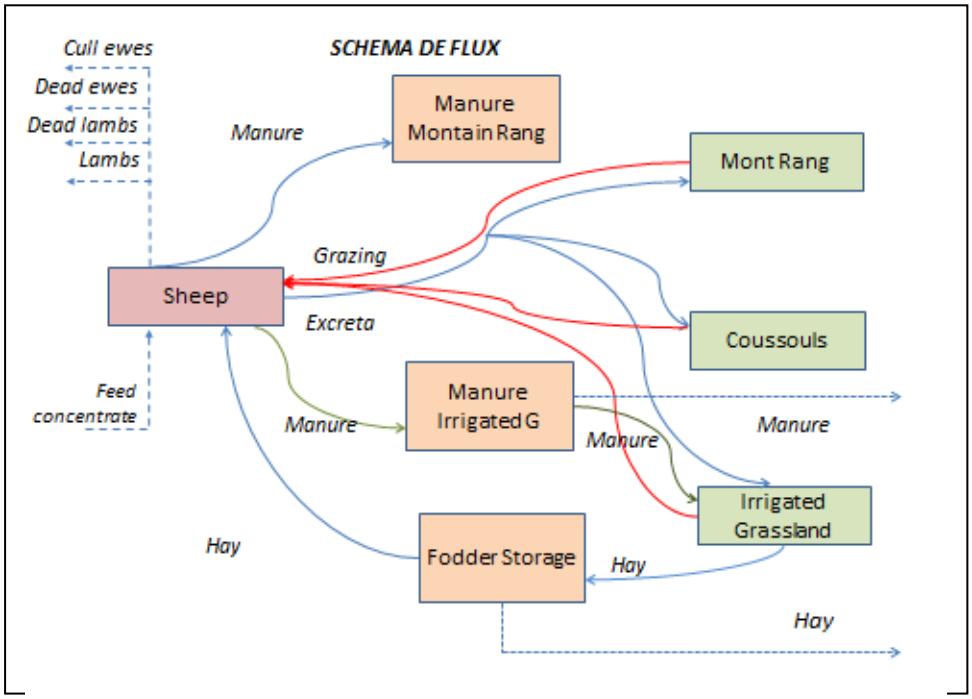
juin, le troupeau pâture la Crau sèche (Coussouls) qui sont des parcours de près de 300 ha. Des cultures fourragères annuelles peuvent compléter les parcours.

- Calendrier d'alimentation



	date début	date fin	durée (j)
Lot seq 1A	16-mars	30-avr	45
Lot seq 1B	01-mai	15-juin	45
Lot seq 2	16-mars	15-juin	90
Lot seq 3A	16-juin	15-juil	30
Lot seq 3B	16-juil	15-août	30
Lot seq 3C	16- août	15-sept	30
Lot seq 4A	16- sept	15-dec	92
lot seq 4B	16-déc	15-mars	93

- Conceptualisation du système : Diagramme de flux



Le schéma représente un système de production mixte ovins viande et production de foins dans la plaine de la Crau ainsi que les différents flux d'azote (N) qui entrent et sortent du système et en outre les différents flux d'azote (N) dans le système. Le système est constitué de sept compartiments.

- Modélisation des flux : Matrix des flux (KgN)

I (from)	Biom imp	Sheep	Irg	Coussouls	MtRg	Man st irg	Man st Mt rg	Fodder st
J (to)								
Sheep	1754	0	11390	2540	4134	0	0	1964
Irg	9840	3657	0	0	0	3015	0	0
Coussouls	0	1376	0	0	0	0	0	0
Mt Rg	0	1502	0	0	0	0	0	0
Man st irg	0	3657	0	0	0	0	0	0
Man st Mt rg	0	1502	0	0	0	0	0	0
Fodder st	0	0	24554	0	0	0	0	0
Biom exp	0	1052	0	0	0	0	0	22590
Losses	**0**	**190**	**0**	**0**	**0**	**1571**	**1502**	**0**

Les différents flux quantifiés sont présentés ici sous forme de matrix qui nous permettra de calculer les indicateurs de l'ENA afin d'évaluer le système de production. Les flux ont été quantifiés au niveau des différentes activités dans le système telles que les prélèvements sur les parcours par les animaux, les restitutions directes au pâturage et dans le parc de nuit, les quantités de foins distribués aux animaux, les quantités de foins qui sortent du système, la quantité totale correspondante aux animaux vendus et reformés et la quantité correspondante aux achats de concentrés alimentaires pour les animaux.

