

# **Variabilités interannuelles des productions fourragères de 2000 à 2011.**

## **Etat des lieux et analyse par régions à partir d'observations en fermes**

J. Devun<sup>1, 4</sup>, J.-C. Moreau<sup>2, 4</sup>, C. Mosnier<sup>3, 4</sup>, M. Lherm<sup>3, 4</sup>

1 : Institut de l'Élevage, 9, allée Pierre de Fermat, F-63170 Aubière ; Jean.Devun@idele.fr

2 : Institut de l'Élevage, BP 42118, F-31321 Toulouse

3 : INRA, UMR1213 Herbivore, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

4 : UMT Systèmes Allaitants Fourrages Environnement, Inra, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

### **Résumé**

Pour assurer tout au long de l'année une adéquation entre l'offre en fourrage et les besoins du troupeau, les éleveurs doivent mettre en œuvre des choix et des stratégies de gestion de leurs systèmes d'élevage et fourragers prenant en compte les variabilités de leurs productions fourragères. Cet article présente un état des lieux de la variabilité des rendements des fourrages récoltés et des céréales sur la période 2000 à 2011, à partir des données obtenues dans 1 196 exploitations bovines (lait et viande) et ovines (viande) du dispositif des Réseaux d'Élevage. Cette étude met en évidence des différences de niveaux et de variabilité des rendements entre cultures, entre systèmes de production animale et entre régions fourragères caractérisées par leur contexte pédoclimatique.

## Introduction

Les exploitations d'élevage valorisent des milieux pédoclimatiques très divers (pluviométrie, altitude, nature des couverts, profondeur des sols...). En conséquence, les systèmes fourragers (nature des fourrages et parts annuelles dans l'alimentation des élevages d'herbivores) varient selon les zones dans lesquelles ils sont mis en œuvre (PFLIMLIN, 1998 ; HUYGHE *et al.*, 2005 ; DEVUN et LEGARTO, 2011). Cependant, la gestion des systèmes fourragers repose, le plus souvent, sur deux types de ressources : le pâturage et les fourrages conservés. Prépondérants dans l'organisation générale du système fourrager, ces deux piliers sont complémentaires et interdépendants : pâturage et constitution de stocks à partir des excédents d'herbe et/ou de cultures fourragères, utilisation des stocks lorsque le pâturage ne fournit plus de ressources suffisantes ou n'est plus accessible.

Les productions fourragères qui déterminent les fourrages disponibles pour les troupeaux sont, dans la plupart des situations, directement dépendantes des effets du climat : froid printanier, sécheresse, hautes températures estivales, *etc.* (LEMAIRE *et al.*, 2006). Ainsi, les éleveurs, dont l'un des objectifs est d'assurer à tout moment de l'année une adéquation entre l'offre en fourrage et les besoins du troupeau, doivent mettre en œuvre des choix et des stratégies de gestion de leurs systèmes d'élevage et fourragers prenant en compte les variabilités intra-annuelle et interannuelle de leurs productions fourragères, en jouant sur différents leviers d'ajustement des conduites d'élevage et des surfaces aux conditions saisonnières (MOSNIER *et al.*, 2013). Une meilleure connaissance des variabilités des productions fourragères observées en fermes est d'autant plus d'actualité que la première décennie des années 2000 a été marquée par des successions de sécheresse (LELIEVRE *et al.*, 2011) et des déficits hydriques supérieurs à la moyenne.

La variabilité interannuelle des productions fourragères n'a, pour l'instant, été quantifiée qu'à travers des simulations (RUGET *et al.*, 2006). L'objectif de cette étude est de mieux caractériser les variabilités interannuelles des rendements des principales cultures rencontrées dans les élevages : l'herbe, le maïs ensilage et les céréales d'automne, à partir de données observées dans les exploitations. Nos hypothèses sont, tout d'abord, qu'il existe une différence de variabilité interannuelle entre les cultures et entre les exploitations. Ensuite, nous supposons qu'une partie de cette différence est expliquée par le contexte pédoclimatique des exploitations. Mieux intégrer ces connaissances dans les travaux et réflexions sur les adaptations des systèmes d'élevage semble donc important pour la mise au point de systèmes d'élevage capables de s'adapter au mieux à des variations de productions fourragères plus fréquentes et plus amples compte tenu du changement climatique annoncé (SOUBEYROUX *et al.*, 2011).

Cet article propose un état des lieux de la variabilité des rendements de fourrages récoltés et de céréales sur la période 2000 à 2011, à partir des données obtenues dans des exploitations bovines (lait et viande) et ovines (viande) du dispositif des Réseaux d'Élevage réparties sur toute la France.

## 1. Matériel et méthodes

Les données proviennent des Réseaux d'Élevage pour le Conseil et la Prospective, action coordonnée par l'Institut de l'Élevage (idele) et conduite en partenariat avec les Chambres d'Agriculture et les Etablissements Départementaux de l'Élevage. Elles sont collectées dans le cadre d'un suivi pluriannuel détaillé d'exploitations réparties sur l'ensemble du territoire national. La répartition des exploitations de notre échantillon, selon les grandes zones d'élevage définies par l'Institut de l'Élevage, est indiquée dans le Tableau 1. Les données utilisées dans notre étude portent sur la gestion et l'utilisation des surfaces, la production fourragère et céréalière. Cette dernière peut jouer un rôle sur l'atténuation des aléas de production fourragère, les éleveurs pouvant miser sur la paille et le grain. Après vérification de la cohérence et de l'exhaustivité des données, les exploitations présentes moins de cinq années sur la période 2000-2011 n'ont pas été retenues pour cette analyse. De même, lorsque des changements importants sont intervenus au niveau du système de production (modifications des dimensions du troupeau ou des surfaces entraînant des variations annuelles de chargement apparent de +/- 0,2 UGB/ha SFP par rapport à la moyenne sur la période), les exploitations ont été écartées de l'analyse.

L'échantillon analysé comporte 1 196 exploitations sur la période 2000-2011 (dont 420 spécialisées en élevage bovin lait, 537 en élevage bovin viande et 239 en élevage ovin viande) totalisant 8 775 exploitations - années (soit une présence moyenne de 7,3 années par exploitation). Les caractéristiques générales des exploitations sont présentées dans le Tableau 2.

**TABLEAU 1 – Répartition des 1 196 exploitations par système et par région d'élevage** (en nombre et en % ; zonage : Institut de l'Élevage).

Système	Bovin lait	Bovin viande	Ovin viande	Total des exploitations
Zones mixtes cultures et élevage	93 (39%)	112 (46%)	36 (15%)	241 (100%)
Zones de cultures fourragères (Ouest et piémonts)	101 (44%)	102 (45%)	25 (11%)	228 (100%)
Zones de grandes cultures	21 (41%)	21 (41%)	9 (18%)	51 (100%)
Zones de cultures et surfaces pastorales du Sud	5 (17%)	8 (27%)	17 (56%)	30 (100%)
Montagnes des Alpes et des Pyrénées	8 (22%)	14 (39%)	14 (39%)	36 (100%)
Montagnes humides (Massif central et Franche-Comté)	69 (46%)	48 (32%)	34 (23%)	151 (100%)
Zones herbagères centre et est	62 (19%)	182 (55%)	89 (27%)	333 (100%)
Zones herbagères nord-ouest	66 (50%)	50 (38%)	15 (12%)	131 (100%)
Nombre total d'exploitations	425	537	239	1201

**TABLEAU 2 – Caractéristiques moyennes des exploitations.**

Système	Bovin lait	Bovin viande	Ovin viande	Total des exploitations
Nombre total d'exploitations	420	537	239	1196
Main-d'œuvre (UMO totales)	2,24	1,85	1,70	1,96
Surface agricole (ha SAU)	103,2	129,4	94,0	113,1
Surface fourragère (ha SFP)	71,6	98,5	76,6	84,7
Surface en herbe (ha herbe)	57,8	93,0	75,2	77,2
Cultures fourragères (ha)	13,6	5,4	1,32	7,5
dont maïs ensilage (ha)	13,3	5,3	1,10	7,2
Troupeau (UGB)	96,4	125,3	93,4	108,7
Chargement (UGB / Ha SFP)	1,35	1,27	1,22	1,28

Les indicateurs retenus concernent les rendements des récoltes d'herbe en tonnes de matière sèche (t MS) par hectare (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> coupes tous modes de récolte confondus ; foin, ensilage d'herbe et enrubannage 1<sup>re</sup> coupe), de maïs ensilage (t MS/ha) et de céréales d'automne (q/ha) de chaque exploitation. Les rendements fourragers sont estimés à partir des stocks rendus à la ferme (cubage de silo, nombre de balles rondes...). Sont exclues de l'étude les quantités d'herbe consommées au pâturage pour lesquelles aucun indicateur ne permet de les estimer en routine en exploitation.

