

PROJET DE RECHERCHE NUTRIKARST – TÂCHE 1

« Impact des activités anthropiques sur les transferts d'eau et de NUTRIments dans les bassins KARSTiques du massif du Jura »

50 ans d'évolution des pratiques agricoles sur le massif du Jura

Rapport agricole détaillé



Mai 2023

Didier Tourenne

Avertissement

Le présent rapport présente de façon exhaustive le volet agricole de la tâche 1 du projet Nutrikarst.

Les données sur l'évolution des pratiques agricoles y sont plus détaillées et exhaustives que dans le rapport commun BRGM-Chambre d'Agriculture (Charlier et al. 2022. NUTRI-Karst – Réponses des agro-hydro-systèmes du massif du Jura face au changement climatique et aux activités anthropiques. Rapport final de la tâche 1. BRGM/RP-72229-FR, 18 Novembre 2022).

Par rapport à ce rapport commun BRGM-Chambre d'Agriculture, le présent document présente de façon plus détaillée les évolutions à l'échelle des régions agricoles et intègre deux chapitres spécifiques dédiés à l'évolution des volumes de lait transformé et à l'évolution des teneurs du sol.

Remerciements

Ce travail est issu de la compilation de nombreuses données agricoles disponibles depuis les années 1970.

En particulier, les données du Recensement Général Agricole, des déclarations de surface des agriculteurs et des livraisons de lait ont fait l'objet d'un travail d'extraction et de synthèse réalisé par les agents de la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté et d'Auvergne-Rhône Alpes. Je leur adresse tous mes remerciements.

Les analyses et synthèses des données présentées ont également fait l'objet d'échanges auprès de mes collègues de la Chambre d'Agriculture, de Pierre-Emmanuel Belot de l'Institut de l'Élevage et de Richard Giovanni de l'INRAe. Je les remercie vivement pour leur contribution à l'interprétation des données présentées.

Table des matières

1	Le cycle biochimique de l'azote à l'échelle de la parcelle agricole	1
2	L'agriculture du Doubs et du Jura d'hier à aujourd'hui.....	3
3	L'évolution des surfaces agricoles depuis 50 ans (sources : RGA et RPG).....	6
3.1	Evolution générale des surfaces à l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst depuis 50 ans.....	6
3.2	Evolution de l'occupation du sol et de la répartition des cultures depuis 50 ans.....	7
3.3	Evolution détaillée des surfaces depuis 10 ans (RPG).....	9
3.3.1	Evolution des surfaces agricoles depuis 10 ans.....	9
3.3.2	Cas particulier des prairies	10
3.3.3	Evolution de l'occupation des sols agricoles dans le Doubs et le Jura depuis 50 ans (RGA et RPG)	11
3.3.4	Evolution de l'occupation du sol dans l'Ain.....	12
3.4	Evolution de la répartition des cultures et des prairies selon les régions agricoles et l'altitude....	13
3.4.1	Evolution et variabilité spatiale des surfaces agricoles dans le Doubs et Jura (RGA et RPG) .	13
3.4.2	Evolution et variabilité spatiale des surfaces agricoles dans l'Ain (RGA et RPG)	14
4	L'évolution du cheptel bovin depuis 50 ans (source RGA et SPIE).....	17
4.1	Avertissement sur les données disponibles	17
4.2	Evolution globale du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (RGA 1979-2010)	17
4.3	Evolution du cheptel bovin par région agricole dans le Doubs (RGA 1970 à 2010).....	19
4.4	Evolution du cheptel bovin par région agricole dans le Jura (RGA 1979 à 2010).....	21
4.5	Evolution du cheptel bovin par région agricole dans l'Ain (RGA 1979 à 2010).....	22
4.6	Evolution détaillée depuis 20 ans du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (SPIE 2000 à 2020).....	25
4.6.1	Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans le Doubs entre 2000 et 2020.....	27
4.6.2	Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans le Jura entre 2000 et 2020.....	28
4.6.3	Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans l'Ain entre 2000 et 2020.	30
4.7	Evolution globale depuis 40 ans du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (SPIE 2000 à 2020).....	32
5	L'évolution de la pression agricole sur les surfaces agricoles depuis 50 ans	33
5.1	Evolution du rapport entre les effectifs bovins totaux et la SAU	33
5.1.1	Effectifs bovins totaux/SAU entre 1970 et 2010 (source RGA).....	33
5.1.2	Effectifs bovins totaux/SAU entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG)	35
5.2	Evolution du rapport entre les UGB zootechniques bovins et la SAU entre 2010 et 2019 (Source SPIE et RPG)	37

5.3	Evolution des pressions en azote et en phosphore d'origine bovine sur la zone d'étude Nutrikarst	40
5.3.1	Azote et phosphore d'origine bovine sur la période 1970 à 2010 (Source RGA).....	40
5.3.2	Azote et phosphore d'origine bovine sur la période 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG)	42
5.3.2.1	Pression en azote et en phosphore des bovins à l'échelle départementale et comparaison avec le RGA	42
5.3.2.2	Pression en azote et en phosphore par ha de SAU à l'échelle cantonale	44
5.3.3	Azote et phosphore d'origine porcine en 2020 dans le Doubs et le Jura (Source Interporc 2020)	46
5.3.4	Azote et phosphore d'origine avicole sur la période 1970 à 2010 (Source RGA)	49
5.4	Evolution des livraisons d'engrais de synthèse dans le Doubs.....	51
5.5	Azote et phosphore provenant des boues de station d'épuration épandues dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst.....	57
5.6	Part relative des différentes sources d'azote et de phosphore d'origine agricole dans le Doubs..	58
5.7	Evolution des volumes de lait transformés entre 2014 et 2020	61
5.7.1	Evolutions à l'échelle départementale, régionale et nationale.....	61
5.7.2	Evolution de la production de Comté sur le Massif du Jura.....	64
5.7.3	Evolution des livraisons de lait dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura entre 2014 et 2020.....	66
5.7.4	Densité laitière par ha de Surface Fourragère Principale (SFP) dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura entre 2014 et 2020	68
5.8	Caractérisation des sols de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura.....	69
5.9	Evolution des teneurs du sol	73
6	Synthèse	82
	Bibliographie.....	84

Annexe 1 : liste, caractéristiques et carte des cantons faisant partie de l'étude Nutrikarst

Annexe 2 : références pour le calcul des UGB (Unités de Gros Bétail) zootechniques par catégorie d'animaux et par année disponibles dans le cadre de l'étude Nutrikarst (RGA et SPIE)

Annexe 3 : normes utilisées pour le calcul des productions annuelles d'azote et de phosphore par les vaches laitières selon la production laitière moyenne annuelle et le régime alimentaire

Annexe 4 : évolution annuelle de la pression en UGBz/ha par canton entre 2000 et 2019, selon les données du SPIE (UGBz déduits des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

Annexe 5 : évolution annuelle de la pression en azote (N) et en phosphore (P2O5) par département et par canton de l'étude Nutrikarst entre 1970 et 2000 selon les données du RGA

Annexe 6 : azote et phosphore d'origine bovine entre 2010 et 2019 par département pour la zone d'étude Nutrikarst selon les données du SPIE (azote et phosphore déduit des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

Annexe 7 : pression en azote et phosphore d'origine bovine entre 2010 et 2019 par département et par zone géographique pour la zone d'étude Nutrikarst selon les données du SPIE (azote et phosphore déduit des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

Annexe 8 : quantités d'azote et de phosphore par canton, nombre de porcheries (source Interporc BFC), SAU 2019 (source RPG) et pression en azote et phosphore par ha de SAU pour le Doubs

Annexe 9 : production d'azote et de phosphore d'origine avicole par canton et par région géographique dans le Doubs de 1970 à 2010 (source RGA)

Annexe 10 : quantités d'azote et de phosphore (en kilo et en kg/ha de SAU) épandues en agriculture et provenant des boues de station d'épuration dans les cantons de l'étude Nutrikarst dans le Doubs (source Chambre Interdépartementale d'Agriculture 25/90)

Annexe 11 : part relative de l'azote d'origine agricole par canton selon l'année la plus récente disponible

Annexe 12 : part relative du phosphore d'origine agricole par canton selon l'année la plus récente disponible

Table des figures

Figure 1 : le cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle agricole (site internet de l'UNIFA).....	1
Figure 2 : répartition de la SAU (y compris forestière) du Doubs de 1892 à 2018 en %. Source Agreste Etudes Bourgogne Franche Comté Avril 2020 N°3.....	3
Figure 3 : répartition de la SAU (y compris forestière) du Jura de 1892 à 2018 en %. Source Agreste Etudes Bourgogne Franche Comté Février 2021 N°20.....	3
Figure 4 : types d'exploitation par régions agricoles du Doubs (selon RGA 2010). Source : Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Avril 2020 N°3. L'Agriculture du Doubs.....	4
Figure 5 : types d'exploitation par régions agricoles du Jura (selon RGA 2010). Source : Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Février 2021 N°20. L'Agriculture du Jura.	5
Figure 6 : Evolution et répartition des surfaces agricoles de la zone d'étude Nutrikarst de 1970 à 2019 par département en hectares.....	7
Figure 7 : Evolution et répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 1970 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectares.	7
Figure 8 : Evolution des surfaces déclarées à la PAC (en ha) par département dans la zone d'étude Nutrikarst depuis 10 ans (source RPG).....	9
Figure 9 : Répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 2010 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectares.....	10
Figure 10 : Evolution des surfaces déclarées à la PAC en prairies permanentes et prairies temporaires entre 2010 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectare et pourcentage.	11
Figure 11 : Répartition des surfaces agricoles en ha et pourcentage par catégorie entre 2010 et 2019 dans le Doubs et le Jura de la zone d'étude Nutrikarst en hectares.	12
Figure 12 : Répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 2010 et 2019 dans l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst en hectares.....	12
Figure 13 : évolution de la SAU dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs et du Jura entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).....	13
Figure 14 : évolution des principales catégories d'occupation des surfaces agricoles du Doubs et du Jura entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).....	13
Figure 15 : évolution de la SAU dans la zone d'étude Nutrikarst de l'Ain entre 1970 et 2019 selon la région agricole en hectares (source RGA et RPG).....	15
Figure 16 : évolution des principales catégories d'occupation des surfaces agricoles dans la zone d'étude Nutrikarst de l'Ain entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).....	15
Figure 17 : comparaison de l'occupation du sol par canton entre 2010 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst. Source : extraction par les DRAAF BFC et AURA à partir du RPG (déclarations PAC).	16
Figure 18 : évolution des effectifs bovins par catégorie dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	18
Figure 19 : évolution des effectifs bovins par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	18
Figure 20 : évolution du nombre de vaches laitières par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).	19
Figure 21 : évolution du nombre de vaches allaitantes par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	19
Figure 22 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (RGA).....	20
Figure 23 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (RGA).	21
Figure 24 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans le Jura dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	22

Figure 25 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans le Jura la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2000 (RGA). Données non disponibles pour 2010.	22
Figure 26 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	23
Figure 27 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).....	24
Figure 28 : répartition des principales catégories de bovins dans la zone d'étude Nutrikarst (moyenne des 21 années disponibles de 2000 à 2020).	25
Figure 29 : répartition des génisses et des bovins mâles dans la zone d'étude Nutrikarst (moyenne des 21 années disponibles de 2000 à 2020).	25
Figure 30 : évolution entre 2000 et 2020 des catégories de bovins par département dans la zone d'étude Nutrikarst (source SPIE).....	26
Figure 31 : évolution des principales catégories de bovins sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).....	27
Figure 32 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).....	28
Figure 33 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).	28
Figure 34 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département du Jura de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).....	29
Figure 35 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département du Jura de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).	29
Figure 36 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département de l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).....	30
Figure 37 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département de l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).	30
Figure 38 : évolution des effectifs bovins dans le Doubs, le Jura et l'Ain de 1979 à 2020 (Source RGA et SPIE).	32
Figure 39 : évolution des effectifs de vaches laitières dans le Doubs, le Jura et l'Ain de 1979 à 2020 (Source RGA et SPIE).....	32
Figure 40 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (source RGA).....	34
Figure 41 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Jura dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (source RGA).....	34
Figure 42 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (source RGA).	34
Figure 43 : évolution de la densité de bovins (nombre de têtes)/ha de SAU et par canton entre 1979 et 2010 selon les données du RGA.	35
Figure 44 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs, le Jura et l'Ain, dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG).	36
Figure 45 : évolution de la densité de bovins (nombre de têtes)/ha de SAU et par canton entre 2010 et 2019 selon les effectifs du SPIE et les surfaces du RPG.....	37
Figure 46 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG).....	38
Figure 47 : évolution des UGB zootechniques/ha de SAU et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.....	39
Figure 48 : évolution du rapport entre les quantités d'azote (kg N/ha) provenant du cheptel bovin et la SAU par canton dans le Doubs et le jura, entre 1979 et 2000, selon les données du RGA.	41
Figure 49 : évolution du rapport entre les quantités de phosphore (kg P2O5/ha) provenant du cheptel bovin et la SAU par canton dans le Doubs et le Jura, entre 1979 et 2000, selon les données du RGA.	42

Figure 50 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons du Doubs situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2000 (Source RGA) à gauche et de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG) à droite.	43
Figure 51 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons du Jura situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2000 (Source RGA) et de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG).	43
Figure 52 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons de l'Ain situés dans la zone d'étude Nutrikarst de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG).	43
Figure 53 : évolution de la pression en azote (en kg N/ha de SAU) et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.	44
Figure 54 : évolution de la pression en phosphore (en kg P2O5/ha de SAU) et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.	45
Figure 55 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcin dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté.	47
Figure 56 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcin dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté.	47
Figure 57 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcin dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté. Le chiffre en noir correspond au nombre de porcheries présentes en 2020 dans le canton ou le regroupement de cantons.	48
Figure 58 : quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volailles dans la zone d'étude Nutrikarst en 1979. Source RGA.	50
Figure 59 : quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volailles dans la zone d'étude Nutrikarst en 2010. Source RGA.	50
Figure 60 : évolution des livraisons annuelles d'engrais dans le Doubs de 1973 à 2019 en tonnes d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O). Source UNIFA.	51
Figure 61 : évolution des livraisons d'engrais dans le Doubs de 1973 à 2019 en tonnes d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) en moyenne lissée sur 5 ans. D'après l'UNIFA.	52
Figure 62 : évolution des doses moyennes d'épandage d'engrais de synthèse dans le Doubs de 1973 à 2019 en kg d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) par ha de SAU. D'après UNIFA.	53
Figure 63 : évolution des doses moyennes d'épandage d'engrais de synthèse dans le Doubs de 1973 à 2019 en kg d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) par ha de SAU, en moyenne lissée sur 5 ans. D'après UNIFA et pour une surface constante de 240 000 ha.	53
Figure 64 : quantités d'azote et de phosphore issues des boues de station d'épuration et épandues dans les cantons du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst en 2019. Source Chambre interdépartementale d'Agriculture Doubs-Territoire de Belfort.	57
Figure 65 : part relative des sources d'azote dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs en 2019 ou 2020 pour les bovins, les porcins, les boues de station d'épuration et les engrais de synthèse et en 2010 pour les volailles.	58
Figure 66 : part relative des sources de phosphore dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs en 2019 ou 2020 pour les bovins, les porcins, les boues de station d'épuration et les engrais de synthèse et en 2010 pour les volailles.	58
Figure 67 : Flux d'azote moyens (en kgN/ha SAU/an) et bilans d'azote pour le système laitier « herbe-montagne » - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013.	60
Figure 68 : Production laitière en Franche-Comté. Source : Agreste Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2018, Juillet 2020.	61
Figure 69 : évolution des livraisons de lait dans le Doubs et le Jura. Source : Agreste Franche Comté N°129. Juin 2008. Les chiffres du lait 2016 et 2019. Enquêtes annuelles laitières. DRAAF BFC Mai 2018 et Mai 2020. Communication DRAAF pour les chiffres de 2020.	62

Figure 70 : évolution du prix du lait entre 2016 et 2019. Source : Les chiffres du lait 2016 et 2019. Enquêtes annuelles laitières. DRAAF BFC Mai 2018 et Mai 2020.	64
Figure 71 : L'évolution de la production du Comté : 1965 – 2019, de la stagnation au développement raisonné. Source : L'AOP Comté, une réussite sociale, économique et environnementale ? Pascal Bérion. Intervention au Lycée Agricole Granvelle de Dannemarie-sur-Crête le 25 mars 2021.....	65
Figure 72 : La production de fromages à pâte pressée cuite dans le Doubs et le Jura de 1850 à 2018. Source : L'AOP Comté, une réussite sociale, économique et environnementale ? Pascal Bérion. Intervention au Lycée Agricole Granvelle de Dannemarie-sur-Crête le 25 mars 2021.....	65
Figure 73 : Evolution des fabrications de pâtes pressées cuites de 2005 à 2017. Source : Agreste Bourgogne Franche-Comté N°58. Avril 2019.....	66
Figure 74 : évolution des livraisons de lait dans les cantons du Doubs et du Jura situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.....	66
Figure 75 : évolution des livraisons de lait (millions de litres) dans les cantons du Doubs par régions agricoles situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.....	67
Figure 76 : évolution des livraisons de lait dans les cantons du Jura par régions agricoles situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.	67
Figure 77 : évolution de la production laitière par vache dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura (source SPIE et DRAAF)	68
Figure 78 : répartition en pourcent des grandes catégories de sol dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs. Selon GRAPE 1999.	69
Figure 79 : répartition en pourcent des grandes catégories de sol dans la zone d'étude Nutrikarst du Jura. Selon GRAPE 1999.	70
Figure 80 : carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs (selon GRAP, 1999).....	71
Figure 81 : carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura (selon GRAP, 1999).	72
Figure 82 : évolution du carbone organique (OH = méthode d'extraction par Oxydation Humide) par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	74
Figure 83 : évolution du carbone organique par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.....	74
Figure 84 : évolution du pH eau par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	75
Figure 85 : évolution du pH eau par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.....	75
Figure 86 : évolution du taux de saturation en cation de la CEC par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	76
Figure 87 : évolution du taux de saturation en cation de la CEC par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.....	76
Figure 88 : évolution du calcium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.....	77
Figure 89 : évolution du calcium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.....	77
Figure 90 : évolution du phosphore extractible méthode Dyer par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	78
Figure 91 : évolution du phosphore extractible méthode Dyer par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.....	78

Figure 92 : évolution du phosphore extractible méthode Olsen par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	79
Figure 93 : évolution du phosphore extractible méthode Olsen par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.	79
Figure 94 : évolution du potassium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	80
Figure 95 : évolution du potassium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.	80
Figure 96 : évolution du magnésium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.	81
Figure 97 : évolution du magnésium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.	81

Glossaire

AOP: Appellation d'origine protégée

BDAT : Base de Données des Analyses de Terre

CIA 25-90 : Chambre Interdépartementale d'Agriculture Doubs et Territoire de Belfort

CIGC : Comité Interprofessionnel de Gestion du Comté

DDT : Direction Départementale des Territoires

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

GRAP : Groupement Régional Agriculture Pédologie

INRAe : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

PAC: Politique Agricole Commune

PP : prairie permanente

PT : prairie temporaire

RGA : Recensement Général Agricole

RPG : Registre Parcellaire Graphique

SAU : Surface Agricole Utile. La SAU comprend les surfaces agricoles mises en valeur par les agriculteurs (cultures, prairies, vignes, maraîchage, jachères,...). Les surfaces en forêt, sauf mention contraire, ne sont pas intégrées dans la SAU.

SFP : Surface Fourragère Principale (prairies permanentes, temporaires et fourrages annuels)

SPIE : Système Professionnel Identification Elevage

UGB : Unité de Gros Bétail

UGBz : Unité de Gros Bétail zootechnique

VA : Vache Allaitante

VL : Vache Laitière

UNIFA : Union des Industries de la Fertilisation

1 Le cycle biochimique de l'azote à l'échelle de la parcelle agricole

Le cycle de l'azote (figure 1) est un cycle biogéochimique qui décrit la succession des modifications et transformation subies par les différentes formes de l'azote neutre en formes réactives (diazote, nitrate, nitrite, ammoniac, azote organique).

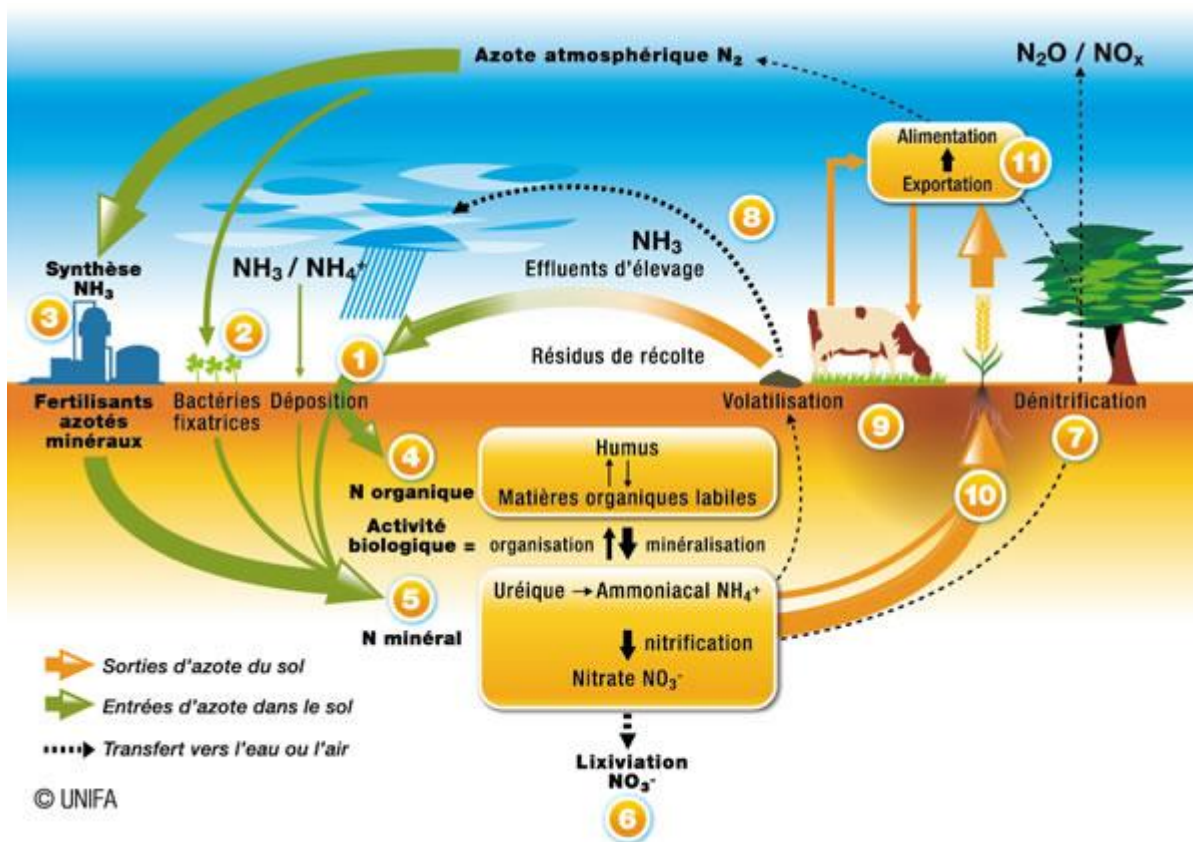


Figure 1 : le cycle de l'azote à l'échelle de la parcelle agricole (site internet de l'UNIFA).

Dans le système sol/plante, le cycle de l'azote est déterminé par un ensemble de processus physicochimiques et biologiques qui interagissent de manière complexe. La description du cycle de l'azote présenté dans ce paragraphe s'inspire de celui présenté par Marine Vieille lors de son mémoire de fin d'études à la Chambre d'Agriculture Doubs – Territoire de Belfort (Vieille M. 2016). Les transformations de l'azote dans le sol ont majoritairement lieu sous le contrôle de micro-organismes dans les couches superficielles du sol, c'est-à-dire dans la couche travaillée pour les sols agricoles. Les entrées d'azote en zone agricole se font principalement via les fertilisations par les engrais de synthèse (n°3 sur le schéma) et les apports de matière organique issue des élevages ou des activités anthropiques (n°1). L'entrée d'azote dans le système se fait également par déposition atmosphérique et par fixation d'azote atmosphérique (n°2). Elle est réalisée par plusieurs types de micro-organismes procaryotes très spécifiques qui sont libres dans le sol ou associés de manière symbiotique à des légumineuses. L'azote est présent dans le sol sous différentes formes : organique (n°4), minérale (n°5) et gazeuse. L'azote organique représente la forme majoritaire (95%). Il s'élève en moyenne de 3 à 5 tonnes par hectare pour l'horizon labouré (Nicolardot et al, 1996). Il s'agit d'azote présent dans la biomasse microbienne (100-400 kg N/ha), dans les résidus de récoltes (20-100 kg N/ha) ainsi que de fractions d'azote organique stable difficilement décomposable (2000-3000 kg N/ha) et labile (1000-2000 kg N/ha) (Turpin et al. 1997).

L'azote minéral est présent dans le sol sous formes d'ammonium, de nitrite et de nitrate. Il ne représente que quelques dizaines de kilogrammes par hectare hors périodes d'apports de fertilisants, sa taille étant variable au cours de l'année (Nicolardot et al, 1996). Les quantités respectives de ces différentes formes

découlent d'un certain nombre de transformations physico-chimiques et biologiques. La dégradation de la matière organique par les micro-organismes peut conduire soit à la libération (minéralisation), soit à la consommation d'azote minéral (organisation) selon les caractéristiques de la matière dégradée, et en particulier de son rapport C/N. Les équilibres entre minéralisation et organisation sont modifiés par les pratiques culturales, comme le travail du sol qui favorise par exemple la minéralisation par une meilleure oxygénation du sol (Schvartz et al, 2005). Les ions ammonium produits par minéralisation sont transformés en azote sous forme d'ions nitrates par nitrification (nitritation puis nitratisation). Ces processus sont contrôlés par la présence de dioxygène (aérobiose), le pH et la température. Les pics de minéralisation ont ainsi principalement lieu au printemps et en automne (Jego, 2008). En conditions défavorables, la nitrification est le processus limitant, ce qui peut conduire à l'accumulation d'azote ammoniacal dans le sol. Pour un horizon labouré, la minéralisation peut libérer de 40 à 80 kg N/an (Schvartz et al, 2005) mais cette quantité peut représenter plus d'une centaine de kg N/ha dans les parcelles en prairie (François et al. 2003) du fait de leur teneur en matière organique et des apports réguliers d'effluents d'élevage voire dépasser les 200 kg N/ha/an au cours des premières années qui suivent un retournement de prairie (Laurent F. 2004).

Les racines des plantes, prairies (n°9) et cultures (n°10) prélèvent de l'azote dans le sol majoritairement sous forme de nitrates et d'ammonium. La cinétique d'absorption des plantes varie en fonction du stade végétatif et selon les espèces (Turpin et al, 1997). La dénitrification transforme l'azote sous forme d'ions nitrates en nitrites puis en composés gazeux par respiration anaérobie (n°7). Les pertes par dénitrification sont en général faibles dans des sols cultivés bien drainés et en absence d'apports organiques extérieurs (0 à 20 kg N/ha/an). Une partie de l'azote du système peut également être perdue par volatilisation d'ammoniac à partir des ions ammonium du sol (n°8). Ces pertes sont très variables puisqu'étroitement liées aux conditions pédoclimatiques (Schvartz et al, 2005).

Des pertes d'azote minéral peuvent enfin se produire par transport. L'ammonium est relativement immobile et les nitrites sont normalement rapidement oxydés (Beaujouan, 2001). Le nitrate, forme la plus soluble, peut être entraîné par l'eau de ruissellement et les écoulements latéraux et verticaux dans le sol. Il peut être transporté par l'eau drainée jusqu'à arriver en dehors de la zone où les racines peuvent le prélever : il y a alors lixiviation des nitrates (n°6). Elle se produit principalement quand les niveaux de nitrates dans le sol sont élevés et que le drainage est important, c'est-à-dire principalement de l'automne jusqu'au début du printemps (Jego, 2008). Elle a généralement lieu en deux phases. Elle augmente tout d'abord fortement avec le temps en automne : on parle d'effet chasse du nitrate présent dans le sol. Puis, elle emporte l'azote minéralisé au cours de la période hivernale de manière relativement constante (Simon et Lecorre, 1992). L'importance de ce processus et des flux engendrés dépendent de la quantité d'eau drainée et de la quantité de nitrates présents dans le sol lors du drainage (Cameron & Haynes, 1986).

L'agriculture modifie donc le cycle de l'azote dans le système sol/plante à plusieurs niveaux. Les apports de fertilisants minéraux, les épandages organiques et les restitutions par le troupeau au pâturage constituent d'importantes entrées d'azote. Dans les prairies, la minéralisation de l'humus du sol peut représenter des quantités supérieures ou égales aux apports agricoles. L'exportation d'azote dans les récoltes (cultures, prairies, pâturage) diminue la quantité d'azote recyclée à l'intérieur du système (n°11). Les pratiques agricoles influencent également les processus impliqués dans le cycle de l'azote en agissant sur tout ou partie des facteurs du milieu qui les contrôlent.

2 L'agriculture du Doubs et du Jura d'hier à aujourd'hui

Ce paragraphe est destiné à présenter l'agriculture du Doubs et du Jura à l'échelle départementale, ainsi que ses principales évolutions. Il reprend les données et commentaires issus des deux publications « Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Avril 2020 N°3. L'Agriculture du Doubs » et « Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Février 2021 N°20. L'Agriculture du Jura ».

Le Jura et le Doubs sont des départements agricoles à vocation laitière dominante. La transformation du lait repose depuis le XIIIème siècle sur le système de coopération en fruitières. L'élevage est souvent la seule orientation possible sur les reliefs, des plateaux aux montagnes du Jura où le climat est rude avec des sols karstiques superficiels et pentus. Depuis la fin du XIXème siècle au début du XXIème l'occupation du territoire a fortement évolué avec une augmentation de la part des forêts et des prairies et une diminution des surfaces consacrées aux cultures (passant de 34 à 10 % dans le Doubs et de 38 à 17 % dans le Jura), comme on peut le constater dans les figures 2 et 3 ci-dessous. Parmi les cultures, le blé est la culture principale du Doubs et du Jura (environ 24 000 ha), suivi du maïs (environ 20 000 ha) et de l'orge (environ 15 000 ha). Le maïs est récolté sec en grain en plaine (environ 12 400 ha) ou utilisé comme fourrage en lait standard, l'ensilage de maïs n'étant pas autorisé pour l'alimentation du bétail dans les élevages laitiers sous AOP (Appellation d'Origine Protégée), à l'exception du maïs « vert » dont l'utilisation est très limitée.

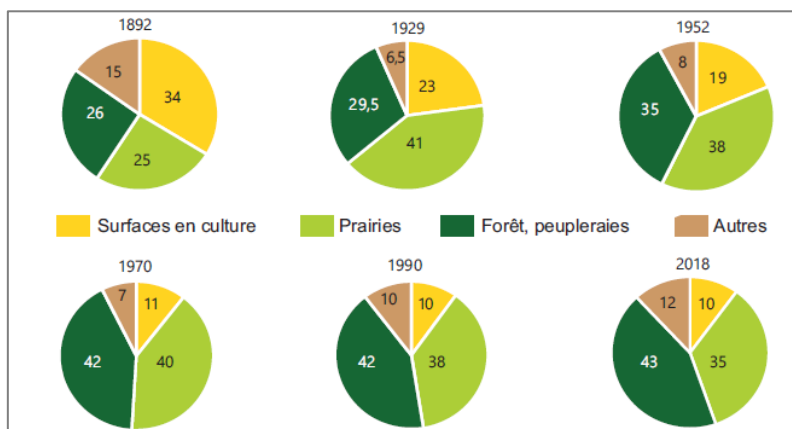


Figure 2 : répartition de la SAU (y compris forestière) du Doubs de 1892 à 2018 en %. Source Agreste Etudes Bourgogne Franche Comté Avril 2020 N°3.

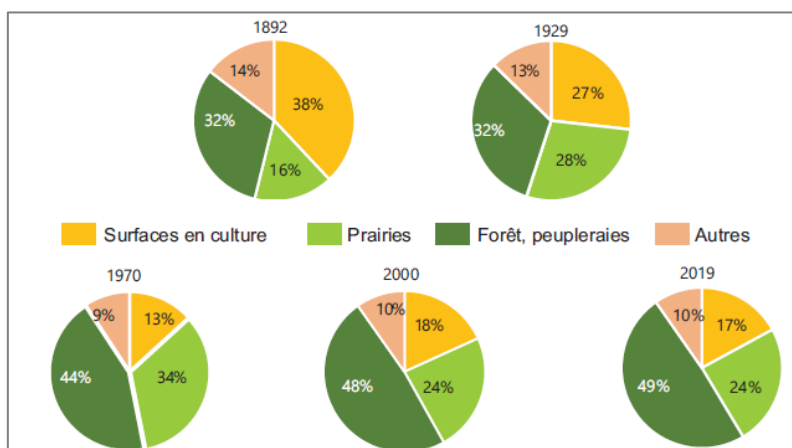


Figure 3 : répartition de la SAU (y compris forestière) du Jura de 1892 à 2018 en %. Source Agreste Etudes Bourgogne Franche Comté Février 2021 N°20.

Les paysages du Doubs et du Jura sont assez contrastés avec la zone de plaine et le premier plateau situés au nord-ouest ainsi que les vallées où sont présentes les cultures d'une part, et les plateaux moyen et supérieur

et la zone montagne d'autre part qui se situent au sud-est selon un gradient d'altitude qui culmine avec le Mont d'Or à 1463 mètres dans le Doubs, le Crêt Pela à 1495 mètres dans le Jura et le Crêt de la Neige à 1720 mètres dans l'Ain. La part des prairies destinées à l'élevage laitier progresse avec l'altitude pour atteindre 100 % de la SAU (Surface Agricole Utile) à partir des plateaux supérieurs. La bonne valorisation du lait via les productions fromagères sous signe de qualité permet une attractivité de l'élevage bovin lait et un dynamisme de l'installation des jeunes agriculteurs.

En 2010, dans le Doubs, les cheptels moyens de vaches laitières sont proches de 40 VL (vaches laitières) pour les exploitations des zones des plateaux et de la montagne pour une surface de 65 ha en zone plateau et de 83 ha en zone de montagne. Dans cette dernière zone, la surface moyenne des exploitations est plus élevée de près de 30 % en raison des rendements fourragers limités par l'altitude (figure 4). Dans le Jura, les cheptels moyens et surfaces moyennes varient de façon plus importante selon les régions agricoles (figure 5). L'effectif total de bovins s'établit à 249 000 têtes en 2018 dans le Doubs et à 152 900 têtes en 2019 dans le Jura.

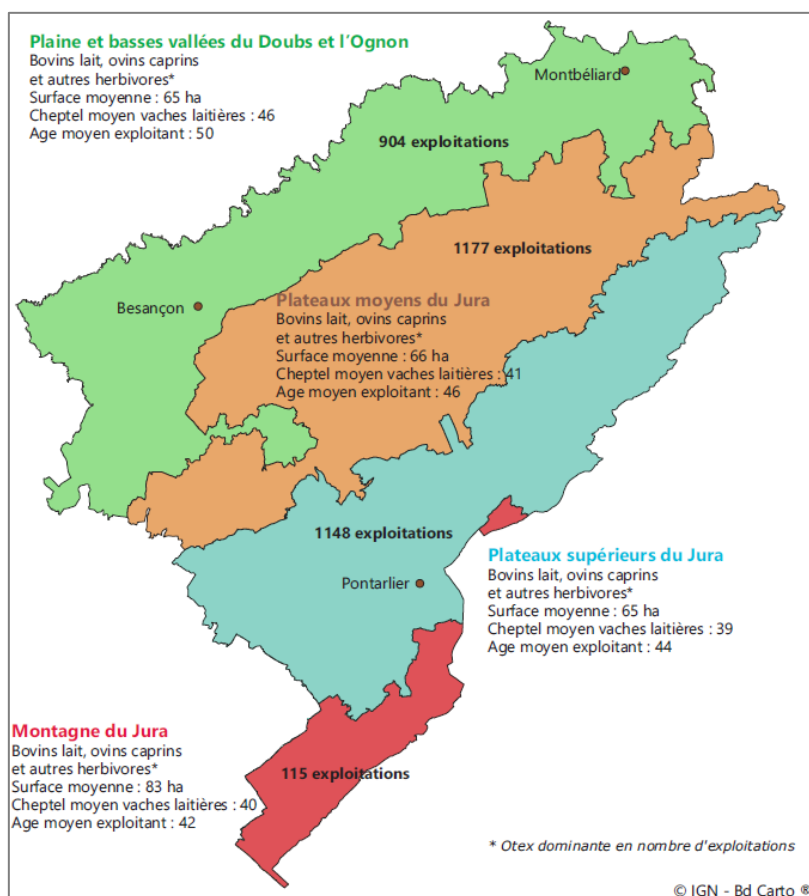


Figure 4 : types d'exploitation par régions agricoles du Doubs (selon RGA 2010). Source : Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Avril 2020 N°3. L'Agriculture du Doubs.

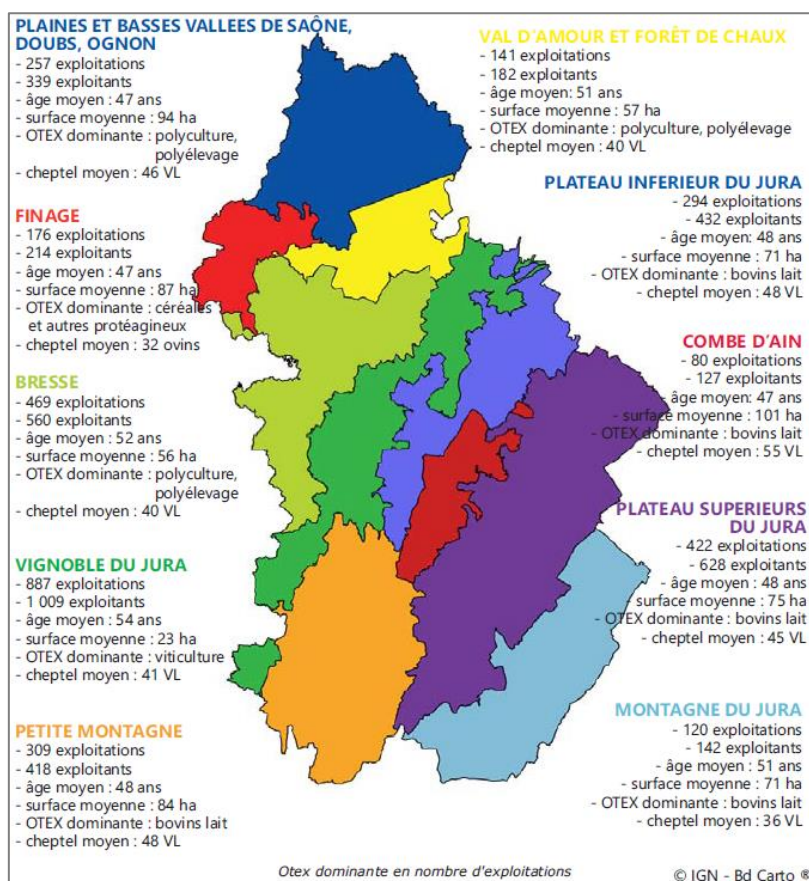


Figure 5 : types d'exploitation par régions agricoles du Jura (selon RGA 2010). Source : Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Février 2021 N°20. L'Agriculture du Jura.

L'élevage porcin s'est historiquement développé à proximité des fromageries afin de valoriser le petit lait, coproduit de la fabrication des fromages, dans l'alimentation des porcs à l'engraissement. Ces porcs étaient ensuite transformés en saucisses traditionnellement fumées dans les tuyés des fermes comtoises. Les exploitations spécialisées en élevage porcin ne représentent que 1,4 % des orientations principales des exploitations du Doubs avec un cheptel porcin de 51 400 têtes en 2010 (90 000 têtes en 1985, 55 800 en 2000). Le cheptel porcin du Jura est estimé à près de 24 300 porcs en 2019 (44 000 têtes en 1985, 30 625 en 2000). Dans le Doubs et le Jura, entre 1985 et 2010, le cheptel porcin a diminué d'environ 40 %.

Le cheptel ovin du Doubs avec 7752 brebis mères et celui du Jura avec 11 220 brebis mères ne représente respectivement que 3,5 et 5,1 % du cheptel régional en 2010. Il est en forte diminution par rapport aux effectifs de 1985 (- 70 %). Compte-tenu de la faible représentativité du cheptel ovin, son impact sur les transferts de nutriments peut être considéré comme négligeable et ne sera pas traité dans le présent rapport.

La part des effectifs animaux des principales productions d'élevage du Doubs et du Jura par rapport au cheptel régional (Bourgogne Franche-Comté) en 2010 est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Total bovins	Vaches laitières	Porcins	Brebis mères
Doubs	12,2 %	36,3 %	19,1 %	3,5 %
Jura	7,8 %	20,0 %	9,7 %	5,1 %

Depuis 2010, les tendances d'évolution de l'agriculture sur le massif du Jura restent les mêmes : une spécialisation laitière accompagnée d'une diminution des vaches allaitantes, une baisse des productions de lait standard au profit de lait AOP sur les zones basses et la poursuite de la baisse des élevages porcins.

3 L'évolution des surfaces agricoles depuis 50 ans (sources : RGA et RPG)

La zone d'étude Nutrikarst s'étend sur l'ensemble du Massif du Jura sur les départements du Doubs, du Jura et de l'Ain. La plupart des données agricoles sont disponibles à l'échelle cantonale. Le choix des cantons à retenir dans la zone d'étude, a fait l'objet d'une concertation avec l'Agence d'Eau, le BRGM et les Chambres d'Agriculture (01, 25, 39). Au total 57 cantons (Doubs : 20, Jura : 18, Ain : 19) ont été retenus, couvrant une surface agricole d'environ 360 000 ha. Il s'agit des anciens cantons d'avant la réforme administrative de 2014. La liste des cantons avec leurs caractéristiques figure en annexe 1.

Les données concernant l'évolution des surfaces agricoles de la zone Nutrikarst proviennent du Recensement Général Agricole (RGA) disponible pour les années 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010, ainsi que des Registres Parcellaires Graphiques (RPG) issus des déclarations de surface, disponibles pour les années 2010 à 2019. L'échelle de travail retenue est le canton (sur la base des anciens cantons) qui permet, à quelques exceptions près, de s'affranchir du secret statistique. Les données du RGA à l'échelle communale sont souvent inaccessibles en raison du trop petit nombre d'exploitations. Ces deux sources de données (RGA et RPG) ne représentent toutefois pas les mêmes surfaces. Les superficies renseignées dans le RGA sont celles des exploitations ayant leur siège dans la commune quelle que soit la localisation des parcelles. Elles ne peuvent être comparées à la superficie totale agricole de la commune. En moyenne les 2/3 des surfaces agricoles sont cultivées sur la commune siège et 1/3 en dehors de la commune mais avec une forte variabilité selon les communes. Les surfaces renseignées dans le RPG, disponibles également à l'échelle cantonale, ont été obtenues auprès des DRAAF AURA et BFC après traitement des îlots et surfaces déclarées à la PAC par les agriculteurs. Les surfaces renseignées dans le RPG sont situées géographiquement dans les cantons.

3.1 Evolution générale des surfaces à l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst depuis 50 ans.

Les évolutions des surfaces agricoles par département, en hectare et en pourcentage, sont présentées en détail dans la figure 6 ci-après. Selon le RGA, les surfaces agricoles de l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst représentaient une surface de 388 950 ha en 1970 et de 354 230 ha en 2010 et selon le RPG, les surfaces déclarées à la PAC, passent de 357 304 ha en 2010 à 367 638 ha en 2019. Sur la période 1970 – 2010, on peut constater une très légère augmentation des surfaces agricoles entre 1970 et 1979 dans le Doubs et le Jura (+ 4 500 ha environ cumulé), puis une diminution progressive (figure 7). Cette diminution est observable sur l'ensemble du Massif du Jura mais elle est plus importante dans le département de l'Ain, où elle est observable dès 1979, en lien avec une déprise agricole et la pression démographique sur le foncier.

Selon le RGA 2010, le département du Doubs est celui qui comprend la plus grande surface agricole avec 178 451 ha (soit 50,4 % de la zone d'étude Nutrikarst), devant le Jura avec 111 179 ha (31,4 %) et l'Ain avec 64 600 ha (18,2 %). La diminution des surfaces agricoles du RGA entre 1970 et 2010 est limitée dans le Doubs où elle représente 4 847 ha (-2,6 %). Elle est un peu plus importante dans le Jura avec une diminution de 7223 ha (-6,1 %). C'est dans l'Ain qu'elle est la plus importante avec une perte de 22 650 ha soit un peu plus d'un quart de la surface de 1970 (-26 %).

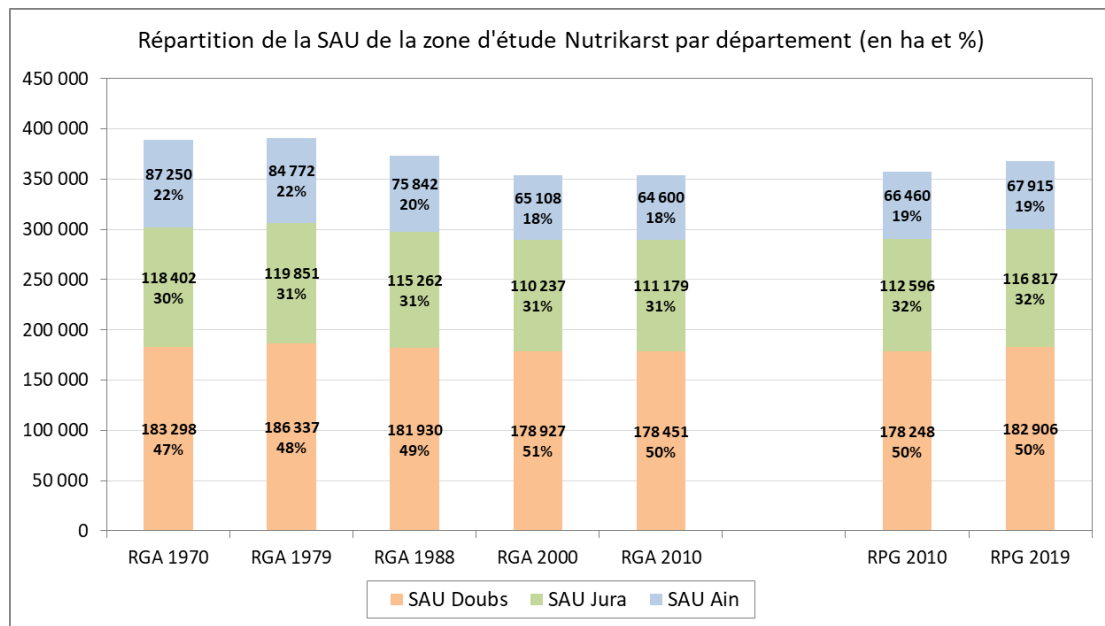


Figure 6 : Evolution et répartition des surfaces agricoles de la zone d'étude Nutrikarst de 1970 à 2019 par département en hectares.

3.2 Evolution de l'occupation du sol et de la répartition des cultures depuis 50 ans

Le massif du Jura est caractérisé par la domination des surfaces en herbe destinées au cheptel laitier qui représentent près de 90 % de l'occupation des parcelles agricoles (figure 7). La surface fourragère principale (SFP) représente les surfaces en prairies permanentes, ainsi que les surfaces en prairies temporaires, et les fourrages annuels (maïs ensilage ou vert, betterave fourragère, colza fourrager,...). La part de la SFP dans la SAU est relativement stable à l'échelle du massif du Jura, quelles que soient les années ou les sources de données (RGA ou RPG). Elle représente entre 86,8 et 89,5 % de la SAU. Les surfaces en cultures représentent environ 10 % de la surface agricole et ce ratio n'évolue pratiquement pas depuis 50 ans.

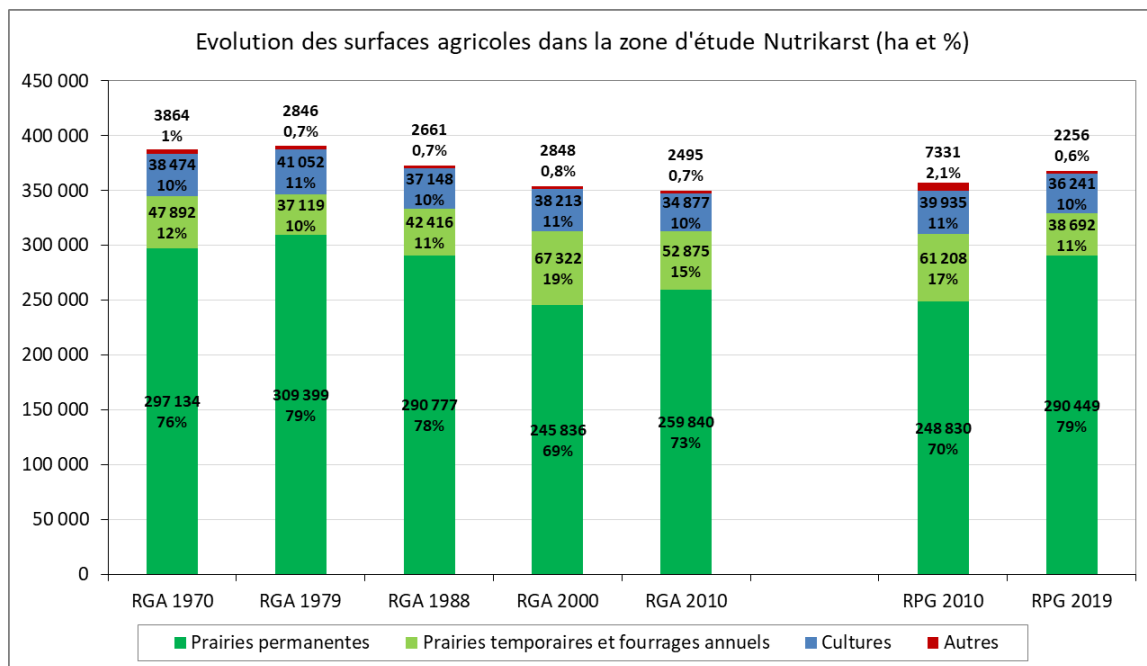


Figure 7 : Evolution et répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 1970 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectares.

Les surfaces en maïs fourrage, incluses dans la catégorie « prairies temporaires et fourrages annuels » peuvent être considérées comme négligeables à l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst. Elles représentent entre 0,8 et 2,1 % de la SFP. Seuls trois cantons ont une surface en maïs qui peut dépasser les 5 % de la SFP : Ferney-Voltaire, Geix et Roulans (voir tableau ci-après).

Maïs fourrage en % de la SFP	1970	1979	1988	2000	2010
Moyenne zone d'étude Nutrikarst	0,8%	1,6%	2,1%	1,4%	1,5%
Ferney Voltaire (01)	6,1%	14,9%	13,8%	ND	ND
Geix (01)	3,2%	7,6%	10,0%	ND	ND
Roulans (25)	ND	3,8%	5,1%	7,6%	5,9%

Les autres surfaces fourragères (betterave fourragère, colza fourrager,...) sont également très minoritaires. On peut donc considérer que les surfaces en herbe (prairies permanentes et prairies temporaires) représentent la quasi-totalité de la surface fourragère principale (SFP).

Une répartition entre prairie permanentes et prairies temporaires stable malgré les apparences

La part des surfaces en prairies temporaires montre une certaine variabilité selon les sources de données (RGA et RPG) et les années disponibles. Elles sont les plus faibles dans les RGA des années 1970 à 1988 (9,5 à 12,3 % de la SAU) et en 2019 (RPG 2019), alors qu'elles augmentent significativement dans la période 2000 à 2010 (19 % et 14,9 % selon les RGA et 17,1 % dans le RPG 2019). D'un point de vue agronomique, les prairies temporaires sont des parcelles que les agriculteurs incluent dans une succession de cultures comprenant généralement 3 à 8 ans de prairies temporaires et 1 à 3 ans de céréales. Le retournement de la prairie temporaire intervient au moment où la prairie se dégrade (évolution défavorable de la flore accompagnée d'une perte de rendement). La réforme de la PAC entrée en vigueur en 1992 a introduit la notion administrative de « prairie temporaire » correspondant à une prairie dont l'âge varie de 0 à 5 ans, puis de « prairie temporaire de plus de 5 ans ». La plupart des éleveurs craignent le cap des 5 ans de leurs prairies. C'est une bascule réglementaire, qui voit une prairie temporaire passer potentiellement en prairie permanente avec un risque d'interdiction à terme de les labourer et d'y implanter des cultures. Les organisations professionnelles agricoles, à l'échelle nationale, ont alors donné comme consigne de limiter au maximum la déclaration de surfaces en prairie permanente dans les déclarations PAC afin de ne pas figer le potentiel de production de culture des exploitations agricoles. Depuis l'entrée en vigueur de la réforme de la PAC, comme partout en France, les éleveurs en zone basse et sur les premiers plateaux ont donc déclaré une partie de leurs prairies de longue durée (de plus de 5 ans), en prairie temporaire à la PAC. Ceci peut expliquer la diminution de la part des prairies permanentes dans le RGA entre 1988 et 2000. Ensuite, les éleveurs ont été incités par l'administration, mais non obligés, à déclarer leurs prairies à partir de la sixième année après l'implantation en prairie temporaire de plus de 5 ans ou en prairie permanente. Cette évolution explique le retour de prairies temporaires vers la catégorie des prairies permanentes dans les RGA (2000 par rapport à 1988 et 2010 par rapport à 2000).