Plusieurs paramètres ont été utilisés dans la quantification des flux :

- Excrétion azotée : on a considéré une valeur globale par animal N (fèces + Urine) pour l'année pour une brebis de 50 kg (Mérinos d'Arles) qui est de 7,44 kg d'azote excrété par brebis et par an. Pour les agneaux soit une valeur de 1 kg N / agneau produit et une agnelle jusqu'à 1 an est considéré comme une demi- brebis. (Smith and Frost, 2000)
  En outre sur une journée la moitié de l'excrétion va vers le stockage en parc de nuit et l'autre moitié est restituée directement au pâturage.
- Ingestion d'N : les valeurs considérées pour la matière sèche ingérée sont celle de (Michel Meuret, 2014) sur Coussouls et sur Estive. Sur le près irrigués en considérant (9 ,3 – 10) Brebis par ha sur les près on arrive à un prélèvement d'un peu plus de 2 t de matière sèche par ha, ce qui correspond aux valeurs rapportées par Bosc et al. 1999.
- Pour les teneurs en MAT les valeurs rapportées par Bosc et al. (1999) ont été utilisées pour les près irrigués ainsi que les valeurs rapportées par Griniani et al. (1999) pour les alpages et les valeurs rapportées par Adama et al. (1996).
- Pour les flux d'azote en sortie du stockage en Parc de nuit on a considéré une composition de fumier de brebis de 6,7 kg N par tonne de produit brut (sans compostage).

- Caractérisation des indicateurs d'intégration agriculture et élevage

		Semi intensive sheep System and hay
Diversity	Compartiment number	7
Complexity	Number of links	18
Intensity	Total system Throughflow (kg N)	95042
Organisation	Average Mutual Information	1,65
Cycling	Finn's index (0-1)	0,11

- Caractérisation des indicateurs de performances agro-écologiques

		Semi intensive sheep System and hay
Production factors	Land (ha)	163 + 300 Cous +1390 Rg
	Animals (ewes)	1637
Productivity	Output/ha	13 kgN/ha
Self-Sufficiency	Input/ha	6 kgN/ha
Effeciency	Output/Input	203 %
Development capacity (kg N)		321511
Ascendancy (kg N)		161156
Overhead (kg N)		160355

4. DISCUSSION DES RESULTATS ET ANALYSE COMPAREE AVEC UN SYSTEME DE PRODUCTION (OVINS LAIT)

		Intensive sheep system and hay	Intensive sheep system and milk
Diversity	Compartiments number	7	9
Complexity	Number of links	18	35
Intensity	Total System Throughflow	95042	24120
Organisation	Average Mutual Information	1,65	1,49
Cycling		0,11	0,17
Production factors	Land (ha) Animals	163 + 300 Cous +1390 Rg 1637	52 314
Productivity	Output/ha	13 kgN/ha	35 kgN/ha
Self-Sufficiency	Input /ha	6 kgN/ha	89 kgN/ha
Efficiency	Output/Input	203%	39,3%
Development capacity (kgN) (Activité maximum du système)		321511	102749
Ascendency (kgN) (Activité actuelle)		161156	35217
Overhead (Réserve d'activité possible)		160355	67532

On remarque en comparant les deux systèmes qu'il y a moins d'activités dans le système (ovins viande) plus vente de foins que le système ovins lait ce qui justifie le nombre de compartiments élevés dans le système (ovins lait). Le réseau de flux au niveau du système (ovins lait) est plus dense mais on note plusieurs connections entre compartiments avec des quantités de flux d'azote moins importants tandis qu'au niveau du système (ovins viande) et vente de foins il y a moins de connections entre les compartiments avec des quantités de flux d'azote plus élevées.

Les deux systèmes ne sont pas aussi diversifiés. Ils sont plus ou moins spécialisés. On remarque que dans les deux systèmes une grande quantité de flux passe par le compartiment (sheep) ce qui traduit une organisation assez spécialisée des deux systèmes autour de la production d'ovins.

Selon les résultats du cycling il y a plus de recyclage au niveau du système (ovins lait) que le système (ovins viande). Cela est dû au fait que dans le système ovins lait les résidus de cultures sont beaucoup plus utilisés comme engrais .Tout le fumier est restitué aux cultures. Dans le système ovins viande et vente de foins il y a plus de quantité d'azote qui est exportée et seulement une petite quantité est restituée grâce à la consommation du foin par les ovins et au fumier. En somme les caractéristiques d'intégration agriculture et élevage ne sont pas similaires pour les deux systèmes et il y a plus de recyclage dans le système ovins lait que le système ovins viande et foins.

En analysant les caractéristiques de performances agroécologiques les facteurs de productions sont importants pour le système (ovin lait) avec des espaces importants.

Par rapport à la productivité le système (ovins lait) est assez productif par rapport à l'hectare par contre le système (ovins viande) est le plus autonome car la quantité d'importation d'azote est assez faible pour un rendement important. En comparaison le système (ovins viande) et foins est très loin plus efficient que le système (ovins lait) plus cultures de rentes car quasiment la quantité d'azote exportée dans la production et vente d'agneaux et de foins est très élevée par rapport à l'azote importée. La vente de foins est une source importante d'exportation d'azote.

L'évaluation des deux systèmes de production par l'ENA nous permet de montrer que le système (ovins lait) associé avec des cultures de rente est le plus productif mais par contre le système (ovins viande) plus foins est le plus autonome et le plus efficient.