Pour caractériser la variabilité interannuelle des rendements, les écarts types et les coefficients de variation sont estimés au niveau de chaque exploitation de façon à tenir compte des pratiques et du contexte propres à chacune d'elles. Afin d'apprécier plus en détail cette variabilité, les rendements annuels de chaque exploitation sont exprimés en variations relatives par rapport à la moyenne de l'exploitation sur la période.

Ces résultats sont d'abord donnés pour l'ensemble des exploitations. Ils sont ensuite analysés par grande région d'élevage issue du zonage de l'Institut de l'Élevage (ROUQUETTE *et al.*, 1995, Annexe 1). Puis ils sont traités par région fourragère définie dans le cadre du dispositif d'Information et Suivi Objectif des Prairies (ISOP)<sup>1</sup>, (RUGET *et al.*, 2006 ; SOUVERAIN *et al.*, 2010), auxquelles appartiennent les exploitations. Ce découpage fin en régions fourragères (régions ISOP) a été réalisé à partir de données relatives aux climats, aux sols et aux pratiques sur prairies, en s'appuyant sur les travaux d'HENTGEN (1982). Ainsi, les régions ISOP présentent une certaine homogénéité sur le plan pédoclimatique.

<sup>1</sup> Le dispositif ISOP a été mis en place par le Service de la Statistique et de la Prospective (SSP ex SCEES) du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, afin d'estimer par modélisation la variabilité interannuelle de la production des prairies à l'échelle de petites régions

## 2. Résultats

### 2.1. Caractéristiques moyennes de la distribution interannuelle des rendements fourragers et des céréales d'automne : résultats à partir de l'échantillon national des Réseaux d'Elevage

#### – Rendements moyens des récoltes de fourrages et de céréales d'automne

Toutes exploitations confondues, le **rendement moyen des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe** s'établit à 3,95 t MS/ha (1 147 exploitations et 8 368 exploitations - années). 80 % des exploitations ont un rendement moyen d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe compris entre 3,1 et 4,9 t MS/ha, mais avec des disparités entre filières. Ainsi, les rendements moyens des fermes Bovin lait et Ovin viande sont inférieurs respectivement de 0,4 et 0,6 t MS comparativement à ceux des fermes Bovin viande (4,20 t MS/ha). L'écart type de ces rendements moyens par filière se situe entre 0,68 et 0,78 t MS/ha. Le détail des rendements des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe selon les modes de récolte est précisé en Annexe 2. La moyenne des rendements des récoltes d'herbe en **2<sup>e</sup> coupe**, toutes exploitations confondues, s'établit à 2,24 t MS/ha avec un écart type des moyennes de 0,66 t MS/ha (615 exploitations et 4 767 années - exploitations). Cette moyenne atteint 2,0 t MS/ha dans les exploitations Ovin viande ; 2,21 t MS/ha dans les exploitations Bovin lait et 2,34 t MS/ha dans les fermes Bovin viande. Les écarts types sont compris entre 0,60 et 0,72 t MS/ha.

Ces écarts de rendements moyens entre filières traduisent des exigences de qualité et de quantité différentes, voire des particularités de conduite : il y a, par exemple, davantage de pâturage hivernal et de déprimage en système Ovin viande, ce qui explique en partie les récoltes plus faibles ; en élevage bovin viande où le compromis quantité/qualité est différent de celui recherché en production laitière, un stade de récolte plus tardif explique les rendements supérieurs.

La moyenne des rendements de **maïs ensilage**, toutes exploitations confondues, s'établit à 12,4 t MS/ha (629 exploitations et 4 569 exploitations - années). L'écart type des rendements moyens est de 2,05 t MS/ha. Ces résultats sont de même niveau dans les exploitations Bovin lait et Bovin viande, respectivement 12,6 et 12,4 t MS/ha. Dans notre échantillon peu d'exploitations Ovin viande cultivent du maïs ensilage.

Exprimée en quintaux récoltés par hectare, la moyenne des rendements des **céréales d'automne**, toutes exploitations confondues, s'établit à 57,3 q/ha (898 exploitations et 6 549 exploitations - années). L'écart type des rendements moyens est de 14,3 q/ha. Ce rendement moyen est de 59,9 q/ha dans les exploitations Bovin lait, 58,3 q/ha dans les exploitations Bovin viande et de 48,1 q/ha dans les exploitations Ovin viande (peu nombreuses à cultiver des céréales d'automne).

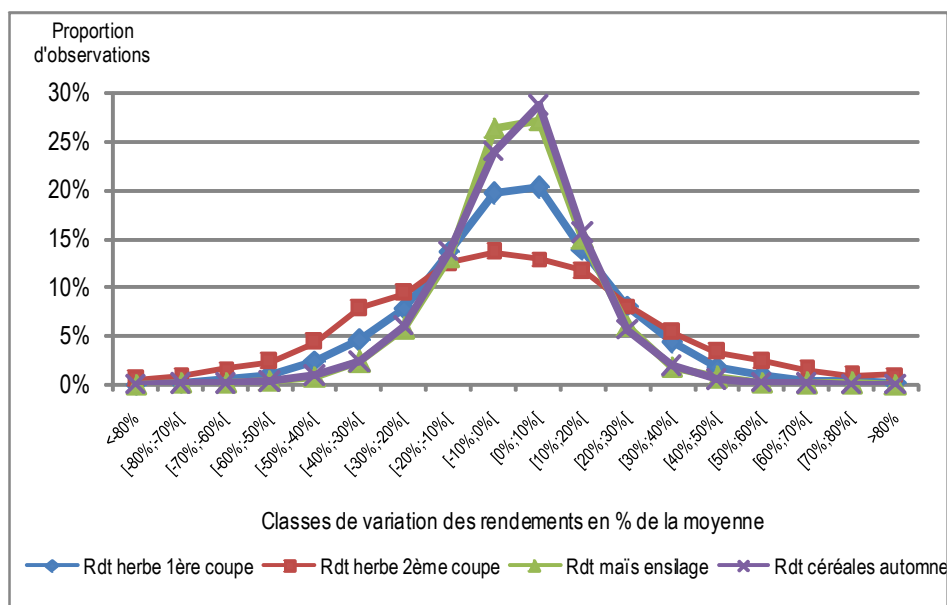
#### – Variabilité interannuelle des rendements des récoltes de fourrages et de céréales d'automne à l'échelle des fermes

##### • Paramètres de distribution de la variabilité interannuelle

La Figure 1 représente la distribution des variations interannuelles de rendements des fourrages et des céréales d'automne (exprimées en relatif par rapport à la moyenne calculée sur la période et pour chaque exploitation). Ces distributions suivent une loi « normale » : centrées autour de 0, symétrique, avec des occurrences d'évènements extrêmes (au delà de +/- 40 %) faibles. Cette figure met en évidence une variabilité un peu plus grande des rendements d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe par rapport aux rendements en céréales et maïs : sur la période 2000 à 2011, les coefficients de variations interannuelles varient de 20,3 %, pour les rendements des récoltes d'herbe 1<sup>re</sup> coupe, à 15,7 % et 15,9 % respectivement pour le maïs ensilage et les céréales d'automne. Il atteint 33 % pour les rendements des récoltes d'herbe de 2<sup>e</sup> coupe. La fréquence des années où les rendements sont inférieurs à 20 % de leur moyenne s'échelonne entre 10 % pour le maïs ensilage et les céréales, 14 % pour l'herbe en 1<sup>re</sup> coupe et 24 % pour l'herbe en 2<sup>e</sup> coupe. Les situations individuelles sont cependant hétérogènes. Un cinquième des exploitations ont un coefficient de variation (CV) supérieur à 27 % pour les rendements d'herbe récoltées en 1<sup>re</sup> coupe et à 21 % pour les rendements de maïs ensilage et de céréales d'automne (ce ne sont pas les mêmes exploitations) ; un cinquième des exploitations ont un CV inférieur à 13 % pour les rendements en herbe, 9% pour le maïs ensilage et 10% pour les céréales.