Ce n'est que très récemment, depuis 2015, sous l'effet de l'évolution des outils informatiques permettant le suivi spatialisé de l'occupation du sol, que l'administration a classé les prairies temporaires de plus de 5 ans dans la catégorie des prairies permanentes. Ceci explique l'augmentation de la part relative des prairies permanentes entre le RPG 2010 et le RPG 2019.

Au cours des 50 dernières années, on n'observe pas d'augmentation des surfaces en culture, elles ont plutôt tendance à diminuer de façon régulière entre le RGA de 1979 et celui de 2010, ainsi qu'entre le RPG de 2010 et celui de 2019. Ce fait confirme que les nouvelles surfaces déclarées en prairie temporaire après la réforme de la PAC de 1992 n'ont généralement pas fait l'objet d'un retournement et d'une mise en culture.

L'évolution récente des règles de déclaration PAC et ses conséquences en matière de répartition entre les prairies temporaires et permanentes ces 10 dernières années sera présenté en détail au paragraphe suivant.

3.3 Evolution détaillée des surfaces depuis 10 ans (RPG).

3.3.1 Evolution des surfaces agricoles depuis 10 ans.

Pour rappel, les surfaces issues du RPG et présentées ci-après (figure 8) correspondent à des parcelles présentes géographiquement dans les 57 cantons (anciens cantons) de la zone d'étude Nutrikarst. Depuis une dizaine d'années on observe une augmentation de la surface déclarée à la PAC d'environ 10 000 ha (+ 2,9 %) passant de 357 303 à 367 637 ha pour la zone d'étude Nutrikarst.

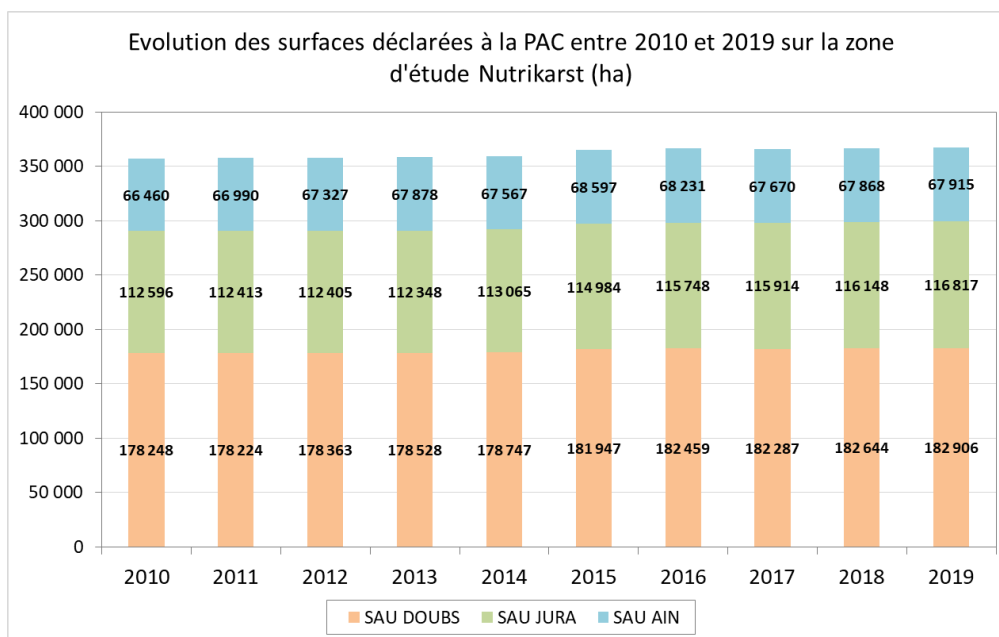


Figure 8 : Evolution des surfaces déclarées à la PAC (en ha) par département dans la zone d'étude Nutrikarst depuis 10 ans (source RPG).

Cette augmentation concerne les trois départements de la zone d'étude. Le Doubs et le Jura voient leur surface agricole progresser d'un peu plus de 4000 ha entre 2010 et 2019, soit respectivement + 2,6 % et + 3,7 %, alors que l'Ain gagne 1455 ha, soit 2,2 %.

Cette augmentation de surface peut s'expliquer par l'évolution récente de la réglementation liée à la PAC et en particulier aux règles relatives à l'aide ICHN (Indemnité Compensatoire de Handicaps Naturels) dont les montants, liés aux surfaces déclarées, augmentent à partir de 2015, incitant les agriculteurs à accroître les surfaces déclarées. Par ailleurs, à partir de 2018 l'administration a également procédé à une modification d'appréciation de la surface admissible, qui permet de déclarer de la surface en prairie dans les zones boisées pâturées, jusqu'alors non admissible aux aides PAC. On note également sur la zone frontalière un abandon de certaines parcelles exploitées par des agriculteurs suisses (non déclarées à la PAC) qui sont reprises par des éleveurs français. De façon plus marginale on note également un changement du statut des communaux autrefois gérés dans le cadre de syndicats pastoraux sans aides PAC et maintenant de plus en plus soit partagées entre éleveurs soit déclarées à la PAC par les syndicats pastoraux. Dans tous ces cas, ces évolutions se traduisent par une augmentation des surfaces déclarées à la PAC.

Dans la plupart des cas, ces nouvelles surfaces déclarées correspondent à des secteurs qui étaient déjà exploités de façon informelle par les éleveurs sans que cela soit traduit dans les déclarations jusqu'en 2015. La déclaration PAC de 2015 a été l'occasion de formaliser cette situation. Dans certains secteurs,

probablement minoritaires, les surfaces nouvellement déclarées correspondent à des zones qui n'étaient pas exploités jusqu'alors.

A l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst, cette évolution est toutefois relative et représente un peu plus de 10 300 ha (+ 2,9 %) entre 2019 et 2010 dont 8200 ha (+ 2,6 %) en 2015. Dans le cadre de l'étude Nutrikarst des pressions agricoles sur le territoire (entrées d'azote sous forme d'engrais par ha dans les bassins versants par exemple), on ne peut cependant pas considérer qu'il y ait eu « dilution » des pressions exprimées par ha de SAU depuis 2015.

Les figures 9 et 10 ci-après présentent l'évolution depuis 10 ans de l'occupation des surfaces agricoles déclarées à la PAC sur la zone d'étude Nutrikarst. Outre l'augmentation des surfaces, qui concernent les surfaces en prairie, on peut constater le transfert de parcelles de prairies temporaires dans la catégorie des prairies permanentes, en particulier depuis 2015 (voir explications au paragraphe précédent).

Entre 2010 et 2019, les surfaces en culture connaissent une légère diminution (- 3700 ha soit - 9%), en particulier depuis 2017. Cette diminution ne concerne que le Doubs et le Jura. On peut émettre l'hypothèse d'un recentrage des exploitations sur les surfaces fourragères au détriment des cultures de vente dans un contexte de sécheresses et de canicules récurrentes ces dernières années. Avec la diminution des rendements, les cultures de ventes deviennent moins rentables, alors que la baisse de production des cultures fourragères incite les agriculteurs qui ont des cultures de vente (plaine et premiers plateaux) à les convertir en prairies afin de maintenir leur potentiel de production laitière, dans un contexte de prix du lait favorable. La conversion de surfaces en culture en prairies, accompagné de moins de travail du sol et de l'absence de périodes de sol nu, devrait être un facteur favorable à la limitation du transfert des nitrates d'origine agricole (diminution des pertes par lessivage et par ruissellement).

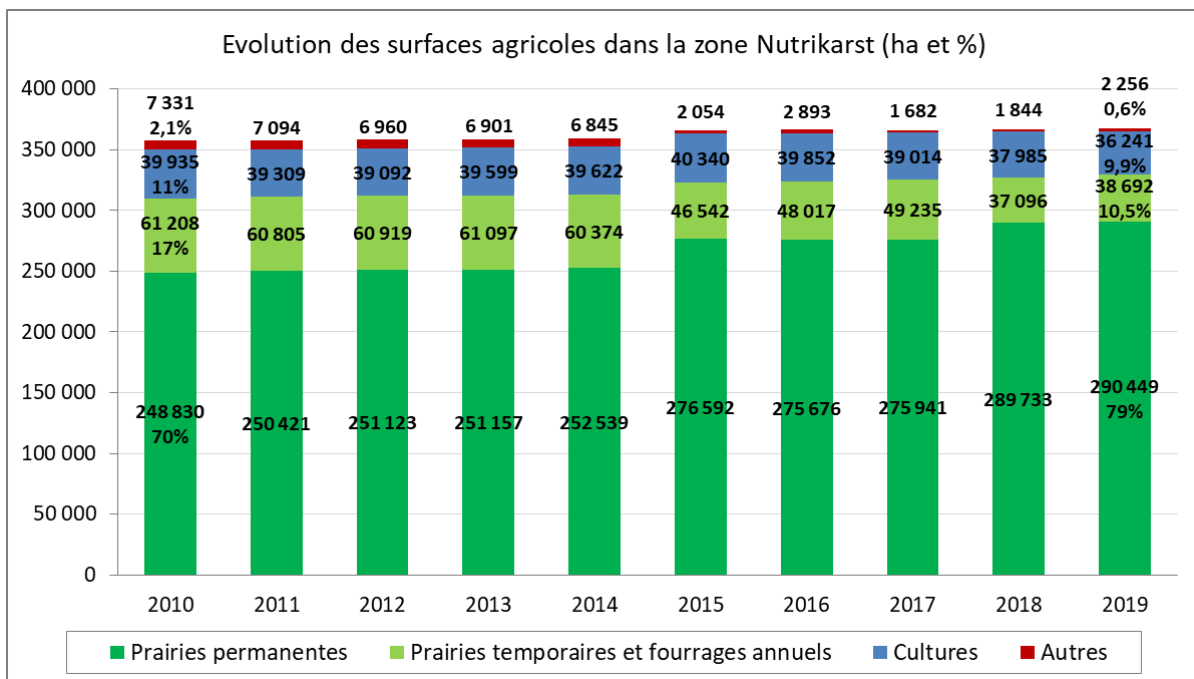


Figure 9 : Répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 2010 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectares.

3.3.2 Cas particulier des prairies

Jusqu'en 2014, au-delà de 5 années, des prairies ont continué à être déclarées en prairie temporaire avec le statut de « prairie temporaire de plus de 5 ans ». En 2015, les prairies temporaires de plus de 5 ans ont été classées dans la référence des prairies permanentes des exploitations agricoles. L'examen détaillé de l'évolution annuelle des surfaces déclarées à la PAC sur la zone d'étude Nutrikarst (RPG 2010 à 2019) confirme d'une part l'augmentation « administrative » des surfaces en prairies permanentes en 2015, alors

que sur le terrain ces surfaces n'ont fait l'objet d'aucun changement de pratiques agricoles (figures 10 à 14). Depuis 2018 est entrée en vigueur l'obligation de déclarer en prairie permanente toute prairie à partir de sa sixième année (disparition de la notion de « prairie temporaire de plus de 5 ans » au profit de la « prairie en rotation longue » assimilée à une prairie permanente).

L'évolution récente, entre 2015 et 2019, marquée par une diminution relative des surfaces en prairie temporaire peut également s'expliquer par trois causes : la transformation progressive des parcelles en prairie temporaire dépassant l'âge de 5 ans qui basculent dans le statut de prairie permanente, la mise en herbe de surfaces en culture et la comptabilisation de nouvelles surfaces boisées pâturées (à partir de 2018).

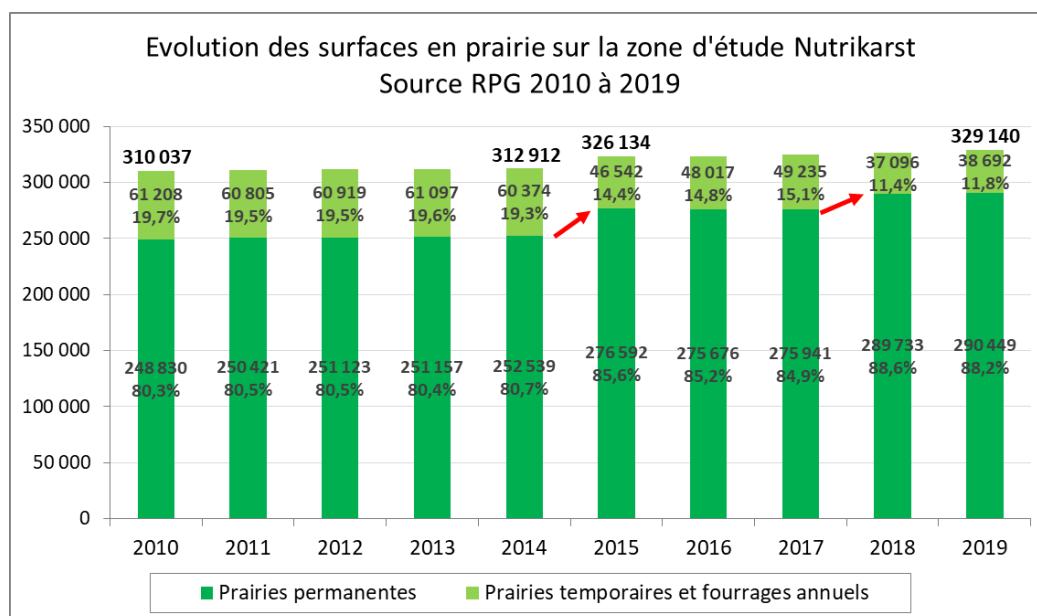


Figure 10 : Evolution des surfaces déclarées à la PAC en prairies permanentes et prairies temporaires entre 2010 et 2019 dans la zone d'étude Nutrikarst en hectare et pourcentage.

Le retournement des prairies permanentes est une pratique qui reste possible, sous condition, pour une exploitation agricole : la prairie ne doit pas être qualifiée de « sensible » (Natura 2000,...), le ratio prairies permanentes/SAU doit être conservé à l'échelle de l'exploitation jusque 2015 puis à l'échelle régionale depuis 2015. Ces règles ont été définies afin de conserver à l'échelle du territoire les surfaces en prairies permanentes. Contrairement à d'autres régions agricoles qui ont connu une diminution de l'élevage qui s'est accompagné par un retournement et une mise en culture de nombreuses prairies, le massif du Jura, du fait du dynamisme de la filière lait, a conservé ses surfaces en prairie.

3.3.3 Evolution de l'occupation des sols agricoles dans le Doubs et le Jura depuis 50 ans (RGA et RPG)

Le Doubs et le Jura occupent la majorité de la zone d'étude Nutrikarst. L'étude de l'évolution de l'occupation des surfaces dans ces deux départements est donc assez similaire aux tendances générales présentées précédemment. La figure 11 représente l'évolution de l'occupation des sols agricoles depuis 50 ans dans les départements du Doubs et du Jura pour la zone d'étude Nutrikarst. Les surfaces des RGA et du RPG ne sont pas comparables mais la tendance générale montre que, dans le Doubs et le Jura, les surfaces agricoles ont diminué entre 1970 et 2010, cette diminution correspondant à une perte de foncier agricole. Au cours des 10 dernières années on assiste à une tendance inverse liée à l'augmentation des surfaces déclarées à la PAC sans que cela se traduise par une réelle augmentation des surfaces effectivement affectées à l'agriculture. Les surfaces en cultures sont restées très stables, diminuant très légèrement, au cours des 50 dernières années (- 4500 ha soit - 1,5 %), alors qu'une partie des prairies permanentes a été classée en prairies temporaires entre les années 90 (réforme de la PAC) et les années 2010-2015 (suppression des prairies temporaires de plus de 5 ans). En 2019, les surfaces déclarées en prairies permanentes ont retrouvé leur niveau de 1988.

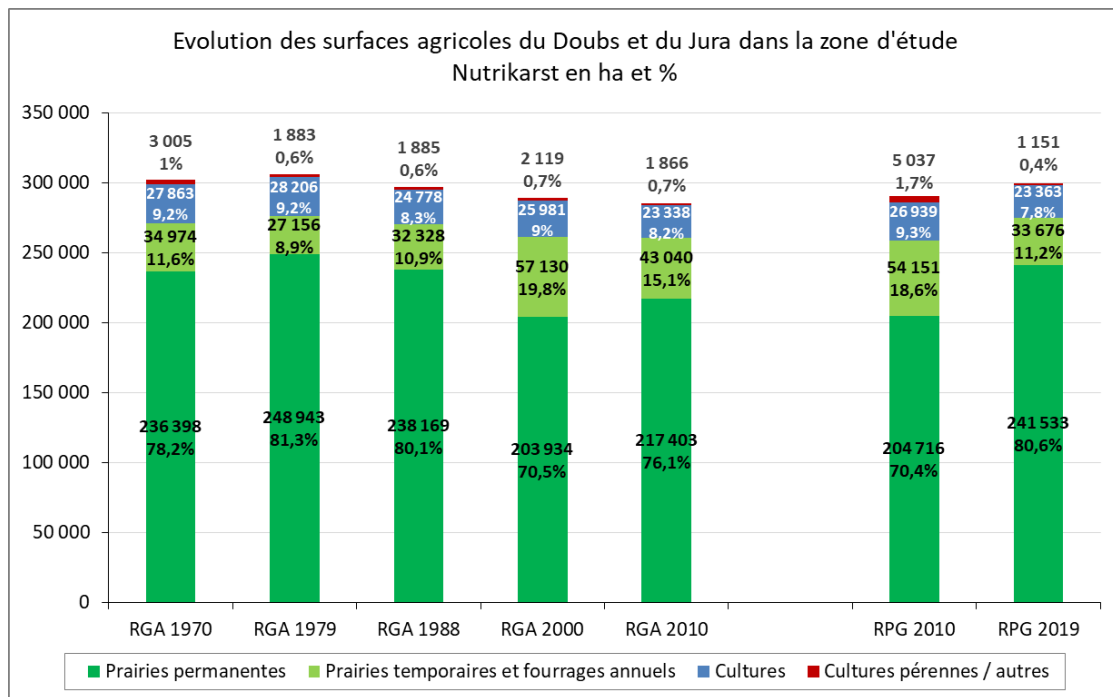


Figure 11 : Répartition des surfaces agricoles en ha et pourcentage par catégorie entre 2010 et 2019 dans le Doubs et le Jura de la zone d'étude Nutrikarst en hectares.

3.3.4 Evolution de l'occupation du sol dans l'Ain

L'occupation du sol dans le département de l'Ain a connu une évolution remarquablement différente des départements francs-comtois de la zone d'étude Nutrikarst (Figure 12). Au cours de la période 1970 à 2010, les surfaces agricoles ont fortement diminué, passant de 87 250 à 64 600 ha soit une perte de 22 650 ha (-26 %). Cette diminution a touché en premier lieu les prairies permanentes et temporaires (-928 ha entre le RGA de 1979 et celui de 2010), alors que les surfaces en culture ont légèrement progressé. De ce fait on observe une augmentation relative des surfaces en culture dans le paysage agricole de l'Ain, passant de 12,5 % en 1970 à près de 20 % des surfaces agricoles actuellement.

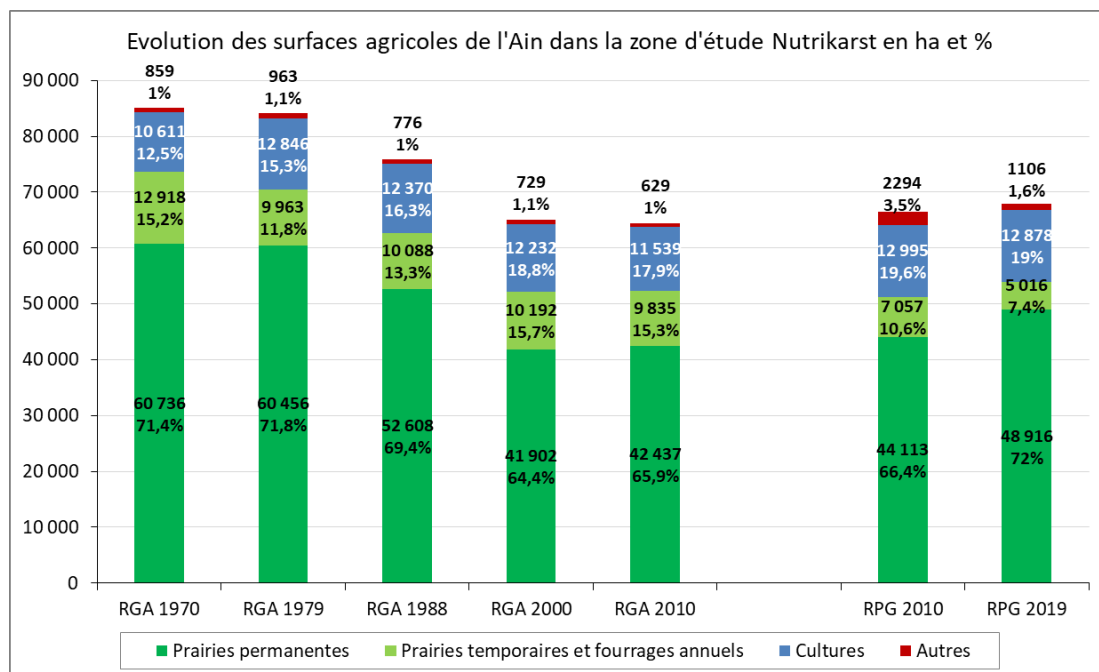


Figure 12 : Répartition des surfaces agricoles par catégorie entre 2010 et 2019 dans l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst en hectares.

3.4 Evolution de la répartition des cultures et des prairies selon les régions agricoles et l'altitude.

3.4.1 Evolution et variabilité spatiale des surfaces agricoles dans le Doubs et Jura (RGA et RPG)

Les 28 cantons de la zone Nutrikarst des départements du Doubs et du Jura ont été rattachés aux régions agricoles de Franche-Comté leur correspondant : 1^{er} plateau et zone basse, plateau moyen, plateau supérieur et montagne. La liste des cantons avec la région agricole correspondante figure en annexe 1. Cette classification permet de faire le lien entre l'altitude et l'occupation des parcelles agricoles et de suivre leur évolution depuis 40 ans.

La figure 13 met en évidence que la diminution des surfaces agricoles constatée entre 1970 et 2010 dans les données du RGA affecte uniquement les secteurs situés aux altitudes les plus basses du massif du Jura (- 12 622 ha). Les zones de plateau et la montagne voient leur surface agricole globalement conservée au cours des 50 dernières années (+ 592 ha). Au cours des dix dernières années on observe cependant une inversion de cette tendance dans l'ensemble des régions agricoles.

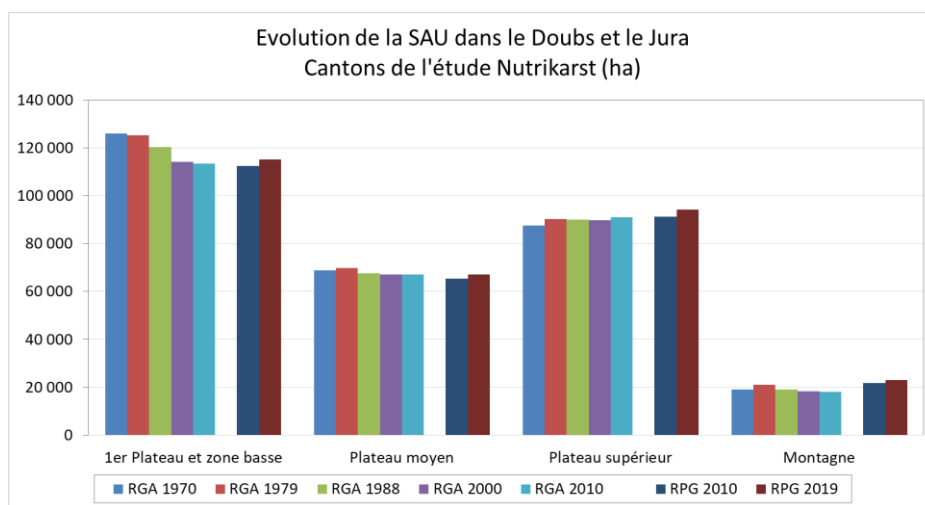


Figure 13 : évolution de la SAU dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs et du Jura entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).

La figure 14 présente l'évolution des surfaces toujours en herbe (ou prairies permanentes), des autres surfaces fourragères (prairies temporaires et fourrages annuels) ainsi que des cultures dans les cantons du Doubs et du Jura appartenant à la zone d'étude Nutrikarst, par région agricole.

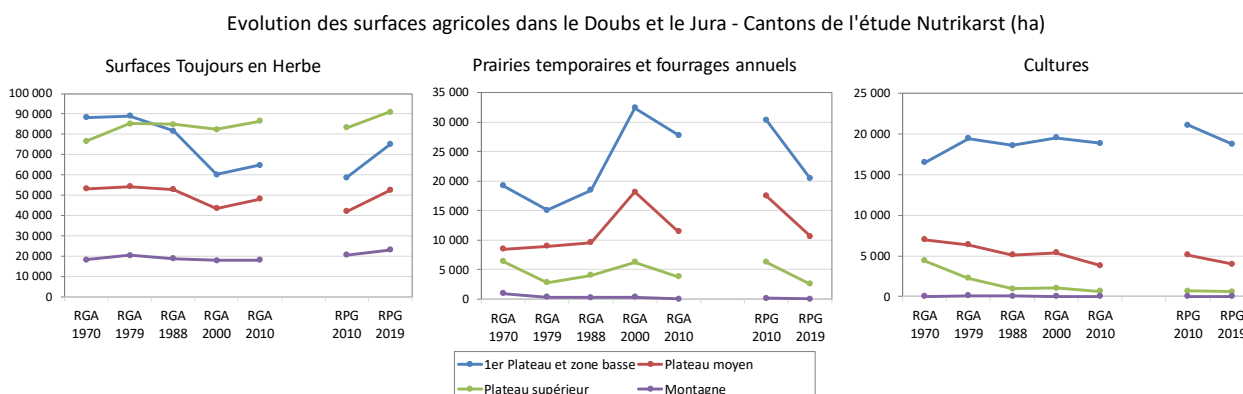


Figure 14 : évolution des principales catégories d'occupation des surfaces agricoles du Doubs et du Jura entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).

En ce qui concerne les prairies permanentes, on peut constater entre 1970 et 2010 un retrait de celles-ci en zone basse et sur le premier plateau (- 23 483 ha), de même que sur le plateau moyen (- 5183 ha). Environ la moitié de la diminution des surfaces permanentes en zone basse et sur le premier plateau correspond

cependant à une perte d'usage agricole. Pour le reste, ces surfaces se retrouvent en majorité dans les prairies temporaires correspondant à un usage le plus souvent inchangé de la parcelle (voir plus haut le paragraphe sur les prairies). Les surfaces en prairies permanentes ont en revanche progressé sur le plateau supérieur (+ 9872 ha) en lien avec une diminution des surfaces en prairies temporaires et en cultures), alors qu'elles sont restées stables sur la zone montagne (-201 ha). Au cours de la période 2010 à 2019, on constate un transfert des surfaces déclarées en prairies temporaires (- 14 090 ha) vers des surfaces déclarées en prairie permanente (+13 470 ha).

L'augmentation des surfaces en prairies temporaires et fourrages annuels entre 1970 et 2010 est significative en zone basse et sur le 1^{er} plateau (+ 8609 ha), ainsi que sur le plateau moyen (+ 2974 ha). On peut noter un pic en 2000, mais celui-ci peut être lié à des considérations administratives classant une partie des prairies de longue durée en prairie temporaire au moment de l'entrée en vigueur de la réforme de la PAC en 1992. Sur le plateau supérieur l'évolution est plus erratique mais les surfaces concernées sont très faibles, alors qu'en zone de montagne les surfaces en prairies temporaires sont quasi inexistantes.

En ce qui concerne les cultures, excepté sur la zone basse et le premier plateau où elles se sont relativement maintenues sous la barre des 20 000 ha entre 1979 et 2010, après une légère augmentation entre 1970 et 1979 (+2958 ha). Dans toutes les autres régions (plateau moyen, supérieur et montagne) les surfaces en culture ont diminué entre 1970 et 1979 (-6 921 ha). Entre 2010 et 2019 la diminution concerne toutes les régions agricoles (-2643 ha). En zone montagne, les cultures sont pratiquement absentes (111 ha en 1979, 0 ha en 2010).

La stabilité des surfaces en culture depuis 40 ans sur le premier plateau et la zone basse, de même que leur diminution sur le plateau moyen, alors même que les prairies temporaires augmentaient sur ces secteurs, confirme que la plupart des surfaces déclarées en « prairies temporaires » dans les RGA 2000 et 2010 (figure 14), après l'entrée en vigueur de la réforme de la PAC, sont en réalité des parcelles qui ont toujours été en herbe. La prairie temporaire est une prairie en rotation sur une même parcelle avec de la culture. Si la part des prairies temporaires « agronomiques » avait réellement augmenté, elle aurait dû s'accompagner par une augmentation des surfaces en culture, ce qui n'est pas observé.

Dans le Doubs et le Jura, seuls les cantons les plus bas en altitude ont perdu de la surface agricole entre 1970 et 2010. Cette perte de surface agricole est cependant limitée et représente pour l'ensemble de la zone Nutrikarst de ces deux départements 12 070 ha soit 4 % de la surface totale. Au cours de la même période, on peut observer de la zone de plaine jusqu'au plateau moyen, un transfert administratif mais non accompagné d'une modification des pratiques agricoles, d'une partie des prairies permanentes vers les prairies temporaires. Les surfaces en cultures peu présentes du plateau supérieur à la zone montagne ont tendance à y disparaître, elles diminuent sur le plateau moyen et se maintiennent à leur niveau de 1979 jusqu'en 2010 sur la zone la plus basse en altitude (plaine et premier plateau).

3.4.2 Evolution et variabilité spatiale des surfaces agricoles dans l'Ain (RGA et RPG)

Les cantons appartenant au département de l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst ont été classés selon leur altitude moyenne en deux catégories : la zone de plaine d'une part (communes du canton ne dépassant pas 700 mètres d'altitude) et la zone plateau et montagne d'autre part (communes du canton dépassant 700 mètres d'altitude). Cette classification a été choisie en l'absence d'un zonage similaire à celui de la Franche-Comté, les cantons de l'Ain ayant la particularité d'avoir un gradient d'altitude important avec des fonds de vallée situés à 200 – 300 mètres d'altitude et des zones montagneuses dépassant souvent 1000 m d'altitude. Les 5 cantons classés en plaine se situent en bordure Est et Ouest du massif du Jura dans l'Ain. Les trois cantons situés à l'Ouest se situent dans le prolongement de la zone franc-comtoise «1^{er} plateau et zone

basse » : Tréfort Cuizat, Ceyzeriat et Poncin. Deux cantons se situent à l'Est du département : Seyssel et Ferney-Voltaire. Le détail de la classification des cantons selon ces deux catégories géographiques est présenté en annexe 1.

La figure 15 permet de constater que la perte de surface agricole entre 1970 et 2010 affecte les deux secteurs géographiques avec - 6 040 ha en zone de plaine (- 23 %) et - 16 110 ha en zone de plateau et montagne (- 27 %), soit un total de 22 650 ha. Entre 2010 et 2019 les surfaces se maintiennent en zone de plaine et augmentent très légèrement sur le plateau et la montagne (+ 1520 ha soit + 3,3 %).

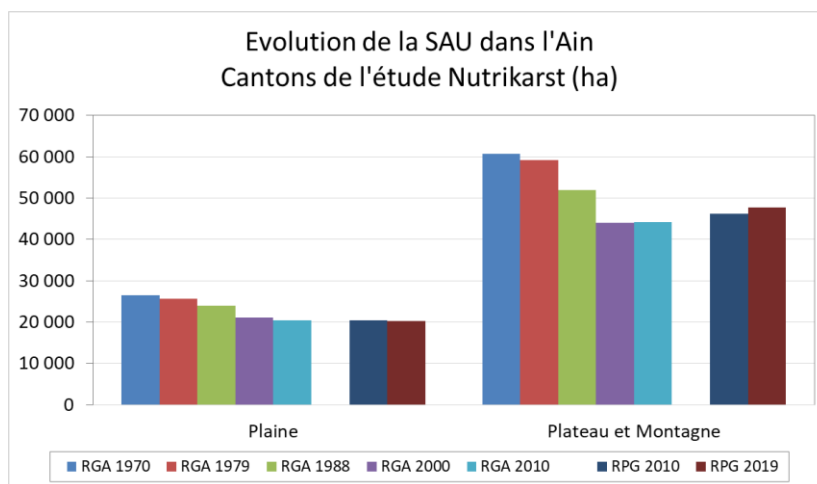


Figure 15 : évolution de la SAU dans la zone d'étude Nutrikarst de l'Ain entre 1970 et 2019 selon la région agricole en hectares (source RGA et RPG).

La figure 16 présente l'évolution des surfaces toujours en herbe (ou prairies permanentes), des autres surfaces fourragères (prairies temporaires et fourrages annuels) ainsi que des cultures dans les cantons de l'Ain appartenant à la zone d'étude Nutrikarst par région agricole.

Evolution des surfaces agricoles dans l'Ain - Cantons de l'étude Nutrikarst (ha)

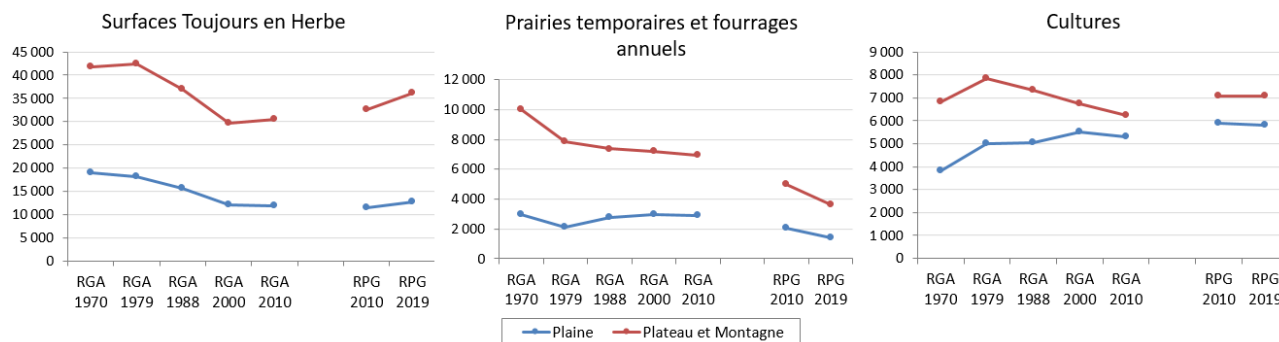


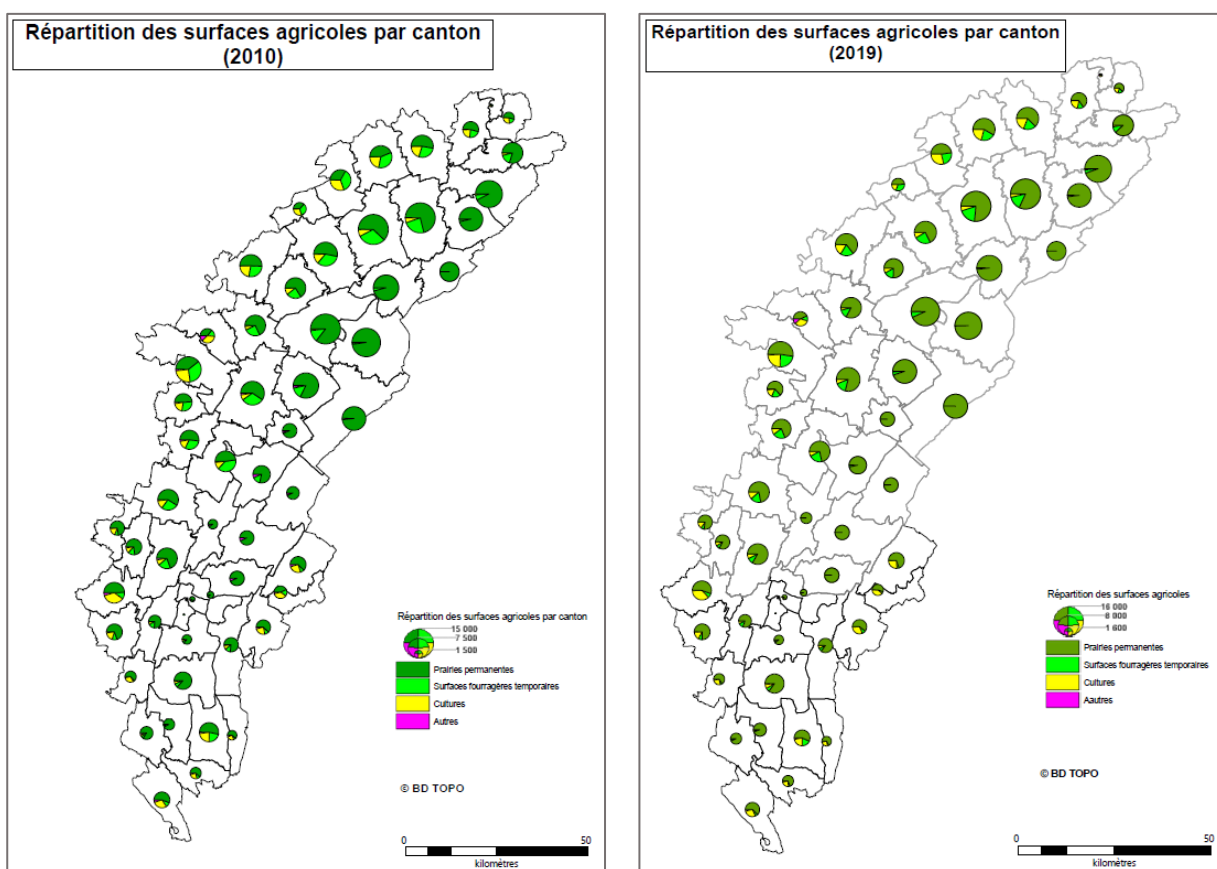
Figure 16 : évolution des principales catégories d'occupation des surfaces agricoles dans la zone d'étude Nutrikarst de l'Ain entre 1970 et 2010 selon la région agricole en hectares (source RGA).

Cette figure montre qu'entre 1970 et 2010, la diminution de la surface agricole (-22 650 ha) dans l'Ain a affecté essentiellement les prairies permanentes (-18 299 ha) et les prairies temporaires (-3083 ha), alors que les cultures ont gagné 928 ha sur cette même période. Les pertes en prairies permanentes ont affecté aussi bien la zone de plaine (-7039 ha) que le secteur plateau et montagne (-11 260 ha). Les prairies temporaires se sont maintenues dans la zone de plaine par rapport à la situation de 1970 et ont régressé en zone plateau et montagne (-3042 ha). Les cultures ont régressé en zone plateau et montagne (-567 ha) mais ont progressé dans la zone de plaine (+ 1495 ha). Entre 2010 et 2019 on observe une augmentation des surfaces déclarées en prairies permanentes (+4802 ha) dont une partie provenant des prairies temporaires

(-2041 ha entre 2010 et 2019). Ces évolutions sont similaires dans les deux zones géographiques de l'Ain. Les surfaces en cultures restent stables sur cette même période (-117 ha).

On assiste donc dans l'Ain à une forte érosion des surfaces agricoles et à une artificialisation du territoire au détriment des surfaces en prairies, en particulier les prairies permanentes. Les surfaces en cultures progressent significativement dans les cantons de plaine (+2009 ha, soit +53 % entre 1970 et 2019) mais diminuent légèrement en zone plateau et montagne (-258 ha, soit -4%).

La figure 17 ci-après représente l'évolution de la répartition de l'occupation du sol par canton entre 2010 et 2019. En dix ans, on peut constater le transfert (administratif) de surfaces déclarées en prairies temporaires en 2010 qui sont déclarées en prairies permanentes en 2019, en particulier sur le premier plateau. Les surfaces en culture sont relativement stables en zone de plaine et sur le premier plateau alors qu'elles diminuent sur le second plateau.



4 L'évolution du cheptel bovin depuis 50 ans (source RGA et SPIE)

4.1 Avertissement sur les données disponibles

Deux sources de données ont pu être utilisées pour suivre l'évolution du cheptel bovin sur la zone d'étude Nutrikarst. D'une part le Recensement Général Agricole disponible à l'échelle cantonale pour les années 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010 et d'autre part les données issues de la Base de Données Nationale d'Identification animale (BDNI) recueillies auprès du SPIE (Système Professionnel Information Elevage). Ces dernières données sont disponibles à l'échelle communale et annuellement de 2000 à 2020. Dans les deux cas il s'agit des effectifs présents dans les fermes ayant leur siège dans le canton (RGA) ou dans la commune (SPIE). Les données du SPIE sont les effectifs animaux au 1^{er} janvier de l'année.

Les données du RGA n'ont pas pu être collectées de façon exhaustive en raison du manque de disponibilité des données :

RGA 1970 : effectifs bovins disponibles pour l'Ain (fournies par la DRAAF AURA) et le Doubs (issue d'un exemplaire papier du RGA détenu par la Chambre d'Agriculture) mais pas pour le Jura (non disponibles auprès de la DRAAF de Franche-Comté).

Ain : les effectifs des catégories « bovins de moins d'un an », « bovins de 1 à 2 ans » ainsi que « bovins de plus de 2 ans » n'ont pas pu être recueillis auprès de la DRAAF AURA.

Enfin, le secret statistique a rendu inaccessible un certain nombre de données :

Doubs : aucune donnée disponible concernant le cheptel du canton de Valentigney (trop peu d'éleveurs et d'effectifs).

Ain : il manque des données dans les catégories « bovins », « vaches » ou « vaches laitières » dans un certain nombre de cantons et d'années (voir tableau ci-dessous).

Ain (sur 19 cantons)	1970	1979	1988	2000	2010
Total bovins	0	0	0	2	1
Vaches	1	2	1	3	2
Vaches laitières	0	1	0	5	2

Nombre de cantons par catégories animales soumis au secret statistique dans le RGA de l'Ain.

A l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst, le manque de données, lié au secret statistique, ne concerne qu'un nombre réduit de cantons où les effectifs bovins sont très faibles. On peut donc estimer que cela n'affecte pas l'analyse globale de l'évolution des effectifs bovins.

4.2 Evolution globale du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (RGA 1979-2010)

Ne disposant pas des effectifs bovins du Jura pour l'année 1970, les données ci-après synthétisent les RGA de 1979 à 2010 qui sont disponibles sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst. L'agriculture du massif du Jura est fortement spécialisée dans la production de lait sous label de qualité. L'élevage laitier, vaches laitières et génisses pour le renouvellement du troupeau, représente l'immense majorité des effectifs bovins (figure 18). Les vaches laitières représentent environ 45 % des effectifs bovins et plus de 90 % des vaches. Le RGA ne permet pas de distinguer les génisses des jeunes bovins mâles mais ceux-ci sont très minoritaires.

Au global sur la zone d'étude Nutrikarst, on peut constater, par rapport à 1979, que les effectifs bovins diminuent significativement sur cette période (-60 179 bovins, -14,6%) et que ce sont les vaches laitières qui perdent la majorité des effectifs (-54 025 vaches, -28,9%). Les effectifs de jeunes bovins se maintiennent à environ 200 000 animaux depuis 1988 après avoir subi une baisse d'environ 10 % de leurs effectifs entre 1979 et 1988. Entre 1979 et 2010, les effectifs de jeunes bovins ont diminué de 16 782 têtes, soit -7,6 %. Les vaches

allaitantes ont vu leurs effectifs pratiquement tripler entre 1979 et 2010 (+ 8577) mais elles sont très minoritaires dans les effectifs bovins (13 135 têtes en 2010 soit moins de 4 % des effectifs bovins).

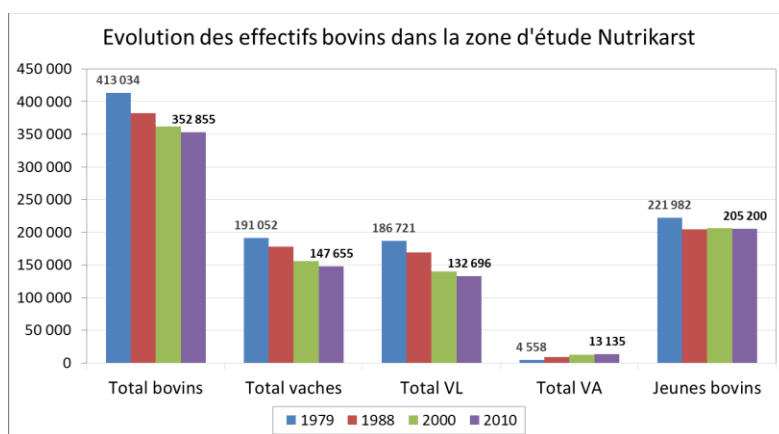


Figure 18 : évolution des effectifs bovins par catégorie dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

Le tableau ci-après représente la répartition par département des effectifs totaux de bovins dans la zone d'étude Nutrikarst selon les données du RGA entre 1979 et 2010. Les effectifs bovins ne sont pas répartis de façon uniforme entre les départements. En 2010, 56,5 % des effectifs bovins sont situés dans le département du Doubs, 29 % dans le Jura et environ 14,5 % dans l'Ain. Cette répartition a peu évolué entre 1979 et 2010.

Années du RGA	01 - Ain	25 - DOUBS	39 - JURA
1979	15,9%	53,9%	30,2%
1988	15,5%	55,5%	28,9%
2000	14,6%	56,5%	28,8%
2010	14,5%	56,5%	29,0%

La figure 19 ci-après permet de constater que l'érosion des effectifs bovins concerne les trois départements de façon assez semblable, le Doubs a vu cependant ses effectifs diminuer dans une moindre mesure, en proportion (-10 %), que le Jura (-18 %) et l'Ain (-22 %). En termes de nombre de bovins ramené à la SAU de la zone d'étude Nutrikarst de chaque département, le Doubs présente également la plus forte densité de bovins, devant le Jura, suivi de l'Ain avec par exemple en 2010 : 1,1 bovins/ha SAU dont 0,44 VL pour le Doubs, 0,85 bovins/ha SAU dont 0,31 VL pour le Jura et 0,76 bovins/ha SAU dont 0,21 VL pour l'Ain. Le chargement des bovins sur les surfaces agricoles est présenté en détail ultérieurement.

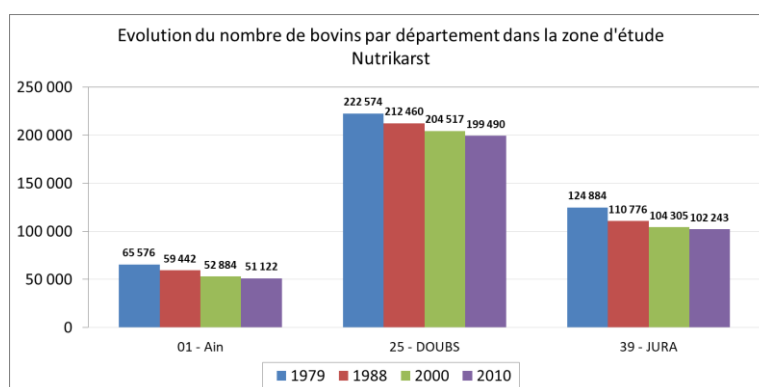


Figure 19 : évolution des effectifs bovins par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

La figure 20 présente l'évolution du nombre de vaches laitières dans les trois départements. La diminution des effectifs de vaches laitières concerne également les trois départements : -26 % dans le Doubs, - 30 % dans le Jura et - 42 % dans l'Ain entre 1979 et 2010.

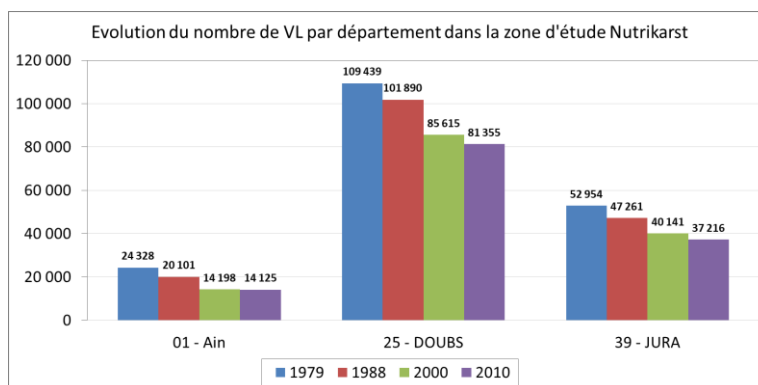


Figure 20 : évolution du nombre de vaches laitières par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

La figure 21 représente l'évolution du nombre de vaches allaitantes par département, en conservant la même échelle que pour les vaches laitières. Bien que cette production augmente dans les trois départements, les effectifs restent négligeables au regard des effectifs totaux de vaches.

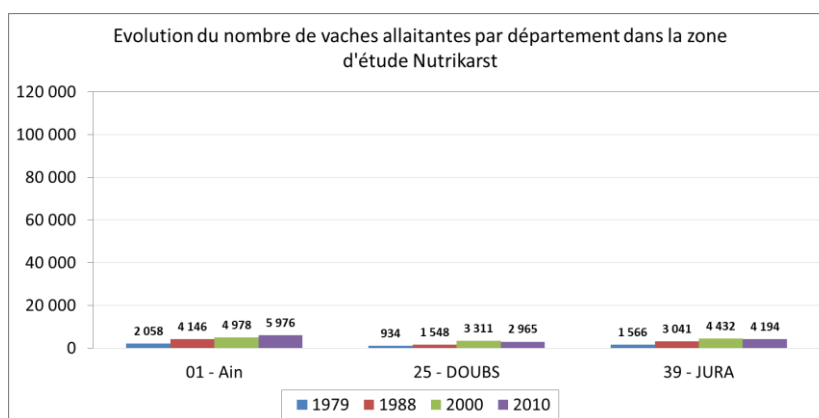


Figure 21 : évolution du nombre de vaches allaitantes par département dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

4.3 Evolution du cheptel bovin par région agricole dans le Doubs (RGA 1970 à 2010).

Les données des effectifs bovins ayant pu être obtenues à partir du RGA 1970 pour le Doubs, les figures suivantes représentent l'évolution du cheptel bovin du Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst depuis 1970 par région agricole, avec un focus sur les vaches laitières et les jeunes bovins qui représentent pratiquement la totalité du cheptel bovin (voir tableau ci-dessous).

Année du RGA	Total bovins	% Vaches laitières/total	% Jeunes bovins/Total	% VL + jeunes bovins
1970	184 804	50,1%	49,4%	99,5%
1979	222 574	49,2%	50,4%	99,6%
1988	212 460	48,0%	51,3%	99,3%
2000	204 517	41,9%	56,5%	98,4%
2010	199 490	40,8%	57,7%	98,5%

Proportion des vaches laitières et des jeunes bovins par rapport aux effectifs totaux des bovins entre 1970 et 2010 dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs.

On peut constater que les effectifs bovins totaux de 2010 sont proches de ceux de 1970, avec une augmentation marquée des effectifs entre 1970 et 1979 puis une diminution progressive de 1979 à 2010. Entre 1979 et 2010 la diminution des effectifs bovins représente – 23 084 animaux soit – 10 %. On remarque également une augmentation relative des jeunes bovins, ce qui traduit une augmentation du taux d'élevage entre les années 1970 (génisses exclusivement élevées pour le renouvellement du troupeau laitier) et les années 2010 (élevage de jeunes bovins pour la vente et l'exportation en plus des génisses de renouvellement).

L'augmentation des effectifs bovins entre 1970 et 1979, puis la diminution progressive des effectifs entre 1979 et 2010, concerne l'ensemble des régions agricoles de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs. En quarante ans, on observe en 2010, par rapport aux effectifs de 1970, une stabilité des effectifs bovins en zone basse et premier plateau et une augmentation des effectifs sur le plateau moyen (+ 8%) et sur le plateau supérieur (+13 %). En zone montagne on observe également une augmentation de 12 %, avec cependant un effectif nettement plus faible (figure 22).

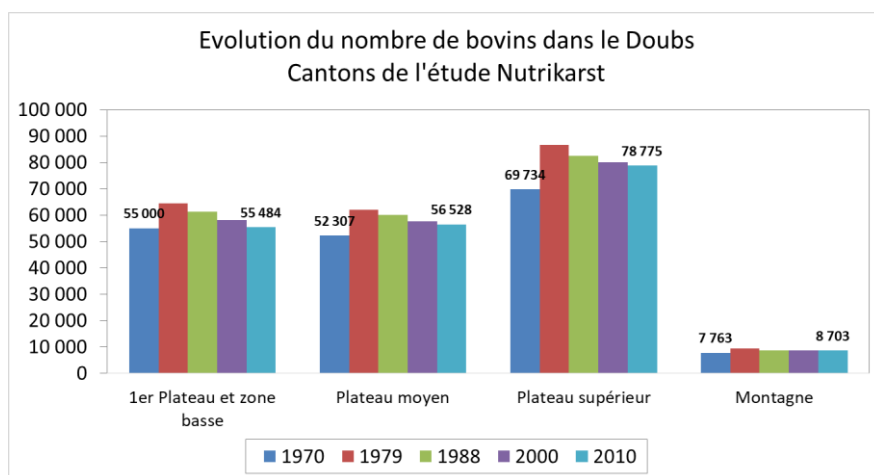


Figure 22 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (RGA).

Moins de vaches, plus de génisses.

Les évolutions de la répartition des vaches laitières et des génisses entre 1970 et 2010 (ou 2000 pour les génisses) sont présentées dans la figure 23 ci-après.