Avec la development capacity de l'ENA il est possible d'agrandir les activités dans les deux systèmes de production pour augmenter la production jusqu'à un seuil donné et par rapport aux activités actuelles des deux systèmes (ovins viande) plus vente de foins et (ovins) lait plus

cultures de rente la réserve d'activité est très élevée au niveau de la production d'agneaux et vente de foins et quasiment plus que le double de la réserve d'activité du système (ovins lait).

5. CONCLUSION

Afin d'étudier les flux dans les agroécosystèmes, les compartiments doivent être identifiés et aussi bien définir les limites du système qu'on étudie. La conceptualisation du système est très importante en tenant compte des informations sur les entrées, les sorties et tout ce qui se passe dans le système en réduisant au maximum la perte des informations (Ulanowicz, 1986 ; Ruffino et al., 2009). Les résultats de l'ENA sont sensible aux changements dans les valeurs des paramètres et les estimations des flux par exemple les prises alimentaires sur les prairies. En effet la structure du flux d'azote dans le réseau est sensible à la gestion des activités dans la production et les indicateurs d'intégration reflètent les changements dans cette gestion et peuvent être utilisés pour évaluer ces changements et comparer avec les indicateurs de productivité d'autres systèmes.

L'ENA permet d'évaluer les systèmes de production des ménages agricoles à des grandes exploitations agricoles.

EN effet dans la Crau le système (ovins viande) plus vente de foins par rapport à l'espace utilisé est moins productif que le système (ovins lait) plus cultures de rentes dans les caraïbes. Par contre ce système (ovins lait) est plus autonome et plus efficient donc la gestion de la production est assez bonne et le système d'irrigation permet une production de foins importante car dans ce système l'exportation d'azote est importante. D'autres activités peuvent intégrer ce système de production car la réserve d'activité est élevée.

En résumé le système (ovins viande) plus vente de foins est plus performant sur le plan agro-écologique tandis qu'il y a beaucoup plus d'intégration au niveau du système (ovin lait) plus cultures de rente.

Références bibliographiques

Adama et al., (1996) Etude de la production et de la composition chimique de végétations pastorales en Crau au printemps, 1p

Balland P., P. Huet, E. Lafont, J.P. Leteurtrois, & P. Pierron. (2002). Rapport sur la Durance : Propositions de simplification et de modernisation du dispositif d'intervention de l'Etat sur la gestion des eaux et du lit de la Durance - Contribution à un Plan Durance. Affaire IGE/01/025. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Ministère délégué à l'Industrie, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et des Affaires Rurales, Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer. Paris. 98p.

Bosc et al., (1999) Influence de l'époque de pâturage des regains de prés de Crau sur quelques paramètres de production de la prairie, 12p

Darnhofer (2010) Strategies of family farms to strengthen their resilience, 10p

Dore T., M. Le Bail, P. Martin, B. Ney, & J. Roger-Estrade. (2006). L'agronomie aujourd'hui. Quae Editions. Paris. 367p.

Grignani et al., (1999) Structure et qualité de différentes espèces et pelouses d'alpages (Alpes Italiennes),13p

Gleyses G., & T. Rieu. (2004). L'irrigation en France. Etat des lieux 2000 et évolutions. Cemagref Editions. 60p

Hannon B (1973) The structure of ecosystems. J Theor Biol 41:535–546.

Langeveld JWA, Rufino MC, Hengsdijk H, Ruben R, Dixon J, Verhagen J, Giller KE (2008) Evaluation of economic and ecological performance of two farm household strategies: diversification and integration: conceptual model and case studies. Quantitative approaches in system analysis, no. 29. The C.T. de Wit Garduate School for Production Ecology & Resource Conservation (PE&RC), Wageningen, 113 p

Leontief W.W. (1951) The structure of American economy, 1919–1939: an empirical application of equilibrium analysis. Oxford University Press, New York

Meuret et al., (2014) Managing rangelands grazing, 2p

Mérot A. (2007) Analyse et modélisation du fonctionnement biophysique et décisionnel d'un système prairial irriguée - Application aux prairies plurispécifiques de Crau en vue de l'élaboration d'un Outil d'Aide à la Décision ; Thèse de doctorat. 200p

Molenat et al. (1997) connaissance de la végétation pastorale. 12p

Pluvinage et al. (1994) Common agricultural policy and extensive sheep farming in Crau : Encouragement to increase manpower productivity. 4p

Pluvinage et al. (1997) Intégration des mesures agri-environnementales aux systèmes d'élevage ovin de la Crau. 14p

Rufino et al. (2009) Analysing integration and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. 17p

Stark F. (2014) Pratiques d'intégration agriculture-élevage et performances agro-écologiques des systèmes mixtes en milieu tropical : Une étude comparative latino-caribéenne, UMR Selmet, Cirad

Smith K. A., Frost J. P., (2000) Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 1: cattle and sheep 8p

Ulanowicz, R.E., (1986) Groth and Development : Ecosystems phenomenology. Springer-Verlag, NY, p 203