Ces résultats illustrent les gammes de variations interannuelles de rendements fourragers et de céréales d'automne que l'on peut observer en fermes. Ils révèlent que la variabilité interannuelle des rendements des prairies (1<sup>re</sup> coupe) est supérieure de l'ordre de 5 points à celles des rendements de maïs ensilage et de céréales. Il y a également une plus grande hétérogénéité de la variabilité interannuelle des rendements d'herbe entre les exploitations qui peut s'expliquer au moins en partie par la plus grande hétérogénéité des surfaces consacrées à l'herbe. Quant aux rendements d'herbe récoltée en 2<sup>e</sup> coupe, ils sont logiquement plus variables : conditions climatiques plus variables et rendements moyens plus faibles.

FIGURE 1 – Courbes de distribution des variations interannuelles de rendements fourragers et de céréales d'automne selon les classes de variation relative des rendements (données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011).



- Distribution des variations de rendements fourragers et de céréales d'automne par année

Les aléas climatiques sont plus ou moins localisés et affectent différemment les cultures selon la distribution des paramètres climatiques dans l'année. Les Figures 2(abc) illustrent que, pour une même année, les fréquences des classes de variations de rendements répertoriées de l'herbe (2a), du maïs ensilage (2b) et des céréales d'automne (2c) sont, tous systèmes et régions confondus, diverses. Elles montrent que, selon les cultures, certaines années ressortent comme plus ou moins bonnes. Par exemple, l'année 2003, a été très défavorable pour les trois productions. L'année 2007 a été défavorable sur le plan des céréales d'automne et satisfaisante pour les rendements en herbe 1<sup>re</sup> coupe et en maïs ensilage. Quant à l'année 2011, elle s'est révélée particulièrement défavorable sur le plan des rendements de 1<sup>re</sup> coupe d'herbe, très favorable pour le maïs ensilage et relativement favorable pour les céréales d'automne.

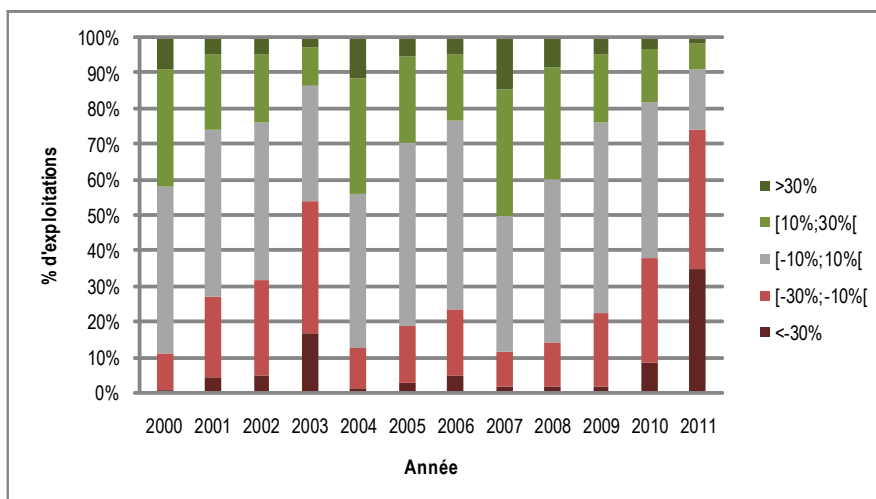
## 2.2. Disparité de la variabilité interannuelle des rendements entre les grandes régions d'élevage

### – Récoltes d'herbe 1<sup>re</sup> coupe

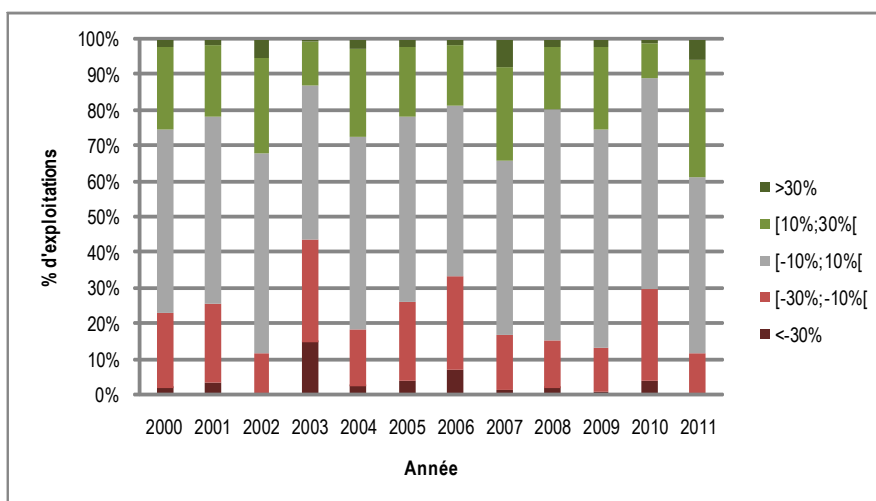
La moyenne des rendements d'herbe récoltée en 1<sup>re</sup> coupe varie selon les zones dans une fourchette comprise entre 3,28 t MS/ha (en zones de « Montagnes des Alpes et des Pyrénées ») et 4,19 t MS/ha (en zones de « Grandes cultures »), en raison de potentialités pédoclimatiques différentes. La hiérarchie des rendements observée selon les productions (Bovin lait, Bovin viande et Ovin viande), toutes exploitations confondues, se maintient globalement quelles que soient les grandes régions d'élevage.

**FIGURE 2 – Répartition des variations de rendements observées en ferme par année (données Réseaux d’Elevage, période 2000-2011).**

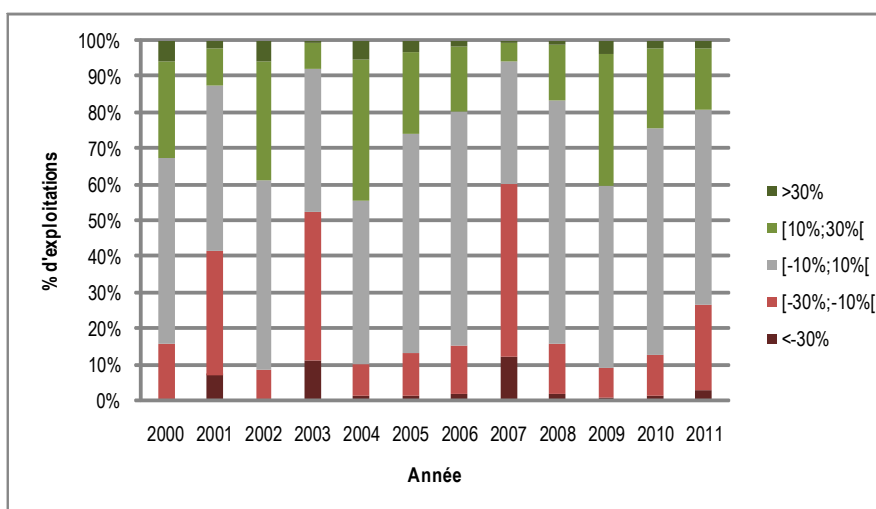
**a) Récoltes d’herbe 1<sup>re</sup> coupe**



**b) Maïs ensilage**



**c) Céréales d’automne**



En ce qui concerne les CV, la moyenne est proche de 20 % dans la plupart des grandes régions d’élevage : « Cultures fourragères », « Mixtes cultures et élevage », « Montagnes des Alpes et des Pyrénées », « Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté » et « Herbagères nord-ouest ». Deux exceptions qui caractérisent des situations contrastées : les zones « Herbagères nord-ouest » avec le CV moyen le plus faible (17 %) et les zones de « Cultures et surfaces pastorales du Sud » avec le CV le plus élevé (28%), dans lesquelles des rendements moyens faibles (3,46 t MS/ha) sont associés à des écarts types élevés (0,95 t MS/ha), cf. Tableau 3.