En ce qui concerne les vaches laitières on observe également une augmentation des effectifs entre 1970 et 1979, puis une diminution des effectifs jusqu'à atteindre en 2010 un niveau inférieur à celui de 1970 dans toutes les régions agricoles du Doubs. La perte des effectifs est cependant plus forte en zone basse et premier plateau (-5733 vaches laitières soit -21 %) que sur le plateau moyen (-3294 vaches laitières soit -12 %) ou le plateau supérieur (-2168 vaches laitières soit -6 %). En zone montagne le nombre de vaches laitière est beaucoup plus faible et stable.

Les effectifs de jeunes bovins (essentiellement des génisses) augmentent dans toutes les régions du département du Doubs. L'augmentation est marquée entre 1979 et 1970, puis plus progressive. La part des jeunes bovins sur les effectifs totaux des bovins du département du Doubs passe de 49,4 % en 1970 à 57,7 % en 2010.

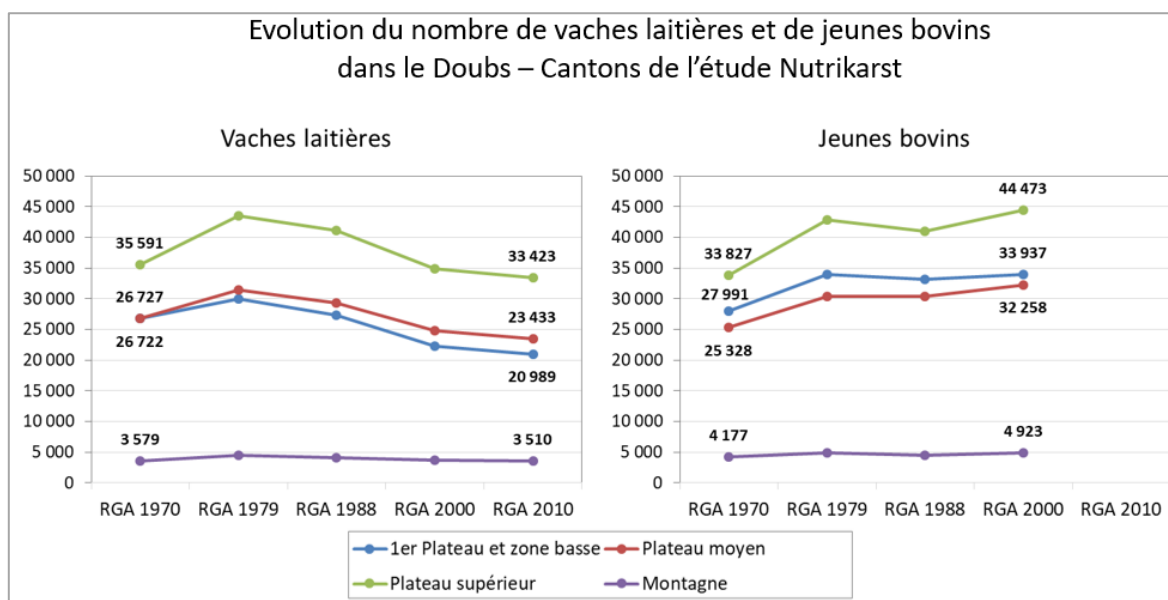


Figure 23 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (RGA).

4.4 Evolution du cheptel bovin par région agricole dans le Jura (RGA 1979 à 2010).

Les données relatives aux effectifs bovins du RGA 1970 n'ont pas pu être obtenues. L'évolution des effectifs bovins et de la part relative des vaches laitières et des jeunes bovins entre 1979 et 2010 dans la zone Nutrikarst du Jura est présentée dans le tableau ci-dessous. Ces deux catégories totalisent la quasi-totalité des effectifs bovins. On peut constater une diminution, à peu près équivalente que dans le Doubs, des effectifs bovins entre 1970 et 2010 (-22 641 bovins) mais en proportion elle est presque deux fois plus élevée (- 18 %) dans le Jura. Cette diminution, plus marquée en zone basse, est également constatée dans les autres régions (plateaux et montagne), comme on peut le voir sur la figure 24. La part de l'élevage des jeunes bovins est plus élevée que le simple renouvellement du troupeau laitier, et ce dès les années 1979, alors que cette tendance à l'élevage est plus récente dans le Doubs. Le taux d'élevage augmente légèrement entre 1979 et 2010. En proportion, les vaches laitières sont moins représentées que dans le Doubs et passent de 42,4 % en 1979 à 36,4 % en 2010.

Année du RGA	Total bovins	% Vaches laitières/total	% Jeunes bovins/Total	% VL + jeunes bovins
1979	124 884	42,4%	56,3%	98,7%
1988	110 776	42,7%	54,6%	97,3%
2000	104 305	38,5%	57,3%	95,8%
2010	102 243	36,4%	57,8%	94,2%

Proportion des vaches laitières et des jeunes bovins par rapport aux effectifs totaux des bovins entre 1970 et 2010 dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura.

Entre 1979 et 2010 on constate dans le Jura une diminution des effectifs bovins dans l'ensemble des régions agricoles. Cette diminution est cependant nettement plus marquée en zone basse et premier plateau (-20 %)

que sur le plateau moyen (-13 %), le plateau supérieur (-10 %). La zone montagne connaît également une diminution significative des effectifs bovins (-35 %), mais avec des effectifs réduits (figure 23).

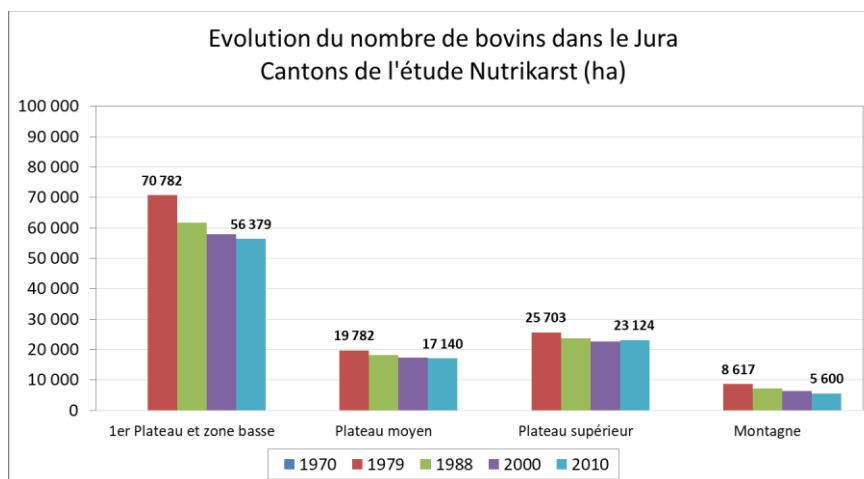


Figure 24 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans le Jura dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

Moins de vaches, moins de génisses

Le détail de l'évolution des vaches laitières et les jeunes bovins (figure 25) disponible pour les RGA 1979, 1988 et 2000 montre que la diminution des effectifs concerne toutes les régions du Jura mais elle est également plus marquée en zone basse. Cette diminution affecte aussi bien les vaches laitières que les jeunes bovins (essentiellement des génisses).

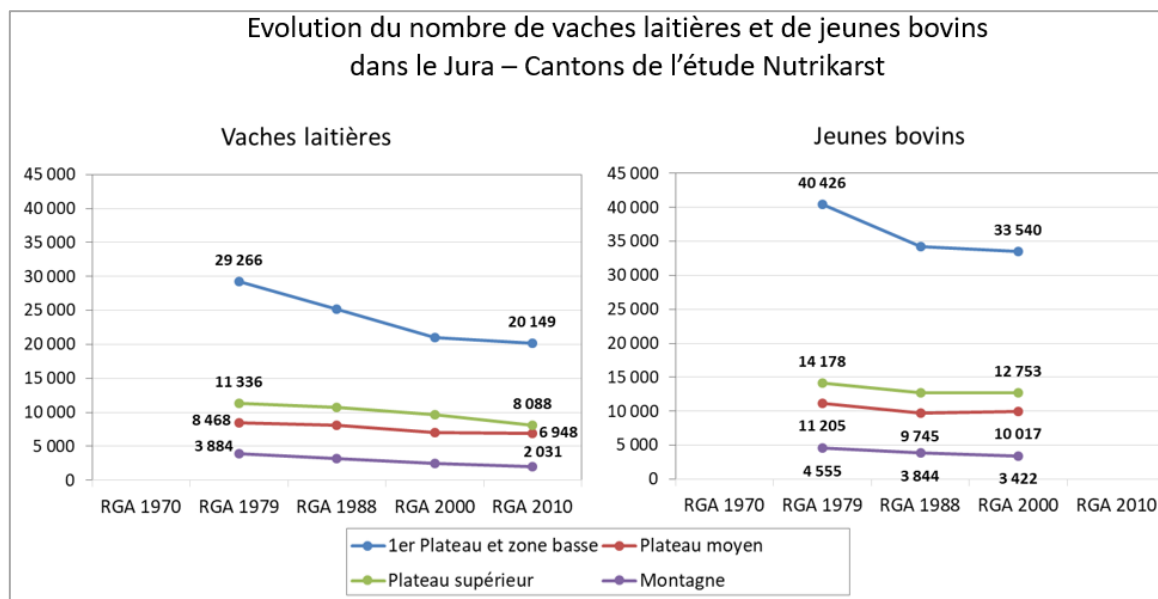


Figure 25 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans le Jura la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2000 (RGA). Données non disponibles pour 2010.

4.5 Evolution du cheptel bovin par région agricole dans l'Ain (RGA 1979 à 2010).

En ce qui concerne le département de l'Ain, les données disponibles correspondent aux effectifs totaux bovins, aux vaches laitières et allaitantes, mais les effectifs de jeunes bovins n'ont pas pu être recueillis (données non disponibles ou secret statistique). Le tableau ci-dessous présente l'évolution des effectifs totaux et la répartition entre les vaches laitières et les vaches allaitantes. Après une hausse des effectifs entre

1970 et 1979 (+ 3812 bovins), on peut constater que le nombre total de bovins diminue entre 1979 et 2010 de 14 454 bovins soit une baisse de 22 %. On peut observer une diminution de la part des vaches laitières par rapport aux vaches allaitantes, traduisant un développement d'ateliers de bovins pour la viande. Les effectifs restent cependant très modestes passant de 865 vaches allaitantes en 1970 à 5981 en 2010.

Année du RGA	Total bovins	% Vaches laitières/total	% Vaches allaitantes/total	% Jeunes bovins/Total	VL + jeunes bovins
1970	61 764	48,5%	1,4%	50,5%	99,0%
1979	65 576	37,1%	3,1%	60,1%	97,2%
1988	59 442	33,8%	7,0%	59,4%	93,2%
2000	52 884	26,8%	9,4%	58,4%	85,3%
2010	51 122	27,6%	11,7%	60,5%	88,1%

*RGA 2000 : 2 cantons avec effectifs bovins et total vaches non disponibles,

**RGA 2010 : 1 canton avec effectifs bovins non disponibles et 2 cantons avec total vaches non disponibles

La figure 26 montre que la tendance observée globalement dans le département de l'Ain pour la zone Nutrikarst est la même en plaine qu'en zone plateau et montagne : légère augmentation entre 1970 et 1979 puis diminution régulière pour atteindre pour l'Ain (contrairement au Doubs) un niveau inférieur à celui de 1970.

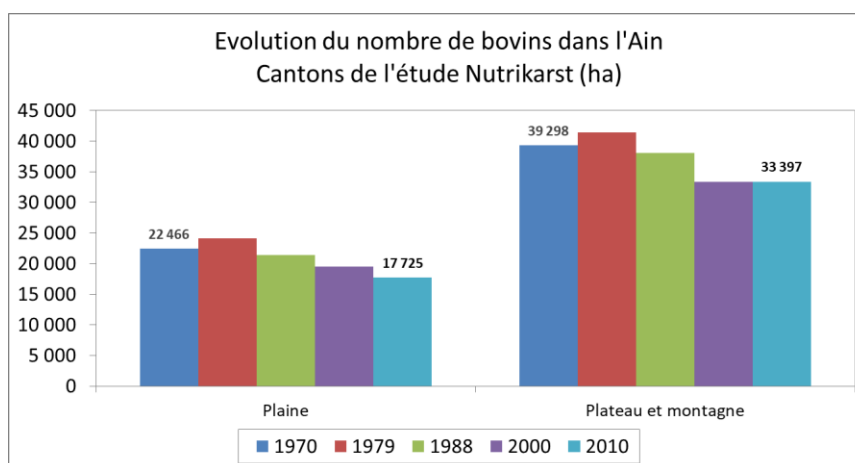


Figure 26 : évolution du nombre total de bovins par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

Nettement moins de vaches, maintien des jeunes bovins

En ce qui concerne l'évolution du nombre de vaches laitières et de génisse, on peut constater sur la figure 27 ci-après que leurs effectifs n'ont cessé de décroître depuis les années 1970 pour les vaches et les années 1979 pour les jeunes bovins, malgré la présence de l'aire de l'AOP Comté qui couvre 183 communes dans l'Ain.

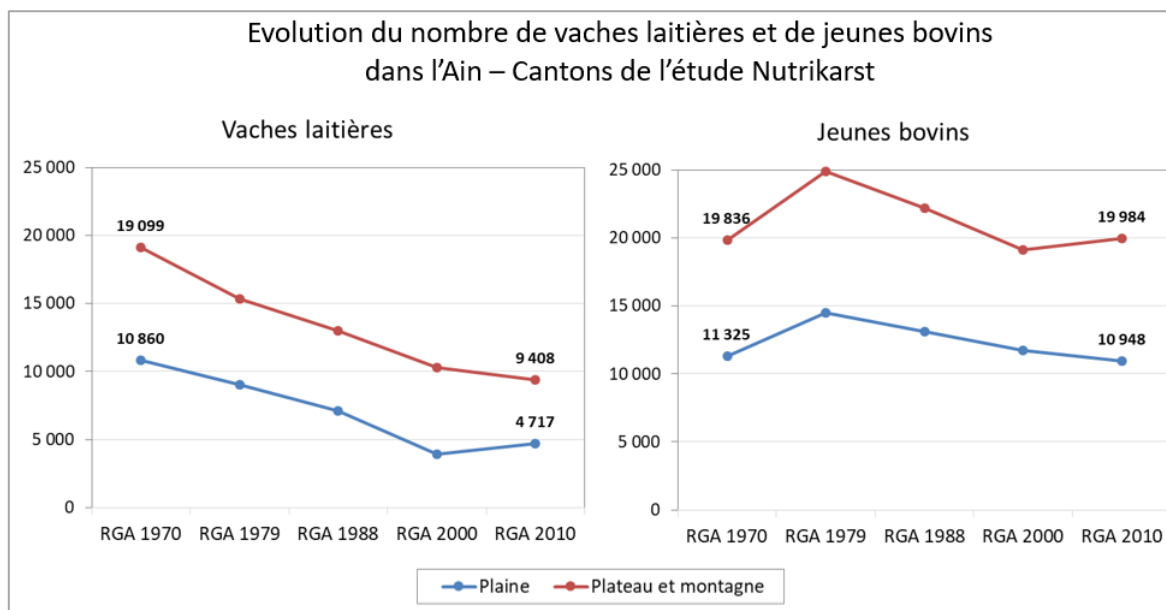


Figure 27 : évolution du nombre de vaches laitières et de jeunes bovins par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (RGA).

Les données du RGA concernant les effectifs bovins sur la zone d'étude Nutrikarst montrent une diminution progressive des effectifs bovins entre 1979 et 2010. Cette diminution est observable dans les trois départements de l'étude, elle concerne le nombre de vaches laitières et dans une moindre mesure le nombre de jeunes bovins (effectifs stables depuis 1988).

- **Dans le Doubs, les données du RGA disponibles dès 1970 montrent une nette augmentation des effectifs bovins entre 1970 et 1979 puis une diminution régulière jusqu'en 2010 sans pour autant revenir aux effectifs de 1970. Depuis 1979 on observe une diminution régulière du nombre de vaches laitières dans toutes les régions agricoles, alors que les effectifs des jeunes bovins sont en augmentation régulière depuis 1970.**
- **Dans le Jura, bien que les effectifs de 1970 n'aient pu être recueillis, il est probable qu'on ait également assisté à une augmentation des effectifs bovins entre 1970 et 1979. Entre 1979 et 2010 on observe dans le Jura une diminution des effectifs bovins. Cette diminution concerne toutes les catégories de bovins (vaches laitières et génisses) et toutes les zones agricoles.**
- **La partie de l'Ain appartenant à la zone d'étude Nutrikarst est caractérisée par une diminution importante des effectifs bovins entre 1970 et 2010, comme c'est également le cas pour les surfaces agricoles. Ceci traduit une diminution de la part de l'agriculture dans l'occupation du territoire.**

En 2010 le Doubs concentre à lui seul 56,5 % des effectifs bovins de la zone d'étude Nutrikarst, le Jura 29 % et l'Ain seulement 14,5 %.

4.6 Evolution détaillée depuis 20 ans du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (SPIE 2000 à 2020).

Les effectifs bovins présentés ci-après sont issus de la Base de Données Nationale d'Identification animale (BDNI) recueillies auprès du SPIE (Système Professionnel Information Elevage). Ces données ont l'avantage d'être disponibles à l'échelle communale et annuellement depuis 2000 (21 années disponibles). Elles couvrent les mêmes cantons que ceux utilisés pour l'étude des données agricoles du RGA. Au total elles recouvrent 133 communes dans l'Ain, 389 communes dans le Doubs et 199 communes dans le Jura (communes de 2020). Elles sont également plus précises car elles permettent d'avoir le détail de 8 catégories de bovins : les vaches laitières, les vaches allaitantes, les génisses de moins d'un an, les génisses de 1 à 2 ans, les génisses de plus de 2 ans, les mâles de moins d'un an, de 1 à 2 ans et de plus de deux ans. Cette base de données permet donc d'étudier plus précisément la dynamique de la population des bovins sur le massif du Jura. Les effectifs sont rattachés à la commune où se situe le siège d'exploitation et correspondent aux effectifs bovins au 1^{er} janvier de l'année.

La figure 28 ci-dessous représente la répartition du cheptel bovin par catégorie d'animaux. Il confirme la forte domination du cheptel laitier avec près de 90 % des effectifs bovins dédié à la production de lait ou au renouvellement du troupeau. Les vaches allaitantes et les jeunes bovins mâles représentent moins de 10 % du cheptel bovin de la zone d'étude Nutrikarst.

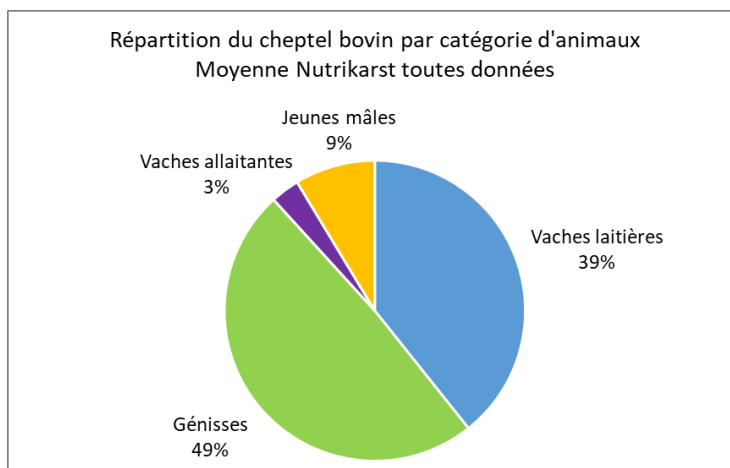


Figure 28 : répartition des principales catégories de bovins dans la zone d'étude Nutrikarst (moyenne des 21 années disponibles de 2000 à 2020).

La répartition des génisses et des bovins mâles par tranche d'âge (figure 29) permet de constater que la majorité des génisses sont élevées pour le renouvellement du troupeau laitier (environ 1/3 des effectifs par tranche d'âge) alors que les jeunes bovins quittent l'exploitation avant d'atteindre leur première année.

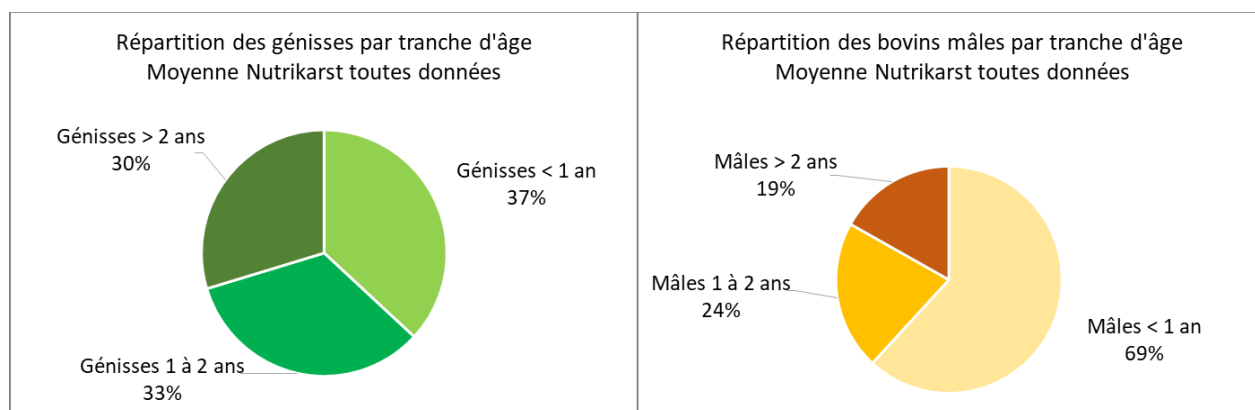


Figure 29 : répartition des génisses et des bovins mâles dans la zone d'étude Nutrikarst (moyenne des 21 années disponibles de 2000 à 2020).

La dynamique d'évolution des effectifs bovins sur la zone d'étude Nutrikarst est liée à celle du cheptel bovin lait. Les vaches laitières et les génisses représentent 88 % des effectifs en 2000 et 90 % des effectifs en 2020. Au cours des 20 dernières années, on constate à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude une stabilité des effectifs bovins totaux mais avec une variation dans la répartition des catégories d'animaux en profit de l'élevage laitier.

		Total bovins	Vaches laitières	Génisses	Vaches allaitantes	Jeunes mâles
Année 2000		356 991	137 315	177 641	10 868	31 167
Année 2010		347 845	133 521	168 946	11 471	33 907
Année 2020		354 322	145 812	174 566	10 291	23 653
Evolution 2020/2000	en effectifs	-2669	+8497	-3075	-577	-7514
	en %	-0,7%	+6,2%	-1,7%	-5,3%	-24,1%

Bien qu'il existe une relative stabilité des effectifs bovins au cours des 20 dernières années sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst, on peut identifier une différence de dynamique d'évolution entre le Doubs et le Jura d'une part et l'Ain d'autre part (voir tableau ci-dessous et figure 30). Les effectifs totaux de bovins dans le Doubs et le Jura sont restés relativement stables, avec une progression de moins de 2 % (soit moins de 0,1 % par an), avec une spécialisation renforcée dans la production de lait. Dans l'Ain on constate à l'inverse une forte diminution des effectifs bovins qui affecte l'ensemble des catégories animales.

		Total bovins		
Année		DOUBS	JURA	AIN
2000		205001	104475	47515
2010		201658	102438	43749
2020		208429	106476	39417
Evolution 2020/2000	en effectifs	+ 3428	+ 2001	- 8098
	en %	+ 1,7%	+ 1,9%	- 17,0%

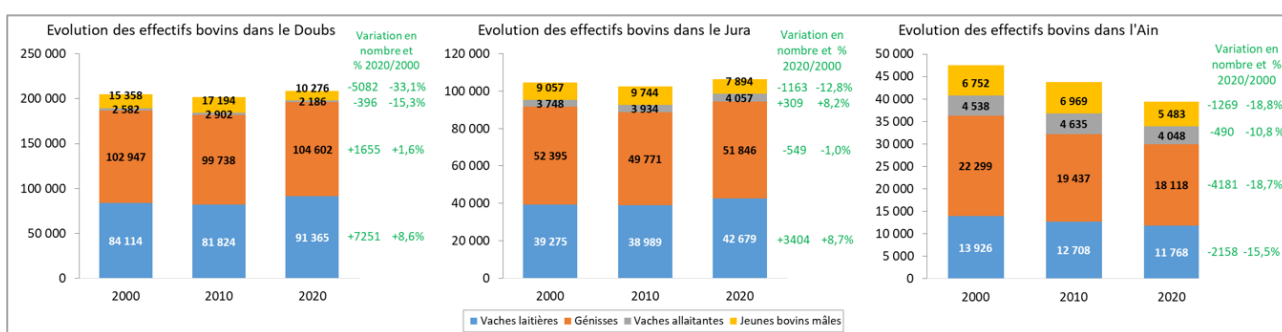


Figure 30 : évolution entre 2000 et 2020 des catégories de bovins par département dans la zone d'étude Nutrikarst (source SPIE)

La relative stabilité des effectifs bovins sur 20 ans masque cependant des fluctuations interannuelles dans les effectifs bovins, comme on peut le constater sur la figure 31 ci-après.

- On observe une première diminution des effectifs jusqu'en 2007, suivie d'un rebond jusqu'en 2009, puis d'une nouvelle diminution des effectifs jusqu'en 2012.
- De 2012 à 2017 on constate une période de dynamisme dans la filière lait avec une augmentation des effectifs de génisses et de vaches laitières.

- Entre 2018 et 2020 on peut observer une diminution assez nette des effectifs de génisses, alors que les vaches laitières se sont pratiquement maintenues jusqu'en 2020 à leur niveau le plus haut correspondant à l'année 2017. La diminution du nombre de génisses, qui s'observe pour l'année 2019, correspond aux effectifs au 1^{er} janvier 2019 et est consécutive à la sécheresse de 2018. Le taux d'élevage dans les exploitations d'élevage est également lié aux opportunités de débouchés pour la commercialisation qui peuvent également expliquer les fluctuations interannuelles.

Ces fluctuations peuvent s'expliquer par des effets conjoncturels ou par les politiques agricoles : évolution du prix du lait AOP, fin des quotas en 2015, règles de régulation de l'offre du CIGC, effets des années sèches et chaudes (2018, 2019 et 2020) limitant l'offre fourragère et incitant les éleveurs à diminuer les taux d'élevage voire le nombre de vaches laitières,...

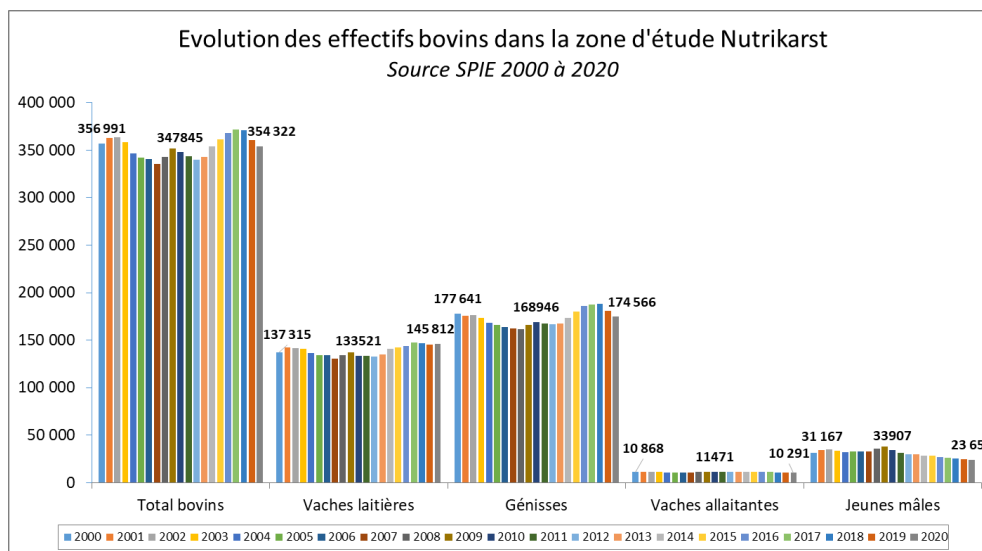


Figure 31 : évolution des principales catégories de bovins sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

4.6.1 Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans le Doubs entre 2000 et 2020.

Les vaches laitières et les génisses représentent plus de 90 % des effectifs bovins. L'évolution des effectifs de ces deux catégories entre 2000 et 2020 pour la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs est présentée dans les figures 32 et 33 ci-après. Globalement on peut constater une diminution des effectifs au cours de la première moitié de la période, suivie d'une augmentation des effectifs au cours de la deuxième moitié de la période. Les effectifs en 2020, sont dans les quatre régions du Doubs, supérieurs à ceux de 2000. L'augmentation est plus marquée dans le plateau supérieur (+ 3596 vaches laitières et + 1223 génisses). Cette évolution au cours des 21 dernières années correspond à une augmentation de 8,6 % des effectifs de vaches laitières dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs, soit 0,4 % par an.

Vaches laitières	1er plateau et zone basse	Plateau moyen	Plateau supérieur	Montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	+1316	+1590	+3596	+749	+7251
2020 en % de 2000	5,9%	6,5%	10,5%	22,1%	8,6%

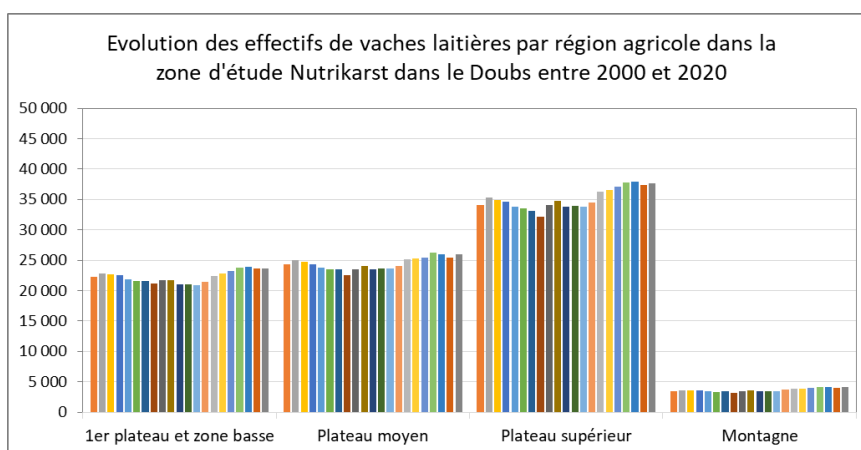


Figure 32 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

Les effectifs des génisses en 2020 sont proches de ceux de 2000 (+ 1,6 % sur l'ensemble de la zone), avec une diminution au cours de la première moitié de la période, suivie d'une augmentation jusqu'en 2018. Une diminution importante des effectifs de génisses est observable dans toutes les régions du Doubs entre 2018 et 2020. Cette diminution est cependant un peu moins marquée dans la zone montagne, moins affectée par la canicule de 2018.

Génisses	1er plateau et zone basse	Plateau moyen	Plateau supérieur	Montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	-268	+322	+1223	+378	+1655
2020 en % de 2000	-1,0%	1,1%	2,9%	8,1%	1,6%

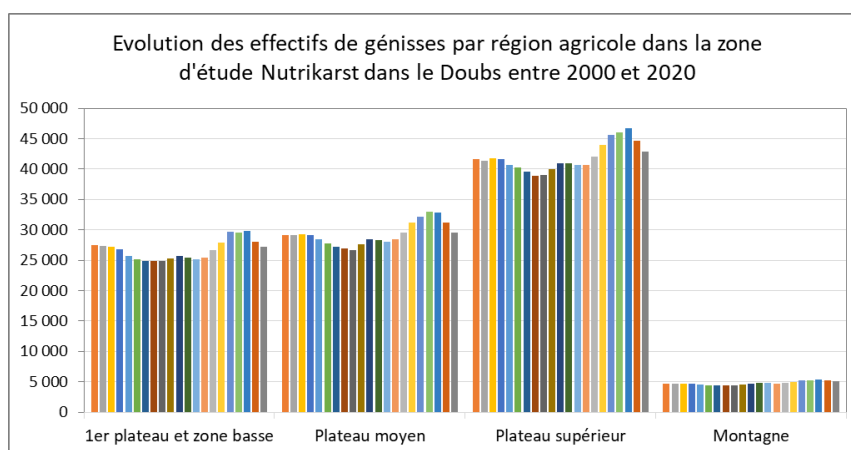


Figure 33 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

4.6.2 Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans le Jura entre 2000 et 2020.

L'évolution des effectifs des vaches laitières entre 2000 et 2020 pour la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura est présentée dans la figure 34. Globalement on peut constater une diminution des effectifs au cours de la première moitié de la période pour la zone basse, suivie d'une augmentation des effectifs (+4,7 % entre 2000 et 2020), alors que sur les plateaux un constate une augmentation lente et régulière des effectifs de vaches

laitières (+16,8 et 16,6 %). En zone montagne les vaches laitières subissent une légère baisse des effectifs (-9,3 %).

Vaches laitières	1er plateau et zone basse	Plateau moyen	Plateau supérieur	Montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	+988	+1134	+1506	-224	+3404
2020 en % de 2000	4,7%	16,8%	16,6%	-9,3%	8,7%

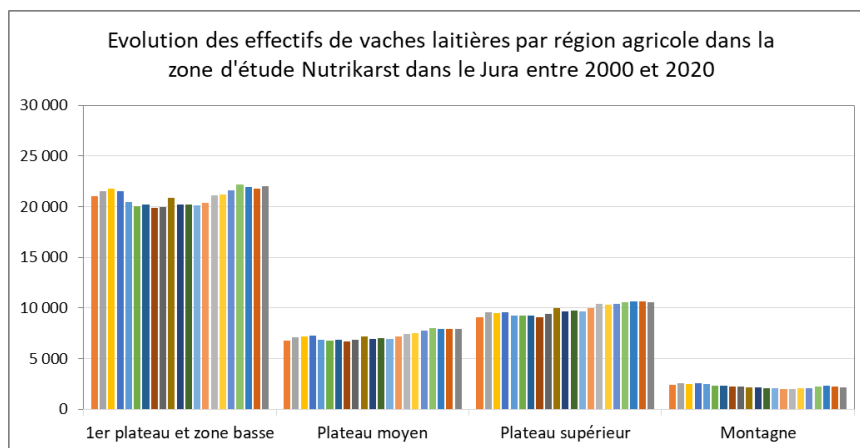


Figure 34 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département du Jura de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

En ce qui concerne les génisses, les effectifs de 2020 sont très proches de ceux de 2000 dans les quatre régions du Jura (-1 % sur l'ensemble de la zone), avec une diminution au cours de la première moitié de la période suivie d'une augmentation au cours de la seconde moitié de la période (figure 35).

Génisses	1er plateau et zone basse	Plateau moyen	Plateau supérieur	Montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	-149	-277	+188	-311	-549
2020 en % de 2000	-0,5%	-3,0%	1,6%	-9,9%	-1,0%

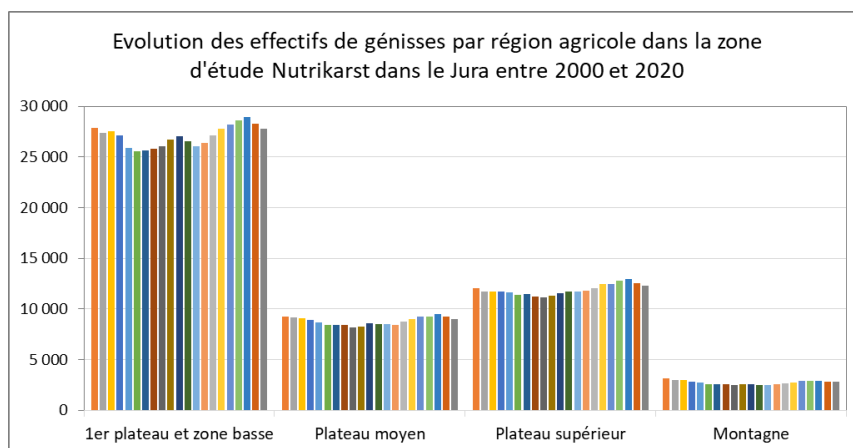


Figure 35 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département du Jura de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

4.6.3 Evolution des vaches laitières et des génisses par zones géographiques dans l'Ain entre 2000 et 2020.

L'évolution des effectifs des vaches laitières entre 2000 et 2020 pour la zone d'étude Nutrikarst dans l'Ain est présentée dans la figure 36. Globalement on peut constater une diminution régulière des effectifs depuis 20 ans tant en zone de plaine que dans la zone plateau et montagne. Ce constat est identique pour les effectifs de génisses qui diminuent également progressivement depuis 20 ans (figure 37).

Vaches laitières	Plaine	Plateau et montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	-951	-1207	-2158
2020 en % de 2000	-18,9%	-13,6%	-15,5%

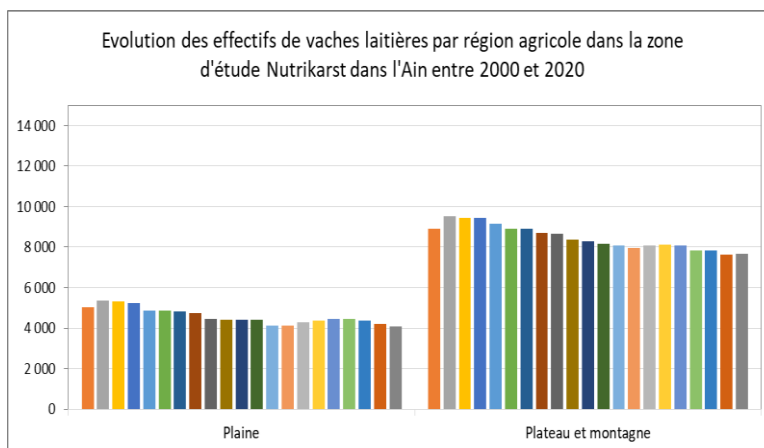


Figure 36 : évolution des effectifs de vaches laitières par région agricole dans le département de l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

Génisses	Plaine	Plateau et montagne	Total
Ecart 2020 vs 2000	-1418	-2763	-4181
2020 en % de 2000	-17,3%	-19,6%	-18,7%

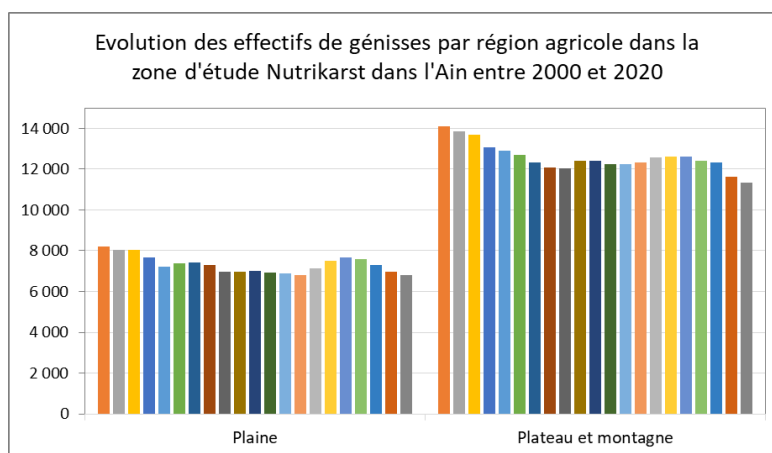


Figure 37 : évolution des effectifs de génisses par région agricole dans le département de l'Ain de la zone d'étude Nutrikarst entre 2000 et 2020 (Source SPIE).

Les données du SPIE permettent de bénéficier d'une vision exhaustive et détaillée de l'évolution du cheptel bovin sur le massif du Jura depuis 20 ans.

- **Au global sur la zone d'étude Nutrikarst on constate une stabilité des effectifs totaux bovins entre 2000 et 2020 avec cependant des fluctuations interannuelles. La diminution des effectifs de vaches allaitantes et de jeunes bovins mâles s'est accompagnée d'une augmentation du nombre de vaches laitières traduisant un renforcement de la vocation laitière du territoire liée notamment à l'évolution des prix de vente du lait AOP et à un dynamisme dans l'installation de jeunes agriculteurs auxquels des droits à produire supplémentaires ont été attribués jusqu'à la fin des quotas laitiers (2015). En ce qui concerne les génisses, leur effectif en 2020 est légèrement inférieur à ce qu'il était en 2000 en raison d'une diminution significative au cours des années qui ont suivi la canicule de 2018. Les effectifs de génisses, au contraire des vaches laitières, constituent actuellement la variable d'ajustement privilégiée face à la disponibilité du fourrage dans les exploitations agricoles.**
- **Malgré l'arrêt des quotas laitiers et des prix du lait à Comté orienté à la hausse depuis plus de 10 ans, on constate une relative stabilité de la pression bovine sur le massif du Jura.**

Cette évolution globale présente quelques différences selon les secteurs géographiques, en particulier entre le Doubs et le Jura d'une part et l'Ain d'autre part :

- **Dans le Doubs : augmentation de près de 9 % des vaches laitières en 20 ans, avec une baisse des effectifs au cours de la première moitié de la période suivi d'une hausse importante depuis une dizaine d'année, en particulier dans la zone du plateau supérieur. Les effectifs des génisses sont en 2020 relativement proches de ceux de 2000 (+ 1,6%) avec des fluctuations au cours du temps et, une baisse importante depuis 2018 en lien avec le déficit fourrager lié aux conditions météorologiques.**
- **Dans le Jura : augmentation également de près de 9 % des vaches laitières, en particulier dans les zones plateau moyen et plateau supérieur. Les effectifs de génisses sont en 2020 également proches de ceux de 2000 (- 1 %) avec une diminution nette depuis 2018.**
- **Dans l'Ain : diminution nette et progressive des effectifs de vaches laitières (-15,5 %) et de génisses (-18,7 %) entre 2000 et 2020 sur les deux secteurs géographiques (plaine et plateau et montagne).**

4.7 Evolution globale depuis 40 ans du cheptel bovin sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst (RGA 1979 à 2000 et SPIE 2000 à 2020).

Bien que les sources soient d'origine différente entre le RGA et les données du SPIE, les effectifs globaux sont suffisamment proches en 2000 et en 2010 pour permettre de suivre l'évolution au cours des 40 dernières années du cheptel bovin sur la zone d'étude Nutrikarst. On peut constater (figures 38 et 39) que malgré une augmentation récente des effectifs bovins, les animaux sont nettement moins nombreux actuellement que dans les années 1979 à 2010. Par rapport à l'année 1979, en quarante ans, la diminution des effectifs concerne les trois départements, avec une diminution modérée dans le Doubs, plus marquée dans le Jura et très importante dans le département de l'Ain.

Total bovins	Doubs		Jura		Ain		Total Nutrikarst	
Année	RGA	SPIE	RGA	SPIE	RGA	SPIE	RGA	SPIE
1979	222 574		124 884		65 576		413 034	
1988	212 460		110 776		59 442		382 678	
2000	204 517	205 001	104 305	104 475	52 884	47 515	361 706	356 991
2010	199 490	201 658	102 243	102 438	51 122	43 749	352 855	347 845
2020		208 429		106 476		39 417		354 322
Ecart 2020 vs 1979	-14 145		-18 408		-26 159		-58 712	
2020 en % de 1979	-6%		-15%		-40%		-14%	

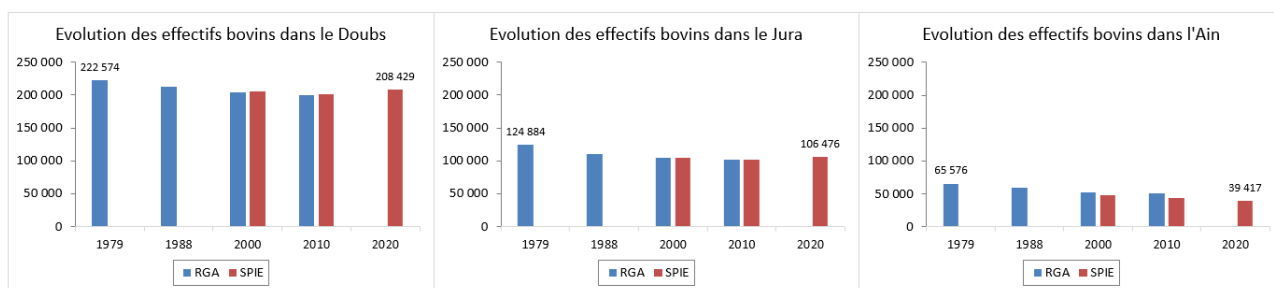


Figure 38 : évolution des effectifs bovins dans le Doubs, le Jura et l'Ain de 1979 à 2020 (Source RGA et SPIE).

Vaches laitières	Doubs		Jura		Ain		Total Nutrikarst	
Année	RGA	SPIE	RGA	SPIE	RGA	SPIE	RGA	SPIE
1979	110 373		54 520		26 159		191 052	
1988	103 438		50 302		24 163		177 903	
2000	88 926	84 114	44 573	39 275	21 993	13 926	155 492	137 315
2010	84 320	81 824	43 145	38 989	20 190	12 708	147 655	133 521
2020		91 365		42 679		11 768		145 812
Ecart 2020 vs 1979	-19 008		-11 841		-14 391		-45 240	
2020 en % de 1979	-17%		-22%		-55%		-24%	

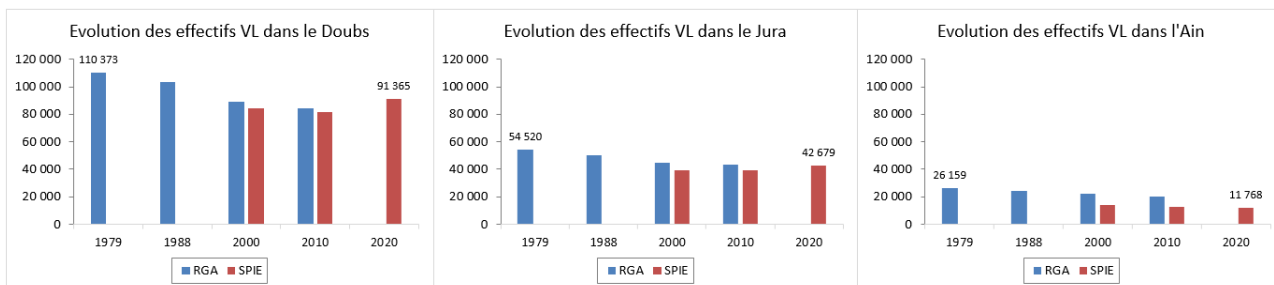


Figure 39 : évolution des effectifs de vaches laitières dans le Doubs, le Jura et l'Ain de 1979 à 2020 (Source RGA et SPIE).

En 40 ans sur le massif du Jura, la politique des quotas laitiers (1984 à 2015) et les cahiers des charges des AOP ont permis d'éviter l'augmentation du cheptel bovin, des effectifs de vaches laitières et en conséquence de la pression bovine sur le territoire. Au contraire, on observe entre 1979 et 2020 une diminution, variable selon les départements, des effectifs bovins et des vaches laitières.

5 L'évolution de la pression agricole sur les surfaces agricoles depuis 50 ans

Ce chapitre présente l'évolution d'indicateurs agricoles (effectifs bovins, UGB, quantités d'azote et de phosphore bovines, porcines, avicoles, issues des engrais et des boues de station d'épuration) exprimés sous forme de quantités ramenées sur une surface (généralement la SAU). Ces ratios permettent de comparer l'impact des activités agricoles par zones géographiques au sein de la zone d'étude Nutrikarst (département, zones géographiques et cantons) mais aussi de mesurer la part relative des différentes sources d'azote et de phosphore sur le territoire. Par commodité de langage le terme « pression », plutôt que densité ou quantité d'azote et de phosphore par ha, est le plus souvent utilisé ci-après. L'évolution des pressions a été réalisée sur la période 1970-2010 sur la base des données issues du RGA et sur la période 2010-2019 sur la base des données des déclarations PAC (RPG disponible de 2010 à 2019) et du SPIE (2000-2020).

5.1 Evolution du rapport entre les effectifs bovins totaux et la SAU

5.1.1 Effectifs bovins totaux/SAU entre 1970 et 2010 (source RGA)

Les données issues du RGA (Recensement Général Agricole) permettent de connaître l'évolution des effectifs bovins totaux et des surfaces agricoles entre 1970 et 2010. Le rapport entre les effectifs bovins totaux et la SAU traduit une pression bovine sur les surfaces agricoles. Qu'elles soient fourragères (prairie, maïs, ...) ou en culture (céréales, colza,...), elles sont susceptibles de recevoir des nutriments provenant des déjections au pâturage ou des épandages agricoles (fumier, lisier, purin). A l'échelle départementale, pour les cantons appartenant à la zone d'étude Nutrikarst, ce ratio a augmenté à la fin des années 70, puis a diminué entre 1979 et 2010 dans le Doubs et le Jura, suivant en cela l'évolution générale du cheptel bovin, les surfaces agricoles restant plus stables. Ce ratio est plus important dans le Doubs passant de 1,18 à 1,10 entre 1979 et 2010 que dans le Jura où il passe de 0,99 à 0,85 entre 1979 et 2010. Dans l'Ain où on observe à la fois une diminution du cheptel bovin et des surfaces agricoles, ce ratio évolue peu entre 1979 (0,75) et 2010 (0,76).

Année du RGA	25 - DOUBS	39 - JURA	01 - Ain
1970	1,00	ND	0,68
1979	1,18	0,99	0,75
1988	1,15	0,90	0,74
2000	1,12	0,88	0,78
2010	1,10	0,85	0,76

Les figures 40 à 42 permettent de constater que l'évolution générale observée à l'échelle départementale est similaire à l'échelle des régions agricoles dans le Doubs et le Jura.

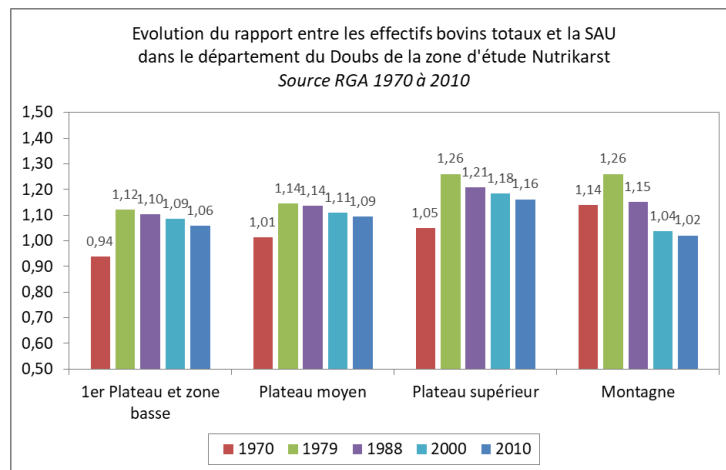


Figure 40 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (source RGA).

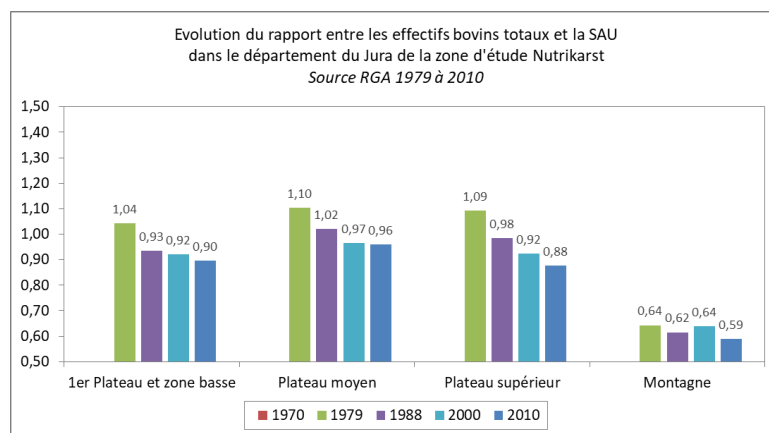


Figure 41 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Jura dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2010 (source RGA).

Dans l'Ain, où on observe une diminution nette et progressive des effectifs bovins entre 1970 et 2010, l'évolution des ratios s'explique par une diminution plus importante des surfaces que des effectifs bovins en particulier dans la zone plateau et montagne.

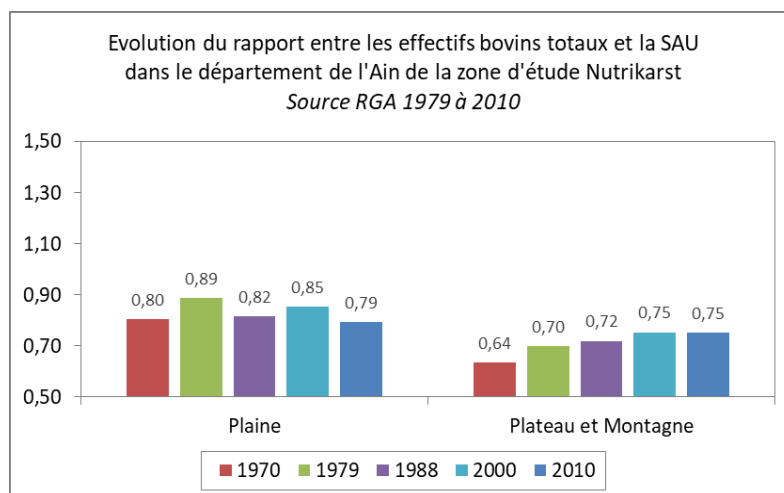


Figure 42 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans l'Ain dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2010 (source RGA).