## 2.2. Disparité de la variabilité interannuelle des rendements entre les grandes régions d'élevage

### – Récoltes d'herbe 1<sup>re</sup> coupe

La moyenne des rendements d'herbe récoltée en 1<sup>re</sup> coupe varie selon les zones dans une fourchette comprise entre 3,28 t MS/ha (en zones de « Montagnes des Alpes et des Pyrénées ») et 4,19 t MS/ha (en zones de « Grandes cultures »), en raison de potentialités pédoclimatiques différentes. La hiérarchie des rendements observée selon les productions (Bovin lait, Bovin viande et Ovin viande), toutes exploitations confondues, se maintient globalement quelles que soient les grandes régions d'élevage.

En ce qui concerne les CV, la moyenne est proche de 20 % dans la plupart des grandes régions d'élevage : « Cultures fourragères », « Mixtes cultures et élevage », « Montagnes des Alpes et des Pyrénées », « Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté » et « Herbagères nord-ouest ». Deux exceptions qui caractérisent des situations contrastées : les zones « Herbagères nord-ouest » avec le CV moyen le plus faible (17 %) et les zones de « Cultures et surfaces pastorales du Sud » avec le CV le plus élevé (28%), dans lesquelles des rendements moyens faibles (3,46 t MS/ha) sont associés à des écarts types élevés (0,95 t MS/ha), cf. Tableau 3.

**TABLEAU 3 – Moyenne (R) et variabilité interannuelle (CV) des rendements d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe des fermes regroupées selon les systèmes et les régions d'élevage (t MS/ha ; données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011 ; zonage : idele).**

Exploitations Régions	Bovin lait		Bovin viande		Ovin viande		Ensemble	
	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**
Zones mixtes cultures et élevage	<b>3,91</b>	0,22	<b>4,34</b>	0,18	<b>3,54</b>	0,23	<b>4,05</b>	0,20
Zones de cultures fourragères (Ouest et piémonts)	<b>3,83</b>	0,22	<b>4,45</b>	0,16	<b>4,02</b>	0,20	<b>4,13</b>	0,19
Zones de grandes cultures	<b>4,15</b>	0,20	<b>4,60</b>	0,19	<b>3,37</b>	0,22	<b>4,19</b>	0,20
Zones de cultures et surfaces pastorales du Sud	<b>3,88</b>	0,22	<b>4,06</b>	0,24	<b>3,08</b>	0,31	<b>3,46</b>	0,28
Montagnes des Alpes et des Pyrénées	<b>3,61</b>	0,23	<b>3,50</b>	0,22	<b>2,88</b>	0,18	<b>3,28</b>	0,21
Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté	<b>3,68</b>	0,20	<b>3,89</b>	0,19	<b>3,29</b>	0,23	<b>3,66</b>	0,20
Zones herbagères centre et est	<b>3,59</b>	0,18	<b>4,05</b>	0,19	<b>3,75</b>	0,24	<b>3,89</b>	0,20
Zones herbagères nord-ouest	<b>4,01</b>	0,18	<b>4,25</b>	0,16	<b>4,03</b>	0,16	<b>4,11</b>	0,17
<b>Ensemble des zones</b>	<b>3,82</b>	0,21	<b>4,20</b>	0,18	<b>3,59</b>	0,23	<b>3,95</b>	0,20

\* : Moyenne des rendements moyens de chaque ferme ; \*\* : Moyenne des coefficients de variation de chaque ferme

### – Récoltes de maïs ensilage

La moyenne des rendements de maïs ensilage varie selon les grandes régions d'élevage dans une fourchette comprise entre 10,4 t MS/ha (zone de « Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté ») à 13,5 t MS/ha (zone de « Grandes cultures »). Il en est de même de la moyenne des CV qui se situe entre 11-12 % (zones de « Grandes cultures », « Herbagères nord-ouest » et « Cultures et surfaces pastorales du Sud ») et 18 % (zones « Herbagères centre et est »), cf. Tableau 4.

### – Récoltes de céréales d'automne

Hormis les zones « Montagnes des Alpes et des Pyrénées » dans lesquelles peu d'exploitations cultivent des céréales, les rendements moyens varient dans une fourchette comprise entre 43-45 q/ha (zones « Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté » et « Cultures et surfaces pastorales du Sud ») et 66 q/ha (zones de « Grandes cultures » et « Herbagères du nord-ouest »). Les CV sont compris, pour l'ensemble des régions, entre 13 % et 18 %, les plus faibles dans les zones de « Grandes cultures » et « Herbagères nord-ouest », les plus élevés en zones de « Cultures et surfaces pastorales du Sud », « Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté » et « Montagnes des Alpes et des Pyrénées », cf. Tableau 5.

**TABLEAU 4 – Moyenne (R) et variabilité interannuelle (CV) des rendements de maïs ensilage des fermes regroupées selon les systèmes et les régions d'élevage (t MS/ha ; données Réseaux d'Elevage, période 2000-2011 ; zonage : idele).**

Exploitations	Bovin lait		Bovin viande		Ovin viande		Ensemble	
	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**
Zones mixtes cultures et élevage	<b>13,42</b>	0,12	<b>13,04</b>	0,18	<b>10,90</b>	0,28	<b>13,23</b>	0,15
Zones de cultures fourragères (Ouest et piémonts)	<b>12,20</b>	0,15	<b>12,34</b>	0,16	<b>10,13</b>	0,19	<b>12,17</b>	0,16
Zones de grandes cultures	<b>13,62</b>	0,10	<b>13,23</b>	0,13			<b>13,50</b>	0,11
Zones de cultures et surfaces pastorales du Sud	<b>12,92</b>	0,13	<b>12,26</b>	0,16			<b>12,64</b>	0,15
Montagnes des Alpes et des Pyrénées	<b>11,82</b>	0,11	<b>14,10</b>	0,12			<b>13,19</b>	0,11
Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté	<b>10,31</b>	0,16	<b>10,91</b>	0,15	<b>8,62</b>	0,25	<b>10,43</b>	0,16
Zones herbagères centre et est	<b>11,51</b>	0,16	<b>11,74</b>	0,19	<b>11,72</b>	0,19	<b>11,66</b>	0,18
Zones herbagères nord-ouest	<b>13,03</b>	0,13	<b>12,75</b>	0,11	<b>13,57</b>	0,07	<b>12,96</b>	0,12
<b>Ensemble des zones</b>	<b>12,57</b>	0,14	<b>12,38</b>	0,17	<b>11,18</b>	0,18	<b>12,43</b>	0,15

\* : Moyenne des rendements moyens de chaque ferme ; \*\* : Moyenne des coefficients de variation de chaque ferme

**TABLEAU 5 – Moyenne (R) et variabilité interannuelle (CV) des rendements de céréales d'automne des fermes regroupées selon les systèmes et les régions d'élevage (q/ha ; données Réseaux d'Elevage, période 2000-2011 ; zonage : idele).**