Les deux cartes ci-après (figure 43) représentent la densité de bovins (nombre total de têtes, toutes catégories confondues) par ha de SAU à l'échelle cantonale en 1979 et 2010, calculés à partir des données du RGA. On constate un gradient du Sud vers le Nord dans la densité des bovins sur le massif du Jura dès 1979, avec dans le Doubs un gradient de la zone de plaine vers la zone de montagne, en particulier dans le secteur du plateau de Maïche et de Damprichard, ainsi que sur la vallée de la Loue et du Haut Doubs. Dans le Jura la densité bovine est à l'inverse plus élevée en bordure Nord-Ouest de la zone d'étude Nutrikarst, correspondant à la zone de plaine et au premier plateau. La densité de bovins est moins élevée dans le reste du département, ainsi que dans l'Ain : les seconds plateaux et la zone de montagne sont moins favorables à la production laitière en raison des contraintes géographiques (vallées encaissées, boisements importants, sols très superficiels,...) et l'agriculture est moins présente dans l'Ain. **Par rapport à 1979, on constate en 2010 dans le Doubs une légère diminution de la densité bovine à l'exception de la partie la plus au Nord-Est (cantons de Pierrefontaine-les-Varans, Maïche et Saint Hippolyte) où la densité de bovins reste comparable à celle qu'elle était en 1979. Dans le Jura et l'Ain, la tendance est à la diminution de la pression de bovins entre 1979 et 2010.**

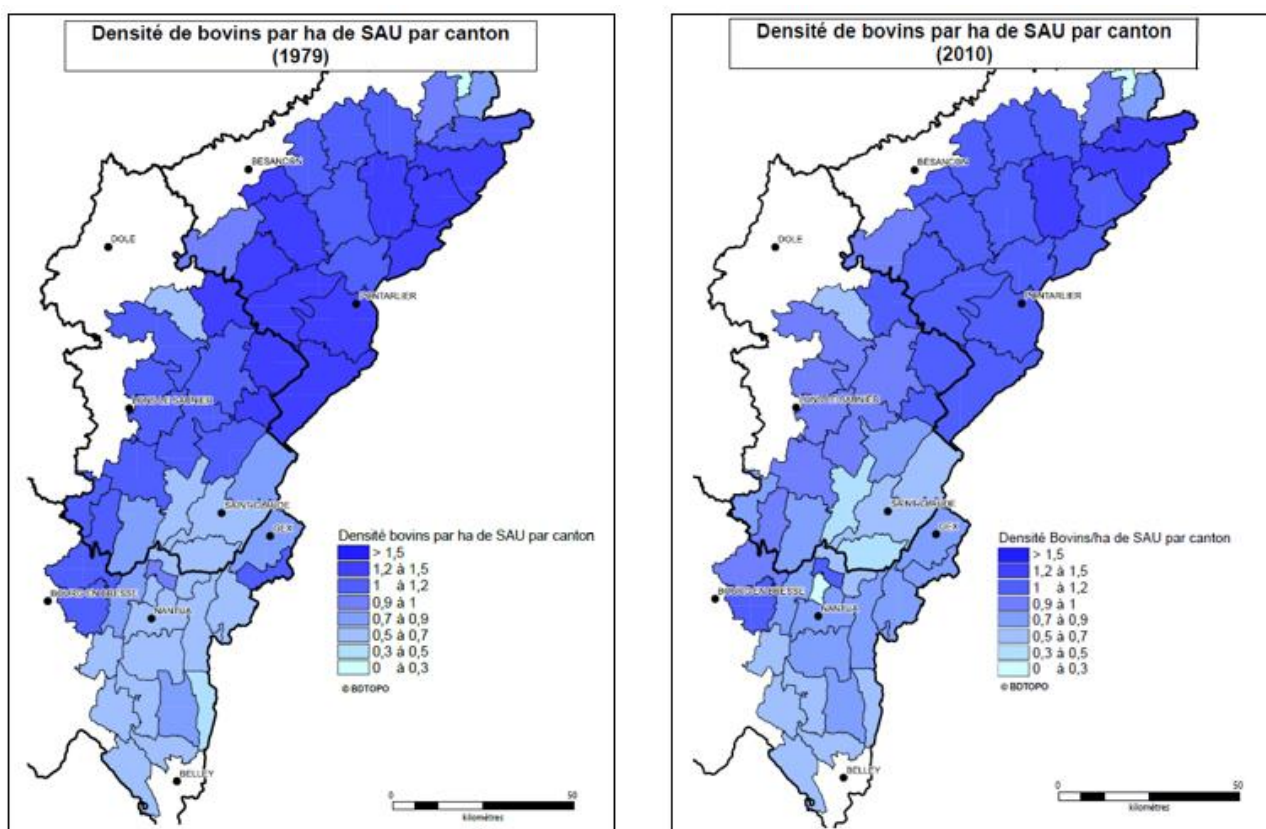


Figure 43 : évolution de la densité de bovins (nombre de têtes)/ha de SAU et par canton entre 1979 et 2010 selon les données du RGA.

5.1.2 Effectifs bovins totaux/SAU entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG)

Les données du SPIE (Système Professionnel Information Elevage) croisées avec celle des surfaces déclarées à la PAC (RPG, Registre Parcellaire Géographique) permettent de suivre l'évolution du ratio des effectifs bovins sur les surfaces agricoles de 2010 à 2019. La pression bovine est plus importante dans le Doubs que dans le Jura et nettement plus faible dans l'Ain où elle se situe à un peu plus de 50 % de la pression du Doubs. Dans le Doubs et le Jura, la tendance est la même que pour l'évolution du cheptel bovin : diminution entre 2010 et 2012, augmentation entre 2012 et 2018, puis diminution à partir de 2019. Les effectifs bovins de 2019 correspondent aux effectifs du 1^{er} janvier 2019. Ils prennent en compte la diminution des effectifs de génisses observées sur le Massif du Jura après la canicule de 2018. Dans l'Ain le ratio est relativement stable entre 2010 et 2017 puis diminue à partir de 2018.

TOTAL BOVINS (source SPIE) / SAU (Source PAC)	25 - DOUBS	39 - JURA	01 - AIN
2010	1,13	0,91	0,66
2011	1,12	0,90	0,65
2012	1,11	0,88	0,64
2013	1,12	0,90	0,64
2014	1,16	0,92	0,64
2015	1,16	0,92	0,65
2016	1,19	0,93	0,64
2017	1,21	0,94	0,64
2018	1,21	0,94	0,62
2019	1,16	0,92	0,59

La figure 44 ci-après permet de constater que l'évolution générale observée à l'échelle départementale est similaire à l'évolution observée à l'échelle des régions agricoles au sein de chaque département.

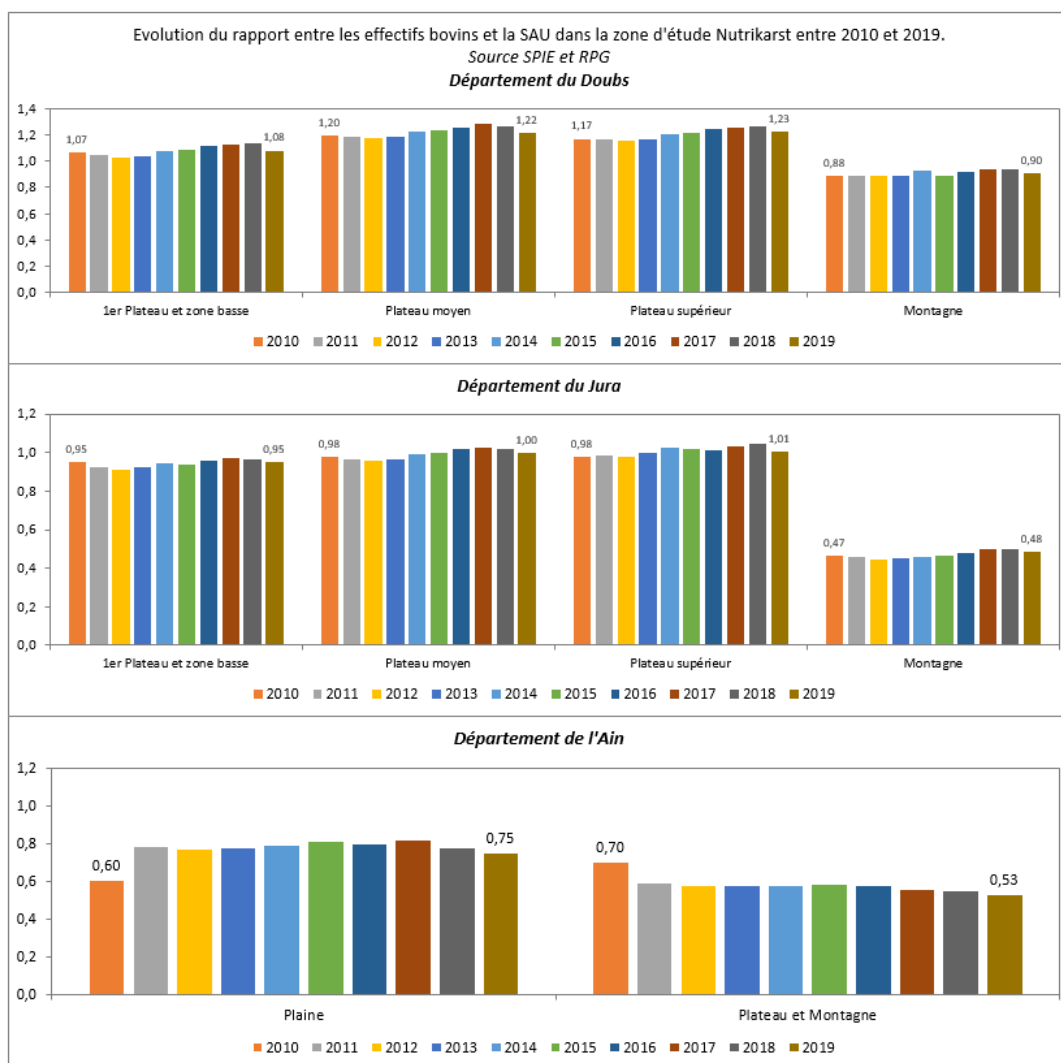


Figure 44 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs, le Jura et l'Ain, dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG).

Les deux cartes ci-après (figure 45) représentent la densité de bovins (nombre total de têtes, toutes catégories confondues) par ha de SAU à l'échelle cantonale en 2010 et 2019, calculés à partir des données du SPIE et des déclarations PAC. On peut constater en 2010 une répartition spatiale de la densité de bovins sur le massif du Jura proche de celle présentée avec les données du RGA, avec toutefois dans l'Ain une densité de bovins plus significative en bordure Ouest et Est du département, correspondant aux zones de plaine.

Au cours des dix dernières années on constate une augmentation de la densité de bovins sur les plateaux et en bordure frontalière avec la Suisse dans le département du Doubs et au nord du Jura (de Saint Hippolyte aux cantons de Clairvaux-les-Lacs et les Planches-en-Montagne). A l'inverse, la densité de bovins diminue dans le reste du département du Jura et dans l'Ain.

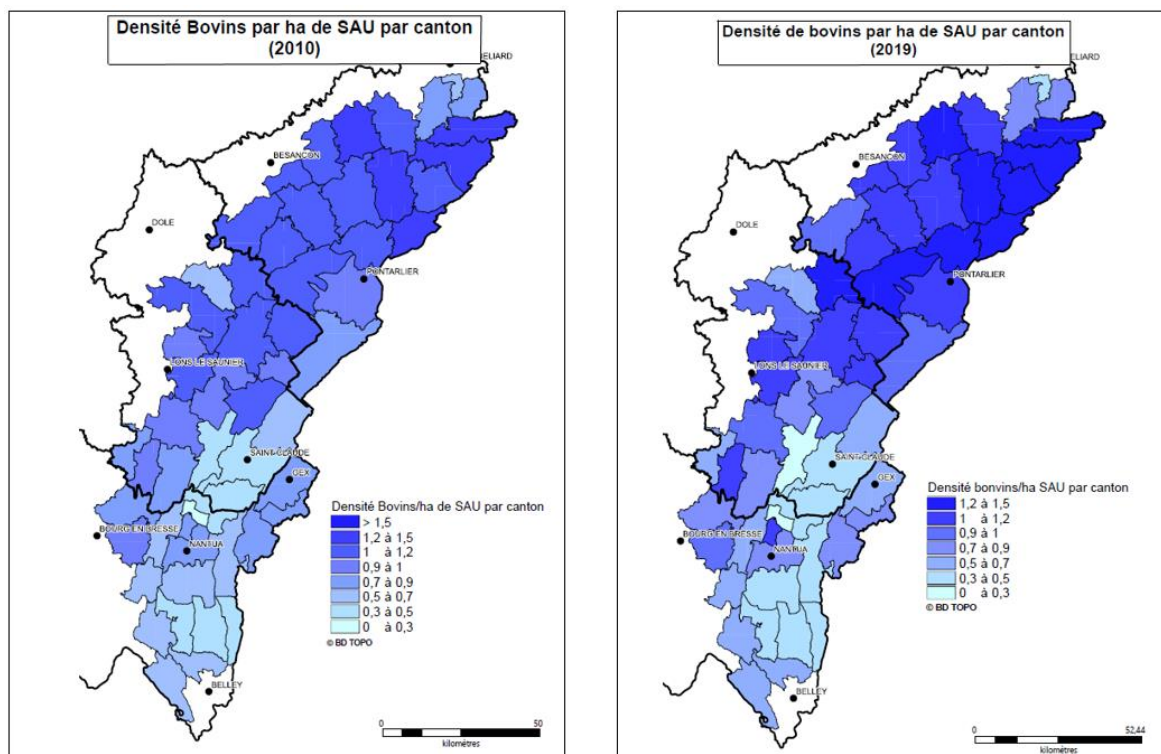


Figure 45 : évolution de la densité de bovins (nombre de têtes)/ha de SAU et par canton entre 2010 et 2019 selon les effectifs du SPIE et les surfaces du RPG.

5.2 Evolution du rapport entre les UGB zootechniques bovins et la SAU entre 2010 et 2019 (Source SPIE et RPG)

Pour approfondir l'analyse des pressions agricoles d'origine bovine et afin de tenir compte de l'impact différencié selon la catégorie d'animaux (moins de pression pour les vaches allaitantes que pour les vaches laitières, augmentation de l'impact des animaux avec leur âge,...) chaque catégorie d'animaux a été transformée en UGBz (Unités Gros Bétail « zootechniques »). Ce travail a été réalisé en tenant compte des références zootechniques de l'INRAe (et non pas sur la base de références administratives), en partenariat avec IDELE - l'Institut de l'Élevage (Giovanni et al 2008 et communication personnelle 2020). Le détail des normes utilisées figurent en annexe 2. Le nombre d'UGB zootechnique correspondant à une vache laitière dépend de sa productivité laitière, qui elle-même augmentent au fil des ans. Ainsi, en 2000, 1 vache laitière = 1,029 UGBz et en 2020, 1 vache laitière = 1,064 UGBz. Les données sources sont issues du SPIE (effectifs par catégorie transformés en UGBz) et du RPG (surfaces déclarées à la PAC entre 2010 et 2019). Il n'a pas été possible de calculer les UGB zootechniques avec les données disponibles du RGA (non-exhaustivité des catégories animales).

Le tableau ci-dessous représente à l'échelle départementale l'évolution du ratio UGBz/SAU. Comme pour le ratio des effectifs bovins totaux sur la SAU, cet indicateur montre que la pression des bovins est plus importante dans le Doubs que dans le Jura. Le département de l'Ain présente la pression la plus faible, située à environ 50 % de la pression présente dans le Doubs.

UGBz / SAU	25 - DOUBS	39 - JURA	01 - AIN
2010	0,84	0,68	0,48
2011	0,84	0,67	0,47
2012	0,82	0,66	0,46
2013	0,83	0,67	0,46
2014	0,87	0,69	0,47
2015	0,87	0,69	0,47
2016	0,88	0,70	0,47
2017	0,90	0,71	0,47
2018	0,91	0,71	0,46
2019	0,89	0,70	0,44

La figure 46 ci-après permet de constater que l'évolution générale observée à l'échelle départementale est similaire à l'évolution observée à l'échelle des régions agricoles au sein de chaque département.

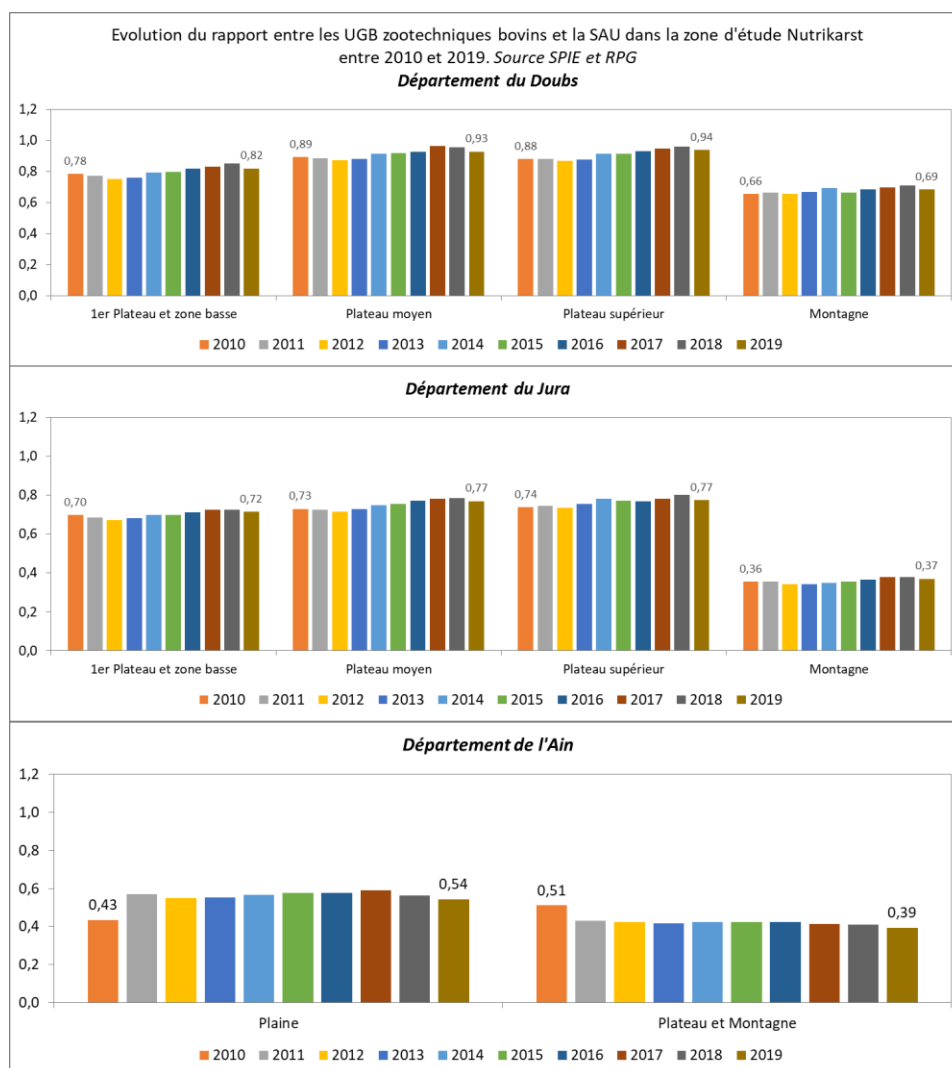


Figure 46 : évolution du ratio entre les effectifs bovins et la SAU par région agricole dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2010 et 2019 (source SPIE et RPG).

Les deux cartes suivantes (figure 47) représentent la pression en UGBz/ha de SAU en 2010 et en 2019 par canton dans la zone d'étude Nutrikarst. **Au cours des 10 dernières années, on peut constater une légère augmentation de ce critère dans le Nord du Jura (Salins-les-Bains, Voiteur, Nozeroy, les Planches-en-Montagne et Champagnole) et dans la plupart des cantons du Doubs, et en particulier dans la partie située la plus au Nord-Est du Massif du Jura (cantons de Morteau, Pierrefontaine-les-Varans et Maîche), ainsi que le canton de Beaume-les-Dames et Vercel-Villedieu-le-Camp.** Le détail des données disponibles de 2010 à 2019 pour l'ensemble des cantons de l'étude Nutrikarst figure en annexe 4.

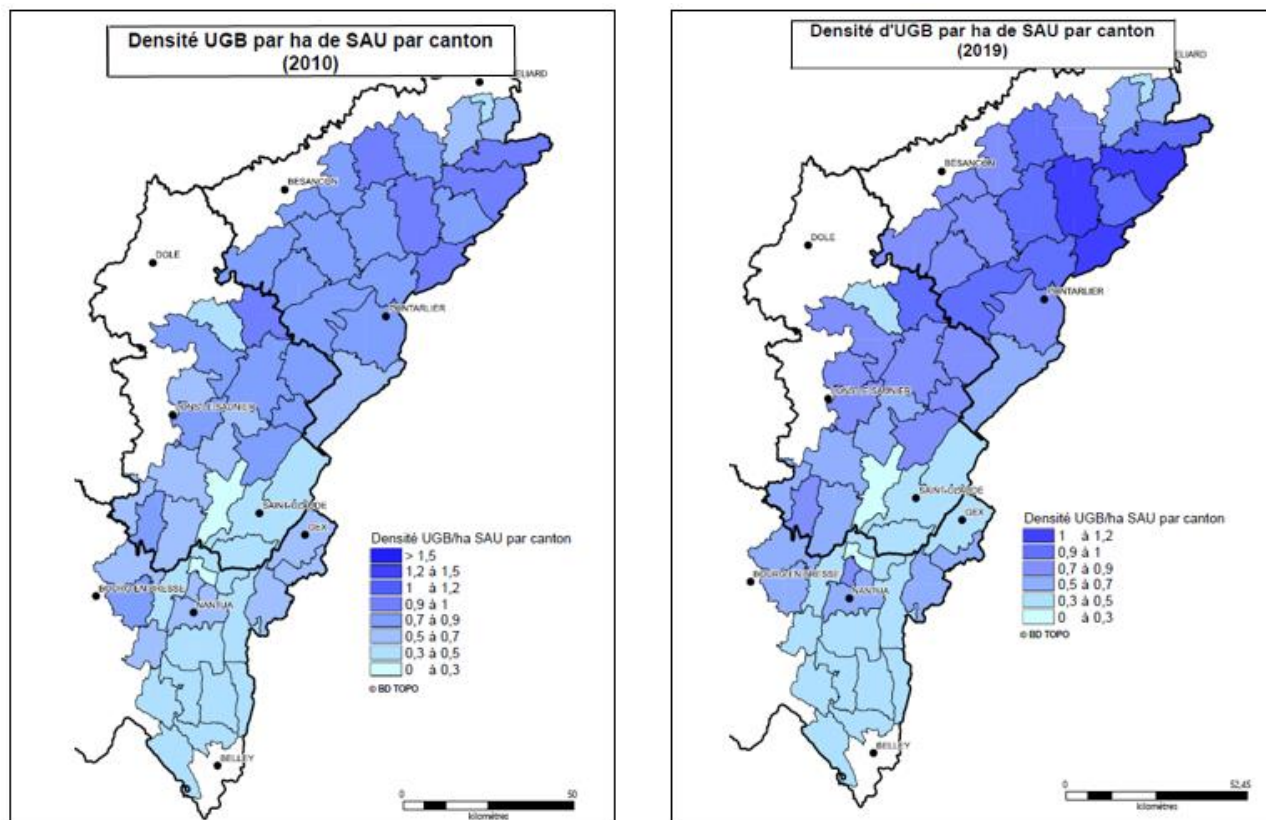


Figure 47 : évolution des UGB zootechniques/ha de SAU et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.

Les pressions liées au cheptel bovin étudiées avec les indicateurs « effectifs bovins totaux/SAU » et « UGB zootechniques/SAU » montre une segmentation spatiale des pressions sur le territoire :

- Une pression bovine plus importante dans le Doubs, en particulier dans les régions du plateau moyen et du plateau supérieur,
- Une pression bovine modérée dans le Jura, à l'exception de quelques cantons (Salins-les-Bains, Voiteur, Nozeroy) où la pression bovine est proche de celle observée dans le Doubs,
- Une pression bovine nettement plus faible dans l'Ain.

5.3 Evolution des pressions en azote et en phosphore d'origine bovine sur la zone d'étude Nutrikarst

Chaque catégorie animale bovine peut être reliée à une certaine quantité d'azote et de phosphore produits annuellement. Les quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel bovin ont été calculées selon des critères zootechniques issus des travaux de l'INRAe (Giovanni et Dulphy 2008 et communication personnelle 2020). Les productions annuelles d'azote et de phosphore pour les vaches laitières sont ajustées selon le type d'alimentation (100 % herbe, 70% herbe et 30% maïs ou intermédiaire) résultant de la localisation géographique de la commune, ainsi que de la productivité laitière qui a été estimée à dire d'expert (5500 litres/VL en 1970 + 50 litres de lait par an, communication personnelle Pierre-Emmanuel Belot, IDELE, 2020).

Le détail des références utilisées pour l'attribution des rejets en azote et en phosphore figure en annexe 3. A noter qu'il s'agit de l'ensemble des rejets annuels des bovins, comprenant les déjections au pâturage et les effluents stockés dans les bâtiments d'élevage au cours de l'hiver.

Ces indicateurs permettent de quantifier les flux d'azote et de phosphore d'origine bovine qui entrent dans le territoire de la zone d'étude NUTRIKARST. Ils pourront être utilisés pour de la modélisation des flux et mieux comprendre la part relative de l'activité agricole par rapport aux autres activités anthropiques et aux mécanismes naturels (minéralisation de la matière organique des sols par exemple).

Les estimations qui suivent peuvent être considérées comme maximisant les quantités d'azote épandues sur les surfaces agricoles. En effet, elles correspondent aux quantités d'azote issues des animaux présents sur la zone d'étude Nutrikarst y compris l'azote qui sera perdue dans l'atmosphère sous forme d'ammoniac (NH₃), de protoxyde d'azote (N₂O) ou de diazote (N₂) et qui ne rejoindra pas les sols agricoles. Ces pertes se produisent au pâturage, au niveau des bâtiments, lors du stockage et de l'épandage. Ces pertes atmosphériques posent des problèmes en matière de santé humaine, d'environnement ou de gaz à effet de serre. Elles représentent dans les élevages bovins laitiers 19 à 28 % de l'azote excrété pour le NH₃ et 1,5 à 10 % pour le N₂O (Gac, Beline et al. 2006 cité par J.-L. Peyraud et al 2012) ce qui signifie qu'environ 30 % de l'azote excrété n'est pas épandu sur les parcelles agricoles.

5.3.1 Azote et phosphore d'origine bovine sur la période 1970 à 2010 (Source RGA)

En raison du manque de détail dans les catégories de bovins ou de disponibilité des données du RGA, les rejets en azote et en phosphore n'ont été calculés que pour les années 1970, 1979, 1988 et 2000 pour le Doubs et pour les années 1979, 1988 et 2000 pour le Jura. Les données sont issues du Recensement Général Agricole collectées à l'échelle cantonale, pour les cantons situés dans la zone d'étude Nutrikarst.

Les deux tableaux suivants représentent les quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel bovin sur la zone d'étude Nutrikarst pour le Doubs et le Jura, ainsi que la pression en azote et en phosphore par ha de SAU. Les pressions en azote et en phosphore sont notablement plus élevées dans le Doubs que dans le Jura et concernent un peu plus de la moitié des cantons. Elles diminuent entre 1979 et 2000.

DOUBS	Azote	Phosphore	Surface ha	kg N/ha SAU	kg P2O5/ha SAU
1970	12 801 966	4 983 732	183 298	69,8	27,2
1979	15 483 535	6 001 091	186 337	83,1	32,2
1988	14 867 357	5 754 274	181 930	81,7	31,6
2000	13 684 556	5 286 911	178 927	76,5	29,5
2000/1979	-11,6%	-11,9%	-4,0%	-8,0%	-8,3%

JURA	Azote	Phosphore	Surface ha	kg N/ha SAU	kg P2O5/ha SAU
1979	8 281 037	3 198 984	119 851	69,1	26,7
1988	7 556 428	2 928 706	115 262	65,6	25,4
2000	6 908 914	2 669 507	110 237	62,7	24,2
2000/1979	-16,6%	-16,6%	-8,0%	-9,3%	-9,3%

L'ensemble des données disponibles, pour le Doubs et le Jura, par année et par canton est présenté en annexe 5.

Les deux cartes suivantes représentent par canton pour le Doubs et le Jura, selon les données RGA 1979 et 2000, les quantités d'azote provenant du cheptel bovin rapportées sur la SAU cantonale. Les données ne sont pas disponibles pour le Jura en 1970. Elles n'ont pas pu être calculées pour l'Ain faute de données détaillées disponibles sur les catégories d'animaux par tranche d'âge.

Les deux figures suivantes (figure 48 et 49) présentent les évolutions des pressions en azote et en phosphore par canton pour le Doubs et le Jura entre 1979 et 2000, selon les données du RGA. La figure 48 permet de constater une pression en azote plus importante sur les plateaux moyens et supérieurs du Doubs (à l'exception du canton d'Herimoncourt) et qui se situe entre 85 et 100 kg/ha de SAU en 1979, avec une tendance à la baisse (80 à 91,5 kg N/ha SAU en 2000). Dans le Jura seuls les cantons de Salin-les-Bains et Nozeroy ont des pressions comparables. Les cantons d'Arbois, de Moirans-en-Montagne et les trois cantons situés dans la zone montagne se distinguent à l'inverse par des pressions en azote nettement plus faibles, de l'ordre de 30 à 50 kg N/ha de SAU en 2000, des niveaux que l'on ne rencontre pas dans le Doubs. La figure 49 présente pour le phosphore les mêmes tendances et répartitions que pour l'azote.

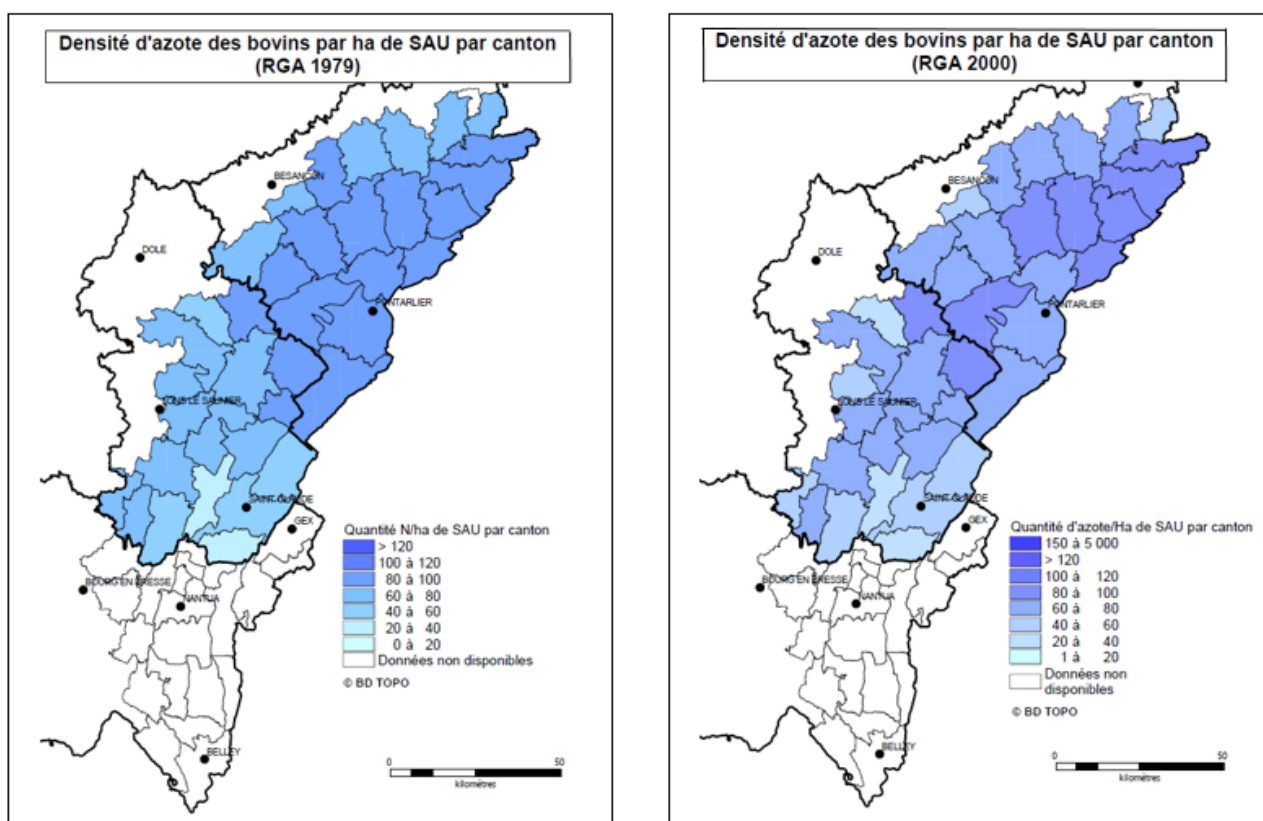


Figure 48 : évolution du rapport entre les quantités d'azote (kg N/ha) provenant du cheptel bovin et la SAU par canton dans le Doubs et le jura, entre 1979 et 2000, selon les données du RGA.

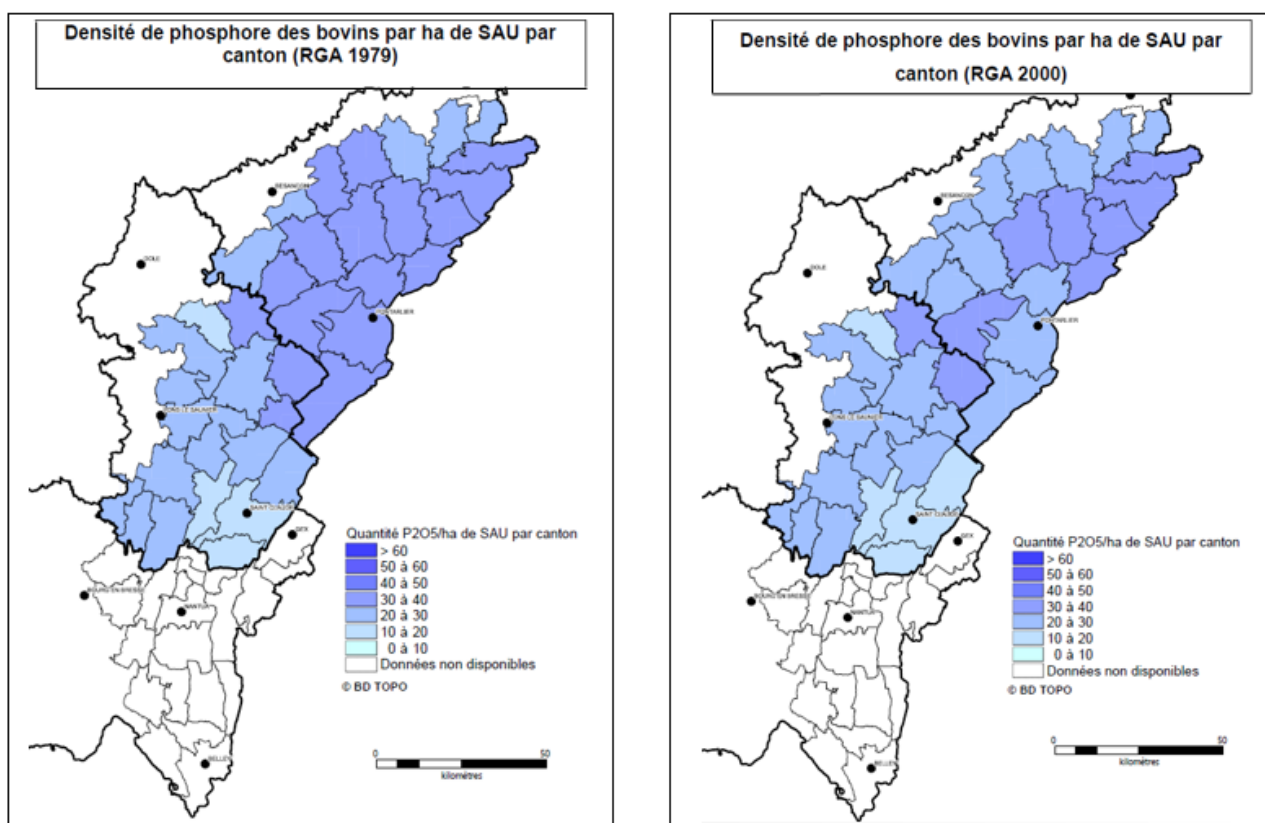


Figure 49 : évolution du rapport entre les quantités de phosphore (kg P2O5/ha) provenant du cheptel bovin et la SAU par canton dans le Doubs et le Jura, entre 1979 et 2000, selon les données du RGA.

5.3.2 Azote et phosphore d'origine bovine sur la période 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG)

5.3.2.1 Pression en azote et en phosphore des bovins à l'échelle départementale et comparaison avec le RGA

Les productions d'azote et de phosphore d'origine bovine présentées ci-après sous forme de cartes et en détail en annexe 6 sont issues du traitement des surfaces agricoles déclarées à la PAC (disponibles de 2010 à 2019 à l'échelle cantonale) et des effectifs bovins provenant du Système Professionnel Information Elevage (disponibles de 2000 à 2020).

Les figures 50 et 51 ci-après permettent de voir l'évolution des pressions en azote et en phosphore dans le Doubs et le Jura entre les années 1970 et 2019. **La fin des années 70 est la période où la pression en azote et en phosphore a été la plus élevée. Entre le début des années 80 et le début des années 2010 les quantités d'azote et de phosphore d'origine bovine rapportée à la SAU ont diminué de façon régulière. A partir de 2013 on peut observer dans le Doubs et le Jura une augmentation régulière de la pression en azote et en phosphore d'origine bovine sans pour autant atteindre celle de 1979.** En 2019 (correspondant aux effectifs bovins au 1^{er} janvier 2019) la pression en azote et en phosphore diminue sous l'effet de la diminution des effectifs bovins après la canicule de 2018. La diminution des effectifs concerne essentiellement les génisses. La figure 52 présente la pression en azote et en phosphore d'origine bovine par ha de SAU dans l'Ain. Avec une agriculture moins spécialisée dans l'élevage laitier et une diminution régulière du cheptel bovin depuis les années 1970 dans l'Ain, on peut constater que cette pression est près de la moitié inférieure à celle observée dans le Doubs ou le Jura.

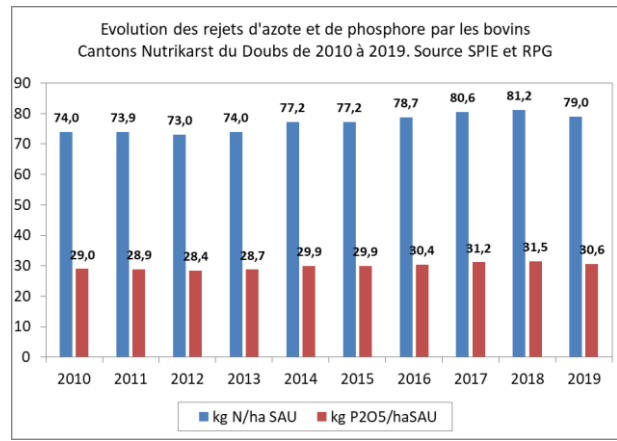
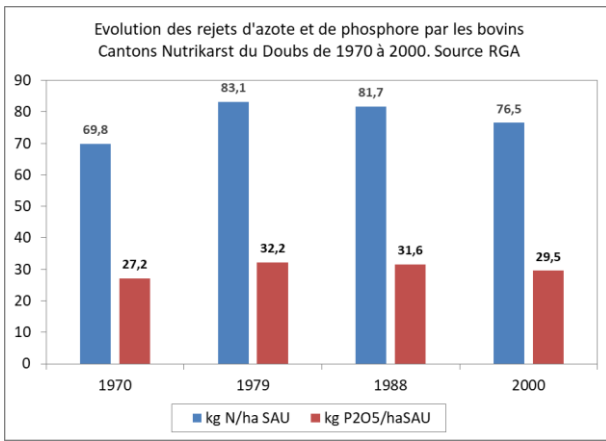


Figure 50 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons du Doubs situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1970 et 2000 (Source RGA) à gauche et de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG) à droite.

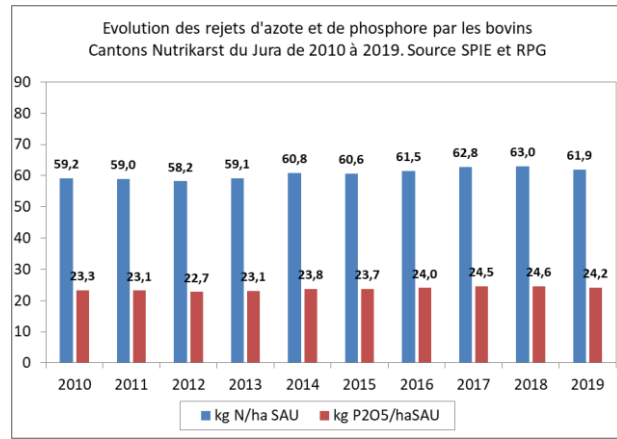
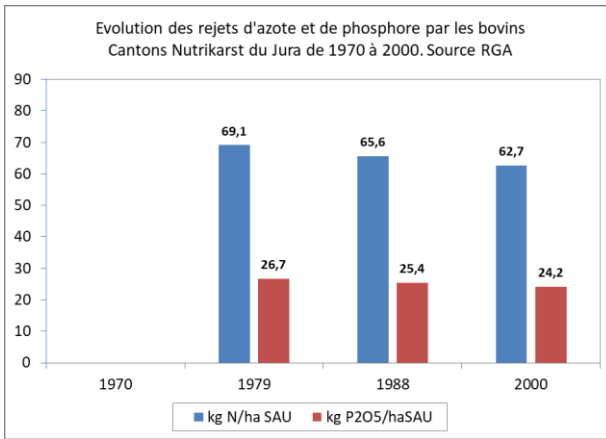


Figure 51 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons du Jura situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 1979 et 2000 (Source RGA) et de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG).

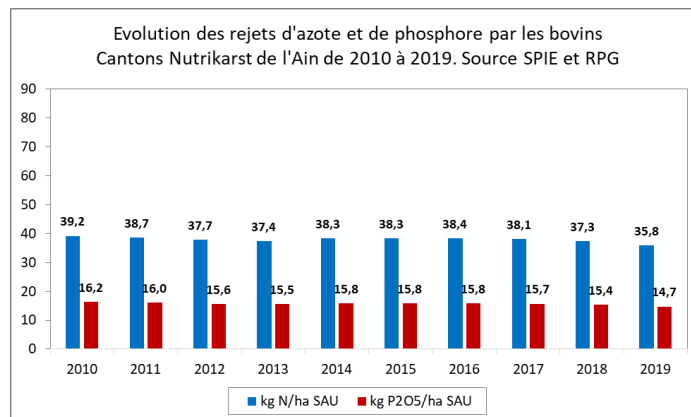


Figure 52 : évolution des pressions en azote (kg N/ha SAU) et en phosphore (kg P2O5/ha SAU) issues des bovins dans les cantons de l'Ain situés dans la zone d'étude Nutrikarst de 2010 à 2019 (Source SPIE et RPG).

5.3.2.2 Pression en azote et en phosphore par ha de SAU à l'échelle cantonale

Les résultats sont exprimés en kg d'azote (N) et de phosphore (P2O5) produits par l'ensemble des bovins sur la surface agricole utile pour l'ensemble des cantons de la zone d'études NUTRIKARST entre 2010 et 2019. Ils sont présentés en détail en annexe 7 et dans les figures suivantes.

La figure 53 ci-dessous permet de visualiser à l'échelle cantonale sur la zone d'étude Nutrikarst la pression en kg d'azote produit par le cheptel bovin en 2010 et en 2019. Comme pour la distribution des effectifs bovins et des UGB zootechniques, on constate un gradient du Sud vers le Nord-Est, avec une tendance à l'augmentation de la pression sur le secteur des plateaux moyens et supérieurs du Doubs et sur le canton de Nozeroy pour le Jura. A l'inverse, la pression diminue dans le Sud du Jura et dans l'Ain.

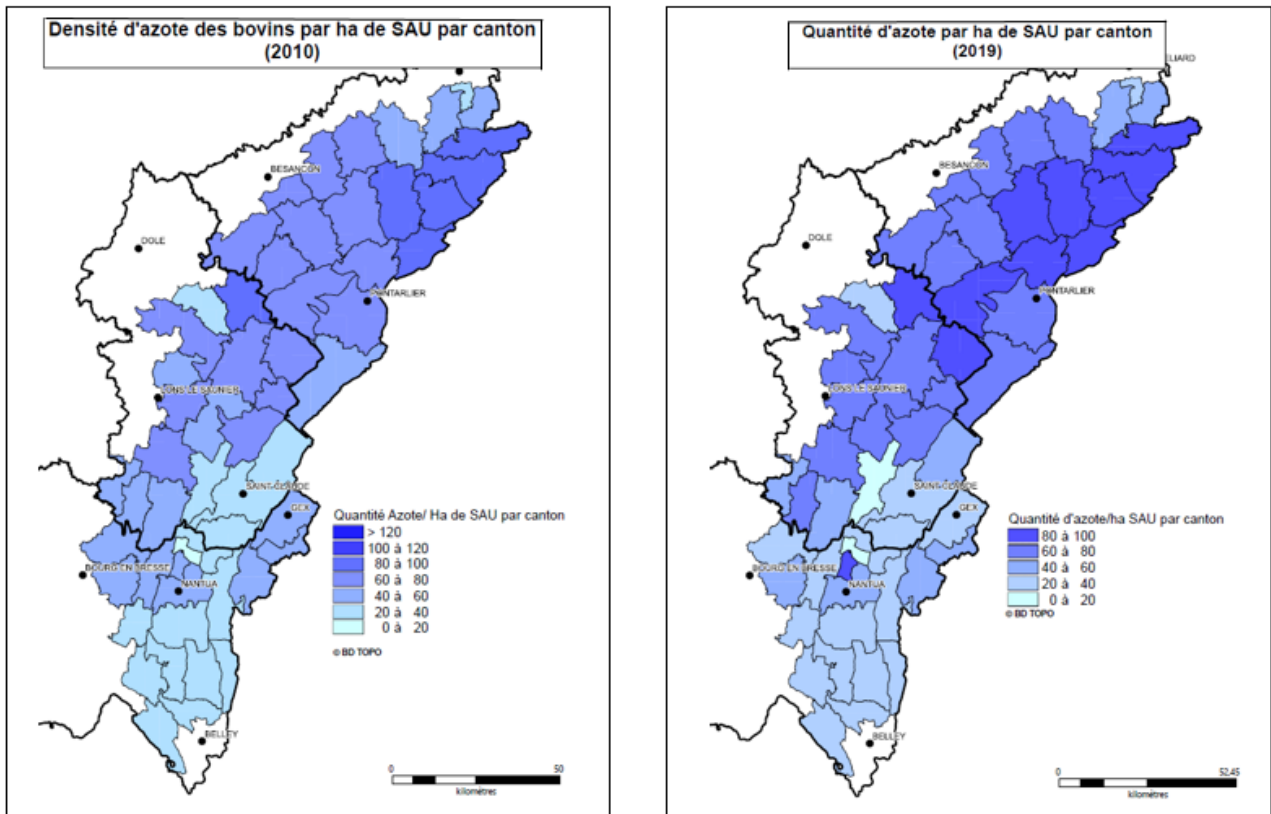


Figure 53 : évolution de la pression en azote (en kg N/ha de SAU) et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.

La figure 54 représente la pression en kilo de phosphore d'origine bovine en 2010 et 2019, avec la même tendance dans la répartition géographique et l'évolution temporelle que pour l'azote.

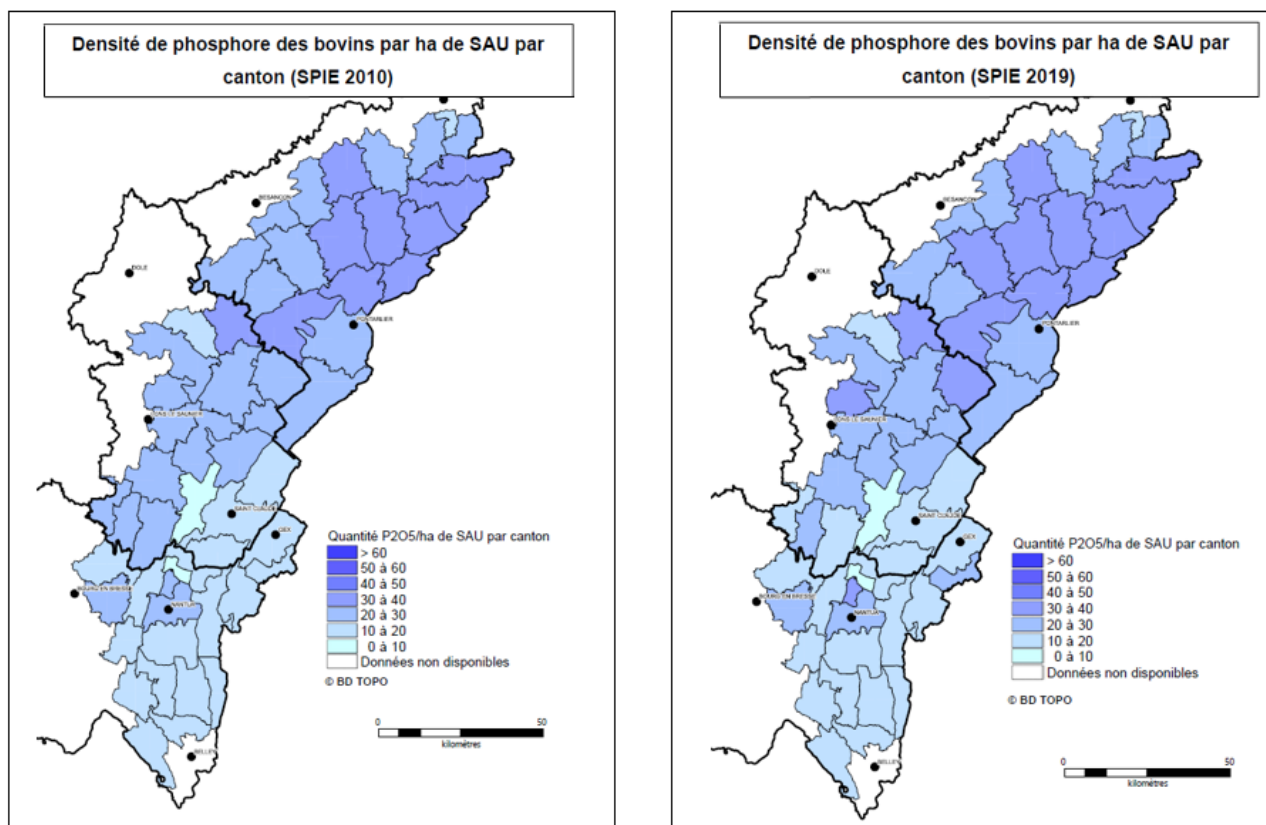


Figure 54 : évolution de la pression en phosphore (en kg P2O5/ha de SAU) et par canton entre 2010 et 2019 selon les données du SPIE et les surfaces du RPG.

Les pressions liées au cheptel bovin étudiées avec les indicateurs « kg N/ha SAU » et « kg P2O5/SAU » montrent une évolution temporelle comprenant trois périodes distinctes :

- Une augmentation des effectifs et des pressions en N et P entre 1970 et 1979 (données disponibles uniquement pour le Doubs).
- Une diminution régulière et progressive des pressions N et P entre le début des années 80 et le début des années 2010.
- Une augmentation régulière des pressions en N et P de 2012 à 2018.

On peut également noter une segmentation spatiale des pressions sur le territoire, comparable à l'indicateur des effectifs bovins/SAU :

- Une pression bovine plus importante dans le Doubs, en particulier dans les régions du plateau moyen et le plateau supérieur,
- Une pression bovine modérée dans le Jura, à l'exception de quelques cantons (Salins les Bains, Voiteur, Nozeroy) où la pression bovine est proche de celle observée dans le Doubs,
- Une pression bovine nettement plus faible et en diminution constante dans l'Ain.

5.3.3 Azote et phosphore d'origine porcine en 2020 dans le Doubs et le Jura (Source Interporc 2020)

Les productions d'azote et de phosphore provenant des porcheries implantées dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura nous ont été communiquées par la filière porcine. Elles correspondent aux élevages porcins recensés dans la base nationale porcine disponible auprès d'Interporc Bourgogne Franche-Comté. De telles données n'ont pas pu être obtenues pour le département de l'Ain. Un travail d'analyse individuel des élevages porcins du Doubs et du Jura réalisé par Interporc Bourgogne Franche-Comté a permis, selon le type d'élevage (type de logement et d'alimentation) et les effectifs (truies, porcelets, porcs à l'engraissement), d'établir pour chaque élevage les quantités d'azote et de phosphore rejetés dans les effluents d'élevage.

Les normes de rejets sont des normes zootechniques provenant des travaux du RMT Elevage et Environnement (Levasseur P et al 2019). Elles sont présentées ci-dessous pour les types d'élevages porcins présents dans la zone d'étude Nutrikarst.

Truies : taux d'occupation des places de 85 % (vide sanitaire), lisier conventionnel, alimentation bi-phase : 14,3 kg N/truie/an et 11 kg P2O5/truie/an.

Porcelets produits (post-sevrage) : taux d'occupation de 90 %, lisier conventionnel, alimentation bi-phase : 0,39 kg N/porcelet/an et 0,23 kg P2O5/porcelet/an.

Porcs à l'engraissement : taux d'occupation de 90 %, lisier conventionnel, alimentation standard, abattage à 126 kg : 3,25 kg N/porc/an et 2,29 kg P2O5/porc/an.