Exploitations	Bovin lait		Bovin viande		Ovin viande		Ensemble	
	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**	R*	CV**
Zones mixtes cultures et élevage	<b>69,7</b>	0,13	<b>62,6</b>	0,13	<b>49,1</b>	0,18	<b>64,2</b>	0,14
Zones de cultures fourragères (Ouest et piémonts)	<b>55,6</b>	0,16	<b>58,7</b>	0,15	<b>52,0</b>	0,15	<b>56,8</b>	0,15
Zones de grandes cultures	<b>65,2</b>	0,12	<b>68,4</b>	0,13	<b>63,3</b>	0,14	<b>66,2</b>	0,13
Zones de cultures et surfaces pastorales du Sud	<b>43,3</b>	0,21	<b>46,5</b>	0,18	<b>39,3</b>	0,20	<b>42,7</b>	0,19
Montagnes des Alpes et des Pyrénées	<b>48,0</b>	0,18	<b>31,4</b>	0,19	<b>40,5</b>	0,17	<b>40,9</b>	0,18
Montagnes humides du Massif Central et de Franche-Comté	<b>44,3</b>	0,19	<b>45,0</b>	0,18	<b>40,1</b>	0,20	<b>44,1</b>	0,18
Zones herbagères centre et est	<b>59,4</b>	0,16	<b>55,5</b>	0,16	<b>47,2</b>	0,17	<b>54,1</b>	0,16
Zones herbagères nord-ouest	<b>65,4</b>	0,14	<b>68,3</b>	0,13	<b>57,7</b>	0,16	<b>65,7</b>	0,13
<b>Ensemble des zones</b>	<b>59,9</b>	0,15	<b>58,2</b>	0,15	<b>48,1</b>	0,17	<b>57,3</b>	0,15

\* : Moyenne des rendements moyens de chaque ferme ; \*\* : Moyenne des coefficients de variation de chaque ferme

Le découpage du territoire en huit grandes zones d'élevage permet d'expliquer entre 11 % et 16 % des écarts de variabilités interannuelles des rendements entre les exploitations (Annexe 2). C'est dans les zones de « Cultures et surfaces pastorales du sud » que les rendements des prairies et des céréales présentent le plus des « risques » (il y a peu d'exploitations avec maïs ensilage dans ces zones) et dans les zones « Herbagères du nord ouest » que les variations de rendement sont les plus faibles d'une année à l'autre.

### 2.3. Variabilité des rendements fourragers et des céréales d'automne selon les régions fourragères ISOP

Les mêmes indicateurs que précédemment sont analysés selon les régions ISOP. Ces dernières présentent par construction des caractéristiques pédoclimatiques plus homogènes que celles des grandes régions d'élevage. Même si les productions de fourrages ne sont pas indépendantes des itinéraires techniques et des choix de production que font les éleveurs, nous cherchons à mettre en



évidence des différences de rendements fourragers et céréaliers et l'ampleur de la variabilité en fonction des contextes pédoclimatiques. Seuls sont présentés les résultats des régions pour lesquelles nous disposons des données d'au moins 5 exploitations et 30 années - exploitations.

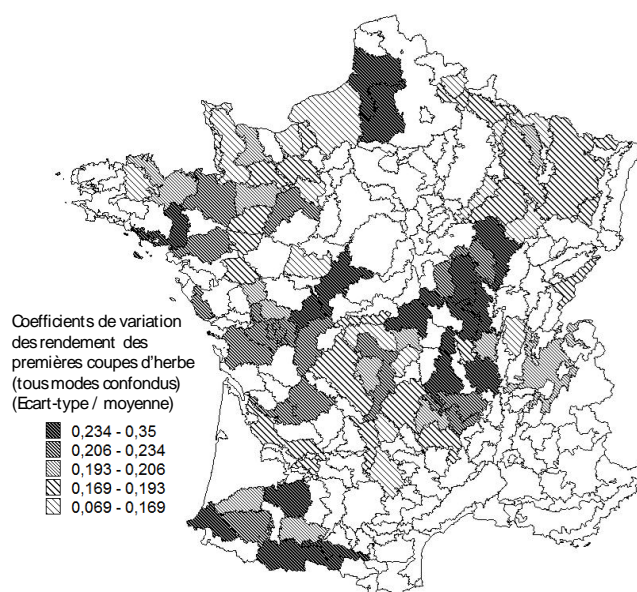
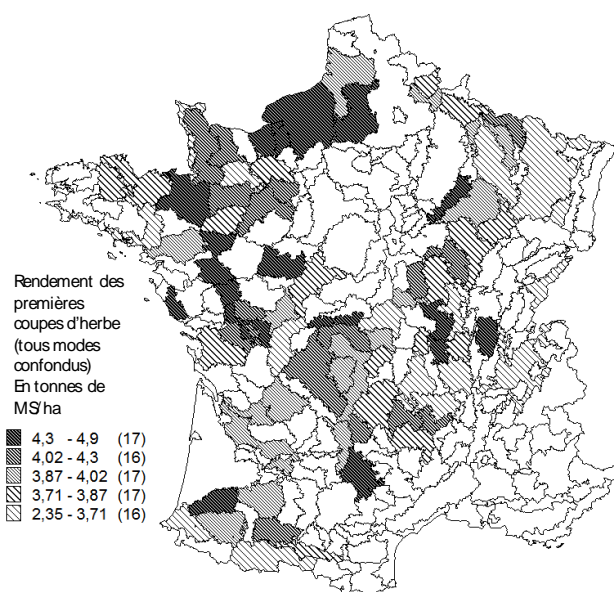
### – Récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe

Les données portant sur les récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe sont disponibles dans 83 régions ISOP. Le rendement moyen varie selon ces régions dans une fourchette allant de 2,35 t MS/ha (Montagne Vosgienne : production laitière en altitude)<sup>2</sup> à 4,90 t MS/ha (Bas Bocage en Vendée : exploitations bovin viande dominantes). La moyenne des rendements moyens par région est de 3,98 t MS/ha. La Figure 3a illustre les niveaux de rendement moyen des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe selon les régions ISOP. Il ressort que l'est de la France présente plus de régions à faible rendement que l'ouest.

La Figure 3b fait ressortir trois zones de variabilité interannuelle accrue des rendements en herbe de 1<sup>re</sup> coupe : le sud-ouest de la France, l'est du Massif central et les Vosges, et la Picardie. Dans cette dernière région où prédominent les exploitations laitières avec maïs ensilage, la variabilité des rendements est davantage à imputer aux variations des modes de récolte d'une année à l'autre. Dans 15 % des régions, le coefficient moyen de variation interannuelle dépasse 25 % (en schématisant, cela signifie que pour un rendement moyen de 3,7 t MS/ha par exemple, deux années sur trois, le rendement annuel est compris entre 2,8 et 4,6 t MS/ha et qu'une année sur six le rendement varie de plus de 25 %). Il atteint même de l'ordre de 30 % dans le Haut Armagnac (écart type 1,37 t MS/ha) et la Montagne Bourbonnaise (écart type 1,11 t MS/ha). A l'opposé, dans 15 % des régions ISOP où les rendements sont les moins variables, le CV est inférieur à 15 % (ce qui signifie que, pour un rendement moyen de 4,1 t MS/ha par exemple, deux années sur trois, le rendement annuel est compris entre 3,5 et 4,7 t MS/ha). C'est le cas par exemple de la plupart des régions ISOP de Basse-Normandie et de quelques unes en Champagne-Ardenne (les écarts types sont proches de 0,6 t MS/ha).

**FIGURE 3a – Rendements moyens des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe** (données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011 ; entre parenthèses : nombre d'exploitations par classe).

**FIGURE 3b – Coefficients de variation des rendements moyens des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe** (données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011)



### – Récoltes de maïs ensilage

Les récoltes de maïs ensilage, non irriguées pour 91 % des exploitations de notre échantillon, concernent un nombre plus limité de régions ISOP soit 53 sur les 83 car certaines d'entre elles ne

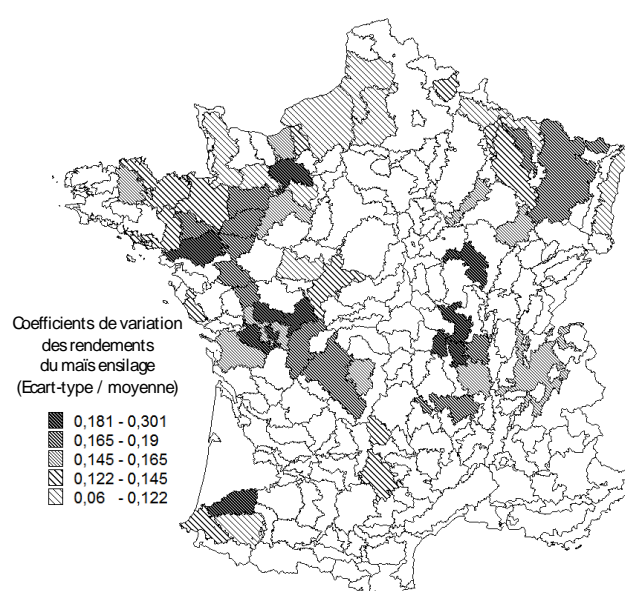
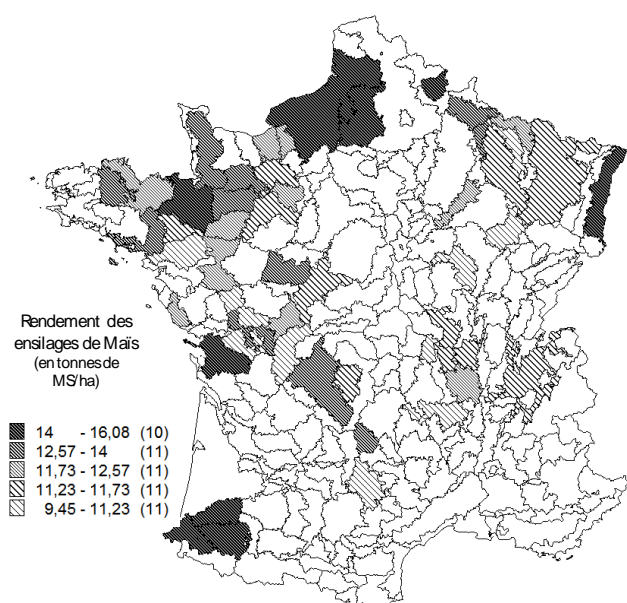
<sup>2</sup> Principale Petite Région Agricole concernée par la région fourragère ISOP

présentent pas un potentiel pédoclimatique favorable à cette culture. La moyenne des rendements moyens par région est de 12,4 t MS/ha. Sur la Figure 4a, les rendements apparaissent clairement plus élevés dans le nord-ouest de la France et dans la vallée du Rhin. Sur l'ensemble des régions, ils varient dans une fourchette allant de 9,5 t MS/ha (Monts du Forez) à 16,1 t MS/ha (Plaine du Rhin).

La variabilité interannuelle des rendements de maïs est illustrée par la Figure 4b. Le CV dépasse 20 % dans 15 % des régions ISOP qui ont le plus souvent un rendement inférieur à 12 t MS/ha (ce qui signifie que pour un rendement moyen de 11,0 t MS/ha, deux années sur trois, le rendement annuel est compris entre 8,8 et 13,2 t MS/ha). Parmi ces régions, citons la Montagne Bourbonnaise et la Sologne Bourbonnaise qui sont des zones d'élevage de bovin allaitant, les régions des Brandes (Poitou-Charentes), la Vallée de la Sarthe et la région mancelle (Pays de la Loire). A l'opposé, dans 15 % des régions ISOP le CV est inférieur à 11 % (ce qui signifie que pour un rendement moyen de 14,2 t MS/ha, deux années sur trois le rendement annuel est compris entre 12,6 et 15,8 t MS/ha). Ces situations se rencontrent notamment en Haute et Basse Normandie, en Picardie et dans la plaine du Rhin.

**FIGURE 4a – Rendements moyens des récoltes de maïs ensilage** (données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011 ; entre parenthèses : nombre d'exploitations par classe)

**FIGURE 4b – Coefficients de variation des rendements moyens des récoltes de maïs ensilage** (données Réseaux d'Élevage, période 2000-2011)



## – Récoltes de céréales d'automne

Les données portant sur les récoltes de céréales d'automne sont disponibles dans 68 régions ISOP. Pour un rendement moyen de 57,7 q/ha, la fourchette des rendements s'établit de 38,0 q/ha (Margeride) à plus du double (84,7 q/ha en Pays de Bray, Pays de Caux). Les rendements sont globalement plus élevés dans le tiers nord de la France.

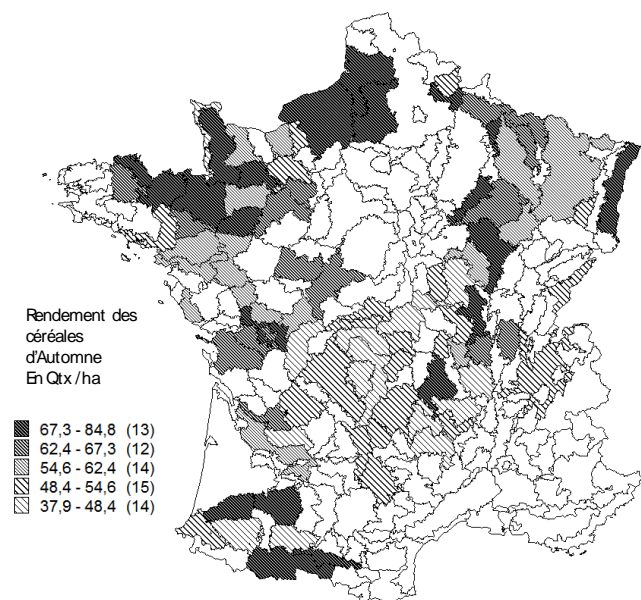
La Figure 5b illustre les coefficients de variation observés pour l'échantillon des Réseaux d'Élevage selon les régions ISOP. La production de céréales paraît globalement plus « risquée » sous une diagonale partant environ de Biarritz et allant à Dijon (Figure 5a).

Dans 15 % des régions ISOP, le CV dépasse 20 % (ce qui signifie que pour un rendement moyen de 45 q/ha, deux années sur trois, le rendement annuel est compris entre 36 et 54 q/ha). C'est le cas par exemple des régions d'Entre Loire et Allier, et de la Margeride. A l'opposé, dans 15 % des régions ISOP, le CV est inférieur à 13 % (ce qui signifie que pour un rendement moyen de 66 q/ha, deux années sur trois, le rendement annuel est compris entre 57,4 et 74,6 q/ha). Parmi ces régions, citons le Bocage de Coutances et de Saint-Lô, et la Plaine du Rhin.

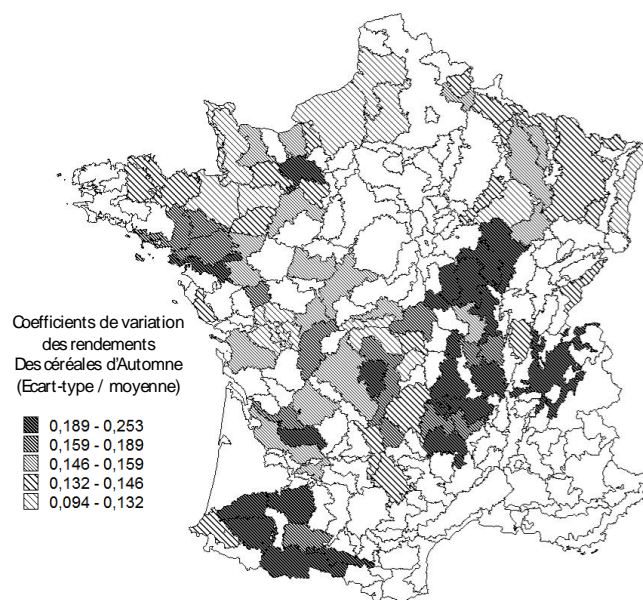
Le zonage ISOP permet d'expliquer de 24% (pour les céréales) à 36% des écarts de variabilité interannuelle mesurés entre les exploitations (Annexe 4). Le découpage ISOP, plus fin et plus discriminant, apparaît plus pertinent pour traiter de la variabilité des productions fourragères bien qu'il

implique de considérer un plus grand nombre d'entités géographiques. Ces régions présentent en effet, par construction et grâce à la finesse du maillage, des caractéristiques pédoclimatiques plus homogènes que celles des grandes régions d'élevage. De même qu'avec le zonage en régions d'élevage, le nord-ouest apparaît globalement comme avec de meilleurs potentiels de rendement et une moindre variabilité.