La détermination des rejets en azote et en phosphore a été réalisée pour l'année 2020 pour les 244 élevages porcins présents dans la zone d'étude Nutrikarst, soit 131 pour le Doubs et 113 pour le Jura. Les productions totales d'azote et de phosphore en kg pour l'année 2020 sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Département	Secteur géographique	Nbre de porcheries	Azote	Phosphore
Doubs	1er Plateau et zone basse	32	38 757	27 867
	Plateau moyen	35	137 377	95 639
	Plateau supérieur	53	144 114	100 518
	Montagne	11	7 948	5 550
	<i>Sous-total Nutrikarst Doubs</i>	<i>131</i>	<i>328 197</i>	<i>229 574</i>
Jura	1er Plateau et zone basse	52	64 154	44 820
	Plateau moyen	20	18 766	13 343
	Plateau supérieur	30	30 453	21 308
	Montagne	11	6 259	4 351
	<i>Sous-total Nutrikarst Jura</i>	<i>113</i>	<i>119 632</i>	<i>83 823</i>
Total zone d'étude Nutrikarst 25+39		244	447 829	313 397

La plupart des porcheries présentes sur la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura élèvent des porcs nourris au lactosérum provenant de fruitières à Comté. Dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs ces porcheries sont en majorité situées sur les plateaux moyens et supérieurs, alors que dans le Jura on les retrouve autant sur la zone basse et le premier plateau que sur les plateaux moyens et supérieurs. Les élevages et les effectifs porcins sont plus nombreux dans le Doubs si bien que les cantons du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst concentrent 73 % de la production d'azote et de phosphore des élevages porcins.

Les figures 55 et 56 ci-dessous présentent les répartitions de l'azote et du phosphore par zone géographique dans le Doubs et le Jura pour l'année 2020. Dans le Doubs les élevages porcins sont majoritairement situés dans les zones des plateaux moyens et supérieurs, alors que dans le Jura, les élevages sont nettement moins nombreux et situés majoritairement en zone basse et sur le premier plateau.

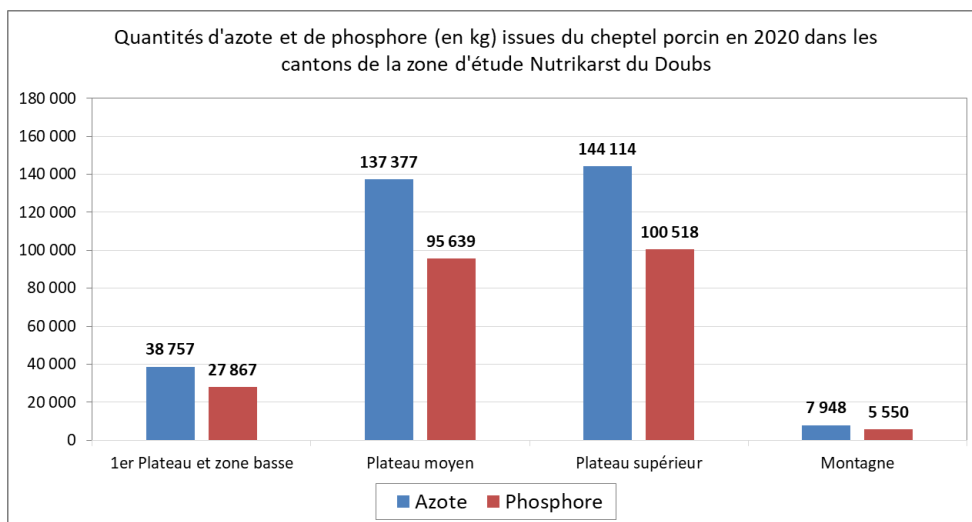


Figure 55 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcine dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté.

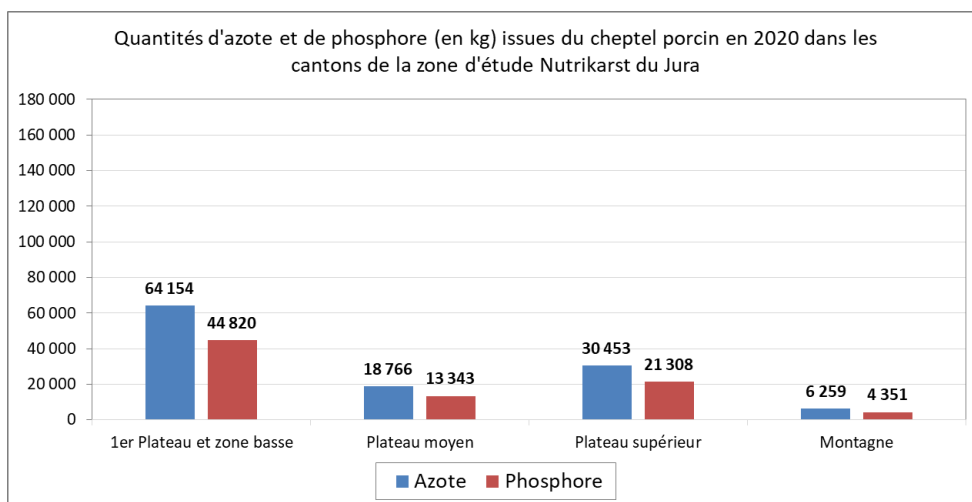


Figure 56 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcine dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté.

La figure 57 ci-après représente sous forme de carte, la répartition des quantités d'azote et de phosphore par canton ou regroupement de cantons issues du cheptel porcine. Afin de respecter les règles du secret statistique trois cantons ont été regroupés avec un canton voisin en raison d'un nombre de porcheries insuffisant : Besançon Sud avec Quingey, Pont de Roide avec Clerval et Moirans-en-Montagne avec Saint-Laurent-en-Grandvaux. Les secteurs où les porcheries sont les plus nombreuses sont situés dans la zone du plateau moyen du Jura, des plateaux moyens et supérieurs du Doubs, ainsi que dans les cantons de Poligny et d'Orgelet.

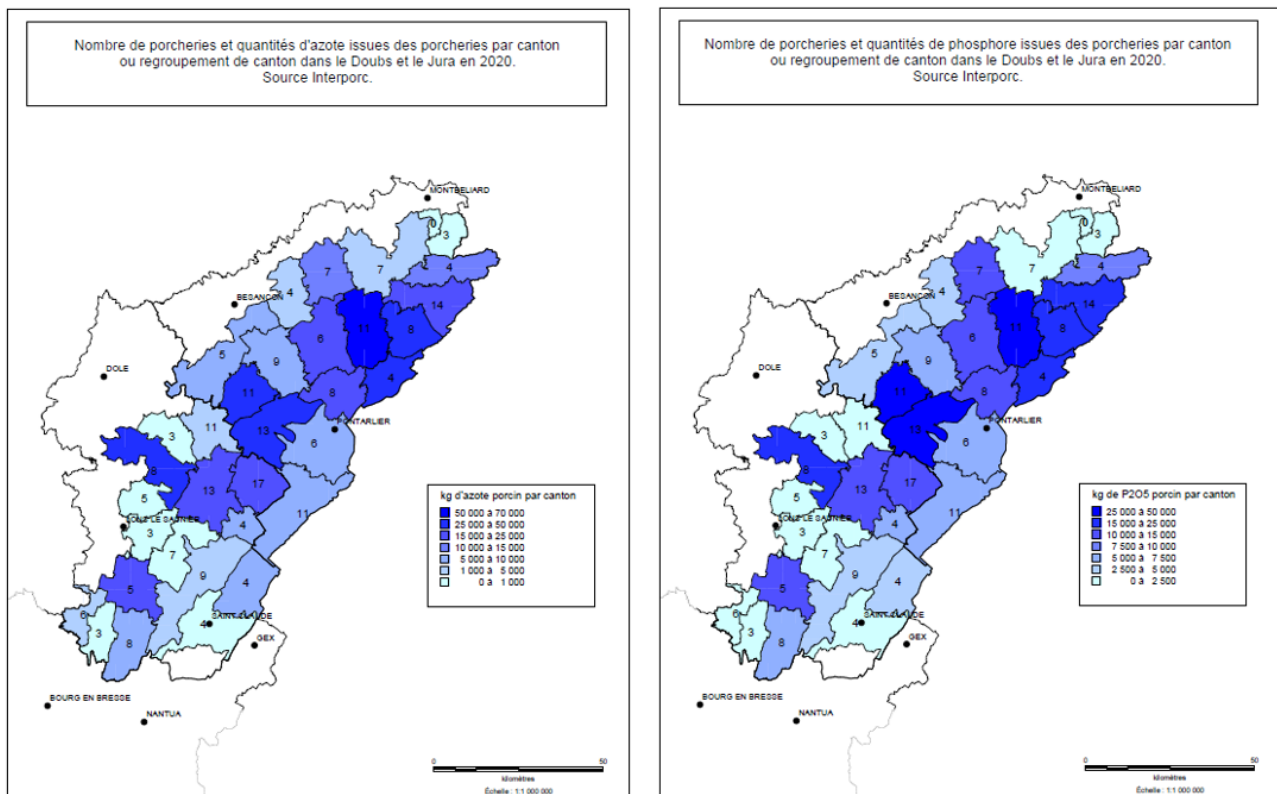


Figure 57 : quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel porcin dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura en 2020. Source Interporc Bourgogne Franche-Comté. Le chiffre en noir correspond au nombre de porcheries présentes en 2020 dans le canton ou le regroupement de cantons.

Les quantités d'azote et de phosphore produites par le cheptel porcin dans la zone d'étude Nutrikarst sont très largement inférieures aux quantités provenant du cheptel bovin. Au total, dans le Doubs et le Jura, pour la zone d'étude Nutrikarst, l'azote des élevages porcins ne représentent respectivement que 2,3 % et 1,7 % de l'azote provenant du cheptel bovin pour l'année 2020.

Les données détaillées par canton ou regroupement de canton sont disponibles en annexe 8.

Comme pour les élevages laitiers, les estimations des rejets azotés, présentées ci-dessus, issues des porcheries peuvent être considérées comme des valeurs maximales. Les pertes atmosphériques de l'azote issu de porcheries sont du même ordre de grandeur que celles des élevages laitiers : environ 30 % de pertes sous forme d'ammoniac et moins de 1 % pour le protoxyde d'azote (J.-L. Peyraud et al 2012).

5.3.4 Azote et phosphore d'origine avicole sur la période 1970 à 2010 (Source RGA)

Les rejets en azote et en phosphore issus des élevages de volaille ont été calculés à partir des données cantonales du RGA pour les années 1970 (disponibles uniquement pour le Doubs et l'Ain), 1979, 1988 et 2000. Certaines données ne sont cependant pas disponibles dans certains cantons et pour certaines années en raison du secret statistique. Cela concerne en particulier l'Ain et dans une moindre mesure le Jura.

Les tableaux suivant représentent les quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volaille sur la zone d'étude Nutrikarst calculées à partir des effectifs de volaille disponibles dans le RGA. En raison de l'absence de connaissance détaillée des types d'élevage présents sur la zone d'étude Nutrikarst, les normes utilisées correspondent aux rejets pour des poules pondeuses, en azote et en phosphore (en moyenne pour les différents modes de production) soit 401 g N/poule/an et 419 g P2O5/poule/an.

Département	Azote provenant des élevages de volailles en kg N				
	1970	1979	1988	2000	2010
DOUBS	84 048	87 887	152 464	101 672	115 866
JURA	ND	31 421	21 460	26 464	29 335
AIN	95 469	101 754	83 130	34 125	39 859
Total Nutrikarst	179 517	221 062	257 053	162 261	185 061

Département	Phosphore provenant des élevages de volailles en kg P2O5				
	1970	1979	1988	2000	2010
DOUBS	87 821	91 832	159 308	106 236	121 067
JURA	ND	32 832	22 423	27 652	30 652
AIN	99 755	106 322	86 861	35 657	41 649
Total Nutrikarst	187 575	230 985	268 592	169 545	193 368

Les figures 58 et 59 ci-après représentent les quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volailles par canton en 1979 et en 2010. On peut constater qu'il existe en 1979 une répartition relativement homogène sur le massif du Jura d'élevages de volailles de petite taille. Sept cantons présentent une quantité d'azote proche ou supérieure à 10 000 kg produits par an : Treffort-Cisiat (61 060 kg), Amancey (27 384 kg), Pierrefontaine-les-Varans (10 612 kg), Conliège (10 579 kg), Lhuis (10 352 kg), Ceyzeriat (9 951 kg) et Montbenoit (9 053 kg). Seul le canton de Valentigney ne produit pas de volailles en 1979. En 2010, le nombre de volailles élevées sur la zone d'étude Nutrikarst est en légère diminution par rapport à 1979, générant moins d'azote et de phosphore. Cependant, on constate une concentration de plus de la moitié des volailles produites sur le massif du Jura dans le seul canton d'Amancey, correspondant à une production annuelle d'azote de 102 133 kg. Trois autres cantons présentent en 2010 une quantité d'azote proche ou supérieure à 10 000 kg produits par an : Treffort-Cisiat (25 905 kg), Arbois (13 329 kg) et Lhuis (9 985 kg). En 2010 trois cantons ne produisent pas de volailles et sept cantons dans l'Ain sont soumis au secret statistique.

Ces quantités d'azote et de phosphore sont extrêmement faibles en comparaison de l'azote et du phosphore provenant du cheptel bovin. Au total, dans le Doubs, le Jura et l'Ain, pour la zone d'étude Nutrikarst, l'azote des élevages de volaille ne représente respectivement que 0,9 %, 0,4 % et 1,5 % de l'azote provenant du cheptel bovin pour l'année 2010. Rapportées à la surface agricole utile de chaque canton, les pressions à l'hectare de l'azote et du phosphore des élevages de volailles en 2010 représentent en moyenne 0,3 kg d'azote ou de phosphore dans le Jura, 0,6 kg d'azote ou de phosphore dans l'Ain et 0,75 kg d'azote ou de phosphore dans le Doubs. Seul le canton d'Amancey qui a la particularité de concentrer la moitié de la production de volailles du massif du Jura atteint une pression d'environ 13 kg d'azote et de phosphore par ha de surface du canton. Cependant les fientes de volailles produites sur ce site sont compostées et majoritairement épandues dans des zones de grandes cultures en zone basse en dehors de la zone d'étude Nutrikarst. Il n'a pas été possible d'accéder au détail des ventes de compost par cette entreprise (répartition géographique des ventes). Le détail des données disponibles par canton issues des RGA 1979 à 2010 figure en annexe 9.

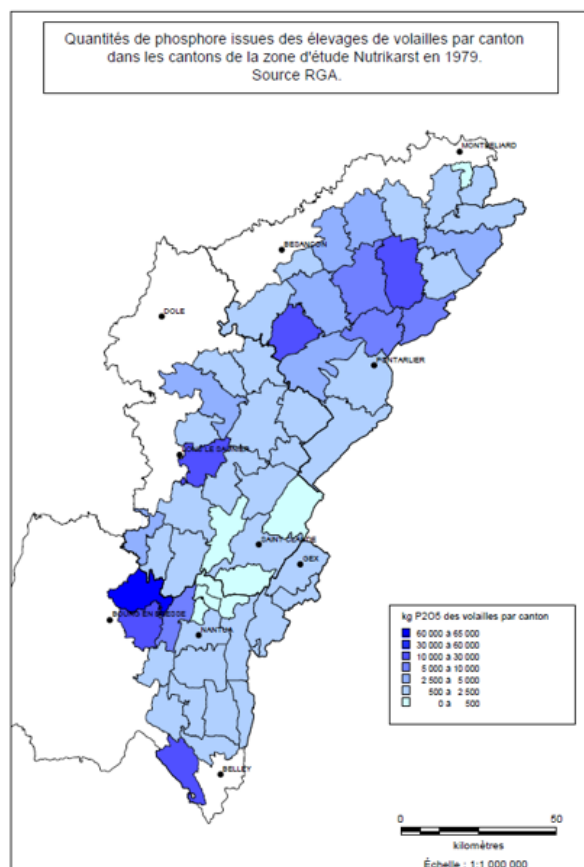
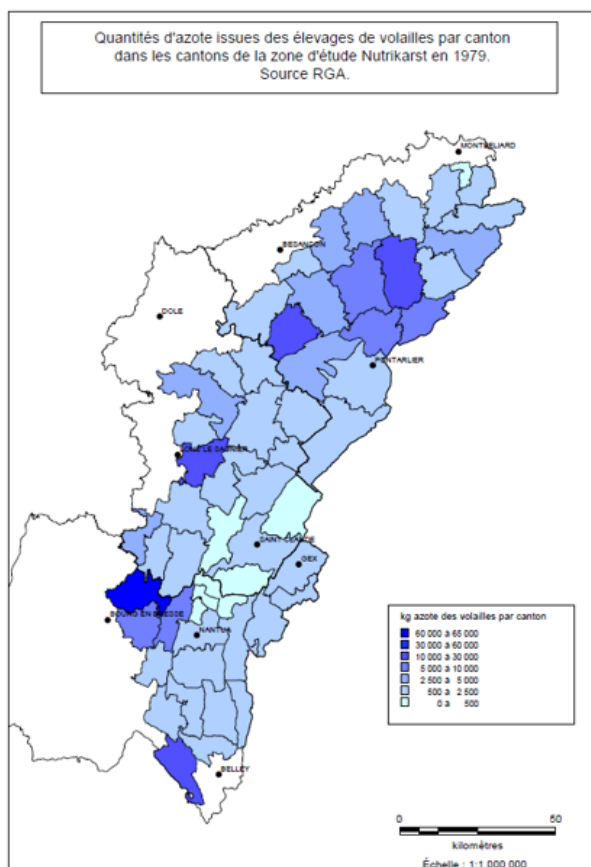


Figure 58 : quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volailles dans la zone d'étude Nutrikarst en 1979. Source RGA.

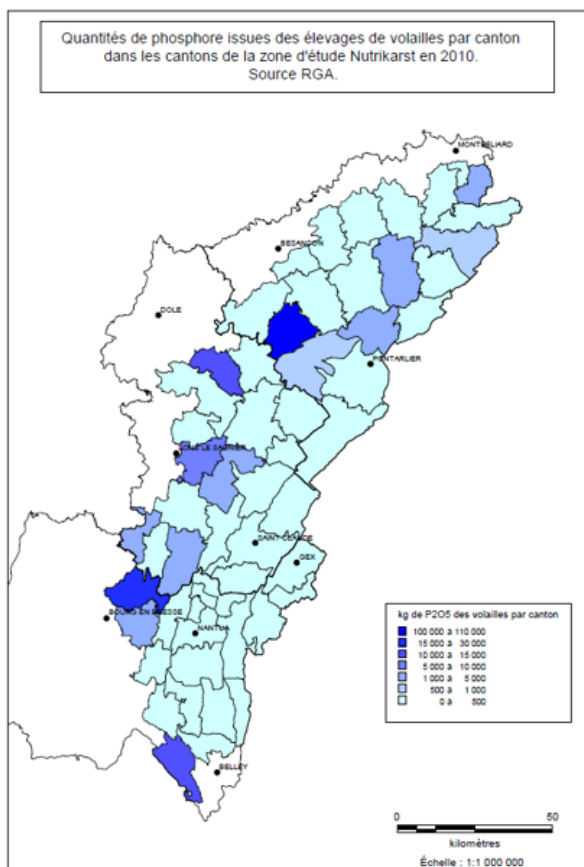
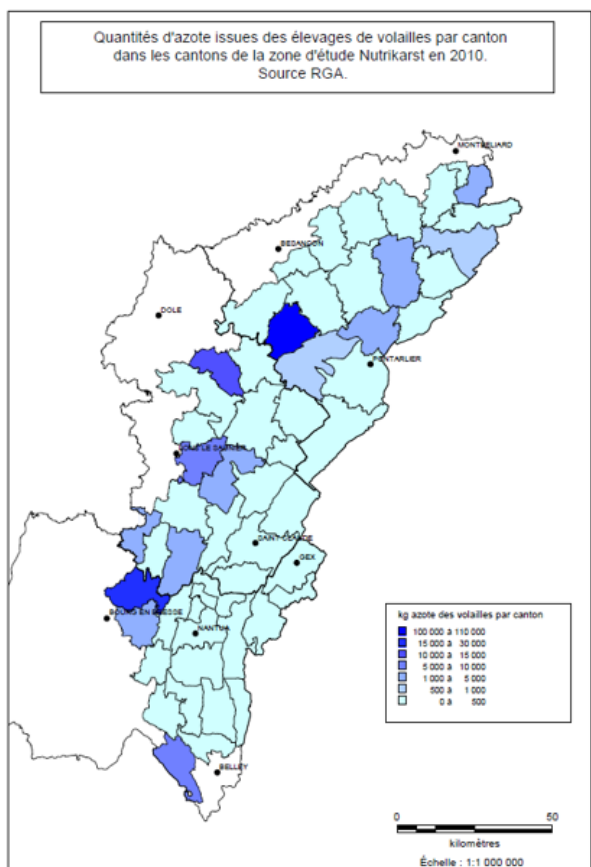


Figure 59 : quantités d'azote et de phosphore issues des élevages de volailles dans la zone d'étude Nutrikarst en 2010. Source RGA.

5.4 Evolution des livraisons d'engrais de synthèse dans le Doubs

Les livraisons d'engrais de synthèse ont été obtenues auprès de l'UNIFA (Union des Industries de la Fertilisation). Depuis 1980, l'UNIFA fournit pour le compte des pouvoirs publics les statistiques officielles de livraisons d'engrais en France. Le service statistique du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation délègue à l'UNIFA la réalisation de l'enquête annuelle portant sur les engrais minéraux et organo-minéraux.

Cette enquête est reconnue d'intérêt général et de qualité statistique. Elle est de plus obligatoire. L'objectif de l'enquête sur les livraisons d'engrais en France est de disposer de statistiques traduites en tonnes pour cinq éléments nutritifs, l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium et le soufre, en vue d'apprécier l'évolution des pratiques d'apport pour les usages professionnels agricoles.

Les données sont disponibles auprès de l'UNIFA, à l'échelle départementale pour le Doubs, à partir de la campagne 1972/1973. Ces données sont issues des déclarations des fournisseurs agricoles, négoce privés ou coopératives, et sont rattachées géographiquement au siège de ces fournisseurs. Quelques précautions sont à citer avant toute interprétation (source UNIFA) :

- Les dates indiquées sont des dates de campagnes : du 1^{er} juillet n-1 au 30 juin n, pour les engrais azotés et du 1^{er} mai n-1 au 30 avril n, pour les engrais phosphatés et potassiques.
- Les données à usages non professionnel ne sont pas prises en compte (non disponibles),
- Les données sont communiquées en tonnes livrées par département et par campagne,
- Les données statistiques de livraisons ne peuvent pas être assimilées à l'utilisation effective des engrais par les agriculteurs mais uniquement la livraison à l'échelle des importateurs, producteurs et distributeurs,
- Ces données ne prennent pas en compte les variations de stocks entre le début et la fin de campagne chez les distributeurs et les agriculteurs.

La figure 60 ci-après représente l'évolution des volumes livrés d'azote, de phosphore et de potasse dans le Doubs entre la campagne 1972/1973 et la campagne 2018/2019. Elle permet de suivre les grandes tendances dans les livraisons d'engrais à l'échelle de plusieurs dizaines d'années. Les variations entre deux années consécutives peuvent être très importantes, mais ces variations reflètent plus dans ce cas des effets de report de stock que de changement dans les habitudes des agriculteurs.

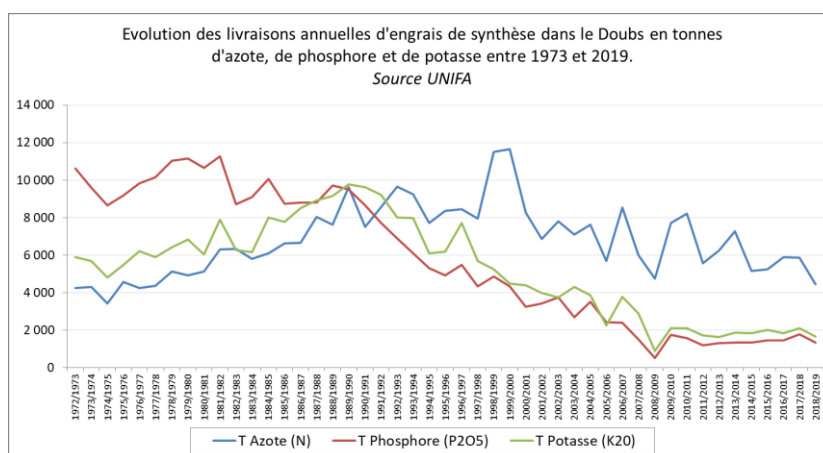


Figure 60 : évolution des livraisons annuelles d'engrais dans le Doubs de 1973 à 2019 en tonnes d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O). Source UNIFA.

Pour gommer cet effet de report de stock, la figure 61 ci-après présente l'évolution des livraisons d'engrais lissée sur 5 ans à partir de l'année 1977 (moyenne 1973 à 1977) jusqu'en 2019 (moyenne 2015 à 2019).

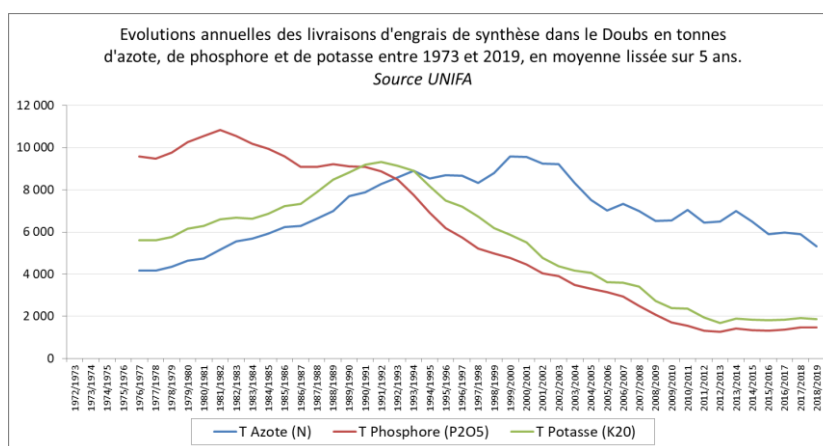


Figure 61 : évolution des livraisons d'engrais dans le Doubs de 1973 à 2019 en tonnes d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) en moyenne lissée sur 5 ans. D'après l'UNIFA.

Le tableau ci-dessous représente, avec un pas de temps de 5 ans, les livraisons d'engrais de synthèse exprimés en tonnes d'azote, de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) dans le département du Doubs et dans la zone d'étude Nutrikarst rattachée au Doubs (au prorata des surfaces). La campagne 1974/1975 correspond aux valeurs annuelles de cette campagne, alors que pour les autres campagnes il s'agit des moyennes lissées sur 5 ans.

Campagne	Ensemble du département du Doubs			Zone d'étude Nutrikarst du Doubs		
	T Azote (N)	T Phosphore (P2O5)	T Potasse (K2O)	T Azote (N)	T Phosphore (P2O5)	T Potasse (K2O)
1974/1975	3428	8659	4796	2613	6599	3655
1979/1980	4648	10265	6164	3543	7823	4698
1984/1985	5924	9956	6873	4515	7588	5238
1989/1990	7710	9107	8829	5876	6940	6729
1994/1995	8531	6923	8178	6502	5276	6233
1999/2000	9579	4783	5865	7300	3645	4470
2004/2005	7526	3319	4056	5736	2530	3091
2009/2010	6538	1721	2383	4983	1311	1816
2014/2015	6486	1345	1831	4943	1025	1396
2018/2019	5322	1470	1881	4056	1120	1434

Ces données peuvent être présentées sous forme de doses d'engrais de synthèse épandues en moyennes sur les surfaces agricoles du département du Doubs. Entant donné le manque de données précises sur la SAU annuelle du Doubs depuis 1973, et du fait de la faible variation relative de cette SAU, les calculs ont été réalisés sur la base d'une SAU départementale constante de 240 000 ha. Ils sont présentés dans les figures 62 et 63 ci-après. Les quantités calculées sont des doses moyennes sur l'ensemble des surfaces agricoles du département, qu'elles soient en prairies ou en cultures et qu'elles reçoivent ou non des engrais de synthèse.

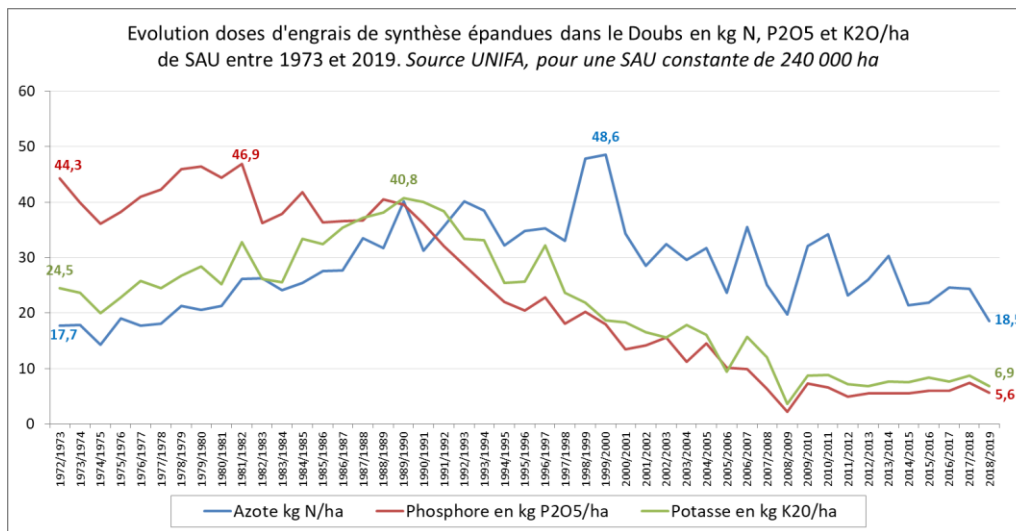


Figure 62 : évolution des doses moyennes d'épandage d'engrais de synthèse dans le Doubs de 1973 à 2019 en kg d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) par ha de SAU. D'après UNIFA.

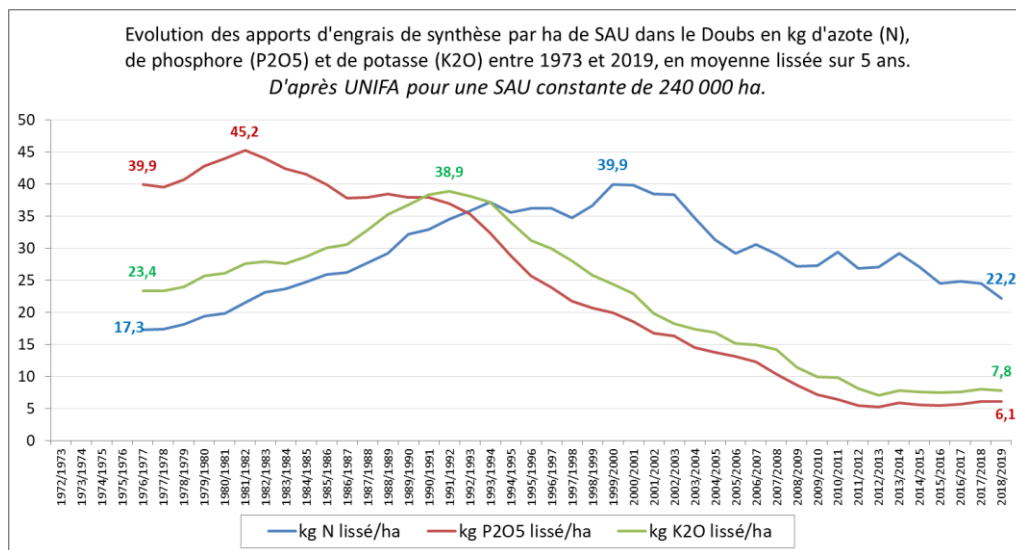


Figure 63 : évolution des doses moyennes d'épandage d'engrais de synthèse dans le Doubs de 1973 à 2019 en kg d'azote (N), de phosphore (P2O5) et de potasse (K2O) par ha de SAU, en moyenne lissée sur 5 ans. D'après UNIFA et pour une surface constante de 240 000 ha.

Au cours des 46 dernières années, les livraisons d'engrais ont connu une variation différenciée selon le type d'engrais :

Pour l'azote on constate une forte augmentation des livraisons jusqu'au tout début des années 2000. En moyenne lissée les livraisons départementales passent de 4000 à 10 000 tonnes ce qui représente un passage de 17 à 40 kg/ha de SAU. Depuis 20 ans, les livraisons diminuent régulièrement pour descendre sous la barre des 6000 tonnes depuis la campagne 2015, ce qui représente environ 22 kg N/ha de SAU.

Pour le phosphore on constate des fluctuations interannuelles relativement importantes entre 1973 et 1985 avec des livraisons qui oscillent autour de 10 000 tonnes livrées par an, ce qui correspond à environ 40 à 45 kg P2O5/ha SAU. Depuis le milieu des années 80, on observe une nette tendance à la baisse des livraisons jusqu'au milieu des années 2010, passant de 10 000 tonnes à environ 1500 tonnes de P2O5, ce qui correspond à des doses à l'hectare passant de 40 à 6 kg P2O5/ha de SAU. Depuis près de 15 ans les livraisons semblent avoir atteint ce niveau plancher.

Pour la potasse les livraisons sont passées de moins de 6000 à près de 10 000 tonnes de K2O livrées par an entre le début des années 70 et le début des années 90, ce qui correspond à une dose à l'hectare passant

d'environ 20 kg K₂O/ha de SAU à près de 40 kg K₂O/ha de SAU en moyenne dans le Doubs. Depuis le début des années 90 jusqu'au début des années 2010 les livraisons ont connu une nette et régulière diminution, passant de 10 000 à moins de 2000 tonnes de K₂O (environ 7 kg K₂O/ha de SAU). Les livraisons se sont maintenues depuis près de 15 ans à ce niveau plancher.

Ces données sont cohérentes avec les autres sources d'information sur les pratiques de fertilisation des agriculteurs dans le Doubs, notamment les enquêtes sur les pratiques culturales publiées par la DRAAF ou le réseau des fermes de référence (INOSYS 2022). On constate une baisse régulière et continue des engrais minéraux azotés épandus sur cultures entre 2001, 2006 et 2011 (Agreste 192, Octobre 2014), une baisse de la fertilisation minérale azotée des prairies passant de 18 à 15 kg/ha sur les prairies permanentes et de 24 à 19 kg/ha sur les prairies temporaires entre 2011 et 2017 (Agreste Etudes n°6, Juin 2020).

Ces fluctuations peuvent être mises en perspective avec les évolutions agricoles suivantes :

+ 1990 : réforme de la PAC avec la fin des prix garantis incitant les agriculteurs à une diminution des intrants dont les engrais.

+ 1991 : entrée en vigueur de la Directive Nitrates et prise de conscience de l'impact des pratiques de fertilisation agricole (minérale et organique) sur la qualité de l'eau.

+ 1991 : publication de la méthode de prise en compte de la valeur fertilisante des effluents d'élevage basée sur une meilleure connaissance des teneurs en éléments minéraux et de leur disponibilité (Ziegler et al, 1991).

+ 1994 : démarrage des mises aux normes des bâtiments d'élevage accompagnée d'une augmentation des capacités de stockage de effluents liquides (croissante avec l'altitude) et d'une meilleure valorisation des effluents d'élevage. Instauration, dans le cadre de la réforme de la PAC, de la prime au maintien du système d'élevage extensif, dite prime à l'herbe, limitant le chargement à moins de 1,4 UGB à l'hectare.

+ 1999 : lancement de la méthode INRA de pilotage de la fertilisation phospho-potassique des prairies, basée sur le calcul des indices de nutrition iP iK à partir du prélèvement d'échantillons d'herbe, mettant en évidence des disponibilités en phosphore et en potasse des sols prairiaux plus importantes que celles des analyses de sol.

+ 2003 : mise en œuvre de la prime herbagère agro-environnementale (PHAE1) qui remplace la prime à l'herbe (poursuite de la limitation du chargement à l'hectare).

+ 2006 : obligation de disposer dans le Doubs d'une capacité de stockage des effluents liquides de 4, 5 ou 6 mois selon l'altitude pour l'accès aux subventions des mises aux normes des bâtiments.

+ 2008 : mise en œuvre de la PHAE 2 qui introduit la limitation de la dose d'azote à l'hectare à 125 kg N/ha/an dont 50 kg N/ha/an sous forme d'engrais de synthèse. Révision du cahier des charges du Comté instaurant le plafonnement de la dose totale de la fertilisation azotée sur prairie à 120 kg N/ha/an dont 50 kg N/ha/an sous forme d'engrais minéraux sur les surfaces en herbe.

+ 2014 : obligation réglementaire de disposer dans le Doubs d'une capacité de stockage de 4 à 6 mois selon l'altitude, avec un délai de mise en œuvre de 6 ans. Alignement de la réglementation RSD (Règlement Sanitaire Départemental, < 50 vaches laitières) sur les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, > 50 vaches laitières) en matière de distances et de conditions d'épandage.

+ 2015 : plafonnement, par la filière Comté, de la productivité laitière de chaque exploitation, des surfaces consacrées à l'affouragement du troupeau laitier au niveau qu'elle a atteint lors de la meilleure campagne de 2008/2009 à 2012/2013, augmentée de 10 %. Dans tous les cas, cette productivité ne peut pas dépasser 4 600 litres de lait par an, par hectare de surface fourragère et potentiellement fourragère, pour faire suite à la fin de la politique des quotas laitiers par l'Europe.

+ à partir de 2018 : engagement des filières AOP Comté, Morbier, Mont d'Or dans la révision de leur cahier des charges avec introduction de mesures plus contraignantes du point de vue environnemental et notamment en ce qui concerne la fertilisation.

Les mises aux normes des bâtiments d'élevage et le développement des systèmes lisiers

A partir du milieu des années 90, les pouvoirs publics ont incité les agriculteurs à réaliser des travaux de modernisation des bâtiments d'élevage et de mise aux normes des capacités de stockage des effluents. Cette politique est initiée au moment d'une prise de conscience de l'impact des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, en particulier en ce qui concerne les nitrates, et est concomitante avec le début des programmes d'action nitrates dans les zones vulnérables. A l'époque, la ferme type sur le massif du Jura est l'étable entravée avec une fosse à purin non couverte sous la fumière attenante au bâtiment, le purin étant constitué des jus du fumier dilué par les eaux de pluie. Les capacités réduites de ces fosses à purin (50 à 100 m³) et l'absence de couverture conduisait à des vidanges tous les mois, voire tous les 15 jours ou au débordement du trop-plein vers le milieu naturel. La réglementation prévoyait une capacité de stockage des effluents liquides de 1,5 mois pour la majorité des fermes, soumises au régime du Règlement Sanitaire Départemental (< 40 vaches laitières à l'époque, < 50 vaches laitières depuis 2005). Pour les exploitations de plus grande taille, soumises au régime des ICPE (Installation Classées pour la Protection de l'Environnement), la capacité de stockage minimum exigée était de 4 mois en zone de plaine avec une augmentation selon la durée de l'hiver (et donc l'altitude). Ce n'est qu'en 2014, avec un délai de mise en œuvre de 6 ans (2013 avec un délai de 6 ans pour le territoire du SAGE Haut-Doubs Haute-Loue) que la modification du RSD du Doubs instaure l'obligation de disposer d'une capacité de stockage des effluents liquides de 4 à 6 mois selon l'altitude. Cependant, dès 2006, les programmes de mise aux normes des bâtiments d'élevage imposent le respect de ces capacités de stockage (4 à 6 mois) pour l'accès aux subventions, quelle que soit la taille des exploitations.

La modernisation des exploitations agricoles a conduit à la création de fermes de plus grande taille, souvent sous la forme de sociétés (GAEC) et à la sortie des bâtiments du cœur des villages. Ces travaux ont été réalisés dans des fermes souhaitant moderniser leur outil de production, à l'occasion de regroupement d'exploitations ou au moment de l'installation d'un jeune agriculteur. On assiste à un accroissement de la taille des cheptels, des surfaces moyennes des exploitations et à une diminution du nombre d'exploitations. Cette évolution s'est accompagnée du développement de logements des animaux plus spacieux, moins consommateurs de paille (notamment en altitude où la paille doit être importée) et plus économes en temps de travail. Les nouveaux bâtiments, majoritairement constitués de logettes, peuvent être entièrement paillés (100 % de fumier), mixtes (logettes paillées produisant du fumier et, au cornadis, du lisier raclé vers la fosse externe (couverte ou non couverte) ou recueilli dans la fosse sous caillebotis) ou constitués logettes 100 % lisier. Les eaux de lavage des installations de traite (eaux blanches) et des quais (eaux vertes) sont collectées dans une fosse spécifique ou avec le lisier dans une fosse commune. Il existe aujourd'hui une grande diversité dans le type de bâtiment d'élevage : depuis des installations 100 % lisier pour les vaches et les génisses, jusqu'aux bâtiments 100 % fumier (aires paillées intégrales), en passant par des systèmes mixtes (logettes mixtes ou vaches laitières en lisier et génisses en fumier),... Les systèmes mixtes sont depuis plusieurs années les systèmes recommandés afin de permettre aux éleveurs de disposer d'effluents à action lente (fumier) et d'effluents à action plus rapide (purins, lisiers) du point de vue de la disponibilité de l'azote. La couverture des fosses puis des fumières n'intervient que récemment pour éviter d'avoir des capacités de stockage des effluents liquides insuffisantes lors d'hivers particulièrement pluvieux. Elle évite également la création de volumes de fosses trop importants.

La mise aux normes s'est accompagnée de la réalisation de plans d'épandage permettant aux agriculteurs d'identifier les capacités des parcelles à recevoir ou non des effluents liquides et des effluents solides selon des critères réglementaires (proximité des cours d'eau, captages, tiers,...), topographiques et agronomiques (pentes, affleurements rocheux, sols très superficiels, géologie,...). Entre 2008 et 2014, l'Agence de l'Eau et le Conseil Départemental du Doubs ont encouragé les éleveurs à se mettre aux normes lors d'opérations collectives qui ont concerné les bassins versant les plus sensibles dans le département (Cusancin, Desoubre, Crenu, Loue-Lison, Haut-Doubs).

Une enquête a été réalisée en 2015 auprès de 578 exploitations représentatives du Doubs (environ ¼ des effectifs) par la DDT en partenariat avec la Chambre d'Agriculture afin de mieux connaître la situation des exploitations d'élevage. Elle intervient à la suite de la modification de la réglementation qui impose une obligation de mise aux normes à l'échéance 2020. Elle a permis de dresser un état des lieux en matière de type de logement des animaux, de capacité de stockage et de mise aux normes dans le Doubs en 2015 :

=> la SAU moyenne est de 86 ha pour 85 UGB dont 47 vaches laitières,

=> 24 % des exploitations dépendent de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, 76 % dépendent du Règlement Sanitaire Départemental (moins de 50 vaches laitières),

=> 82 % des exploitations enquêtées disposent d'au moins une fumière dont 25,5 % sont couvertes,

=> 93 % des exploitations disposent d'au moins une fosse dont 77 % sont couvertes.

=> 66 % des exploitations disposent d'un plan d'épandage individuel. Parmi les 34 % des exploitations ne disposant pas de plan d'épandage, les ¾ sont soumises au RSD.

En matière de logement des animaux parmi les 578 exploitations enquêtées :

=> **65 %** des vaches laitières sont hébergées dans des bâtiments 100 % fumier (étable entravée, aire paillée intégrale ou aire paillée avec couloir en fumier), **20 %** dans des bâtiments mixtes (logettes ou aire paillée avec couloir lisier) et **15 %** dans des bâtiments 100 % lisier (logettes),

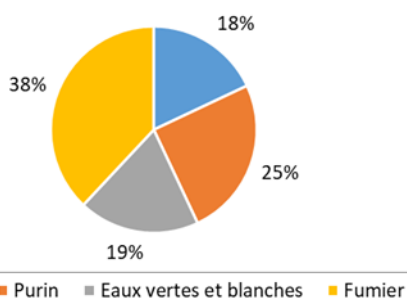
=> **75 %** des génisses sont hébergées dans des bâtiments 100 % fumier, **12 %** dans des bâtiments mixtes et **13 %** dans des bâtiments 100 % lisier.

Remarque : les bâtiments fumier produisent également des effluents liquides, sous forme de purin pour les étables entravées et les aires paillées avec couloir lisier et sous forme d'eaux vertes et blanches lors de la traite.

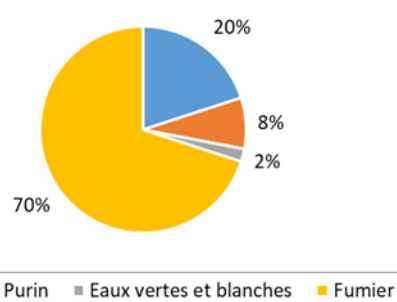
Les bâtiments mixtes produisant en moyenne 60 % de lisier et 40 % de fumier, on peut estimer que le fumier concerne 73 % des vaches laitières (65 % + 40 % de 20 %) et le lisier 27 % des vaches laitières (15 % + 60 % de 20 %). Pour les génisses la part du fumier représente 80 % et le lisier 20 %. Cependant, cette estimation ne peut s'appliquer à l'ensemble des déjections produites à l'échelle du département. On peut en effet considérer que la part du lisier est plus importante du fait que les logements de type lisier sont plus récents et hébergent un plus grand nombre d'animaux que les étables entravées.

En 2011, lors du lancement de l'opération collective Loue-Lison, une estimation plus précise des quantités de déjections produites par les 603 exploitations d'élevage a été réalisée. Sur la base de cette estimation et de la teneur en azote de chaque type de déjection, **on peut estimer que 70 % de l'azote est épandu dans ce territoire sous forme de fumier et 30 % sous forme liquide (20 % sous forme de lisier, 8 % sous forme de purin et 2 % sous forme d'eaux vertes et blanches). Compte-tenu des teneurs en eau des différents effluents, 38 % des volumes des effluents sont épandus sous forme solide (fumier) et 62 % sous forme liquide (18 % sous forme de lisier, 25 % sous forme de purin et 19 % sous forme d'eaux vertes et blanches).**

Répartition des effluents dans le bassin versant Loue-Lison en volume à épandre



Répartition des effluents dans le bassin versant Loue-Lison en azote à épandre



5.5 Azote et phosphore provenant des boues de station d'épuration épanchées dans le Doubs dans la zone d'étude Nutrikarst

Les données concernant les épandages de boues de station d'épuration sont issues du suivi réalisé par la Chambre Interdépartementale d'Agriculture Doubs Territoire de Belfort. Les dernières données disponibles et représentatives sont celles de l'année 2019 car à partir de 2020, en raison de la survenue du COVID-19, de nombreuses boues de station d'épuration n'ont pas été épanchées en agriculture. En 2019, pour l'ensemble du département du Doubs, 586 parcelles chez 247 agriculteurs ont reçu des boues issues de stations d'épuration provenant de collectivités, de fromageries ou mixtes, pour un total d'environ 3547 ha épanché (1,2 % de la SAU du Doubs). Les quantités d'azote et de phosphore présentes dans ces boues d'épuration épanchées en agriculture sont connues par les analyses réalisées par les gestionnaires des stations d'épuration. La destination des boues est également connue du fait de la traçabilité imposée par la réglementation. Ces quantités ont été calculées et sont présentées par canton, pour les cantons de l'étude Nutrikarst, dans la figure 64 ci-dessous.

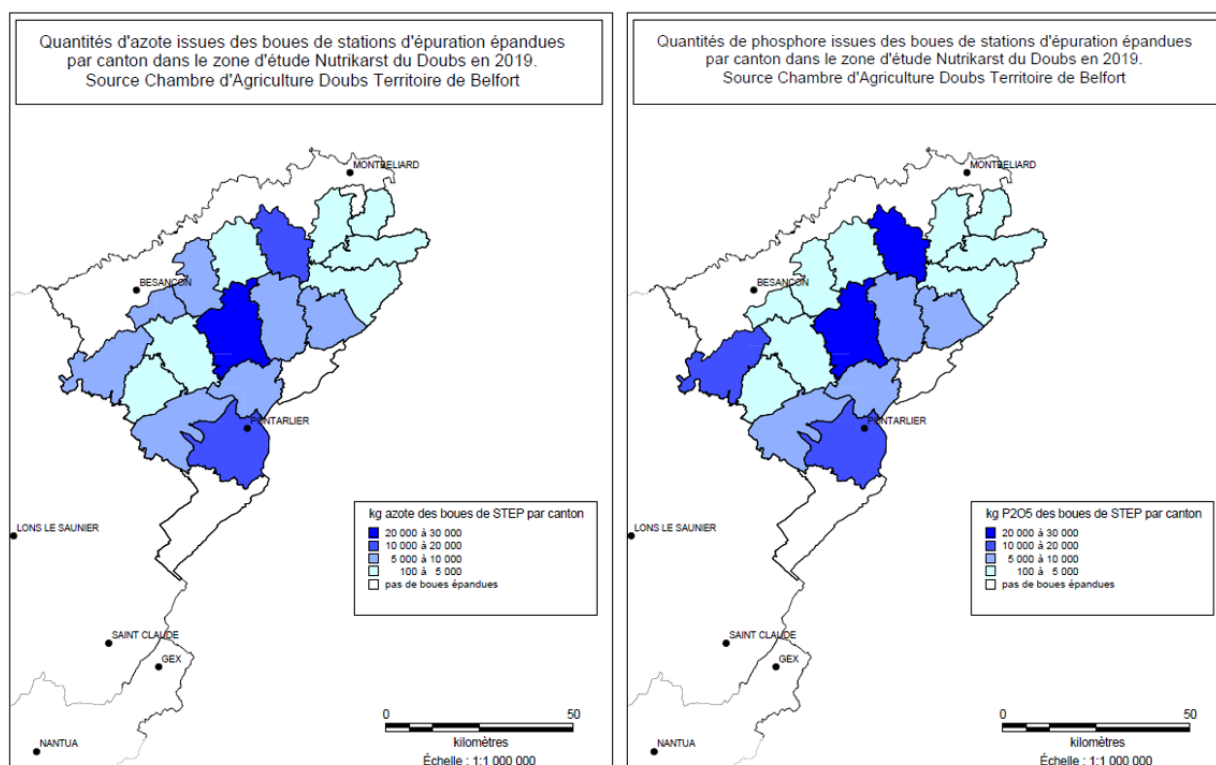


Figure 64 : quantités d'azote et de phosphore issues des boues de station d'épuration et épanchées dans les cantons du Doubs de la zone d'étude Nutrikarst en 2019. Source Chambre interdépartementale d'Agriculture Doubs-Territoire de Belfort.

Au total, 124 175 kg d'azote et 122 433 kg de P2O5 ont été épanchées sur des parcelles agricoles dans les cantons du Doubs appartenant à la zone d'étude Nutrikarst en 2019. Trois cantons n'ont pas d'épandage de boues : Morteau, Mouthe et Valentigney. A Morteau la communauté de communes envoie les boues en incinération en Suisse et pratique également le compostage avec exportation des boues. Dans le canton de Mouthe les boues sont compostées et exportées. Pour Valentigney il n'y a pas de station d'épuration, les eaux usées sont envoyées et traitées dans l'une des quatre stations d'épuration de Pays de Montbéliard Agglomération. **Comparées aux quantités d'azote et de phosphore issues du cheptel bovin, ces quantités sont très faibles et ne représentent que 0,9 % de l'azote et 2,2 % du phosphore provenant des bovins.** A noter qu'une part importante des boues issues des stations d'épuration du Doubs est épanchée en zone basse ou dans les départements limitrophes. Seuls 54 % de l'azote des boues du Doubs et 47 % du phosphore des boues du Doubs sont épanchés dans les cantons du Doubs appartenant à la zone d'étude Nutrikarst. Le détail des données disponibles par canton figure à l'annexe 10.

5.6 Part relative des différentes sources d'azote et de phosphore d'origine agricole dans le Doubs

Les pressions agricoles en azote et en phosphore épandues sur les parcelles agricoles du territoire ont des origines diverses qui ont été détaillées dans les chapitres précédents : cheptel bovin, porcins, volailles, boues de station d'épuration et engrais de synthèse. Toutes les données ne sont pas toujours disponibles de façon exhaustives sur l'ensemble de la zone d'étude Nutrikarst. Elles sont cependant relativement complètes pour la partie de la zone d'étude située dans le département du Doubs en 2019 ou en 2020. Elles permettent de refléter la part relative des différentes pressions agricoles en azote et en phosphore dans le Doubs. La répartition des différentes sources agricoles d'azote et de phosphore pour le Jura est probablement très proche de celle du Doubs. Les données sont présentées dans les tableaux et figures 65 et 66 ci-dessous. Ne sont pas comptabilisées dans ce calcul les rejets dans le milieu des eaux après traitement provenant des stations d'épuration. Ce point est abordé dans le rapport de la tâche 1 BRGM-Chambre d'Agriculture.