**FIGURE 5a – Rendements moyens des récoltes de céréales d'automne** (données Réseaux d'Elevage, période 2000-2011 ; entre parenthèses : nombre d'exploitations par classe).



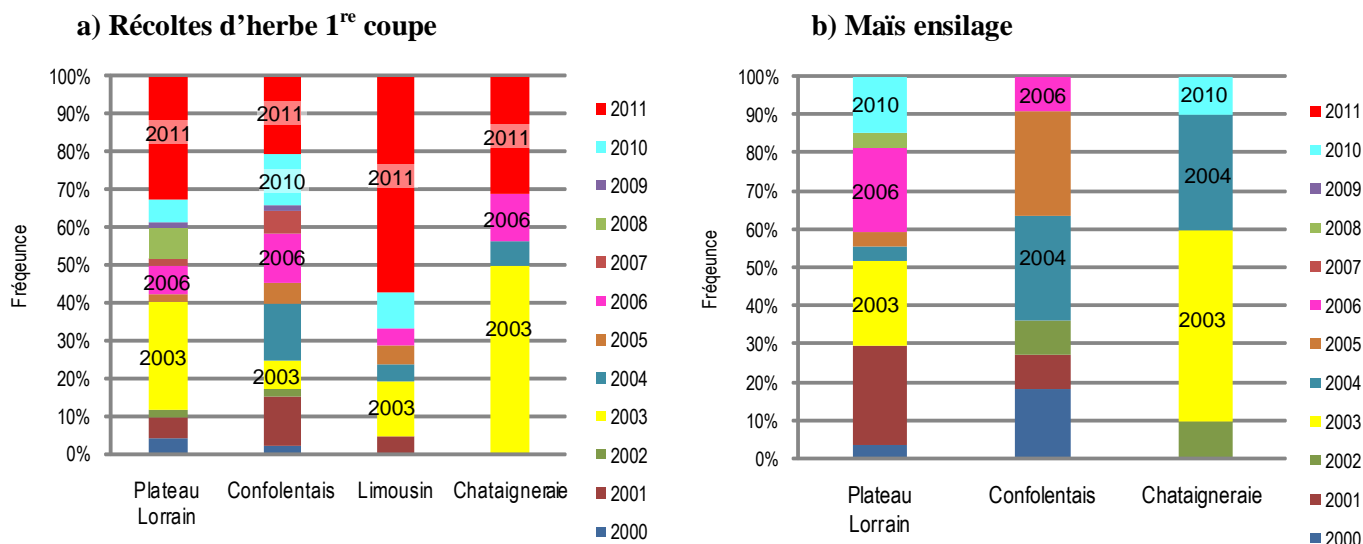
**FIGURE 5b – Coefficients de variation des rendements moyens des récoltes de céréales d'automne** (données Réseaux d'Elevage, période 2000-2011)



– Illustrations de la diversité des distributions, par région fourragère, des variations de rendements fourragers et de céréales d'automne selon les années

Pour quelques régions ISOP et sur la période étudiée, les Figures 6a et 6b repèrent les années pour lesquelles les rendements des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe (6a) et de maïs ensilage (6b) ont été les plus faibles (rendements inférieurs à 20 %). Ainsi, les années 2003, 2011 et, à un degré moindre, 2006 se sont révélées les plus défavorables sur le plan des rendements 1<sup>re</sup> coupe en herbe dans les régions Châtaigneraie et Bassin d'Aurillac et du Plateau lorrain. Dans ces deux régions, les situations sont différentes pour les rendements de maïs ensilage : pour l'une, les années 2011 et 2003 sont les plus

**FIGURE 6 – Fréquence des rendements faibles selon les années** (données Réseaux d'Elevage, période 2000-2011).





défavorables ; pour l'autre, ce sont les années 2001, 2003 et 2006. La région du Confolentais (Poitou-Charentes) apparaît touchée plus régulièrement au niveau des récoltes d'herbe de 1<sup>re</sup> coupe : 2001, 2004, 2006, 2010 et 2011. Concernant le maïs ensilage, pour cette même région, les années les plus défavorables ont été 2000, 2004 et 2005. Enfin, en région Limousin, c'est l'année 2011 qui apparaît la plus défavorable sur le plan des rendements d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe. Ces différences de répartition des faibles rendements selon les années, sont vraisemblablement à mettre en relation avec des niveaux d'aléas climatiques annuels qui diffèrent plus ou moins d'une région à l'autre.

Il en découle que, pour une même année, les paramètres climatiques varient différemment d'une région à l'autre et affectent inégalement les diverses productions.

### **3. Discussion et conclusion**

Cette étude permet, à partir de plus de 8 000 observations dans les fermes du dispositif des Réseaux d'Élevage, de caractériser les niveaux et la distribution des rendements des récoltes d'herbe, de maïs ensilage et de céréales d'automne, et de les comparer entre les régions. Les rendements moyens observés mais aussi leurs variations interannuelles diffèrent entre les régions (le système de production animale explique en partie les écarts de rendement en herbe).

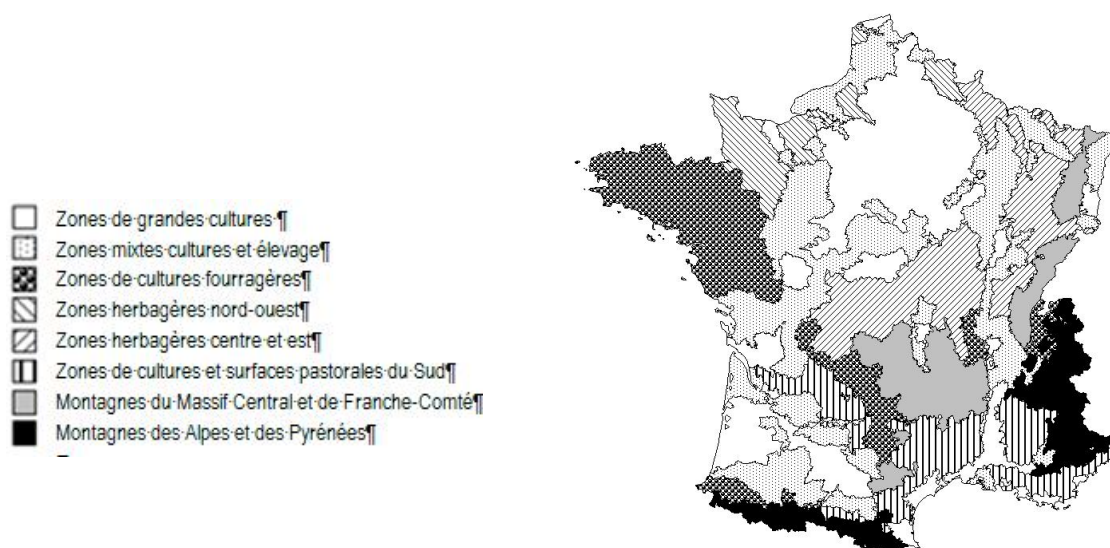
Les variations interannuelles de rendements des fourrages étudiés (qui suivent une loi normale) apparaissent plus importantes pour les rendements d'herbe que pour les rendements en céréales et maïs ensilage. Les coefficients de variation moyens sont de l'ordre de 15 % (pour le maïs ensilage et les céréales), 20 % pour les 1<sup>re</sup> coupes d'herbe et 30 % pour les 2<sup>e</sup> coupes). Parmi les régions ISOP, les coefficients de variation des rendements des récoltes d'herbe en 1<sup>re</sup> coupe varient de 7 à 35 %, de 6 à 30 % pour le maïs ensilage et de 9 à 25 % pour les céréales d'automne. Le découpage du territoire français en régions pour l'indicateur ISOP permet d'expliquer près de 30 % des écarts de la variabilité interannuelle observée dans les fermes. Il permet ainsi de mieux décrire l'hétérogénéité des variations de rendements sur le territoire que le découpage en grandes régions d'élevage. Ceci confirme l'intérêt de ce découpage de la France, au-delà des seules prairies pour lesquelles il avait été initialement conçu. En effet, ce constat concerne aussi bien les récoltes d'herbe que celles de maïs ensilage ou de céréales d'automne. Il se fait toutefois au prix d'un nombre plus important d'entités géographiques. On peut s'interroger sur les autres facteurs explicatifs de l'hétérogénéité de la variabilité interannuelle entre individus. Certains facteurs sont vraisemblablement en rapport avec la diversité des productions animales et des systèmes dont, par exemple, les exigences de régularité, de compromis qualité/quantité, voire de cahier des charges, sont différentes. D'autres ont trait aux pratiques mises en œuvre (fertilisation, mode de récolte des prairies, variétés, chargement, etc.) et les leviers mobilisés pour s'ajuster aux conditions climatiques (années en cours et arrières effets de l'année précédente) influent aussi sur cette variabilité.