Azote N	Tonnes N	kg N/ha SAU	Phosphore P2O5	Tonnes P2O5	kg P2O5 /ha SAU
N Bovins 2020 (SPIE)	14 335	78,4	P2O5 Bovins 2020 (SPIE)	5 541	30,3
N Volailles 2010 (RGA)	116	0,6	P2O5 Volailles 2010 (RGA)	121	0,7
N Porcins 2020 (Interporc)	328	1,8	P2O5 Porcins 2020 (Interporc)	230	1,3
N Boues 2019 (CIA25/90)	124	0,7	P2O5 Boues 2019 (CIA25/90)	122	0,7
N Engrais 2019 (UNIFA)	4 056	22,2	P2O5 Engrais 2019 (UNIFA)	1 120	6,1
Total Azote	18 959	104	Total phosphore	7 134	39

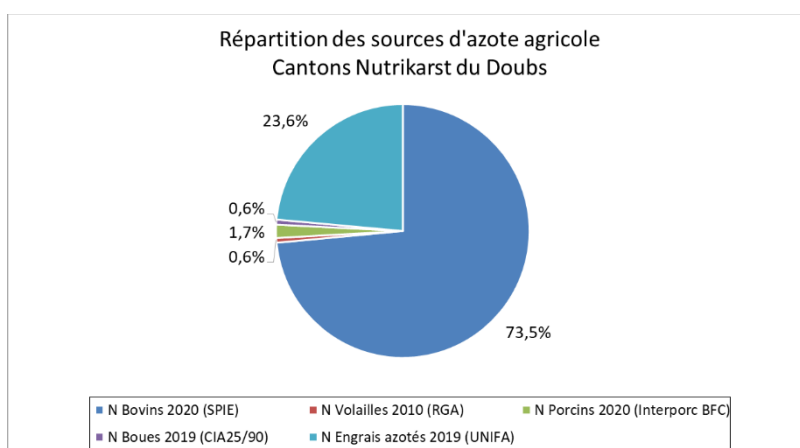


Figure 65 : part relative des sources d'azote dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs en 2019 ou 2020 pour les bovins, les porcins, les boues de station d'épuration et les engrais de synthèse et en 2010 pour les volailles.

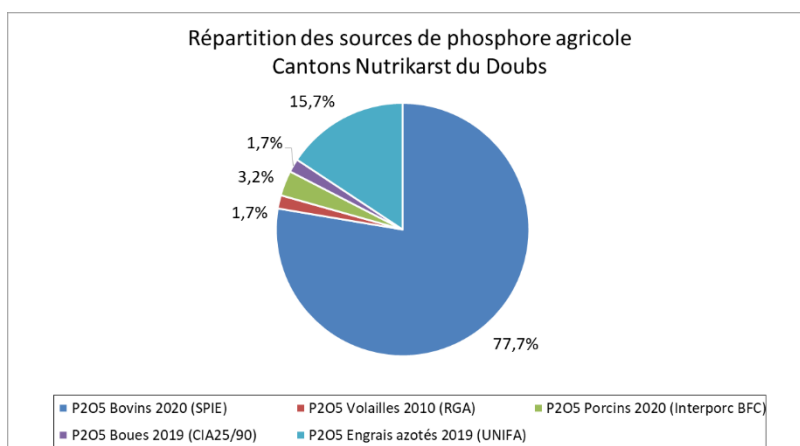


Figure 66 : part relative des sources de phosphore dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs en 2019 ou 2020 pour les bovins, les porcins, les boues de station d'épuration et les engrais de synthèse et en 2010 pour les volailles.

L'azote du cheptel bovin représente près des trois quarts de l'azote total et les engrais azotés de synthèse représentent pratiquement le quart restant. Les autres sources (volailles, cheptel porcin et boues de station d'épuration) représentent moins de 3 % de la pression azotée sur le territoire. En ce qui concerne le phosphore, le cheptel bovin représente 77,7 % des origines du phosphore et les engrais de synthèse 15,7 %. Les autres sources de phosphore ne représentent qu'environ 6 %.

Le raisonnement et l'optimisation de la fertilisation dans les exploitations d'élevage bovin sur le massif du Jura constitue le levier d'action principal pour limiter l'impact de l'agriculture sur la qualité de l'eau.

Depuis une trentaine d'années des progrès considérables ont été réalisés en matière de gestion des effluents (mises aux normes, matériel d'épandage,...) qui s'est traduit par une diminution drastique des livraisons d'engrais NPK (voir chapitre 5.4).

Une meilleure valorisation des effluents d'élevage est cependant encore possible (dates et doses d'apport, analyses agronomiques, matériel d'épandage, conditions d'épandage,...) et une meilleure prise en compte des outils de diagnostic de la fertilité des parcelles (analyses foliaires iP iK, observation des sols, suivi de l'état calcique,...) doit permettre de limiter encore le recours aux engrais de synthèse. L'encadrement des pratiques de fertilisation organique et minérale, en cours de renforcement dans les trois principales AOP du massif du Jura, va dans ce sens.

Ce constat élaboré avec les données exhaustives du Doubs peut être extrapolé dans le Jura et l'Ain où il manque les pressions en azote et phosphore provenant des porcins (pour l'Ain) et des boues de station d'épuration (pour le Jura et l'Ain). Le cheptel bovin et les engrais minéraux représentent sur l'ensemble du massif du Jura la quasi-totalité des pressions en azote et en phosphore exogènes reçues par les surfaces, hors rejets dans le milieu des eaux issues du traitement des eaux usées des stations d'épuration.

Les quantités d'azote et de phosphore épandues sur les surfaces agricoles selon leur origine (bovins, engrais, porcs, volailles, boues de STEP) sont présentées en détail à l'échelle cantonale pour les trois départements pour l'année la plus récente disponible en annexe 11 et 12.

En ce qui concerne l'azote, il est important de rappeler que la minéralisation naturelle de la matière organique des sols agricoles produit des quantités d'azote (N-NO₃) de plusieurs dizaines de kilo par ha et par an, pouvant dépasser la centaine de kilo dans le cas des prairies (François et al, 2003). Ces quantités d'azote issues de la minéralisation naturelle des sols sont proportionnelles à la teneur en matière organique des sols (liée au type d'occupation du sol et à la fréquence d'apport de fertilisants organiques) et varient selon les conditions pédo-climatiques. Différentes études tendent à montrer une augmentation des fournitures en azote des sols par la minéralisation de la matière organique à la suite d'aléas climatiques et plus généralement dans un contexte de réchauffement climatique global (Klaus et al., 2020 et Scholefield et al., 1993).

A noter que les retombées atmosphériques d'azote représentent en France environ 5 à 15 kg N/ha/an (Le Gall et al. 2016). Il n'est pas possible de quantifier précisément ces retombées sur le massif du Jura et de connaître la variabilité de ces apports selon les zones du territoire. Par ailleurs, les actions qu'il serait possibles de mettre en œuvre pour les limiter ne se raisonnent pas à l'échelle du massif du Jura contrairement aux autres sources d'azote présentées dans ce chapitre. Rappelons également que les pertes atmosphériques d'azote issues des élevages, qui peuvent représenter jusqu'à 30 % de l'azote (Peyraud J.-L. et al 2012), n'ont pas été déduites des entrées d'azote sur le massif du Jura. On peut donc considérer que les chiffres présentés maximisent les apports azotés sur les parcelles agricoles.

Différentes méthodes de quantification des flux d'azote agricole peuvent être utilisées : à l'échelle de la parcelle, du parcellaire, de l'exploitation dans sa globalité,... (Peyraud J.-L. et al 2012). Le bilan apparent des minéraux est une approche globale développée par Idele- Institut de l'Élevage et les Chambre d'Agriculture. Il est notamment utilisé dans le cadre du suivi des fermes de références Inosys. Le bilan apparent des

minéraux quantifie à l'échelle de l'exploitation l'ensemble des entrées et des sorties d'azote, ainsi que les pertes dans le milieu (air et eau) et le stockage dans le sol. Le schéma ci-dessous représente le bilan global et les flux d'azote à d'une exploitation type élevage laitier en zone de montagne avec une alimentation à base d'herbe. Les données sont issues d'une synthèse des références 2009-2013 des exploitations du réseau de la catégorie « herbe montagne » (Foray et al. 2017, figure 67). Ce bilan permet de constater qu'à l'échelle de l'exploitation, les sorties d'azote se font majoritairement sous forme de productions agricoles (lait, viande, céréales et fourrages vendus), sous forme de pertes gazeuses et sous forme de stockage dans le sol. Les pertes annuelles d'azote par lessivage, du fait de l'occupation permanente du sol en prairie sont faibles en moyenne, de l'ordre de 5 à 15 kg/ha. Cet ordre de grandeur est confirmé par différentes études locales (Charlier et al 2020, Badot et al 2018). A l'échelle de la parcelle, les pertes peuvent cependant être plus importantes selon les pratiques agricoles et les conditions climatiques.

Dans le cadre d'une approche globale des flux d'azote dans un bassin versant, il convient d'être prudent dans les interprétations qui peuvent être réalisées. Les flux d'azote exportés dans l'exutoire d'un bassin versant ne peuvent pas être comparés aux apports pouvant être réalisés sur les parcelles agricoles et qui ont fait l'objet d'une quantification dans ce chapitre.

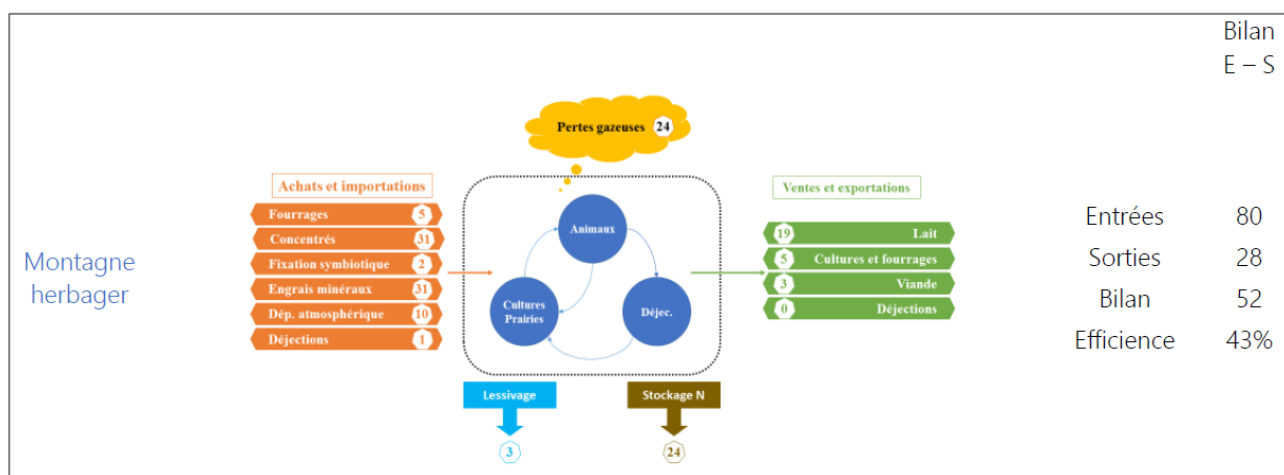
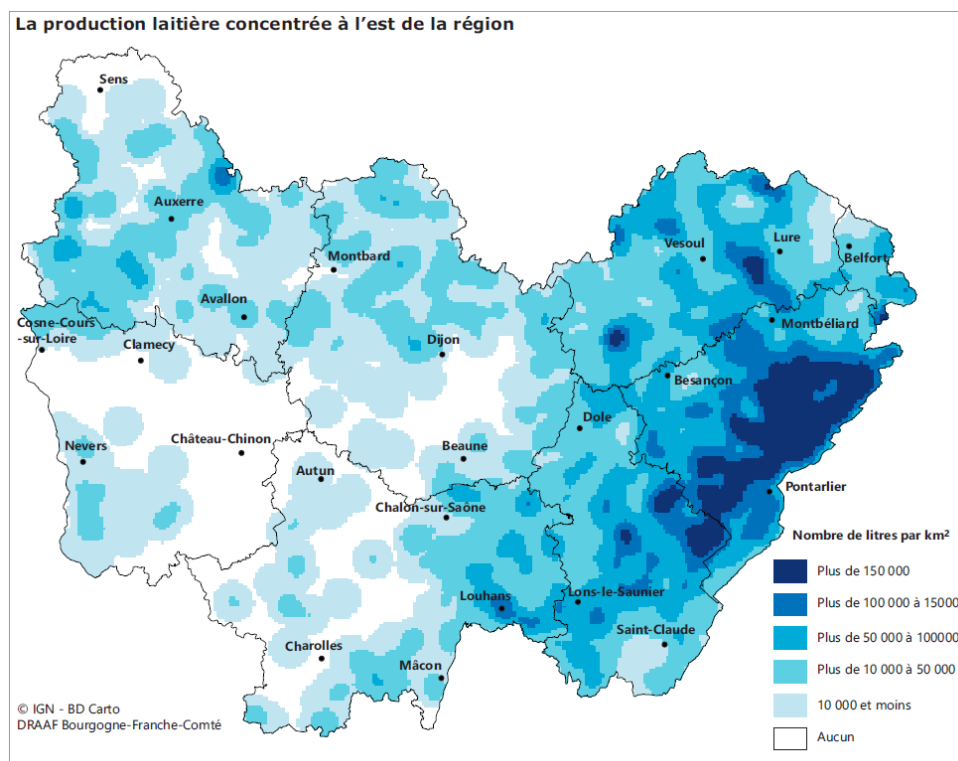


Figure 67 : Flux d'azote moyens (en kgN/ha SAU/an) et bilans d'azote pour le système laitier « herbe-montagne » - données Inosys Réseau d'Elevage, 2009-2013

5.7 Evolution des volumes de lait transformés entre 2014 et 2020

5.7.1 Evolutions à l'échelle départementale, régionale et nationale

A l'échelle de la région Bourgogne-Franche-Comté, le massif du Jura et en particulier le Doubs, concentrent la majorité de la production laitière comme on peut le constater sur la figure 68 ci-dessous.



Source : France Agrimer, déclarations de livraisons 2017

Figure 68 : Production laitière en Franche-Comté. Source : Agreste Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2018, Juillet 2020.

Cette concentration reflète la spécialisation et la vocation laitière du massif du Jura et la part plus importante des surfaces agricoles dans le Doubs par rapport au Jura où les forêts sont plus nombreuses. Cette vocation laitière sous label de qualité AOP du massif du Jura est une chance pour le territoire car elle permet le maintien des prairies et encadre les pratiques de fertilisation et la productivité laitière.

Les données présentées dans ce paragraphe sont issues des « chiffres du lait » 2016 et 2019 publiés par la DRAAF de Bourgogne Franche-Comté. Elles sont issues des enquêtes annuelles laitières. Les chiffres correspondent à des données départementales, régionales ou nationales et non au périmètre de la zone d'étude Nutrikarst.

Au cours des 50 dernières années la dynamique de la filière laitière dans le Doubs et le Jura est caractérisée par trois périodes distinctes (voir figure 69). De 1970 à 1980, avant l'instauration des quotas laitiers (1984) on constate une forte augmentation de la production laitière. De 1980 à 2000, on constate une très faible variation des volumes de lait livrés : + 0,2 % par an dans le Doubs et une légère diminution dans le Jura, ainsi qu'en Franche Comté et en moyenne française. Au cours des 20 dernières années, on constate une augmentation significative des volumes de lait livrés d'1,1 % par an dans le Doubs et de 0,9 % par an dans le Jura (pour 0,8 % pour la Franche-Comté), ce qui est plus élevé que la moyenne française sur cette même période (+ 0,3 %). Cette augmentation des volumes livrés est particulièrement marquée depuis une dizaine d'année. L'application des quotas laitiers, décidée au niveau européen, s'est étalée sur une période de 30 ans entre 1984 et 2015. Alors qu'on constate une diminution des livraisons de lait en France entre les années 1980 et 2010, les livraisons sont restées stables en Franche Comté. Depuis les années 2010, on peut constater

une augmentation significative des livraisons de lait dans le Doubs et le Jura, portée par l'arrêt des quotas laitiers et le dynamisme des filières AOP.

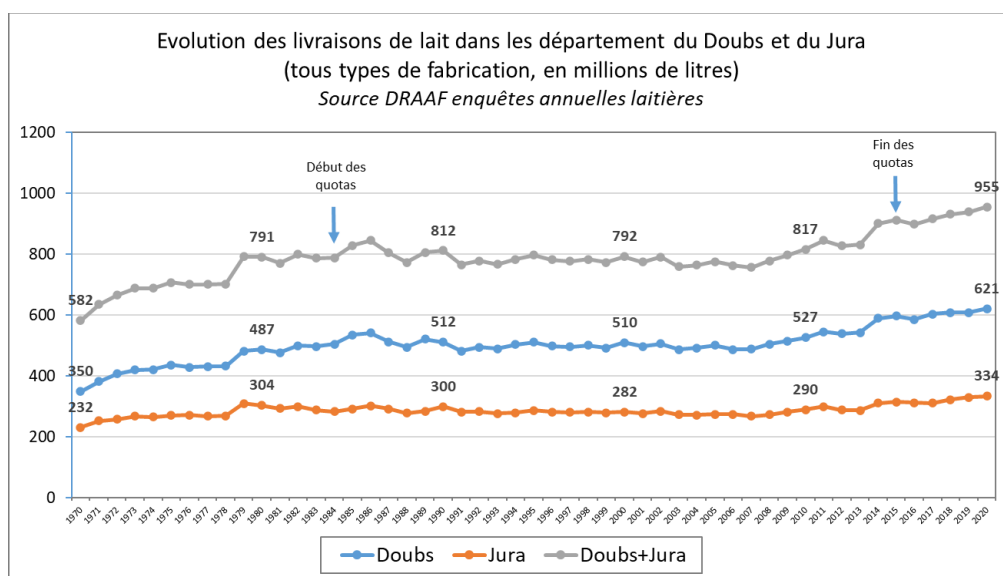


Figure 69 : évolution des livraisons de lait dans le Doubs et le Jura. Source : Agreste Franche Comté N°129. Juin 2008. Les chiffres du lait 2016 et 2019. Enquêtes annuelles laitières. DRAAF BFC Mai 2018 et Mai 2020. Communication DRAAF pour les chiffres de 2020.

Les tableaux suivants représentent les livraisons de lait (en millions de litres) et leur évolution (en % par an) dans l'ensemble du département du Doubs, du Jura, en Franche Comté et en France de 1970 à 2019.

Année	Doubs	Jura	Franche-Comté	France
1970	350	232	ND	ND
1980	487	304	1129	24107
1990	512	300	1133	23425
2000	510	282	1099	22626
2010	527	290	1124	22871
2020	621	334	1257 (2019)	23813 (2019)

Période	Evolution moyenne annuelle par décennie			
	Doubs	Jura	Franche-Comté	France
1980/1970	3,9%	3,1%	ND	ND
1990/1980	0,5%	-0,1%	0,0%	-0,3%
2000/1990	0,0%	-0,6%	-0,3%	-0,3%
2010/2000	0,3%	0,3%	0,2%	0,1%
2020/2010	1,8%	1,5%	1,3%*	0,5%*
Evolution moyenne (en % par an) des livraisons de lait par période de 20 ou 19 ans entre 1980 et 2020				
Période	Doubs	Jura	Franche-Comté	France
2000/1980	0,2%	-0,4%	-0,1%	-0,3%
2020/2000	1,1%	0,9%	0,8%*	0,3%*

Source : Les chiffres du lait 2016 et 2019. Enquêtes annuelles laitières. DRAAF BFC Mai 2018 et Mai 2020 et communication DRAAF pour les chiffres du Doubs et du Jura pour l'année 2020. *Variation par rapport à l'année 2019 pour la Franche-Comté et la France.

Depuis 10 ans la répartition des livraisons de lait dans le département du Doubs et du Jura permet de constater que l'augmentation des livraisons concerne uniquement le lait AOP et représente annuellement une augmentation de 3,8 % dans le Doubs et de 3 % dans le Jura, les livraisons de lait non AOP régressant sur cette même période d'environ 4 %. Dans l'Ain, on ne constate pas de variation significative des livraisons de lait à l'échelle départementale (répartition lait AOP, non AOP non disponible).

Millions de litres	Ensemble du Doubs			Ensemble du Jura			Ensemble de l'Ain
	Doubs Lait AOP	Doubs Lait non AOP	Total Doubs	Jura Lait AOP	Jura Lait non AOP	Total Jura	
2010	394	133	527	230	61	290	296
2011	408	138	546	237	63	300	296
2012	422	117	539	236	53	289	302
2013	420	123	543	233	56	288	293
2014	484	106	590	263	48	311	282
2015	497	100	597	270	45	316	281
2016	502	84	586	274	38	313	276
2017	516	88	604	272	40	312	289
2018	523	94	617	282	43	325	291
2019	526	84	609	291	36	327	292
2020	544	77	621	298	37	334	297
Evolution en % de 2010 à 2020	38%	-42%	18%	30%	-40%	15%	1%
% par an	3,8%	-4,2%	1,8%	3,0%	-4,0%	1,5%	0,05%

L'augmentation des livraisons de lait dans le Doubs et le Jura a été soutenue par l'augmentation du nombre de vaches laitières et l'augmentation de la productivité par vache, comme détaillé dans le tableau suivant (chiffres disponibles jusqu'en 2019). Dans l'Ain, à l'échelle départementale, on constate que les livraisons de lait ont été maintenues sur la période 2010-2019 avec une diminution des effectifs compensée par une augmentation de la productivité par vache.

Année	Nombre de vaches laitières			Lait par vache laitière (l)		
	Doubs	Jura	Ain	Doubs	Jura	Ain
2010	92 590	51 770	47 630	5692	5605	6269
2011	92 130	51 020	46 650	5931	5881	6400
2012	93 970	51 570	45 710	5733	5603	6649
2013	98 210	53 360	45 738	5524	5405	6500
2014	98 915	53 600	44 990	5960	5810	6347
2015	100 070	54 245	44 080	5961	5817	6431
2016	102 217	55 588	43 633	5735	5628	6400
2017	102 016	55 207	42 981	5921	5651	6788
2018	100 483	54 747	42 107	6142	5937	6906
2019	101 323	54 797	41 125	6010	5967	7095
Evolution en % de 2010 à 2019	9,4%	5,8%	-13,7%	5,6%	6,5%	13,2%
soit par an en %	1,05%	0,65%	-1,52%	0,62%	0,72%	1,46%
Evolution 2010 à 2019 en quantité	8 733	3 027	-6 505	318	362	826
soit par an en quantité	970	336	-723	35	40	92

D'après Agreste Bourgogne Franche Comté et Auvergne Rhône Alpes, les chiffres du lait et communication personnelle DRAAF. Données départementales.

L'augmentation des livraisons de lait dans les départements du Doubs et du Jura est liée à la dynamique des filières AOP, résultant elle-même d'un prix du lait en constante augmentation (environ + 3,5 % par an depuis 15 ans) et dont l'écart avec le prix non AOP ne cesse de se creuser (figure 70 ci-après).

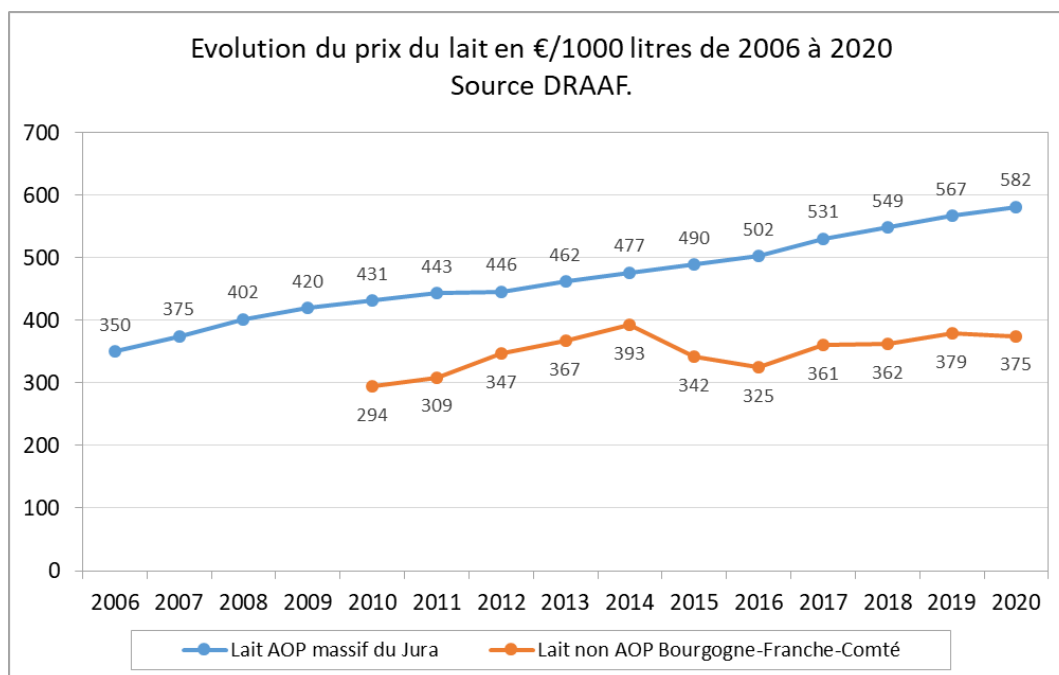


Figure 70 : évolution du prix du lait entre 2016 et 2019. Source : Les chiffres du lait 2016 et 2019. Enquêtes annuelles laitières. DRAAF BFC Mai 2018 et Mai 2020.

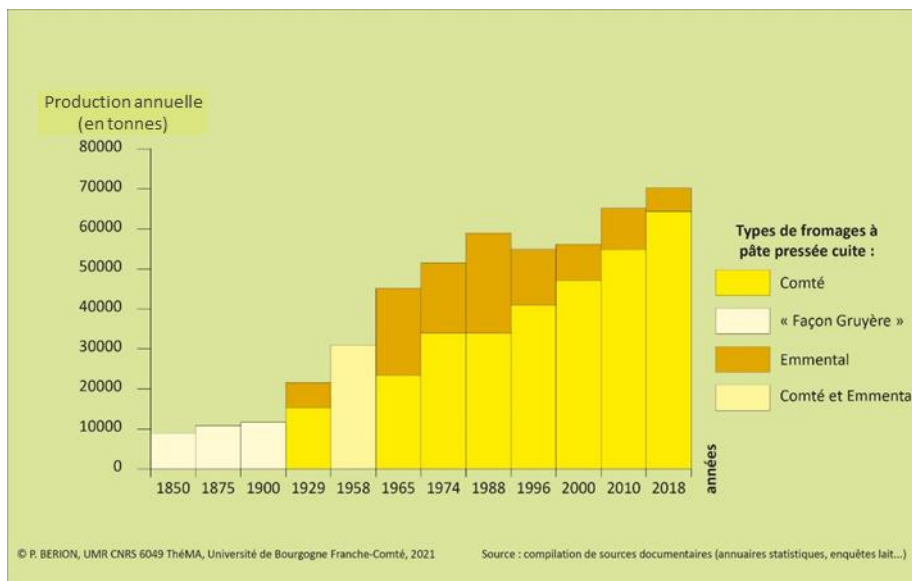
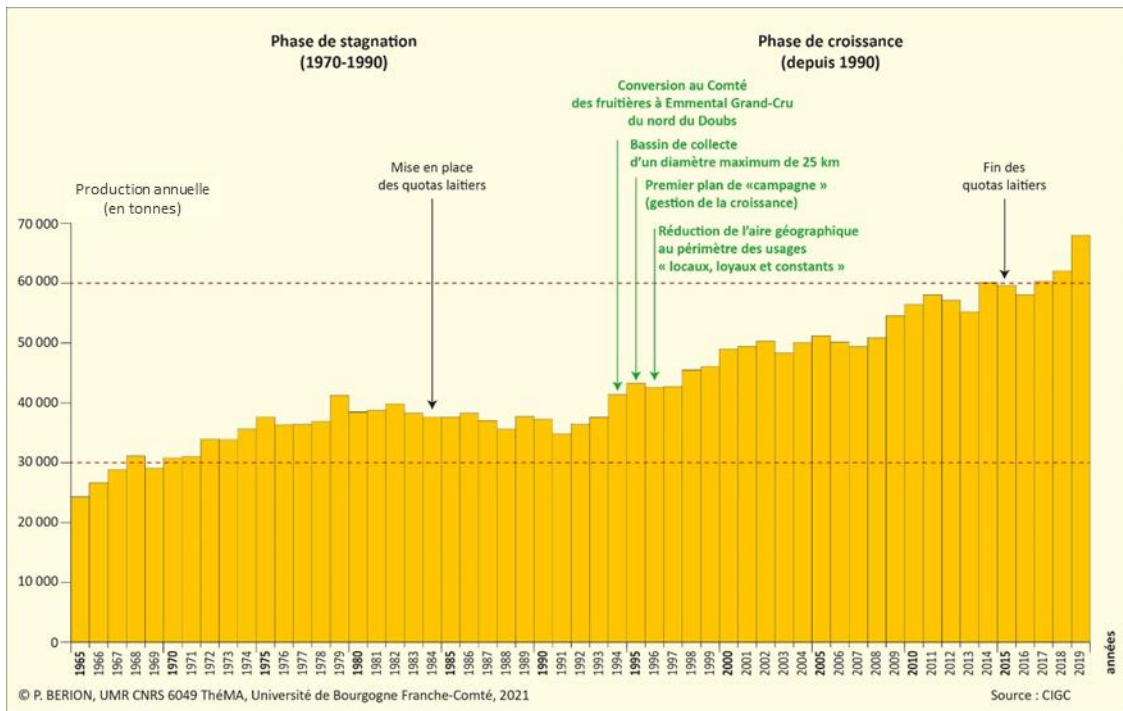
Le prix du lait collecté est celui payé par les établissements du département quelle que soit la localisation des producteurs. Il est calculé comme la moyenne des prix payés par les établissements collecteurs pondérée par leur collecte. Le prix du lait « AOP massif du Jura » est le prix du lait qui alimente les filières de fabrication du Comté, du Morbier, du Mont d'Or et du Bleu de Gex. Le prix du lait est exprimé par 1000 litres, hors taxe et définitif (tous les acomptes et ristournes sont compris).

5.7.2 Evolution de la production de Comté sur le Massif du Jura

« En 1958, le Comté est le premier fromage à obtenir son appellation d'origine contrôlée dont sa zone d'appellation se situe dans le Doubs, le Jura, l'Ain et une partie de la Saône et Loire. Le cahier des charges historique de l'appellation AOP Comté explique le paysage du département. En effet, celui-ci stipule que « les vaches laitières pâturent après la fonte de la neige et dès que la portance des sols le permet, aussi longtemps que les conditions climatiques, de portance et de présence d'herbe le permettent ». En 2018, plus de 66 800 tonnes de Comté ont été fabriquées dont 60 % dans le Doubs et 38 % dans le Jura. Le Morbier est la deuxième appellation en volume de production, avec près de 11 600 tonnes fabriquées en 2018 dont 82 % dans le Doubs et 17 % dans le Jura. La zone d'appellation du Mont d'Or, fromage à pâte molle de production saisonnière, est restreinte au Haut-Doubs délimitée par la source du Doubs et le Saut du Doubs à plus de 700 m d'altitude. » Source : Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Avril 2020 N°3. L'Agriculture du Doubs et Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Février 2021 N°20. L'Agriculture du Jura.

Au cours des 40 dernières années, la production de Comté est passé de près de 40 000 à environ 65 000 tonnes par an, soit une augmentation de près de 65 % (soit 1,6 % par an). Dans le même temps, les livraisons totales de lait dans le Doubs et le Jura progressaient de 21 % (soit 0,5 % par an). L'augmentation de la productivité laitière des départements du Doubs et du Jura ne permet pas d'expliquer l'augmentation de la production de Comté. Au cours des dernières années, la conversion au Comté des fruitières à Emmental (français ou Grand-Cru) du nord du Doubs à partir de 1994 (voir figures 71 à 73) ainsi que l'augmentation de

prix du lait AOP régional (+ 30 % entre 2010 et 2019) par rapport au lait standard, ont conduit à des transferts de production de lait standard vers les filières AOP. Les transferts de destination du lait produit sur le massif du Jura en faveur de lait AOP s'est accompagné de l'adhésion d'un plus grand nombre d'agriculteurs à des cahiers des charges exigeant du point de vue environnemental (production à base d'herbe, limitation des concentrés, limitation de la fertilisation azotée,...).



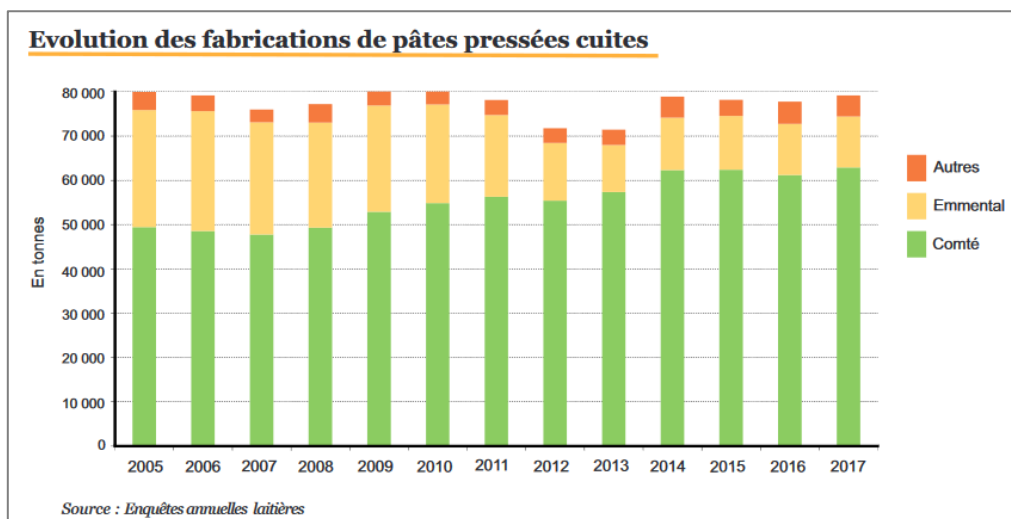


Figure 73 : Evolution des fabrications de pâtes pressées cuites de 2005 à 2017. Source : Agreste Bourgogne Franche-Comté N°58. Avril 2019.

5.7.3 Evolution des livraisons de lait dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura entre 2014 et 2020

Les données des volumes de lait transformés (figure 74) ont pu être recueillies auprès de la DRAAF de Bourgogne Franche-Comté pour les années 2014 à 2020 à l'échelle cantonale ou après regroupement de cantons en raison du secret statistique (moins de trois laiteries par canton). Les données ne sont pas disponibles pour la zone d'étude Nutrikarst dans l'Ain. Les volumes de lait transformé annuellement sont à la fois liés aux effectifs de vaches laitières mais également à la productivité par vache qui fluctue d'une année à l'autre, notamment selon les conditions climatiques annuelles, qui influent sur la quantité et la qualité du fourrage produit. Entre 2014 et 2020 on constate une augmentation de 71 millions de litres de lait transformé (+ 9,5 % soit + 1,6 % par an en moyenne). Les années 2016 (forts excès d'eau au cours des 6 premiers mois de l'année, suivis d'un déficit de pluviométrie) et 2017 (printemps sec et chaud) sont caractérisées par une diminution des livraisons alors que les années suivantes voient les livraisons augmenter de façon régulières (années sèches et chaudes compensées par une augmentation des effectifs de vaches laitières en raison d'une conjoncture économique favorable). Après la canicule de 2018, l'ajustement dans les fermes a essentiellement été réalisé sur le nombre de génisses et non sur celui des vaches laitières.

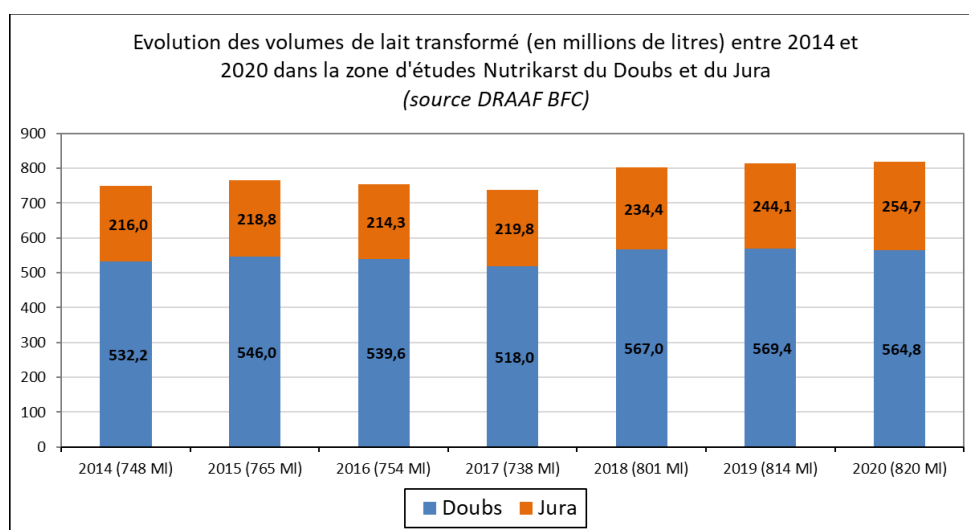


Figure 74 : évolution des livraisons de lait dans les cantons du Doubs et du Jura situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.

L'augmentation globale des volumes de lait transformé à l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst entre 2016 et 2020 concerne les plateaux moyen et supérieur, en particulier dans le Doubs, alors qu'on ne constate pas d'augmentation dans la zone montagne, en plaine et sur le premier plateau (voir figures 75 et 76 ci-dessous). Cette évolution est conforme à l'évolution des effectifs des vaches laitières par région agricole dans le Doubs présenté précédemment (figure 32).

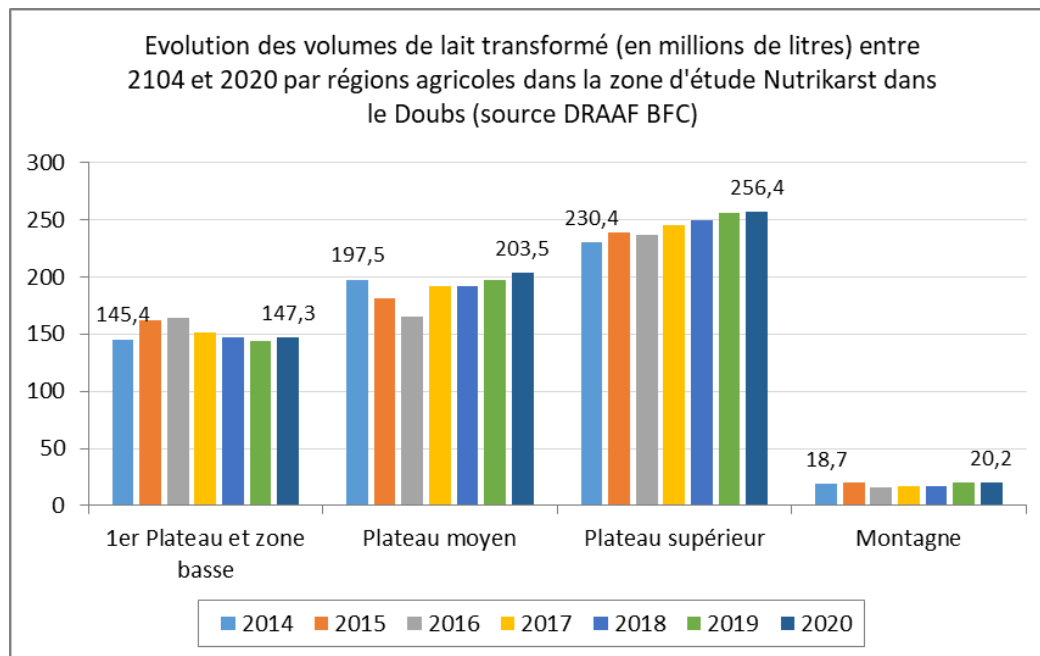


Figure 75 : évolution des livraisons de lait (millions de litres) dans les cantons du Doubs par régions agricoles situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.

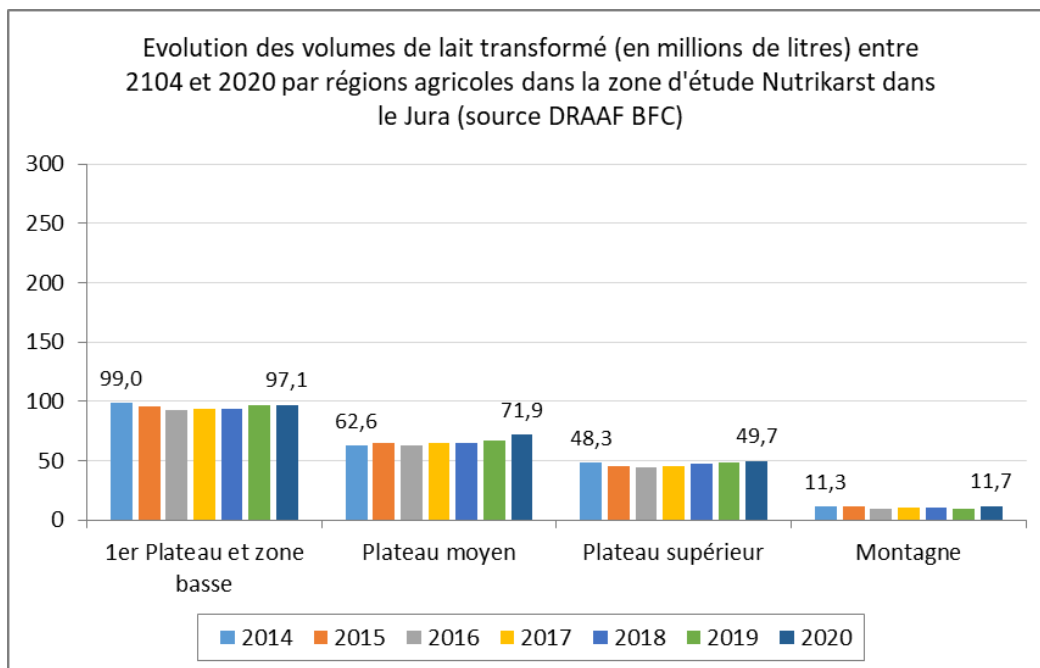


Figure 76 : évolution des livraisons de lait dans les cantons du Jura par régions agricoles situés dans la zone d'étude Nutrikarst entre 2014 et 2020. Source : DRAAF BFC.

5.7.4 Densité laitière par ha de Surface Fourragère Principale (SFP) dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura entre 2014 et 2020

La mise en relation des volumes de lait livré avec les surfaces (données RPG disponibles jusqu'en 2019) à l'échelle des secteurs géographiques de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura permet de définir une pression de lait livré ou densité laitière par ha de Surface Fourragère Principale. Cet indicateur permet de constater dans le tableau suivant que pour la période 2014 à 2020 la densité laitière est plus élevée dans le Doubs que dans le Jura et que trois des quatre zones géographiques les plus denses sont situées dans le Doubs avec 3331 à 4442 litres lait/ha de SFP et le plateau moyen du Jura avec 3805 à 3947 litres de lait par ha de SFP.

Volume de lait transformé par ha de Surface Fourragère Principale et par zone géographique dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura. Source DRAAF (volumes de lait transformés et surfaces PAC RPG).

Dép.	Zone géographique	2014	2015	2016	2017	2018	2019
25	1er Plateau et zone basse	3 519	3 847	3 897	3 545	3 464	3 331
25	Plateau moyen	4 442	3 988	3 640	4 215	4 167	4 277
25	Plateau supérieur	3 401	3 469	3 441	3 549	3 593	3 681
25	Montagne	1 956	1 969	1 580	1 603	1 651	1 892
39	1er Plateau et zone basse	2 022	1 900	1 827	1 820	1 819	1 856
39	Plateau moyen	3 946	3 947	3 805	3 857	3 817	3 926
39	Plateau supérieur	2 199	1 952	1 875	1 904	2 010	2 001
39	Montagne	1 013	921	770	814	833	742

Comme à l'échelle départementale, l'augmentation des volumes de lait transformés est liée à l'augmentation des effectifs des vaches laitières (voir paragraphe consacré au cheptel bovin) et à l'augmentation de la productivité laitière par vache (voir figure 77 ci-dessous pour la période 2014/2020). Cette productivité varie peu d'une année à l'autre et est fortement liée aux conditions climatiques qui influencent la production fourragère en quantité et en qualité.

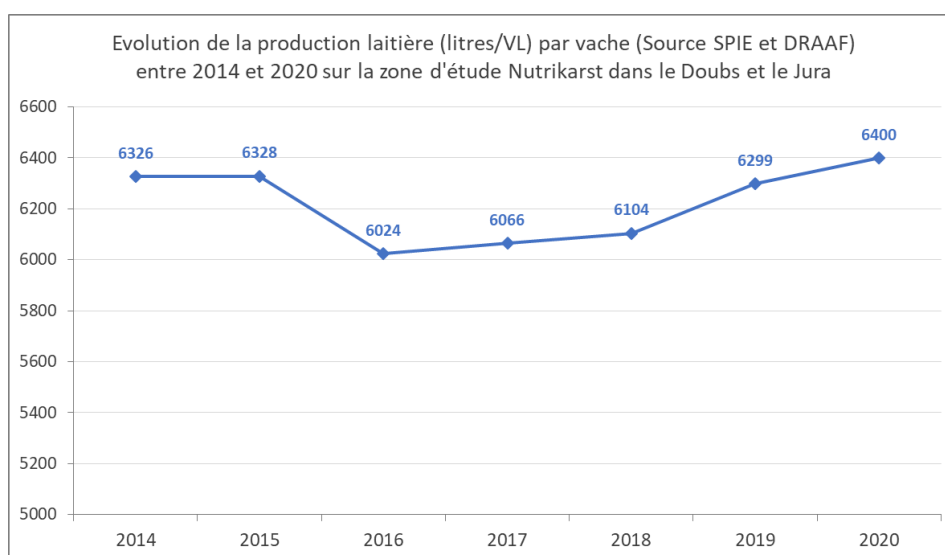


Figure 77 : évolution de la production laitière par vache dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura (source SPIE et DRAAF)

5.8 Caractérisation des sols de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura

Les sols agricoles de la zone d'étude Nutrikarst peuvent être décrits en utilisant la carte établie à l'échelle de la Franche-Comté en 1999 par le Groupement Régional Agronomie Pédologie GRAP (François M. et al, 1999). Cette carte a été établie à partir de secteurs de référence cartographiés sur le terrain et d'une interprétation pédologique et topographique de la carte géologique. On distingue trois grandes catégories de sols : les sols aérés situés préférentiellement sur roche calcaire dont la profondeur permet de distinguer trois sous-catégories, les sols de versant présentant une pente forte et les sols hydromorphes situés généralement sur géologie marneuse. Les premiers sont filtrants et associés à des écoulements diffus gravitaires vers le sous-sol et le karst, avec une rapidité des transferts liés à la profondeur du sol et à la nature du couvert. Les sols de versant sont situés en zone d'éboulis dans les vallées qui entaillent le massif du Jura. Lorsqu'ils ne sont pas boisés, ils sont généralement occupés par des prairies, des vergers ou des vignes. Les sols hydromorphes sont relativement imperméables avec des écoulements sous forme de ruissellement vers les points bas du paysage : cours d'eau, gouffres ou dolines. Sur la base de cette cartographie des sols de Franche-Comté, les tableaux et graphiques suivants présentent la répartition des sols dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura.

Régions agricoles Nutrikarst Doubs en ha	Sols aérés profonds (>35 cm)	Sols aérés superficiels (20 à 35 cm)	Sols très superficiels (< 20cm)	Sols de versant	Sols hydromorphes
1er Plateau et zone basse	16311	24580	3323	2984	8076
Plateau moyen	8431	28723	3095	2491	4679
Plateau supérieur	6437	41638	4206	2395	11241
Montagne	90	6647	188	856	2410
Total Nutrikarst Doubs	31268	101588	10812	8725	26406

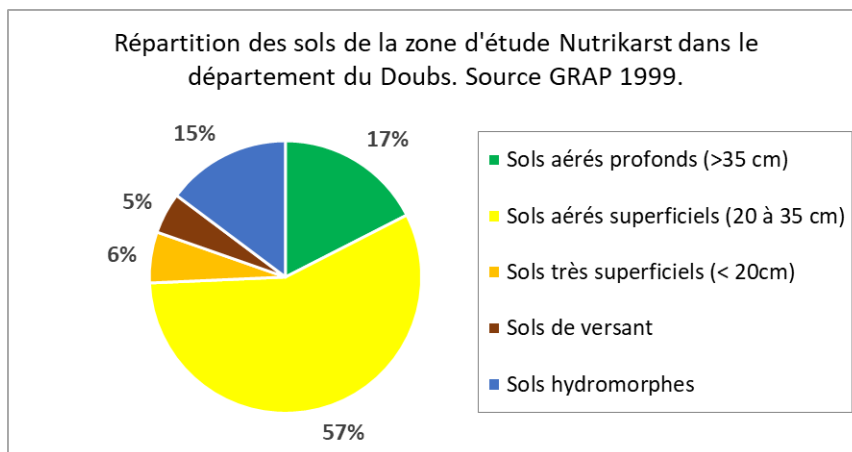


Figure 78 : répartition en pourcent des grandes catégories de sol dans la zone d'étude Nutrikarst du Doubs. Selon GRAPE 1999.

Dans la zone d'étude Nutrikarst du département du Doubs, 80 % des sols sont des aérés. Les sols aérés superficiels (20 à 35 cm de profondeur) dominent avec 57 % du total des sols. Les sols aérés profonds (> 35 cm) représentent 17 % et les sols très superficiels (< 20 cm) ne représentent que 6 % des sols. Les sols hydromorphes représentent 15 % des sols. Enfin, les sols de versant représentent 5 % du total des sols.

Régions agricoles Nutrikarst Jura en ha	Sols aérés profonds (>35 cm)	Sols aérés superficiels (20 à 35 cm)	Sols très superficiels (< 20cm)	Sols de versant	Sols hydromorphes
1er Plateau et zone basse	4454	15758	1393	6128	16473
Plateau moyen	798	26231	3466	2049	9235
Plateau supérieur	300	9236	0	735	3170
Montagne	0	5247	1949	1926	1651
Total Nutrikarst Jura	5552	56472	6808	10838	30529

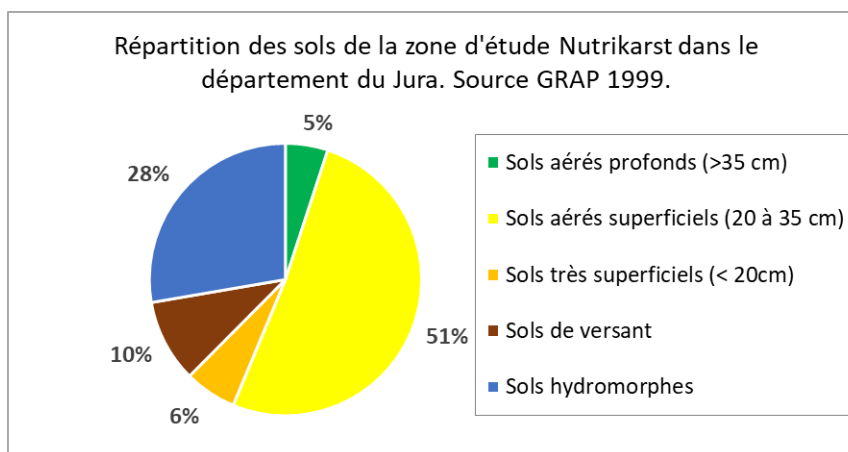


Figure 79 : répartition en pourcent des grandes catégories de sol dans la zone d'étude Nutrikarst du Jura. Selon GRAPE 1999.

Dans la zone d'étude Nutrikarst du département du Jura, 62 % des sols sont des aérés. Comme dans le Doubs, les sols aérés superficiels (20 à 35 cm de profondeur) dominent avec 51 % du total des sols. Les sols aérés profonds (> 35 cm) ne représentent que 5 % et les sols très superficiels (< 20 cm) 6 % des sols. Les sols hydromorphes sont plus présents que dans le Doubs avec 28 % du total des sols. Le reste des sols est constitué des sols de versant (10%).

La répartition des catégories de sols dans la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs et le Jura est représentée dans les figures 80 et 81 ci-après.

En ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques des sols présents dans la zone d'étude Nutrikarst, il est possible d'en faire l'analyse à partir des données issues de la BDAT (Base de Données d'Analyses de Terre) disponible à l'échelle cantonale entre 1990 et 2014. L'évolution des propriétés physico-chimiques des sols des cantons de l'étude Nutrikarst fait l'objet d'un chapitre spécifique dans l'étude détaillée de la Chambre d'Agriculture.

Carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs
selon la carte des sols de Franche-Comté (GRAP, 1999)

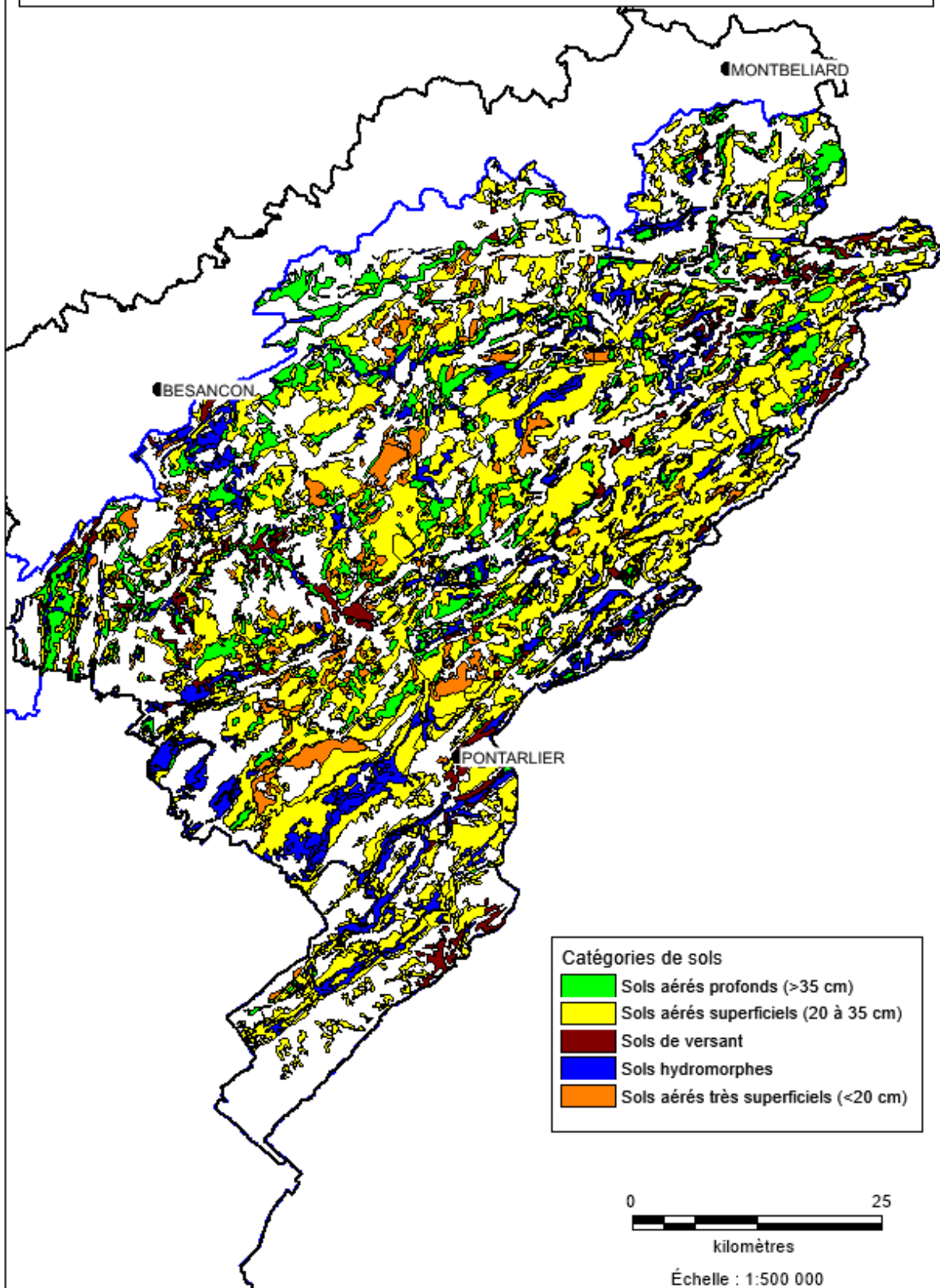


Figure 80 : carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Doubs (selon GRAP, 1999).

Carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura selon la carte des sols de Franche-Comté (GRAP, 1999)

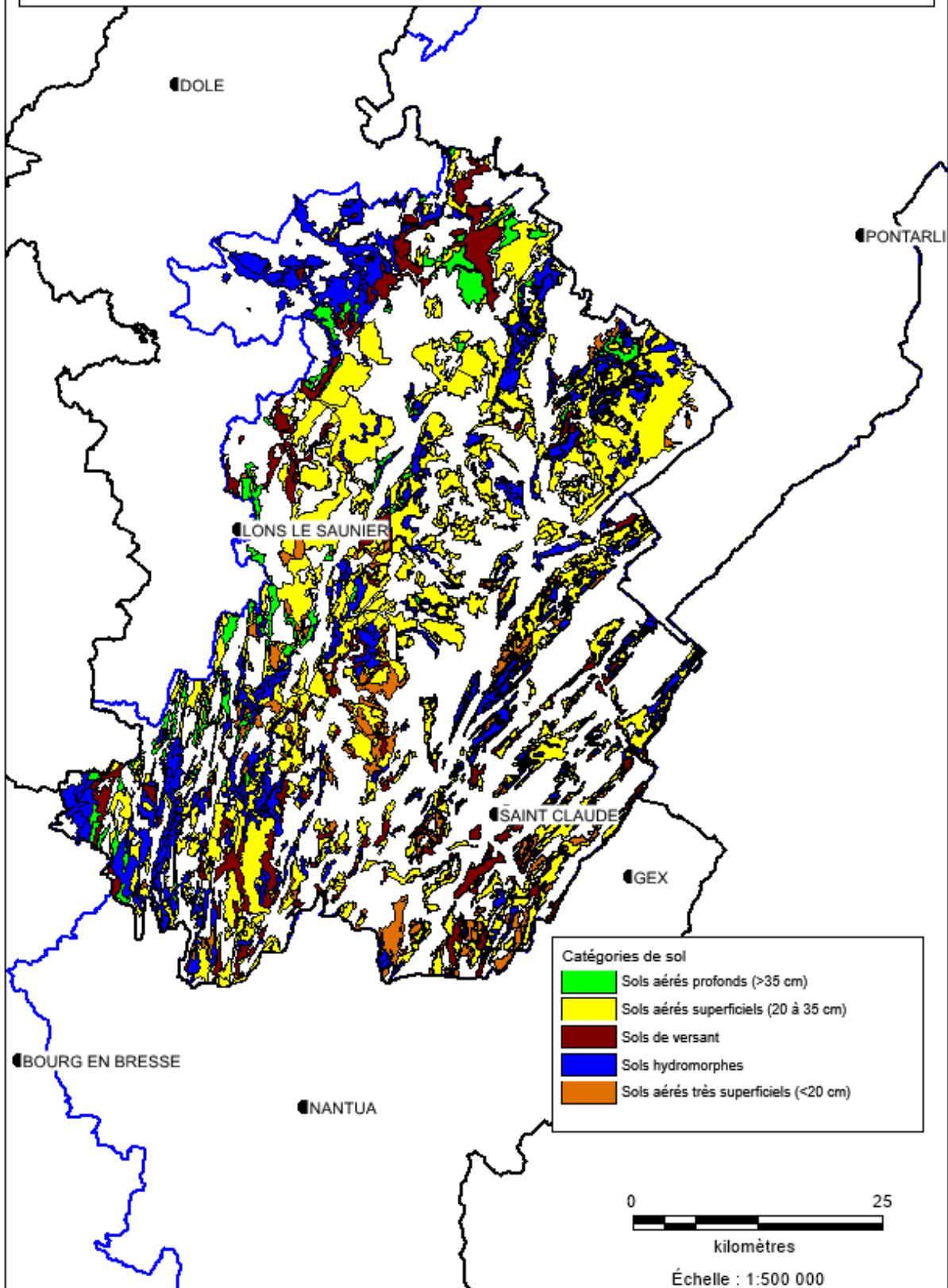


Figure 81 : carte des catégories de sol de la zone d'étude Nutrikarst dans le Jura (selon GRAP, 1999).

5.9 Evolution des teneurs du sol

L'évolution des teneurs du sol sur la zone d'étude Nutrikarst se base sur les données issues de la BDAT (Base de Données d'Analyses des Terres) collectées auprès des laboratoires d'analyse par le GIS Sol (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols). Cette base de données regroupe pour la France métropolitaine les résultats d'analyses effectuées pour des agriculteurs auprès de laboratoires d'analyses de terre agréés par le ministère en charge de l'agriculture. Elle contribue à permettre d'avoir une vision spatiale et temporelle de la répartition et de l'évolution d'un certain nombre de paramètres des horizons de surface des sols agricoles de France. Le Gis Sol met à disposition des résultats agrégés, issus du traitement des analyses de la BDAT (base de données des analyses de terre), soit plus de 2 millions d'échantillons d'horizons de surface de sols cultivés, prélevés en France entre 1990 et 2014.

La BDAT regroupe au total 31 paramètres permettant d'évaluer les propriétés physico-chimiques des sols (pH, carbone, capacité d'échange cationique, taux de saturation), leur fertilité (azote, carbone organique, phosphore, potassium, magnésium, sodium), leurs teneurs en métaux et métalloïdes (bore, cuivre, fer, manganèse, zinc) et enfin, leur texture (argile, limon, sable). Les données statistiques agrégées par canton, sont disponibles pour 5 périodes : 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014. La répartition des résultats d'analyses est hétérogène sur le territoire métropolitain : à l'inverse des régions de montagnes, les grandes régions céréalières sont bien pourvues. Pour respecter la confidentialité des données individuelles collectées, les analyses collectées dans la BDAT et géoréférencées à la commune sont agrégées au niveau cantonal.

Avec des données collectées sur 25 ans, la BDAT permet d'étudier les éventuelles évolutions des propriétés physico-chimiques des sols. La BDAT constitue un outil pertinent pour étudier à moyenne échelle des thématiques pédologiques, agronomiques ou environnementales impliquant l'horizon de surface des sols.

Dans le cadre de l'étude Nutrikarst, les données de la BDAT utilisées correspondent aux 57 cantons du périmètre d'étude Nutrikarst. Les effectifs des paramètres analysés disponibles par canton sont variables selon les périodes et les paramètres eux-mêmes. Les analyses de sol sont très majoritairement réalisées par les agriculteurs dans les parcelles en culture car elles permettent de piloter les apports d'engrais de fond (phosphore, potasse en particulier), d'amendement basique (selon l'état calcique et le pH du sol) et d'amendement organique (apports de composts dans les sols pauvres en matière organique par exemple). En prairie, les analyses de sol sont nettement moins courantes : les apports phospho-potassiques sont pilotés par des analyses d'herbe mesurant les indices de nutrition iP iK, les teneurs en matière organique sont naturellement élevées et seul les parcelles acides peuvent nécessiter de réaliser des analyses de sol. Une part importante des analyses de sol des prairies sur le massif du Jura provient des suivis agronomiques liés aux épandages de boues de station d'épuration. Du fait de la dominance des prairies dans la zone d'étude Nutrikarst, le nombre d'analyses disponibles par canton et par période est donc relativement limité.

L'échelle la plus petite pour laquelle les données sont disponibles dans la BDAT Sol est l'échelle cantonale. Ainsi, chaque parcelle analysée dans une commune est rattachée au canton correspondant. Lorsque les données sont comparées dans le temps, les valeurs obtenues pour un canton correspondent à des analyses dont le nombre et la localisation sont variables selon la période. Les comparaisons temporelles sont donc susceptibles d'être biaisées par le fait que ce ne sont pas les mêmes parcelles qui sont comparées au fil du temps. Le regroupement à l'échelle départemental ou des régions agricoles permet de réduire sans limiter totalement ce biais.

Dans le cadre de l'analyse des caractéristiques chimiques des sols présentée ci-après, le choix a été fait de ne présenter les résultats qu'à l'échelle des régions agricoles et des départements en regroupant les cantons concernés par l'étude Nutrikarst.

Les paramètres de la BDAT Sol retenus dans le cadre de cette étude correspondent aux paramètres disponibles permettant une analyse spatio-temporelle et pertinents pour décrire les pratiques agricoles ou

les évolutions en lien avec les transferts de nutriments. Ils sont définis et leurs évolutions aux pas de temps disponibles dans la BDAT sont présentées ci-après.

Le carbone organique du sol est analysé par différentes méthodes au laboratoire. La méthode pour laquelle les effectifs sont les plus importants dans la BDAT Sol de la zone d'étude Nutrikarst est la méthode d'extraction du carbone par oxydation humide (NF ISO 14235). Il est exprimé dans la BDAT Sol en g de C par kg de sol.

Les figures 82 et 83 ci-après montrent une tendance à la baisse des teneurs en carbone dans les sols de la zone d'étude Nutrikarst, à l'exception des zones de plaine.

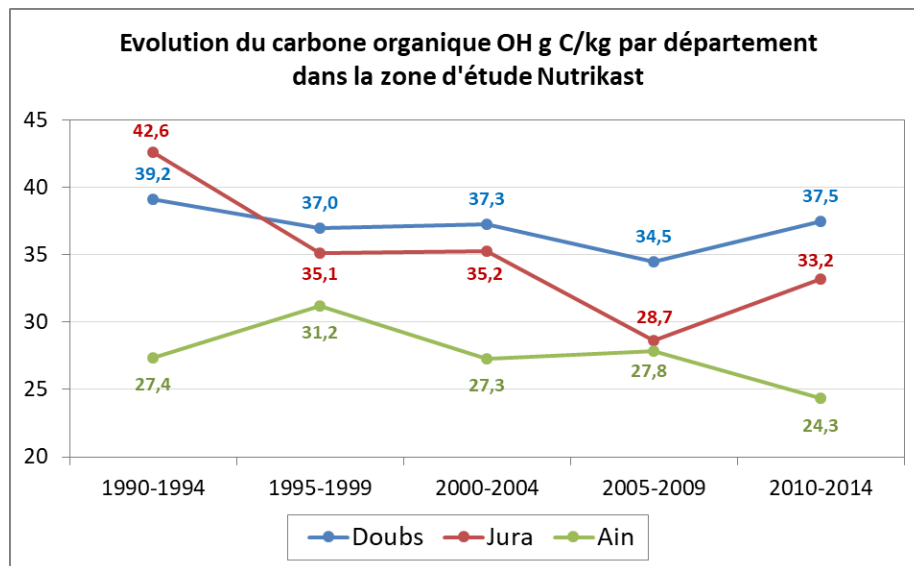


Figure 82 : évolution du carbone organique (OH = méthode d'extraction par Oxydation Humide) par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

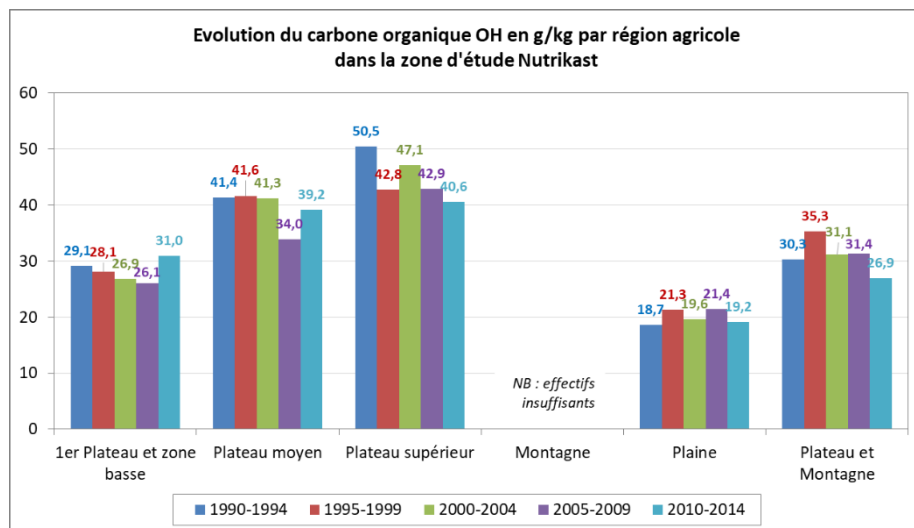


Figure 83 : évolution du carbone organique par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le pH eau du sol (ou potentiel Hydrogène) est une mesure de l'acidité ou de la basicité (alcalinité) d'un sol. Le pH est défini comme le logarithme négatif (base 10) de l'activité des protons H⁺ dans une solution. Lorsque que le pH du sol se situe à 7 il est neutre, en dessous il est acide et au-dessus il est basique ou alcalin. Le pH eau du sol est un paramètre important qui détermine la disponibilité de nombreux éléments nutritifs et il existe une gamme optimale de pH pour le bon développement des plantes (généralement entre 6 et 7,5).

La figure 84 ci-après montre un gradient croissant vers le Sud de la valeur du pH sur le Massif du Jura. Dans le Doubs et dans le Jura le pH semble, à l'échelle départementale relativement stable entre les années 90/94 et les années 2010/2014, alors que dans l'Ain il semble légèrement progresser. Il est cependant difficile de porter une analyse en lien avec les pratiques agricoles étant donné les effectifs parfois limités dans certains cantons et du fait que les parcelles analysées ne sont pas les mêmes d'une campagne de mesure à l'autre. A l'échelle des zones géographiques, la figure 85 montre une augmentation entre les années 90/94 puis une diminution jusqu'en 2010/2014, à l'exception de l'Ain où le pH a globalement tendance à augmenter.

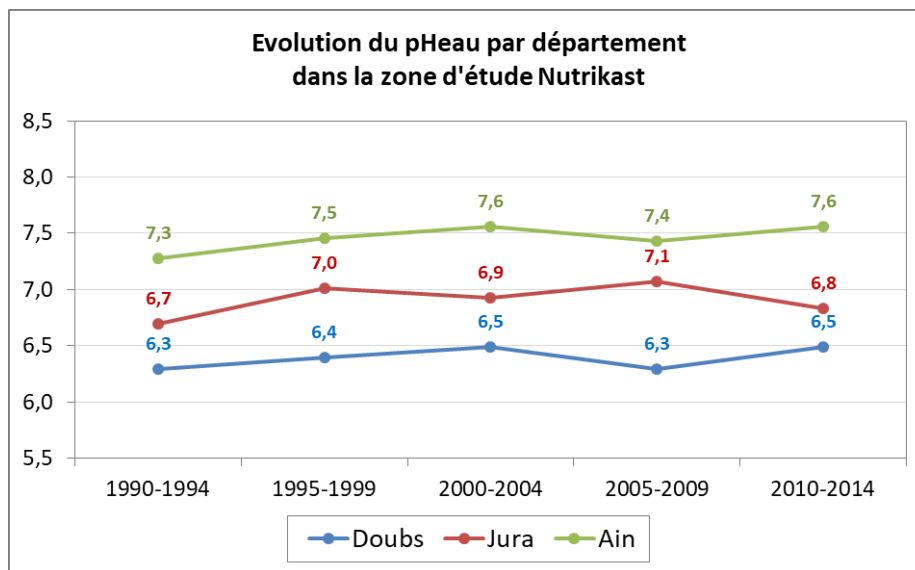


Figure 84 : évolution du pH eau par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

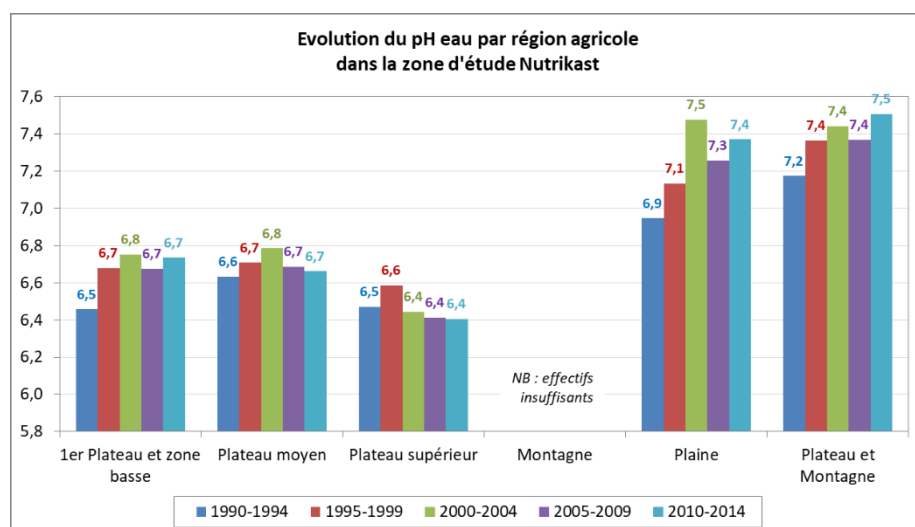


Figure 85 : évolution du pH eau par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le taux de saturation du sol est le rapport de la somme des cations échangeables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ et Na⁺) par la capacité d'échange cationique (CEC). La CEC représente un potentiel de fixation et de libération de cations dans les sols. La CEC croît avec la teneur en argile et en matière organique du sol. Le taux de saturation indique le pourcentage de ce potentiel occupé par les cations Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ et Na⁺. Il peut être supérieur à 100 % dans les sols riches en calcium ou alcalins. Il est exprimé en %.

La figure 86 ci-après montre, comme pour le pH, un gradient croissant vers le Sud du Massif du Jura par département. Au niveau des zones géographiques (figure 87) dans le Doubs et le Jura, le taux de saturation, comme le pH, a tendance à augmenter entre les années 90/94 puis à diminuer jusqu'en 2010/2014. Le manque de données pour l'Ain ne permet pas d'établir de tendance.

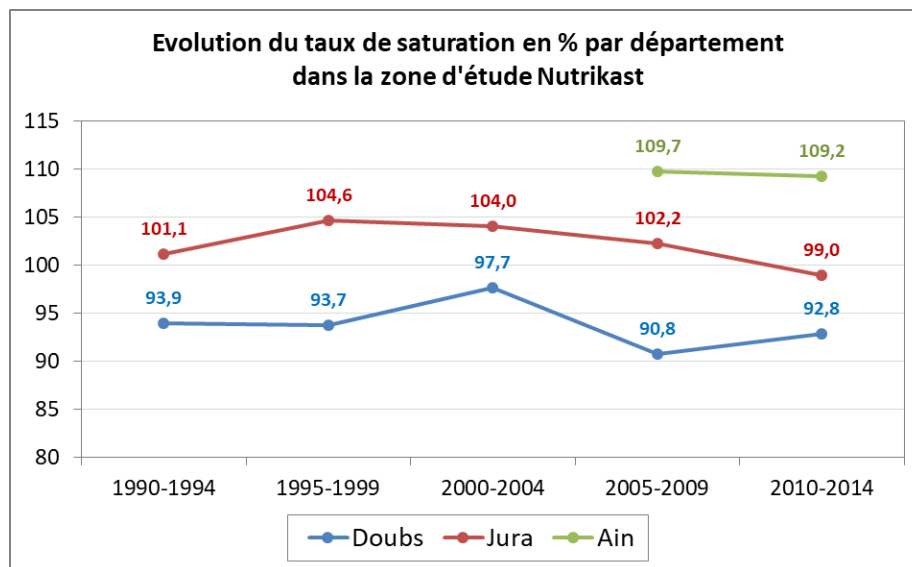


Figure 86 : évolution du taux de saturation en cation de la CEC par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

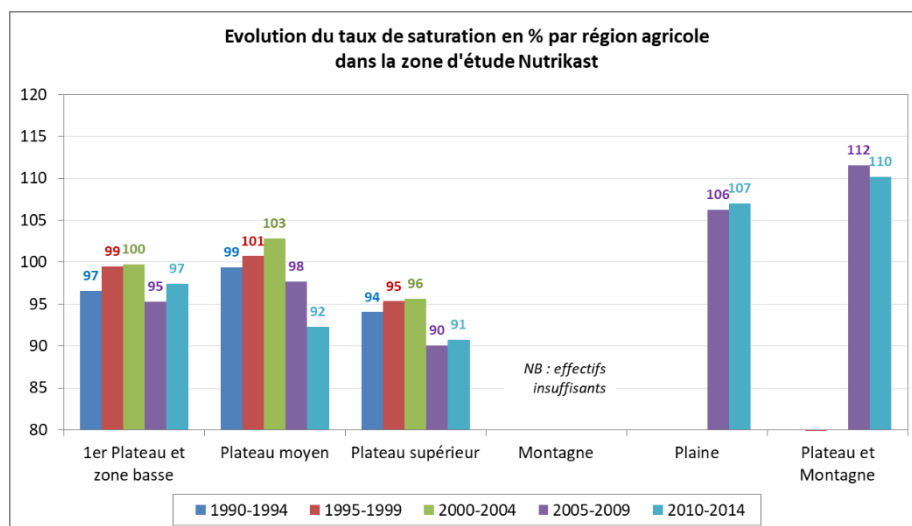


Figure 87 : évolution du taux de saturation en cation de la CEC par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le calcium échangeable est la quantité de calcium ionisé, adsorbé par les colloïdes du sol et pouvant être déplacé par les ions des exsudats radiculaires (ou les ions d'une solution mise en contact avec le sol), de manière à être utilisable par les plantes. Il est exprimé dans la BDAT Sol en mg de CaO/kg de sol.

Au niveau départemental (figure 88) ce paramètre est relativement stable jusqu'à la période 2000/2004 dans le Doubs et l'Ain et jusqu'à la période 2005/2009 dans le Jura. Ensuite on constate une diminution de la teneur en calcium échangeable des sols au niveau départemental, puis une légère remontée pour le Doubs et l'Ain.

Au niveau des zones géographiques (figure 89), on observe une tendance à la baisse sur la plupart des zones, à l'exception de la plaine de l'Ain où le calcium échangeable semble plus stable et de la zone la plus basse du Doubs où il semble augmenter.

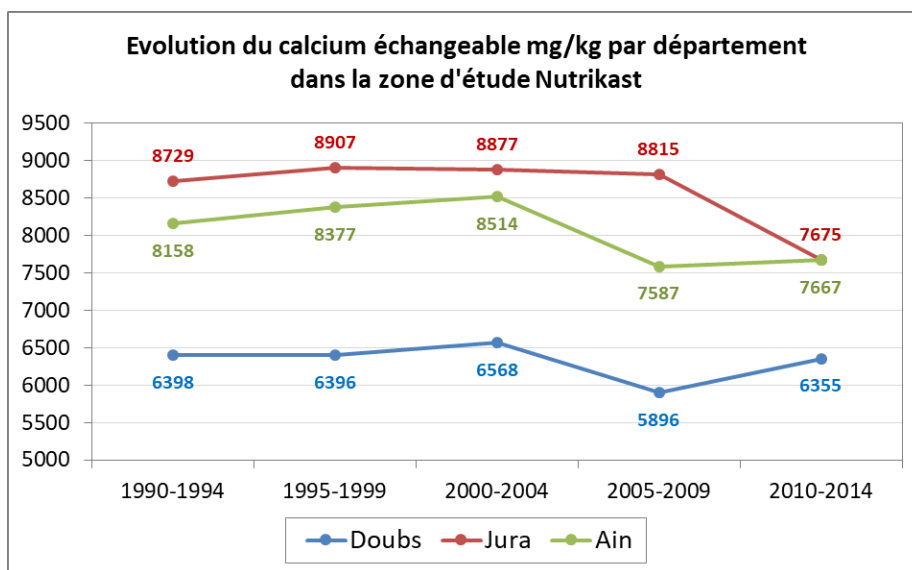


Figure 88 : évolution du calcium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

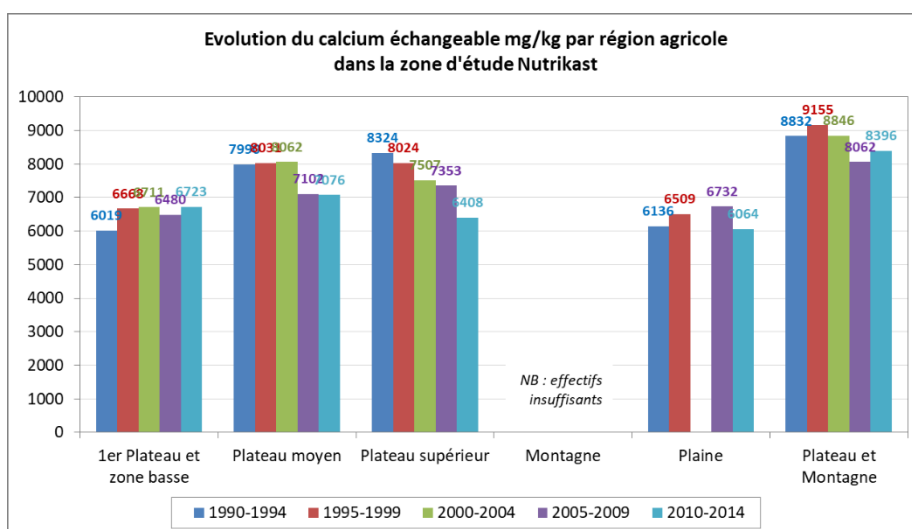


Figure 89 : évolution du calcium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le phosphore extractible du sol est analysé par dissolution du phosphore présent dans le sol à l'aide de différents solvants. En France, les principales méthodes sont la méthode Dyer (plutôt agressive et utilisée dans les sols acides), la méthode Joret-Hebert et la méthode Olsen (cette dernière étant plus récente et moins agressive). La BDAT Sol propose ces trois méthodes mais avec des effectifs souvent insuffisants pour les cantons concernés par la zone d'étude Nutrikarst. Un calcul d'équivalence Olsen est également disponible permettant de disposer d'un plus grand nombre d'analyses par canton et pour les 5 périodes considérées. Le phosphore extractible est exprimé en mg de P₂O₅/kg de sol.

Les teneurs en phosphore extractible par la méthode Dyer montrent des valeurs plus élevées dans le Doubs que dans le Jura et une tendance à la baisse depuis la période 95/99 (figure 90 et 91). Ces deux éléments peuvent être mis en perspective avec les effectifs bovins et les quantités de phosphore d'origine bovine plus importants dans le Doubs que dans le Jura d'une part, ainsi qu'avec la diminution des livraisons d'engrais phosphatés sur cette période, et qui a débuté depuis les années 80.

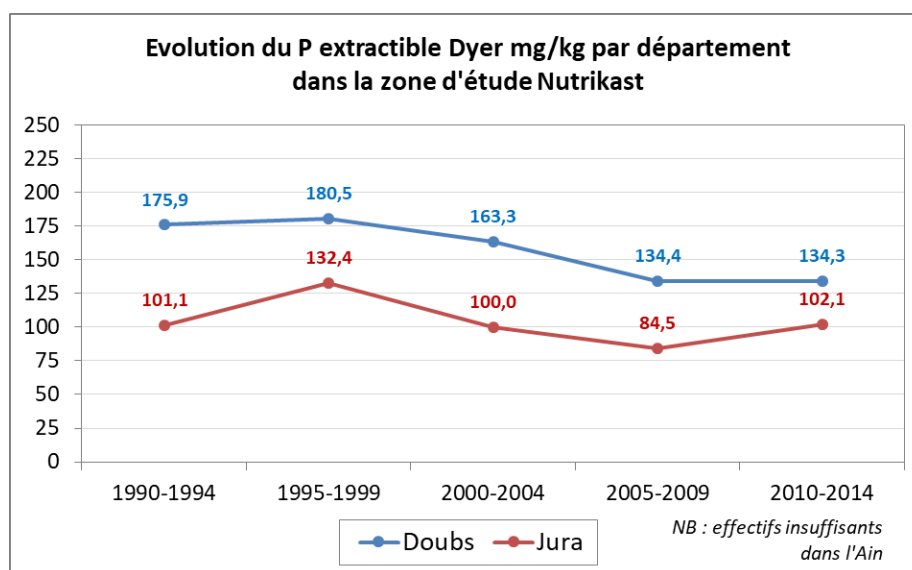


Figure 90 : évolution du phosphore extractible méthode Dyer par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

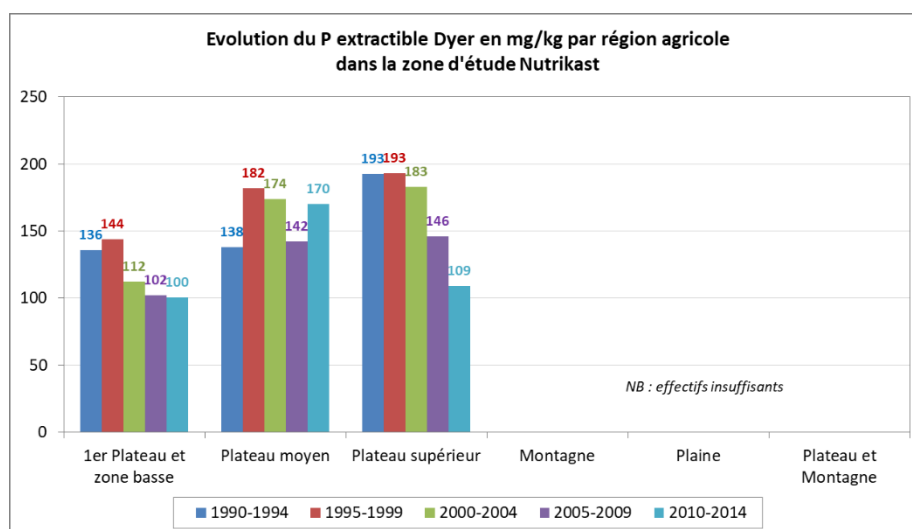


Figure 91 : évolution du phosphore extractible méthode Dyer par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Les teneurs en phosphore extractible par la méthode Olsen montrent également des valeurs plus élevées dans le Doubs que dans le Jura et une tendance à la baisse depuis la période 95/99 (figures 92 et 93). Au niveau des zones géographiques cette tendance se confirme partiellement partout à l'exception de la zone de plaine de l'Ain où les teneurs progressent entre 95/99 et 2010/2014.

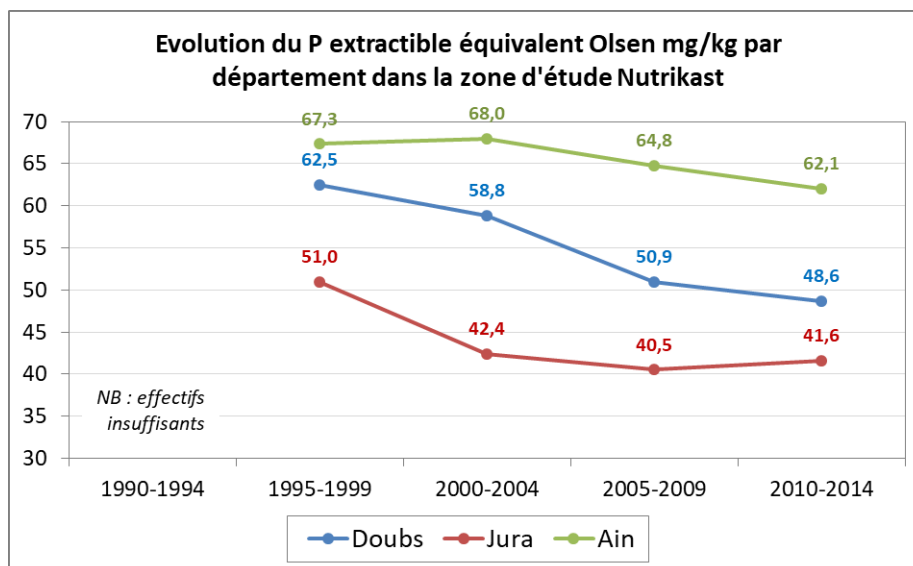


Figure 92 : évolution du phosphore extractible méthode Olsen par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

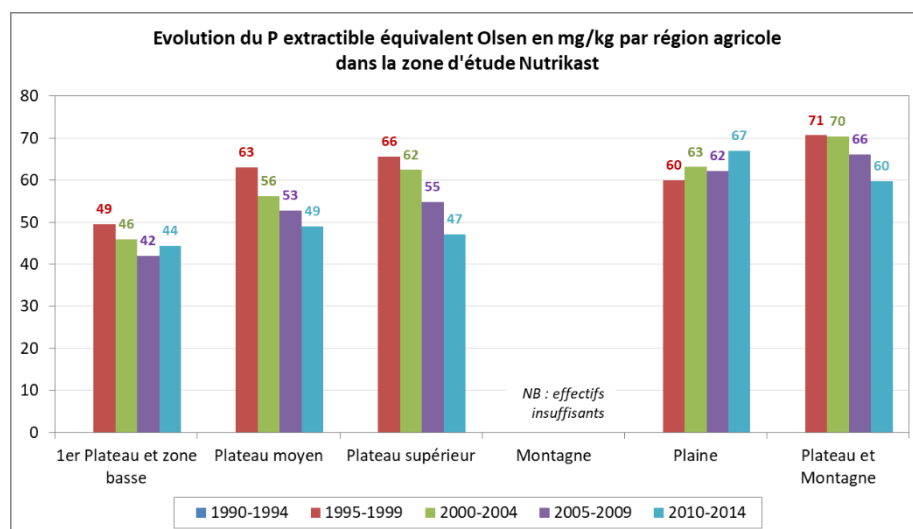


Figure 93 : évolution du phosphore extractible méthode Olsen par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le potassium échangeable du sol est la quantité de potassium ionisé, adsorbé par les colloïdes du sol et pouvant être déplacé par les ions des exsudats radiculaires (ou les ions d'une solution mise en contact avec le sol), de manière à être utilisable par les plantes. Il est exprimé dans la BDAT Sol en mg de K₂O/kg de sol.

Les teneurs en potassium échangeable, comme pour le phosphore, montrent des valeurs plus élevées dans le Doubs que dans le Jura et une tendance à la baisse depuis la période 95/99 (figure 94 et 95). Ces deux éléments peuvent être mis en perspective avec les effectifs bovins et les quantités de potasse d'origine bovine plus importants dans le Doubs que dans le Jura d'une part, ainsi qu'avec la diminution des livraisons d'engrais potassique sur cette période, qui a débuté depuis les années 90. Cette tendance se retrouve dans toutes les zones géographiques du Doubs et du Jura. A l'inverse, les teneurs en potassium échangeable augmentent régulièrement dans l'Ain.

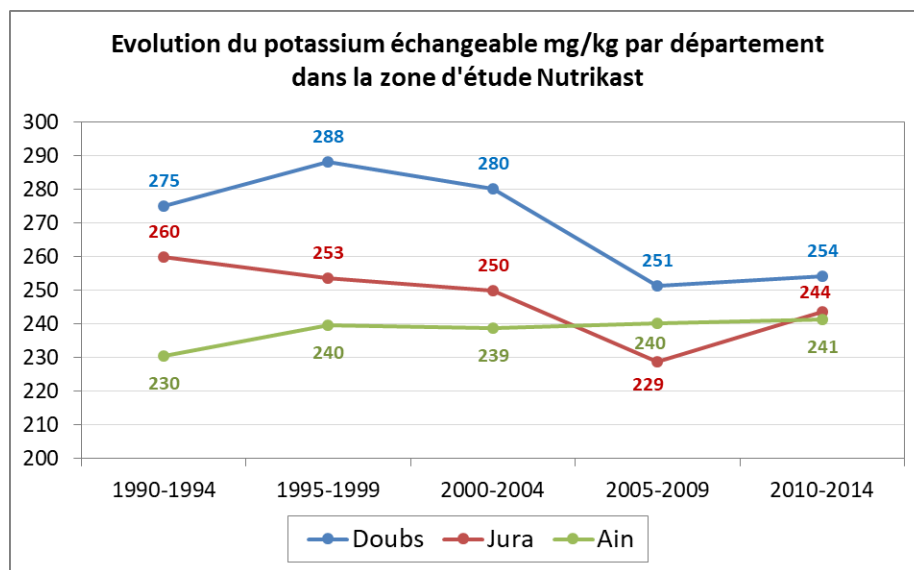


Figure 94 : évolution du potassium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikast. Source BDAT.

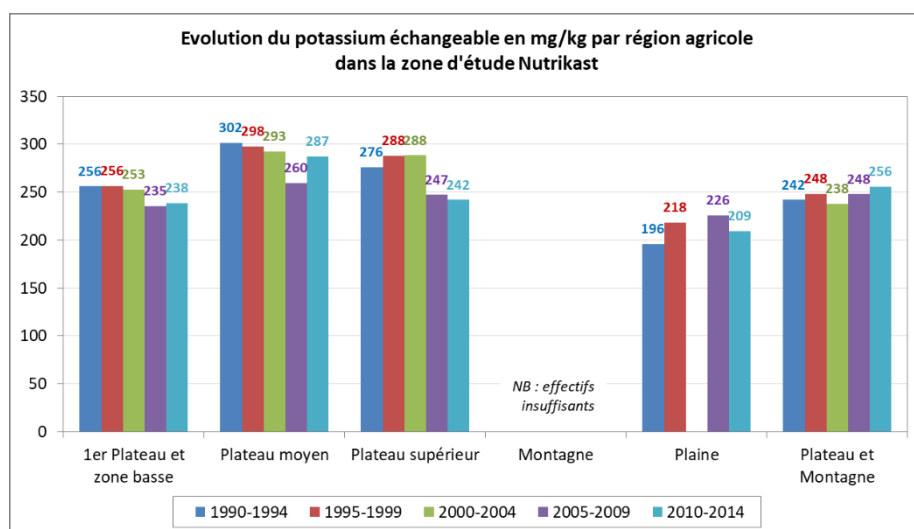


Figure 95 : évolution du potassium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikast. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

Le magnésium échangeable du sol est la quantité de magnésium ionisé, adsorbé par les colloïdes du sol et pouvant être déplacé par les ions des exsudats radiculaires (ou les ions d'une solution mise en contact avec le sol), de manière à être utilisable par les plantes. Il est exprimé dans la BDAT Sol en mg de MgO/kg de sol.

Les sols sont naturellement très riches en magnésium sur le massif du Jura. A l'échelle départementale (figure 96), les teneurs en magnésium échangeables restent stables au cours des cinq périodes disponibles. Ce constat se confirme quelles que soient les zones géographiques (figure 97).

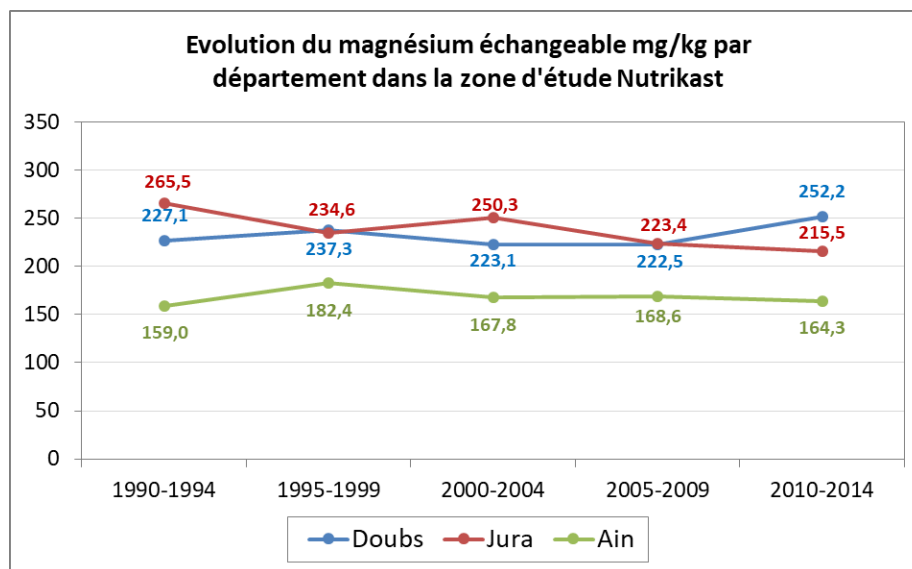


Figure 96 : évolution du magnésium échangeable par département dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Source BDAT.

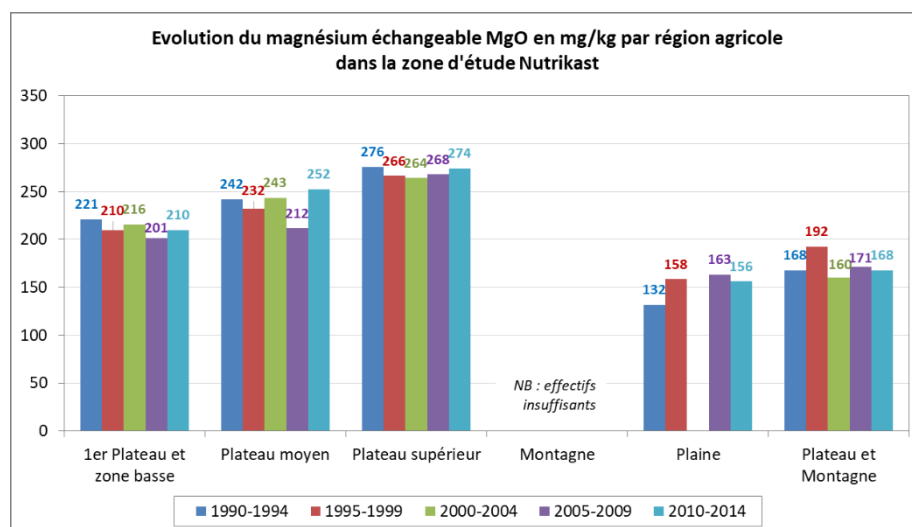


Figure 97 : évolution du magnésium échangeable par département et par zone géographique dans les cantons de la zone d'étude Nutrikarst. Les quatre premières zones correspondent au Doubs et au Jura alors que les deux zones de droite correspondent à l'Ain. Source BDAT.

6 Synthèse

L'ensemble des études scientifiques qui ont été réalisées suite aux épisodes de mortalités piscicoles dans la Loue a mis en évidence une origine multifactorielle des causes des dysfonctionnements des cours d'eau (Villeneuve et al., 2012, Conseil Scientifique du Comité de Bassin Rhône Méditerranée, 2012, Vindimian 2016, De Giorgi et al 2020). Le projet Nutrikarst a pour objectif de mieux comprendre l'impact des activités anthropiques d'origine agricole ou domestique sur le devenir des nutriments dans les eaux. Le présent rapport fait partie de la tâche 1 du projet, consacré à l'étude des relations à moyen et long terme entre, d'une part, variables climatiques et agronomiques et, d'autre part, entre variables hydrologiques et physico-chimiques.

Ce rapport a pour objectif de décrire l'évolution de l'agriculture sur la zone d'étude Nutrikarst au cours des dernières décennies. Les pressions agricoles sur le territoire du massif jurassien ont été décrites, objectivées et relativisées les unes par rapport aux autres à partir des données agricoles disponibles provenant de plusieurs sources officielles (RGA, SPIE, RPG, données internes Chambre d'Agriculture,...). Ces pressions sont de différents types : cheptel bovin, porcin, volailles, engrais minéraux de synthèse.

Le paradoxe jurassien : atouts, progrès et faiblesses

Les prairies représentent l'occupation du sol ultra-majoritaire de la zone d'études Nutrikarst, en particulier les prairies permanentes (80 % de la surface agricole) qui se situent loin devant les prairies temporaires (10 %). Les surfaces en culture n'ont pratiquement jamais dépassé 10 % de l'occupation des surfaces agricoles depuis les années 1970. Il n'a pas été constaté d'augmentation récente de la part des cultures ou des prairies temporaires ces dernières années. Cette occupation du sol qui n'a pas évolué depuis 50 ans, est liée à l'adaptation des prairies au contexte pédoclimatique et au dynamisme de la filière laitière locale. De toutes les occupations agricoles des sols, les prairies sont considérées comme les surfaces qui génèrent le moins d'impact sur le milieu du fait de la limitation de l'usage des intrants et de la couverture permanente des sols (Gascuel et al., 2008). Elles stockent également des quantités de carbone plus importantes que les sols cultivés.

Le maintien des prairies permanentes, l'allongement de la durée des prairies temporaires, la mise en œuvre de techniques limitant les pertes d'azote lors du retournement des prairies temporaires, la limitation des sols nus, la conversion de cultures en prairies constituent des pratiques à conserver ou à encourager dans un objectif de qualité de l'eau.

Le cheptel bovin, dominé par les vaches laitières et les génisses, a très peu évolué sur le massif du Jura depuis 40 ans. Durant la période des quotas laitiers (1984 à 2015) le cheptel bovin et la production laitière sont restés relativement stables. Après une diminution régulière du cheptel bovin entre 2000 et 2012, l'augmentation récente des effectifs bovins ne permet pas d'atteindre les effectifs présents avant 2000. Depuis les récentes canicules, on observe une diminution du nombre de génisses mais un maintien du nombre de vaches laitières pour assurer la production de lait dans un contexte de prix particulièrement favorable.

La fertilisation minérale des prairies sous forme d'engrais minéraux de synthèse (environ 20 kg N/ha) est par ailleurs largement inférieure à la moyenne française (environ 40 kg N/ha) du fait des cahiers des charges des AOP fromagères (Agreste N°6, Juin 2020). Contrairement à d'autres régions agricoles en polyculture-élevage, les apports organiques provenant du cheptel bovin sont très majoritairement, et souvent exclusivement destinés aux prairies qui sont souvent la seule occupation du sol de l'exploitation. En moyenne les prairies du massif du Jura reçoivent 80 kg N/ha sous forme d'effluents. Cette quantité se répartissant environ pour moitié entre l'azote épandu sous forme liquide ou solide et l'azote restitué au pâturage. Les autres sources d'azote, à l'échelle de la zone d'étude Nutrikarst, sont très minoritaires (3 kg N/ha en cumulé pour l'azote provenant des volailles, des porcs et des boues de station d'épuration). A noter que les retombées atmosphériques d'azote représentent en France environ 5 à 15 kg N/ha/an (Le Gall et al. 2016).

L'azote du cheptel bovin constitue donc la source principale d'azote exogène, devant la fertilisation minérale. Ce sont les deux leviers principaux sur lesquels il est toujours nécessaire d'agir, en particulier dans un contexte de changement climatique.

Les éleveurs ont massivement mis aux normes leurs bâtiments et leurs capacités de stockage des effluents d'élevage depuis le milieu des années 90, limitant drastiquement les volumes épandus en période hivernale. Ces mises aux normes se sont accompagnées par le développement des systèmes lisier qui restent cependant minoritaires. L'azote épandu sous forme de lisier représente environ 20 à 25 % du total de l'azote organique épandu. Parallèlement à ces mises aux normes et à une meilleure prise en compte et valorisation des effluents d'élevage, on constate une diminution de la vente des engrais minéraux de synthèse (-50 % pour l'azote depuis le début des années 2000, -80 % pour le phosphore et la potasse depuis le début des années 90). L'amélioration des matériels et techniques d'épandage et l'optimisation des dates d'apport (seuil des 200°C notamment) ont également permis de mieux répartir les effluents d'élevage sur les parcelles et de mieux contrôler les doses épandues. La généralisation des plans d'épandage dans les exploitations a également permis de limiter les risques de transferts de fertilisants vers les eaux superficielles et souterraines.

Le changement climatique dont les effets sur les productions agricoles sont perceptibles depuis les années 80 et nettement plus impactant depuis une dizaine d'années va s'accompagner de conditions climatiques défavorables à la croissance des végétaux. En conséquence on peut craindre une diminution des quantités d'azote absorbée, de la biomasse produite et de l'autonomie fourragère. La minéralisation naturelle de la matière organique des sols constitue une source importante d'azote sous forme de nitrates pour les plantes. Dans les prairies, en condition pédoclimatique favorable, les nitrates issus de la minéralisation naturelle des sols constituent la source principale d'azote pour les plantes. Le changement climatique influence de manière significative le cycle de l'azote. Le pic des teneurs en nitrates dans la Loue lors de la reprise du drainage automnal est d'autant plus élevé que le débit du cours d'eau est faible lors de l'étiage estival (Charlier et al, 2020). Des travaux expérimentaux ont montré que la fertilisation de prairies en période de sécheresse induit une augmentation des concentrations en nitrates lixiviés lorsque le sol est remouillé après un épisode de sécheresse intense (Klaus et al., 2020). Lorsque les étés sont plus chauds on observe une augmentation de la minéralisation de la matière organique et une diminution de l'absorption par les plantes, avec en conséquence une augmentation de la lixiviation des nitrates (Scholefield et al., 1993). Le massif du Jura est particulièrement sensible au changement climatique du fait de la prédominance de sols superficiels qui limite les réserves en eau des sols. L'augmentation de l'évapotranspiration liée à l'augmentation des températures sera d'autant plus préjudiciable que les réserves en eau des sols sont faibles. Le massif du Jura a été identifié comme particulièrement sensible au changement climatique sur l'enjeu du bilan hydrique des sols nécessitant des mesures fortes d'adaptations (Fabre J. et Pelte T., 2013. Agence de l'Eau RMC).

Bibliographie

Direction Départementale des Territoires du Doubs et Chambre Interdépartementale d'Agriculture Doubs Territoire de Belfort, Enquête sur les capacités de stockage des effluents d'élevage. Département du Doubs année 2015.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Avril 2020 N°3. L'Agriculture du Doubs.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Etudes Bourgogne Franche-Comté Février 2021 N°20. L'Agriculture du Jura.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2016, N°37, Mai 2018.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2017, N°58, Avril 2019.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Essentiel Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2018, N°3, Juillet 2020.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Essentiel Bourgogne Franche-Comté, les chiffres du lait 2019, N°6, Mai 2021.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Bourgogne Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Bourgogne Franche-Comté, Etudes, Enquête pratique culturales, N°6, Juin 2020.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Franche-Comté, Enquêtes sur les pratiques culturales, N°127, Octobre 2008.

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture de la Forêt de Franche-Comté, Service Régional de l'information Statistique et Économique, Agreste Franche-Comté, Enquêtes pratiques culturales 2011, N°192, Octobre 2014.

INOSYS Réseau d'Élevage, Systèmes bovins lait de Bourgogne Franche-Comté, Repères techniques et économiques 2018-2020, Lait AOP du massif Jurassien, Mars 2022

ADEME, Références et études, Agriculture et Environnement, Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie, Fiche 9 Prairies, Janvier 2015

Badot P.-M., Lucot E., Bolard A., Chanez E., Degiorgi F., 2018. Étude de l'état de santé des rivières karstiques en relation avec les pressions anthropiques sur leurs bassins versants. Volet Fonctionnement des sols agricoles (carbone, azote et phosphore) sur les bassins versants de deux affluents de la Loue, Rapport Laboratoire Chonoenvironnement, 111 p.

Beaujouan V. 2001. Modélisation des transferts d'eau et d'azote dans les sols et les nappes. Développement d'un modèle conceptuel distribué. Applications à de petits bassins versants agricoles.

Cameron KC., Haynes RJ. 1986. Chapter 4: Retention and Movement of Nitrogen in Soils, in Haynes RJ, (1986). Mineral nitrogen in the plant-soil system. Ed. Kozlowsky T.T. Madison (USA), 483 p.

Charlier, JB., Vallet, A., Tourenne, D., Hévin, G. 2020. Dynamics and Fluxes of Nutrients in Surface and Groundwaters in a Cultivated Karstic Basin in the Jura Mountains. In: Bertrand, C., Denimal, S., Steinmann, M., Renard, P. (eds) Eurokarst 2018, Besançon. Advances in Karst Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14015-1_10

Degiorgi F., Badot P.-M., Lucot E., Bolard E., Chanez E., Chiffre A., Crini N., Ducrot A., Loup Ch., Amiot C., Godard E., Lambert J.-C., Steinmann M., Mudry J., février 2020, Etude de l'état de santé des rivières karstiques en relation avec les pressions anthropiques sur leurs bassins versants. Bilan synthétique des opérations réalisées et des recherches et analyses effectuées et disponibles. Laboratoire Chrono-environnement, 47 p.