Face au changement climatique annoncé, il est important de mieux connaître les variabilités des productions fourragères et leurs conséquences sur les conduites techniques et les résultats économiques des exploitations en fonction des caractéristiques des systèmes d'exploitation et des contextes pédoclimatiques. Il semble aussi nécessaire d'étudier davantage les années où les rendements sont particulièrement défavorables dans la mesure où ce sont ces années et leur fréquence qui peuvent particulièrement poser problèmes (MOSNIER *et al.*, 2010 et 2013). La variabilité interannuelle des fourrages devant s'amplifier avec le changement climatique, le maintien d'un dispositif pérenne permettant de suivre les variations de rendements des récoltes dans les fermes d'élevage sur de longues périodes, mais aussi les changements éventuels des conduites et des orientations des systèmes, paraît plus que jamais d'actualité. L'ensemble de ces connaissances, ainsi que des travaux prospectifs à partir de modélisations et de simulations, seront utiles aux réflexions portant sur la sécurisation des systèmes d'élevage.

## Références bibliographiques

- DEVUN J., LEGARTO J. (2011) : "Fourrages conservés et modes de récolte : la situation selon les systèmes d'élevage en France", *Fourrages*, 206, 91-106.
- HENTGEN A. (1982) : "Une méthode pour améliorer la connaissance de la production disponible des surfaces herbagères au niveau national", *Fourrages*, 92, 15-49.
- HUYGHE C., BOURNOVILLE R., COUTEAUDIER Y., DURU M., GENSOLLEN V., LHERM M., PEYRAUD J.L. (2005) : *Prairies et cultures fourragères en France entre logique de production et enjeux territoriaux*, INRA éd., Paris, 202 p.
- LELIEVRE F., SALA S., RUGET F., VOLAIRE F. (2011) : "Evolution climatique du Sud de la France 1950-2009", *Projet CLIMFOUREL PSDR-3, Régions Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes*, Série Les Focus PSDR-3.
- LEMAIRE G., DELABY L., FIORELLI J.L., MICOL D. (2006) : "Systèmes fourragers et élevage", *Rapport d'Expertise INRA, Sécheresse et agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*, 312-322.
- MOSNIER C., AGABRIEL J., VEYSSET P., BEBIN D., LHERM M. (2010) : "Évolution et sensibilité aux aléas des résultats technico-économiques des exploitations de bovins allaitants selon les profils de production : analyse d'un panel de 55 exploitations du bassin allaitant Charolais de 1987 à 2007", *INRA Productions Animales*, 23 (1), 91-102.
- MOSNIER C., BOUTRY A., LHERM M., DEVUN J. (2013) : "Sensibilité des élevages bovins et ovins viande aux aléas selon la place des prairies dans les systèmes fourragers", *Fourrages*, 213, à paraître.
- PFLIMLIN A. (1998) : "Risques climatiques et sécurités fourragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse", *Fourrages*, 156, 541-555.
- RUGET F., NOVAK S., GRANGER S. (2006) : "Du modèle STICS au modèle ISOP pour estimer la production fourragère. Adaptation à la prairie, application spatialisée", *Fourrages*, 186, 241-256.
- SOUBEYROUX J.M., VIDAL J.-P., NAJAC J., KITOVA N., BLANCHARD M., DANDIN P., MARTIN E., PAGE C., HABETS F. (2011) : *Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol*, Rapport final du projet CLIMSEC.
- SOUVERAIN F., LE BAS C., RUGET F., CASSAGNE J.P. (2010) : *Guide d'utilisation d'ISOP Version 3*, 23p.

**ANNEXE 1 – Carte des régions d'élevage** (J.L. ROUQUETTE, A. PFLIMLIN, J. CAILLETTE, Institut de l'Élevage, septembre 1995).



## ANNEXE 2 – Détail des rendements des récoltes d’herbe 1<sup>re</sup> coupe selon les modes de récolte.

### – Récoltes de foin en 1<sup>re</sup> coupe

Toutes exploitations confondues, le rendement moyen des récoltes de foin en 1<sup>re</sup> coupe s’établit à 3,88 t MS/ha (1 134 exploitations et 8 341 exploitations - années). Comme pour les rendements d’herbe récoltées tous modes confondus, les rendements en systèmes Ovin viande et Bovin lait (respectivement de 3,57 et 3,85 t MS/ha) sont inférieurs de 0,2 à 0,4 t MS comparativement aux systèmes Bovin viande (4,02 t MS/ha). L’écart type de ces rendements moyens par filière se situant entre 0,66 t MS/ha, et 0,79 t MS/ ha.

### – Récoltes d’ensilage d’herbe en 1<sup>re</sup> coupe

La moyenne des rendements des récoltes d’ensilage d’herbe en 1<sup>re</sup> coupe, toutes exploitations confondues, s’établit à 4,38 t MS/ha avec un écart type des moyennes de 0,98 t MS/ha (448 exploitations et 3 339 exploitations - années). Ces résultats diffèrent selon les filières, en raison d’exigences de qualité et de quantité différentes : les rendements dans les élevages Bovin lait et Ovin viande (respectivement de 3,90 et 4,28 t MS/ha) sont inférieurs de 0,6 à 1,0 t MS comparativement aux élevages Bovin viande (4,94 t MS/ha). Quant à l’écart type de ces rendements moyens par filière, il se situe entre 0,73 t MS/ha, et 0,88 t MS/ ha.

### – Récoltes d’enrubannage en 1<sup>re</sup> coupe

La moyenne des rendements des récoltes d’enrubannage en 1<sup>re</sup> coupe, technique plus spécifique des exploitations des zones herbagères et de montagne, s’établit à 3,97 t MS/ha avec un écart type des moyennes de 0,88 t MS/ha (293 exploitations et 2 237 exploitations - années). Cette moyenne est plus faible chez les éleveurs Bovin lait (3,55 t MS/ha) que chez les éleveurs Ovin viande et Bovin viande (de l’ordre de 4,1 t MS/ha). L’écart type de ces rendements moyens par filière se situant entre 0,77 t MS/ha, et 0,87 t MS/ha.

## ANNEXE 3 – Variabilité des coefficients de variation interannuelles des rendements expliquée par les grandes zones d’élevage (données Réseaux d’Elevage, période 2000-2011).

Rendements	Nombre d’observations	Variance entre régions	Variance totale	R <sup>2</sup>
Herbe 1 <sup>re</sup> coupe	8 444	0,0010	0,0077	13%
Herbe 2 <sup>e</sup> coupe	4 542	0,0032	0,0206	16%
Mais ensilage	4 096	0,0007	0,0062	12%
Céréales d’automne	6 200	0,0005	0,0051	11%

## ANNEXE 4 – Variabilité des coefficients de variation interannuelles des rendements expliquée par les régions ISOP (données Réseaux d’Elevage, période 2000-2011).

Rendements	Nombre d’observations	Variance entre régions	Variance totale	R <sup>2</sup>
Herbe 1 <sup>re</sup> coupe	7 190	0,0021	0,0073	28%
Herbe 2 <sup>e</sup> coupe	5 434	0,0056	0,0197	29%
Mais ensilage	5 451	0,0021	0,0057	36%
Céréales d’automne	6 330	0,0012	0,0050	24%