Fabre J. et Pelte T., 2013. Etude de caractérisation des vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée aux incidences du changement climatique dans le domaine de l'eau. Rapport technique du Plan d'adaptation au changement climatique du bassin Rhône-Méditerranée. 48 p.

François M., Barneoud C., Fury R., Jacquinot JP, Monnin F., Poletti C., 1999. Les sols agricoles de Franche-Comté. Groupement Régional Agronomie Pédologie.

François M., Glasson R., Baud A., Chopard P., Brevet S., Fourel M., Mangin J.-M., Franck-Grandidier I., Chaumartin C. 2003 Guide de la Fertilisation en Franche-Comté. Chambre Régionale d'Agriculture de Franche-Comté.

Foray S., Billy C., Manneville V., Dolle J.-B., Le Gall A., Vertes F., Godinot O., 2017 Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores. Evaluation et amélioration de l'efficacité de l'azote, réduction des transferts vers les milieux aquatiques. Collection Résultats. IDELE-INRAe-AFB.

Gascuel C., Dorioz J.-M., Mérot P., Massa F., Grimaldi C. et Poulénard J. 2008. Rôle des prairies dans les pollutions diffuses. Effet de la localisation et des bordures (haie, dispositifs enherbés, berges). *Fourrages*, 192, p. 409-422.

Gac A., Béline F. et Bioteau Th. 2006. Flux de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O) et d'ammoniac (NH₃) liés à la gestion des déjections animales : Synthèse bibliographique et élaboration d'une base de données - Rapport final. IRSTEA. pp.98.

Giovanni R. 2002 Evaluation des potentiels d'azote et de phosphore d'origine animale de la région Bretagne pour les années 1998-2001. *Revue Fourrages* 170, p. 123-140.

Giovanni R. et Dulphy J.-P. 2008 Présentation de références Corpen simplifiées pour l'évaluation des rejets et des pressions d'azote et de phosphore des troupeaux bovins. *Revue Fourrages* 195, p. 357-372.

Jego G. 2008. Influence des activités agricole sur la pollution nitrique des eaux souterraines. Analyse par modélisation des impacts des systèmes de grande culture sur les fuites de nitrate dans les plaines alluviales.

Klaus V.H., Friedritz L., Hamer U., et Kleinebecker T. 2020. Drought boosts risk of nitrate leaching from grassland fertilisation. *Science of The Total Environment*, 726, p. 137877. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2020.137877

Laurent F., Kerveillant P., Besnard A., Vertès F., Mary B., Recous S. 2004. *Effet de la destruction de prairies pâturées sur la minéralisation de l'azote : approche au champ et propositions de quantification. Synthèse de 7 dispositifs expérimentaux.* Rapport Arvalis - INRA - Chambres d'agriculture de Bretagne.

Le Gall A.-C., Ulrich E., Massabuau J.-C. 2016 Effets des dépôts atmosphériques de soufre et d'azote sur les sols et les eaux douces en France, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, INERIS

Levasseur P., Soulier A., Lagrange H., Trochard R., Foray S., Charpiot A., Ponchant P. et Blazy V. 2019 Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins. RMT Elevage et Environnement, Paris, 83 pages.

Nicolardot B., Mary B., Houot S., Sethecou S. 1996. La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. In Maitrise de l'azote dans les agroécosystèmes, Reims (France), 19-20 novembre 1996, Ed. INRA, Paris 1997 (Les Colloques, n°83).

Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C., Rechaudère O. 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective INRA.

Schvartz C., Muller J.-C., Decroux J., sous l'égide du Comifer. 2005. Guide de la fertilisation raisonnée. Editions France Agricole

Scholefield D., Tyson K.C., Garwood E.A., Armstrong A.C., Hawkins J., et Stone A.C. 1993. Nitrate leaching from grazed grassland lysimeters: effects of fertilizer input, field drainage, age of sward and patterns of weather. *Journal of Soil Science*, 44 (4), p. 601-613. DOI : 10.1111/j.1365-2389.1993.tb02325.x

Simon J.-C., Lecorre L. 1992. Fertilisation des cultures annuelles et lessivage de l'azote nitrique. *Fourrages (1992) 129*, p.3-10.

Turpin N., Vernier F. & Joncour F. 1997. Transferts de nutriments des sols vers les eaux – Influence des pratiques agricoles - Synthèse bibliographique. *Ingenieries - E A T, IRSTEA _edition 1997*, p. 3 - p. 16.

Villeneuve A., Humbert J.F., Berrebi R., Devaux A., Gaudin P., Pozet F., Massei N., Mudry J., Trevisan D., Lacroix G., Bornette G., et Verneaux V. 2012. *Rapport d'expertise sur les mortalités de poissons et les efflorescences de cyanobactéries de la Loue. Etude du fonctionnement de la Loue et de son bassin versant. Rapport final.* Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) ; Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 (UPMC)

Vieille M. 2016 Mise en place d'une démarche de modélisation des pertes azotées par lixiviation des nitrates sous parcelles agricoles en contexte Karstique avec le modèle FarmSim. Mémoire de fin d'études. Montpellier SupAgro.

Vindimian E. 2016. Propositions de mesures pour le territoire d'excellence environnementale de la Loue et des rivières comtoises. Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable. Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Rapport n° 010053-01

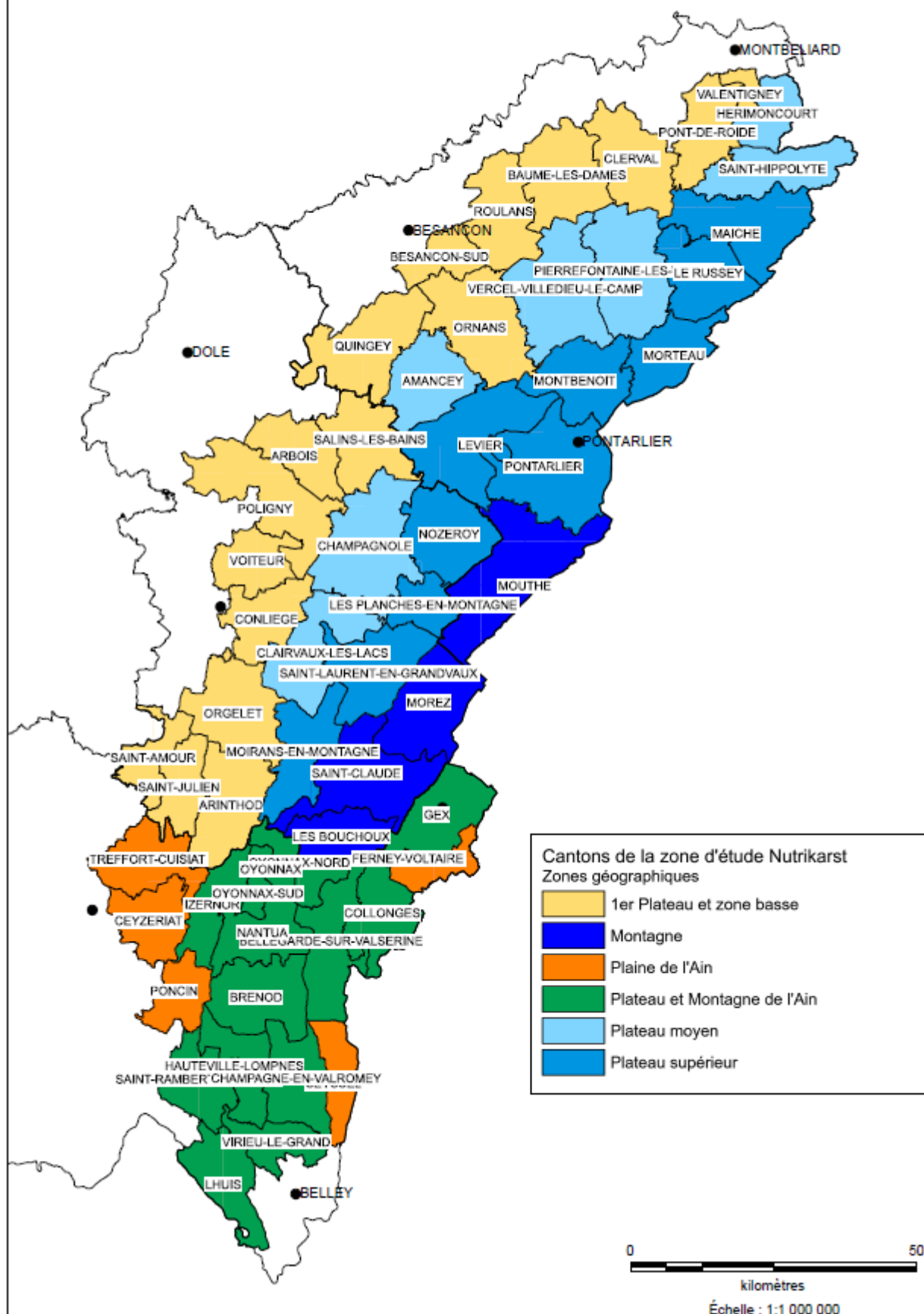
Ziegler D., Héduit M. 1991. Engrais de ferme, valeur fertilisante, gestion, environnement, Ed. ITP ITCF ITB

ANNEXES

Annexe 1 : liste, caractéristiques et carte des cantons faisant partie de l'étude Nutrikarst

	Département	N° Canton	Nom Canton	Zone altitude	Alimentation VL
Ain 19 cantons	01	03	Bellegarde-sur-Valserine	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	06	Brénod	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	07	Ceyzériat	Plaine	30 % Maïs
	01	09	Champagne-sur-Valromey	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	12	Collonges	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	13	Ferney-Voltaire	Plaine	30 % Maïs
	01	14	Gex	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	15	Hauteville-Lompnes	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	16	Izernore	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	18	Lhuis	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	22	Nantua	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	23	Oyonnax-Nord	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	24	Poncin	Plaine	30 % Maïs
	01	28	St Rambert-en-Bugey	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	31	Seyssel	Plaine	30 % Maïs
	01	33	Treffort-Cuisiat	Plaine	30 % Maïs
	01	36	Virieu-le-Grand	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	41	Oyonnax-Sud	Plateau et Montagne	100 % Herbe
	01	98	Oyonnax	Plateau et Montagne	100 % Herbe
Doubs 20 cantons	25	1	Amancey	Plateau moyen	100 % Herbe
	25	4	Baume-les-Dames	1er Plateau et zone basse	30% Maïs
	25	6	Besançon-Sud	1er Plateau et zone basse	30% Maïs
	25	8	Clerval	1er Plateau et zone basse	30% Maïs
	25	9	Hérimoncourt	Plateau moyen	100 % Herbe
	25	11	Levier	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	12	Maïche	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	15	Montbenoît	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	16	Morteau	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	17	Mouthe	Montagne	100 % Herbe
	25	18	Ornans	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	25	19	Pierrefontaine-les-Varans	Plateau moyen	100 % Herbe
	25	20	Pontarlier	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	21	Pont-de-Roide	1er Plateau et zone basse	Intermédiaire
	25	22	Quingey	1er Plateau et zone basse	Intermédiaire
	25	24	Roulans	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	25	25	le Russey	Plateau supérieur	100 % Herbe
	25	26	Saint-Hippolyte	Plateau moyen	100 % Herbe
	25	27	Vercel-Villedieu-le-Camp	Plateau moyen	100 % Herbe
25	35	Valentigney	1er Plateau et zone basse	30% Maïs	
Jura 18 cantons	39	1	Arbois	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	39	2	Arinthod	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	39	5	les Bouchoux	Montagne	100 % Herbe
	39	6	Champagnole	Plateau moyen	100 % Herbe
	39	10	Clairvaux-les-Lacs	Plateau moyen	100 % Herbe
	39	11	Conliège	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	39	16	Moirans-en-Montagne	Plateau supérieur	100 % Herbe
	39	19	Morez	Montagne	100 % Herbe
	39	20	Nozeroy	Plateau supérieur	100 % Herbe
	39	21	Orgelet	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	39	22	les Planches-en-Montagne	Plateau supérieur	100 % Herbe
	39	23	Poligny	1er Plateau et zone basse	Intermédiaire
	39	25	Saint-Amour	1er Plateau et zone basse	Intermédiaire
	39	26	Saint-Claude	Montagne	100 % Herbe
	39	27	Saint-Julien	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe
	39	28	Saint-Laurent-en-Grandvaux	Plateau supérieur	100 % Herbe
39	29	Salins-les-Bains	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe	
39	32	Voiteur	1er Plateau et zone basse	100 % Herbe	

Cantons de la zone d'étude Nutrikarst



Annexe 2 : références pour le calcul des UGB (Unités de Gros Bétail) zootechniques par catégorie d'animaux et par année disponibles dans le cadre de l'étude Nutrikarst (RGA et SPIE)

Catégorie	année	UGB z
Vaches laitières	1970	0,977
	1979	0,995
	1988	1,012
	2000	1,029
	2001	1,031
	2002	1,033
	2003	1,034
	2004	1,036
	2005	1,038
	2006	1,040
	2007	1,041
	2008	1,043
	2009	1,045
	2010	1,046
	2011	1,048
	2012	1,050
	2013	1,052
	2014	1,053
	2015	1,055
	2016	1,057
2017	1,059	
2018	1,060	
2019	1,062	
2020	1,064	
Vaches allaitantes	toutes années	1
Génisses 0 à 1 an		0,3
Génisses 1 à 2 ans		0,6
Génisses > 2 ans		0,8
Bovins mâles 0 à 1 an		0,3
Bovins mâles 1 à 2 ans		0,6
Bovins mâles > 2 ans		0,75

Source : Giovanni, Dulphy 2008, Bilagreau 2020

Annexe 3 : normes utilisées pour le calcul des productions annuelles d'azote et de phosphore par les vaches laitières selon la production laitière moyenne annuelle et le régime alimentaire

Année	Production laitière l/an	Azote kg N/an			Phosphore kg P2O5/an		
		30 % Maïs - 70 % herbe	Inter- médiaire	100 % herbe	30 % Maïs - 70 % herbe	Inter- médiaire	100 % herbe
1970	5500	84,5	93,5	102,5	37	38	39
1979	5750	86,25	95,25	104,25	37,5	38,5	39,5
1988	6000	88	97	106	38	39	40
2000	6250	89,75	98,75	107,75	38,5	39,5	40,5
2001	6275	89,925	98,925	107,925	38,55	39,55	40,55
2002	6300	90,1	99,1	108,1	38,6	39,6	40,6
2003	6325	90,275	99,275	108,275	38,65	39,65	40,65
2004	6350	90,45	99,45	108,45	38,7	39,7	40,7
2005	6375	90,625	99,625	108,625	38,75	39,75	40,75
2006	6400	90,8	99,8	108,8	38,8	39,8	40,8
2007	6425	90,975	99,975	108,975	38,85	39,85	40,85
2008	6450	91,15	100,15	109,15	38,9	39,9	40,9
2009	6475	91,325	100,325	109,325	38,95	39,95	40,95
2010	6500	91,5	100,5	109,5	39	40	41
2011	6525	91,675	100,675	109,675	39,05	40,05	41,05
2012	6550	91,85	100,85	109,85	39,1	40,1	41,1
2013	6575	92,025	101,025	110,025	39,15	40,15	41,15
2014	6600	92,2	101,2	110,2	39,2	40,2	41,2
2015	6625	92,375	101,375	110,375	39,25	40,25	41,25
2016	6650	92,55	101,55	110,55	39,3	40,3	41,3
2017	6675	92,725	101,725	110,725	39,35	40,35	41,35
2018	6700	92,9	101,9	110,9	39,4	40,4	41,4
2019	6725	93,075	102,075	111,075	39,45	40,45	41,45
2020	6750	93,25	102,25	111,25	39,5	40,5	41,5

Source : Giovanni, Dulphy 2008, Bilagreau 2020

30 % Maïs – 70 % herbe = cantons de Poncin, Cezeriat, Treffort, Besançon Sud, Clerval, Beaume-les-Dames et Valentigney.

Intermédiaires = cantons de Poligny, Saint Amour, Quingey et Pont Roide.

100 % herbe = autres cantons.

Normes utilisées pour le calcul des productions annuelles d'azote et de phosphore par les autres catégories de bovins.

	Vache allaitante	Génisse < 1 an	Génisses 1 à 2 ans	Génisses > 2 ans	Bovins mâles < 1 an	Bovins mâles 1 à 2 ans	Bovins mâles > 2 ans
kg N/an	75	24	42	55	20	22	22
kg P2O5/an	34	6	17	25	14	14	14

Annexe 4 : évolution annuelle de la pression en UGBz/ha par canton entre 2000 et 2019, selon les données du SPIE (UGBz déduits des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

Région agricole	Cantons du Doubs	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	0,92	0,91	0,91	0,93	0,95	0,95	0,97	0,98	1,01	0,97
	BESANCON-SUD	0,86	0,84	0,82	0,83	0,87	0,87	0,90	0,89	0,92	0,88
	CLERVAL	0,75	0,75	0,74	0,75	0,78	0,79	0,80	0,80	0,80	0,78
	ORNANS	0,79	0,78	0,75	0,76	0,79	0,80	0,83	0,85	0,91	0,87
	PONT-DE-ROIIDE	0,64	0,63	0,61	0,61	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,61
	QUINGEY	0,74	0,71	0,67	0,68	0,72	0,73	0,77	0,80	0,81	0,76
	ROULANS	0,79	0,76	0,75	0,77	0,80	0,80	0,84	0,84	0,86	0,84
Plateau moyen	VALENTIGNEY	0,45	0,46	0,45	0,49	0,51	0,45	0,45	0,40	0,42	0,38
	AMANCEY	0,78	0,76	0,75	0,76	0,80	0,82	0,83	0,86	0,88	0,84
	HERIMONCOURT	0,63	0,63	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,71	0,68	0,62
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	0,99	0,98	0,97	0,97	1,00	1,00	1,01	1,04	1,06	1,04
	SAINT-HIPPOLYTE	0,92	0,92	0,90	0,90	0,94	0,93	0,95	0,98	0,96	0,94
Plateau supérieur	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	0,88	0,88	0,87	0,88	0,92	0,93	0,93	0,96	0,93	0,90
	LEVIER	0,88	0,89	0,88	0,88	0,93	0,92	0,94	0,95	0,95	0,92
	MAICHE	0,99	1,00	0,97	0,97	0,99	0,99	1,00	1,03	1,04	1,01
	MONTBENOIT	0,87	0,87	0,87	0,88	0,91	0,91	0,94	0,96	0,99	0,96
	PONTARLIER	0,75	0,75	0,73	0,75	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,82
	RUSSEY (LE)	0,88	0,87	0,86	0,87	0,92	0,93	0,94	0,97	0,97	0,96
Montagne	MORTEAU	0,95	0,95	0,94	0,95	0,98	0,99	1,01	1,03	1,04	1,01
Montagne	MOUTHE	0,66	0,66	0,66	0,67	0,69	0,66	0,68	0,70	0,71	0,69

Région agricole	Cantons du Jura	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	0,39	0,38	0,40	0,41	0,40	0,42	0,42	0,46	0,43	0,43
	ARINTHOD	0,59	0,56	0,54	0,55	0,58	0,59	0,58	0,58	0,55	0,53
	CONLIEGE	0,77	0,78	0,76	0,77	0,81	0,81	0,77	0,76	0,77	0,77
	ORGELET	0,70	0,69	0,67	0,68	0,70	0,69	0,65	0,69	0,70	0,68
	POLIGNY	0,75	0,74	0,72	0,74	0,75	0,73	0,75	0,76	0,77	0,75
	SAINT-AMOUR	0,61	0,60	0,58	0,52	0,52	0,54	0,54	0,55	0,53	0,51
	SAINT-JULIEN	0,70	0,67	0,66	0,65	0,66	0,65	0,72	0,74	0,78	0,80
	SALINS-LES-BAINS	0,91	0,89	0,89	0,93	0,96	0,96	0,98	0,98	0,98	1,00
Plateau moyen	VOITEUR	0,67	0,68	0,65	0,66	0,69	0,70	0,85	0,88	0,90	0,88
	CHAMPAGNOLE	0,77	0,76	0,75	0,78	0,80	0,80	0,82	0,84	0,84	0,83
Plateau supérieur	CLAIRVAUX-LES-LACS	0,68	0,68	0,67	0,66	0,67	0,69	0,70	0,70	0,70	0,69
	MOIRANS-EN-MONTAGNE	0,26	0,23	0,24	0,23	0,22	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
	NOZEROY	0,81	0,81	0,80	0,83	0,86	0,86	0,87	0,87	0,90	0,89
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	0,74	0,77	0,76	0,77	0,81	0,80	0,81	0,83	0,84	0,84
Montagne	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	0,77	0,77	0,76	0,77	0,80	0,79	0,77	0,81	0,82	0,76
	BOUCHOUX (LES)	0,34	0,35	0,33	0,33	0,33	0,32	0,33	0,34	0,35	0,33
	MOREZ	0,40	0,39	0,40	0,42	0,44	0,44	0,45	0,47	0,48	0,46
Montagne	SAINT-CLAUDE	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29	0,31	0,32	0,34	0,32	0,32

Région agricole	Cantons de l'Ain	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Plaine	CEYZERIAT	0,71	0,68	0,67	0,69	0,71	0,72	0,75	0,78	0,75	0,69
	FERNEY VOLTAIRE	0,60	0,59	0,59	0,61	0,59	0,62	0,65	0,65	0,65	0,62
	PONCIN	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,44	0,43	0,45	0,41	0,40
	SEYSSEL	0,35	0,40	0,39	0,38	0,40	0,36	0,37	0,38	0,36	0,36
Plateau et Montagne	TREFFORT CISIAT	0,57	0,57	0,54	0,53	0,56	0,57	0,55	0,55	0,51	0,52
	BELLEGARDE SUR VALSERINE	0,40	0,41	0,35	0,38	0,39	0,38	0,41	0,40	0,40	0,33
	BRENOD	0,39	0,40	0,39	0,39	0,40	0,40	0,33	0,33	0,32	0,32
	CHAMPAGNE EN VALROMEY	0,31	0,30	0,29	0,29	0,29	0,32	0,37	0,34	0,35	0,33
	COLLONGES	0,55	0,52	0,57	0,53	0,52	0,50	0,51	0,50	0,51	0,53
	GEX	0,57	0,55	0,55	0,51	0,50	0,47	0,44	0,43	0,42	0,40
	HAUTEVILLE LOMPNES	0,37	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42	0,46	0,40	0,40	0,34
	IZERNORE	0,46	0,46	0,43	0,44	0,48	0,47	0,45	0,46	0,45	0,44
	LHUIS	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,40
	NANTUA	0,63	0,60	0,60	0,56	0,60	0,59	0,62	0,61	0,64	0,59
	OYONNAX	0,15	0,13	0,14	0,13	0,14	0,16	0,17	0,14	0,14	0,13
	OYONNAX NORD	0,36	0,32	0,31	0,24	0,30	0,31	0,30	0,32	0,30	0,33
	OYONNAX SUD	0,62	0,63	0,65	0,62	0,64	0,51	0,55	0,49	0,57	0,89
SAINT RAMBERT EN BUGHEY	0,43	0,43	0,42	0,43	0,44	0,44	0,43	0,44	0,42	0,45	
VIRIEU LE GRAND	0,43	0,38	0,36	0,38	0,40	0,41	0,41	0,44	0,40	0,39	

Les cantons où la pression en UGBz/ha est la plus importante (de couleur rouge) sont les cantons du plateau supérieur et du plateau moyen du Doubs (à l'exception de Valentigney) ainsi que le canton de Beaume-les-Dames et Vercel-Villedieu-le-Camp, ainsi que pour le Jura les cantons de Salin-les-Bains, Voiteur, Nozeroy, les Planches-en-Montagne et Champagnole dans le Jura.

Annexe 5 : évolution annuelle de la pression en azote (N) et en phosphore (P2O5) par département et par canton de l'étude Nutrikarst entre 1970 et 2000 selon les données du RGA

Les quatre tableaux suivant représentent les quantités d'azote et de phosphore provenant du cheptel bovin rapportées à la SAU à l'échelle cantonale pour chaque région agricole du Doubs et du Jura. On peut constater une augmentation de la pression en azote et en phosphore en 1979, en lien avec l'augmentation des effectifs bovins sur le massif du Jura par rapport à 1970, suivie d'une légère et régulière diminution entre 1979 et 2000. L'année 1979 constitue celle où les pressions en azote et en phosphore ont été les plus élevés.

Pression en azote (kg N/ha SAU) provenant du cheptel bovin dans les cantons du Doubs

Région	Canton	1970	1979	1988	2000
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	56,6	71,2	69,6	68,8
	BESANCON-SUD	57,9	69,6	65,8	59,0
	CLERVAL	56,0	65,8	64,9	63,7
	ORNANS	68,8	83,7	82,7	73,7
	PONT-DE-ROIDE	58,8	66,2	70,5	66,5
	QUINGEY	59,2	64,3	64,6	63,1
	ROULANS	66,9	81,3	80,0	76,1
	VALENTIGNEY	ND	ND	ND	ND
Plateau moyen	AMANCEY	75,8	91,2	87,4	74,6
	HERIMONCOURT	62,4	60,0	57,4	57,5
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	83,7	92,8	92,2	85,1
	SAINT-HIPPOLYTE	69,6	84,0	85,1	82,8
	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	70,4	84,6	85,1	80,3
Plateau supérieur	LEVIER	67,2	86,1	85,6	80,1
	MAICHE	79,3	97,4	94,4	91,5
	MONTBENOIT	69,6	82,3	86,4	75,9
	PONTARLIER	73,4	89,2	77,4	71,9
	RUSSEY (LE)	81,4	93,1	90,4	86,0
	MORTEAU	76,0	91,2	90,9	83,7
Montagne	MOUTHE	77,6	88,0	81,1	71,1

Pression en phosphore (kg P2O5/SAU) provenant du cheptel bovin dans les cantons du Doubs

Région	Canton	1970	1979	1988	2000
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	24,3	30,4	29,6	29,0
	BESANCON-SUD	24,7	29,5	28,0	24,9
	CLERVAL	24,2	28,1	27,7	27,0
	ORNANS	26,2	31,7	31,5	28,0
	PONT-DE-ROIDE	24,0	26,9	28,6	27,1
	QUINGEY	24,2	26,2	26,4	25,6
	ROULANS	25,6	31,0	30,4	29,0
	VALENTIGNEY	ND	ND	ND	ND
Plateau moyen	AMANCEY	29,0	34,9	33,4	28,5
	HERIMONCOURT	23,9	23,0	21,9	22,1
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	32,0	35,4	35,0	32,3
	SAINT-HIPPOLYTE	26,8	32,2	32,4	31,4
	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	27,0	32,3	32,3	30,5
Plateau supérieur	LEVIER	25,7	32,9	32,6	30,5
	MAICHE	30,3	37,1	36,0	34,8
	MONTBENOIT	26,6	31,3	32,9	28,9
	PONTARLIER	27,9	34,1	29,5	27,4
	RUSSEY (LE)	31,2	35,3	34,5	32,5
	MORTEAU	29,0	34,7	34,6	31,8
Montagne	MOUTHE	29,7	33,5	30,8	27,2

Dans le Doubs, les cantons où ces indicateurs sont les plus élevés sont situés sur le plateau moyen (Pierrefontaine-les-Varans et Saint Hippolyte) et le plateau supérieur (Maïche, le Russey et Morteau). Les

cantons de Roulans, Ornans, Amancey, Saint-Hippolyte, Vercel-Villedieu-le-Camp, Levier, Montbenoît et Mouthe ont également des pressions relativement élevées en azote et en phosphore mais en diminution entre 1979 et 2000.

Pression en azote (kg N/SAU) provenant du cheptel bovin dans les cantons du Jura

Région	Canton	1970	1979	1988	2000	2010
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	ND	44,9	39,6	32,7	ND
	ARINTHOD	ND	54,7	50,6	52,6	ND
	CONLIEGE	ND	71,4	65,2	65,1	ND
	SAINT-AMOUR	ND	67,5	57,8	53,3	ND
	SAINT-JULIEN	ND	72,4	68,5	61,7	ND
	SALINS-LES-BAINS	ND	92,1	86,1	84,6	ND
	VOITEUR	ND	70,0	62,4	59,6	ND
	ORGELET	ND	66,9	63,0	63,2	ND
	POLIGNY	ND	70,5	68,3	61,1	ND
Plateau moyen	CHAMPAGNOLE	ND	76,9	76,5	69,8	ND
	CLAIRVAUX-LES-LACS	ND	71,5	65,4	60,5	ND
Plateau supérieur	MOIRANS-EN-MONTAGNE	ND	39,9	34,0	31,8	ND
	NOZEROY	ND	95,7	89,7	83,7	ND
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	ND	75,4	72,9	63,4	ND
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	ND	82,7	76,1	73,3	ND
Montagne	BOUCHOUX (LES)	ND	38,7	40,5	39,2	ND
	MOREZ	ND	53,9	48,8	50,7	ND
	SAINT-CLAUDE	ND	40,9	40,5	42,8	ND

Pression en phosphore (kg P2O5/SAU) provenant du cheptel bovin dans les cantons du Jura

Région	Canton	1970	1979	1988	2000	2010
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	ND	17,4	15,4	12,6	ND
	ARINTHOD	ND	21,0	19,7	20,2	ND
	CONLIEGE	ND	27,3	25,2	24,8	ND
	SAINT-AMOUR	ND	27,5	23,7	21,8	ND
	SAINT-JULIEN	ND	28,0	26,6	23,9	ND
	SALINS-LES-BAINS	ND	35,2	32,9	32,2	ND
	VOITEUR	ND	26,5	24,0	22,9	ND
	ORGELET	ND	25,7	24,2	24,3	ND
	POLIGNY	ND	28,6	27,9	24,9	ND
Plateau moyen	CHAMPAGNOLE	ND	29,4	29,2	26,6	ND
	CLAIRVAUX-LES-LACS	ND	27,5	25,1	23,3	ND
Plateau supérieur	MOIRANS-EN-MONTAGNE	ND	15,4	13,4	12,6	ND
	NOZEROY	ND	36,5	34,2	31,8	ND
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	ND	28,7	27,8	24,2	ND
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	ND	31,7	29,2	27,9	ND
Montagne	BOUCHOUX (LES)	ND	14,8	15,5	15,2	ND
	MOREZ	ND	20,7	18,7	19,6	ND
	SAINT-CLAUDE	ND	15,8	15,6	16,7	ND

Dans le Jura, les pressions en azote et en phosphore sont plus faibles que dans le Doubs et ne concernent qu'un petit nombre de cantons. Seuls les cantons de Salins-les-Bains, de Nozeroy et de Saint Laurent-en-Grandvaux ont des valeurs du même ordre de grandeur que les cantons à pression élevée dans le Doubs.

Annexe 6 : azote et phosphore d'origine bovine entre 2010 et 2019 par département pour la zone d'étude Nutrikarst selon les données du SPIE (azote et phosphore déduit des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

DOUBS	Azote	Phosphore	Surface	kg N/ha SAU	kg P2O5/ha SAU
2010	13 186 942	5 166 908	178 248	74,0	29,0
2011	13 167 309	5 147 924	178 224	73,9	28,9
2012	13 028 106	5 072 095	178 363	73,0	28,4
2013	13 208 021	5 132 321	178 528	74,0	28,7
2014	13 793 314	5 349 063	178 747	77,2	29,9
2015	14 052 487	5 437 242	181 947	77,2	29,9
2016	14 361 141	5 548 371	182 459	78,7	30,4
2017	14 692 139	5 679 939	182 287	80,6	31,2
2018	14 831 041	5 754 090	182 644	81,2	31,5
2019	14 454 900	5 600 304	182 906	79,0	30,6
2019/2010	9,6%	8,4%	2,6%	6,8%	5,6%

JURA	Azote	Phosphore	Surface	kg N/ha SAU	kg P/ha SAU
2010	6 664 968	2 622 163	112 596	59,2	23,3
2011	6 628 270	2 601 514	112 413	59,0	23,1
2012	6 537 919	2 555 973	112 405	58,2	22,7
2013	6 643 876	2 595 756	112 348	59,1	23,1
2014	6 875 598	2 685 421	113 065	60,8	23,8
2015	6 969 863	2 722 485	114 984	60,6	23,7
2016	7 113 950	2 780 718	115 748	61,5	24,0
2017	7 278 692	2 840 310	115 914	62,8	24,5
2018	7 315 478	2 857 801	116 148	63,0	24,6
2019	7 225 657	2 822 281	116 817	61,9	24,2
2019/2010	8,4%	7,6%	3,7%	4,5%	3,7%

AIN	Azote	Phosphore	Surface	kg N/ha SAU	kg P/ha SAU
2010	2 604 697	1 079 202	66 460	39,2	16,2
2011	2 589 651	1 074 022	66 990	38,7	16,0
2012	2 541 350	1 051 597	67 327	37,7	15,6
2013	2 541 645	1 053 453	67 878	37,4	15,5
2014	2 584 637	1 066 508	67 567	38,3	15,8
2015	2 627 541	1 087 234	68 597	38,3	15,8
2016	2 619 048	1 079 892	68 231	38,4	15,8
2017	2 576 512	1 063 611	67 670	38,1	15,7
2018	2 528 873	1 042 366	67 868	37,3	15,4
2019	2 432 462	1 001 314	67 915	35,8	14,7
2019/2010	-6,6%	-7,2%	2,2%	-8,7%	-9,3%

Annexe 7 : pression en azote et phosphore d'origine bovine entre 2010 et 2019 par département et par zone géographique pour la zone d'étude Nutrikarst selon les données du SPIE (azote et phosphore déduit des effectifs bovins) et du RPG (surfaces)

Pression en azote d'origine bovine en kg N/ha de SAU par canton dans le Doubs de 2010 à 2019.

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	70,7	70,5	70,8	72,5	74,2	74,2	75,6	76,7	78,3	76,2
	BESANCON-SUD	66,9	65,8	64,0	65,2	68,4	69,3	70,8	70,6	72,9	70,1
	CLERVAL	59,1	59,7	59,0	59,6	62,4	63,2	63,8	64,4	63,8	62,2
	ORNANS	69,9	69,8	67,7	68,4	71,3	72,4	75,3	77,2	82,6	79,4
	PONT-DE-ROIDE	53,3	53,0	51,4	51,8	53,9	53,9	54,0	54,5	54,7	52,1
	QUINGEY	61,1	59,2	56,5	57,1	60,6	61,8	64,9	67,6	68,3	65,0
	ROULANS	66,2	64,8	64,4	65,5	68,4	68,8	72,0	72,6	74,0	72,7
Plateau moyen	VALENTIGNEY	35,1	36,7	36,1	39,2	41,2	36,2	36,4	32,9	34,3	31,7
	AMANCEY	68,7	67,8	67,3	68,2	72,0	73,4	74,6	77,1	79,1	75,7
	HERIMONCOURT	54,6	55,8	55,6	56,3	58,5	59,2	60,0	63,0	59,7	54,7
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	89,2	89,1	88,1	88,6	91,7	91,5	92,5	95,7	96,4	95,5
	SAINT-HIPPOLYTE	83,5	83,8	82,6	83,0	86,6	86,1	87,5	90,3	87,8	85,8
Plateau supérieur	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	78,7	78,5	78,5	80,0	83,3	83,6	83,8	87,0	84,2	81,6
	LEVIER	78,5	79,6	78,7	79,6	84,6	83,4	85,1	85,9	86,1	83,4
	MAICHE	90,6	90,9	89,2	89,3	91,8	91,4	91,7	94,3	95,0	93,2
	MONTBENOIT	78,9	79,3	79,3	80,0	83,3	83,0	85,8	87,4	90,0	87,3
	PONTARLIER	67,0	67,2	66,3	68,1	70,7	71,7	73,6	74,9	76,1	74,4
	RUSSEY (LE)	80,3	79,3	79,0	80,0	84,4	85,8	86,3	88,8	88,5	87,8
Montagne	MORTEAU	86,2	85,6	85,5	87,0	90,0	90,0	92,0	94,1	94,5	92,7
	MOUTHE	59,1	59,6	59,2	60,6	63,2	60,4	62,0	63,7	64,4	62,2

Pression en azote d'origine bovine en kg N/ha de SAU par canton dans le Jura de 2010 à 2019.

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	33,9	33,3	34,7	35,9	35,4	37,6	37,6	41,3	38,3	38,1
	ARINTHOD	50,5	47,8	47,2	47,0	49,4	50,2	50,1	49,9	47,5	45,3
	CONLIEGE	65,1	66,1	64,9	66,0	68,6	68,6	65,2	65,5	66,2	65,8
	SAINT-AMOUR	50,2	49,6	47,4	43,3	43,4	44,8	44,2	44,8	43,0	41,3
	SAINT-JULIEN	59,8	57,6	57,0	56,5	57,5	57,0	62,4	64,2	67,8	69,2
	SALINS-LES-BAINS	82,4	81,5	81,3	85,1	87,7	87,2	89,5	89,4	88,6	89,9
	VOITEUR	57,6	58,4	57,0	57,5	60,3	61,0	73,9	76,3	78,3	76,9
	ORGELET	61,2	60,3	59,1	60,1	61,7	60,7	57,9	61,0	62,0	60,5
Plateau moyen	POLIGNY	62,7	62,0	60,9	62,3	63,3	61,8	63,2	64,2	64,7	63,1
	CHAMPAGNOLE	68,5	68,1	67,6	70,3	72,8	72,4	74,3	76,5	76,5	75,2
Plateau supérieur	CLAIRVAUX-LES-LACS	59,9	60,2	59,3	59,1	60,1	61,8	62,7	62,7	63,1	62,2
	MOIRANS-EN-MONTAGNE	22,6	20,2	20,5	19,7	19,0	17,0	16,6	17,0	17,8	17,5
	NOZEROY	73,5	74,6	73,8	76,3	78,6	78,7	79,9	80,1	82,2	81,5
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	69,0	69,0	68,6	69,6	72,4	71,2	68,9	72,7	74,1	68,5
Montagne	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	67,2	69,8	68,8	70,1	73,8	72,9	73,5	75,5	76,6	76,2
	BOUCHOUX (LES)	29,5	30,7	28,7	28,1	28,0	27,5	28,0	28,6	29,4	27,9
	MOREZ	36,2	35,3	35,8	37,9	39,5	39,9	40,6	42,9	44,2	42,3
	SAINT-CLAUDE	28,9	28,4	26,9	25,3	25,3	26,8	27,4	28,6	27,4	27,1

Pression en azote d'origine bovine en kg N/ha de SAU par canton dans l'Ain de 2010 à 2019

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Plaine	CEYZERIAT	53,8	52,1	50,9	52,7	54,5	55,3	58,0	60,5	58,2	53,6
	FERNEY VOLTAIRE	47,9	46,2	45,9	47,3	45,7	48,1	50,0	49,9	49,8	47,4
	PONCIN	37,8	35,6	34,2	33,5	32,5	33,6	32,6	34,2	31,1	30,2
	SEYSSEL	30,2	34,6	34,1	32,5	34,7	31,2	31,4	32,4	31,4	31,2
	TREFFORT CISIAT	43,0	43,3	40,8	39,9	42,4	43,5	42,2	42,6	39,5	39,9
Plateau et Montagne	BELLEGARDE SUR VALSERINE	33,8	33,8	29,4	31,3	32,7	31,9	34,1	32,9	33,5	27,3
	BRENOD	32,4	33,3	32,3	32,6	32,9	32,9	27,6	27,3	26,7	26,8
	CHAMPAGNE EN VALROMEY	26,4	25,4	24,6	24,8	24,7	26,5	31,6	29,2	30,1	28,5
	COLLONGES	46,6	44,1	48,0	44,0	44,4	42,4	43,6	42,9	43,6	45,0
	GEX	48,1	46,6	46,2	43,5	42,3	40,1	37,7	36,4	35,5	33,4
	HAUTEVILLE LOMPNES	30,6	33,4	34,3	34,2	33,8	33,8	37,5	32,4	32,3	28,0
	IZERNORE	40,1	40,1	38,3	39,3	42,3	40,9	39,9	40,6	40,0	39,1
	LHUIS	37,7	37,7	37,3	37,4	36,9	37,0	36,2	36,2	35,7	34,8
	NANTUA	53,1	50,1	50,2	46,8	50,6	50,1	52,6	51,2	53,6	50,5
	OYONNAX	10,5	9,0	10,1	9,3	10,3	11,2	11,8	10,2	10,0	9,1
	OYONNAX NORD	31,7	28,5	27,9	22,0	27,3	27,1	26,8	27,8	26,9	29,4
	OYONNAX SUD	56,2	57,8	62,4	56,4	57,1	46,3	49,4	44,2	52,3	80,5
	SAINT RAMBERT EN BUGEY	36,4	36,6	36,2	36,8	37,6	37,9	37,0	37,5	35,7	38,3
	VIRIEU LE GRAND	33,9	30,3	28,7	30,6	31,6	32,8	32,2	34,4	31,1	30,2

Pression en phosphore d'origine bovine en kg P2O5/ha de SAU par canton dans le Doubs de 2010 à 2019.

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	30,7	30,4	30,4	31,1	31,7	31,7	32,1	32,7	33,5	32,3
	BESANCON-SUD	28,7	28,1	27,3	27,7	29,0	29,2	29,8	29,7	30,7	29,4
	CLERVAL	25,0	25,3	24,9	25,1	26,2	26,4	26,6	26,8	26,7	26,0
	ORNANS	27,1	27,0	26,1	26,3	27,3	27,6	28,6	29,4	31,6	30,3
	PONT-DE-ROIDE	21,6	21,5	20,8	20,8	21,7	21,7	21,6	21,9	22,0	20,9
	QUINGEY	25,2	24,3	23,0	23,2	24,6	25,0	26,3	27,4	27,7	26,3
	ROULANS	26,8	26,0	25,8	26,2	27,3	27,4	28,5	28,9	29,5	28,9
	VALENTIGNEY	15,0	15,5	15,1	16,5	17,0	15,0	15,1	13,7	14,2	13,3
Plateau moyen	AMANCEY	26,8	26,4	26,0	26,3	27,6	28,1	28,5	29,5	30,4	29,1
	HERIMONCOURT	21,6	21,9	21,6	21,9	22,8	22,9	23,2	24,3	23,2	21,2
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	34,3	34,2	33,6	33,8	34,8	34,7	35,0	36,2	36,7	36,3
	SAINT-HIPPOLYTE	32,0	32,1	31,5	31,6	32,9	32,6	33,1	34,2	33,3	32,6
	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	30,4	30,3	30,1	30,6	31,9	31,9	31,9	33,2	32,3	31,2
Plateau supérieur	LEVIER	30,3	30,7	30,3	30,5	32,4	31,8	32,4	32,8	32,9	31,9
	MAICHE	34,7	34,8	34,0	34,0	34,9	34,7	34,7	35,8	36,2	35,5
	MONTBENOIT	30,2	30,3	30,3	30,4	31,7	31,5	32,5	33,1	34,3	33,2
	PONTARLIER	25,8	25,9	25,4	26,0	27,0	27,3	28,0	28,5	29,1	28,5
	RUSSEY (LE)	30,7	30,2	30,1	30,3	32,0	32,4	32,6	33,6	33,7	33,4
	MORTEAU	33,0	32,8	32,6	33,1	34,2	34,2	34,9	35,7	35,9	35,2
Montagne	MOUTHE	22,6	22,8	22,7	23,1	24,1	23,0	23,6	24,2	24,6	23,7

Pression en phosphore d'origine bovine en kg P2O5/ha de SAU par canton dans le Jura de 2010 à 2019.

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	13,2	13,0	13,5	14,0	13,7	14,5	14,6	16,0	14,8	14,8
	ARINTHOD	20,3	19,2	18,8	18,8	19,8	20,2	20,1	19,9	18,8	18,0
	CONLIEGE	26,3	26,7	26,1	26,4	27,7	27,7	26,3	26,2	26,4	26,4
	SAINT-AMOUR	20,8	20,5	19,6	17,8	17,8	18,4	18,1	18,5	17,7	17,1
	SAINT-JULIEN	23,9	22,8	22,6	22,3	22,5	22,3	24,6	25,3	26,7	27,2
	SALINS-LES-BAINS	31,7	31,3	31,1	32,6	33,6	33,4	34,2	34,2	34,1	34,7
	VOITEUR	22,9	23,2	22,4	22,6	23,7	24,0	29,1	30,1	30,9	30,3
	ORGELET	24,1	23,7	23,0	23,5	24,1	23,7	22,5	23,7	24,3	23,7
	POLIGNY	25,6	25,3	24,7	25,2	25,6	25,0	25,7	26,0	26,3	25,5
Plateau moyen	CHAMPAGNOLE	26,7	26,4	26,1	27,1	28,0	27,9	28,7	29,4	29,4	28,9
	CLAIRVAUX-LES-LACS	23,3	23,4	23,0	22,9	23,2	23,9	24,2	24,1	24,3	23,9
Plateau supérieur	MOIRANS-EN-MONTAGNE	8,9	8,0	8,1	7,8	7,6	6,8	6,6	6,8	7,2	7,1
	NOZEROY	28,1	28,4	28,0	29,0	29,9	30,0	30,4	30,5	31,3	31,1
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	26,7	26,6	26,4	26,8	27,8	27,4	26,5	27,8	28,5	26,3
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	25,9	26,8	26,4	26,8	28,2	27,9	28,1	28,9	29,4	29,1
Montagne	BOUCHOUX (LES)	11,7	12,2	11,3	11,1	11,1	11,0	11,2	11,5	11,8	11,1
	MOREZ	14,1	13,7	13,8	14,6	15,2	15,4	15,7	16,5	17,0	16,3
	SAINT-CLAUDE	11,4	11,1	10,6	10,0	10,1	10,6	10,9	11,5	10,9	10,8

Pression en phosphore d'origine bovine en kg P2O5/ha de SAU par canton dans l'Ain de 2010 à 2019.

Région	Canton	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Plaine	CEYZERAT	23,6	22,7	22,2	23,0	23,6	23,8	24,9	26,1	25,0	22,9
	FERNEY VOLTAIRE	19,8	19,3	19,2	19,8	19,1	20,4	21,2	21,3	21,4	20,2
	PONCIN	16,5	15,5	14,9	14,7	14,2	14,6	14,1	14,9	13,5	13,2
	SEYSSEL	12,1	13,8	13,5	12,9	13,8	12,5	12,6	12,9	12,4	12,5
	TREFFORT CISIAT	18,9	19,1	17,9	17,6	18,6	19,1	18,3	18,5	17,2	17,4
Plateau et Montagne	BELLEGARDE SUR VALSERINE	13,7	13,8	11,9	12,8	13,3	12,9	13,7	13,3	13,5	11,0
	BRENOD	13,4	13,8	13,3	13,4	13,4	13,5	11,4	11,2	10,8	11,0
	CHAMPAGNE EN VALROMEY	10,7	10,3	9,9	10,0	9,9	10,9	12,8	11,7	12,0	11,3
	COLLONGES	19,0	18,0	19,7	18,2	18,1	17,3	17,7	17,3	17,6	18,1
	GEX	19,3	18,7	18,5	17,3	16,8	16,0	15,0	14,5	14,1	13,3
	HAUTEVILLE LOMPNES	12,5	13,8	14,2	14,1	13,9	14,0	15,4	13,4	13,4	11,5
	IZERNORE	15,9	15,9	15,0	15,5	16,6	16,2	15,8	16,0	15,8	15,5
	LHUIS	15,2	15,2	14,9	15,0	14,9	14,8	14,4	14,4	14,2	13,8
	NANTUA	21,6	20,4	20,4	19,0	20,4	20,1	21,3	20,6	21,8	20,3
	OYONNAX	4,7	4,1	4,6	4,1	4,5	5,1	5,4	4,4	4,5	4,2
	OYONNAX NORD	12,4	11,1	10,9	8,5	10,6	10,6	10,5	10,9	10,5	11,5
	OYONNAX SUD	21,9	22,3	23,8	21,9	22,2	18,2	19,3	17,0	20,3	31,6
	SAINT RAMBERT EN BUGEY	14,6	14,7	14,6	14,7	15,0	15,1	14,8	15,0	14,4	15,4
VIRIEU LE GRAND	14,3	12,8	12,1	12,8	13,2	13,7	13,5	14,6	13,1	12,8	

Annexe 8 : quantités d'azote et de phosphore par canton, nombre de porcheries (source Interporc BFC), SAU 2019 (source RPG) et pression en azote et phosphore par ha de SAU pour le Doubs

Région	Canton	Azote	Phosphore	Effectifs	SAU 2019	kg N/ha	kg P2O5/ha
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	14933	11070	7	8984	1,7	1,2
	BESANCON-SUD + QUINGEY	6346	4498	5	12730	0,5	0,4
	ORNANS	9813	6907	9	9237	1,1	0,7
	CLERVAL + PONT-DE-ROIDE	2952	2077	7	14344	0,2	0,1
	ROULANS	4713	3316	4	7788	0,6	0,4
	VALENTIGNEY	0	0	0	412	0,0	0,0
Plateau moyen	AMANCEY	37070	26166	11	7437	5,0	3,5
	HERIMONCOURT	646	455	3	2443	0,3	0,2
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	65777	46040	11	15318	4,3	3,0
	SAINT-HIPPOLYTE	12177	8436	4	8098	1,5	1,0
	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	21707	14542	6	15525	1,4	0,9
Plateau supérieur	LEVIER	36735	25644	13	15253	2,4	1,7
	MAICHE	23340	16312	14	12616	1,9	1,3
	MONTBENOIT	16167	11364	8	11300	1,4	1,0
	PONTARLIER	8691	6124	6	13770	0,6	0,4
	RUSSEY (LE)	31351	21837	8	10014	3,1	2,2
	MORTEAU	27830	19237	4	6978	4,0	2,8
Montagne	MOUTHE	7948	5550	11	10661	0,7	0,5

Quantités d'azote et de phosphore par canton, nombre de porcheries, SAU 2019 (source RPG) et pression en azote et phosphore par ha de SAU pour le Jura.

Région	Canton	Azote	Phosphore	Effectifs	SAU 2019	kg N/ha	kg P2O5/ha
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	417	296	3	4724	0,1	0,1
	ARINTHOD	7523	5345	8	8642	0,9	0,6
	CONLIEGE	525	370	3	6908	0,1	0,1
	SAINT-AMOUR	3197	2072	6	4509	0,7	0,5
	SAINT-JULIEN	559	387	3	4607	0,1	0,1
	SALINS-LES-BAINS	1147	808	11	8012	0,1	0,1
	VOITEUR	281	198	5	4839	0,1	0,0
	ORGELET	20440	14277	5	8225	2,5	1,7
	POLIGNY	30065	21067	8	11330	2,7	1,9
Plateau moyen	CHAMPAGNOLE	17869	12719	13	10618	1,7	1,2
	CLAIRVAUX-LES-LACS	897	624	7	7688	0,1	0,1
Plateau supérieur	NOZEROY	19215	13596	17	11115	1,7	1,2
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	3825	2649	9	9125	0,4	0,3
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	7413	5064	4	4052	1,8	1,2
Montagne	BOUCHOUX (LES)	628	437	3	4093	0,2	0,1
	MOREZ	5102	3539	4	4006	1,3	0,9
	SAINT-CLAUDE	529	374	4	4324	0,1	0,1

Annexe 9 : production d'azote et de phosphore d'origine avicole par canton et par région géographique dans le Doubs de 1970 à 2010 (source RGA)

Région	Canton	Production d'azote base 401 g/animal/an en kg N					Production de phosphore base 419 g/animal/an en kg P2O5				
		1970	1979	1988	2000	2010	1970	1979	1988	2000	2010
1er Plateau et zone basse	BAUME-LES-DAMES	4596	3581	2390	2349	348	4802	3741	2498	2454	364
	BESANCON-SUD	1357	642	603	308	228	1418	671	630	321	238
	CLERVAL	2792	1843	1558	791	442	2917	1926	1628	826	462
	ORNANS	4676	3078	2457	696	307	4886	3217	2567	727	321
	PONT-DE-ROIDE	3225	2342	2534	790	269	3370	2447	2647	825	281
	QUINGEY	4916	2110	2236	616	216	5137	2204	2336	643	225
	ROULANS	3791	3403	1964	279	172	3961	3556	2052	291	179
	VALENTIGNEY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Plateau moyen	AMANCEY	6552	27384	101395	81447	102133	6846	28614	105946	85103	106718
	HERIMONCOURT	1894	1074	4763	2888	2640	1979	1123	4977	3018	2759
	PIERREFONTAINE-LES-VARANS	12407	10612	10755	4330	4623	12964	11089	11238	4524	4831
	SAINT-HIPPOLYTE	2347	1918	1130	906	254	2452	2004	1180	947	265
	VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	8039	6230	5455	515	390	8400	6509	5700	538	407
Plateau supérieur	LEVIER	4274	2785	2597	1463	767	4466	2910	2713	1529	802
	MAICHE	4188	2930	2494	1276	642	4376	3061	2606	1334	670
	MONTBENOIT	6928	9053	4770	1652	1779	7239	9459	4984	1726	1859
	PONTARLIER	3124	1359	889	297	192	3264	1420	929	310	201
	RUSSEY (LE)	2099	1395	1213	425	101	2193	1458	1267	444	106
	MORTEAU	5693	5503	2967	487	112	5949	5750	3100	509	117
Montagne	MOUTHE	1148	644	295	159	253	1200	672	308	166	264

Production d'azote et de phosphore d'origine avicole par canton et par région géographique dans le Jura de 1970 à 2010.

Région	Canton	Production d'azote base 401 g/animal/an en kg N					Production de phosphore base 419 g/animal/an en kg P2O5				
		1970	1979	1988	2000	2010	1970	1979	1988	2000	2010
1er Plateau et zone basse	ARBOIS	ND	1171	598	321	13329	ND	1223	625	335	13927
	ARINTHOD	ND	1446	1221	1733	3677	ND	1510	1276	1811	3842
	CONLIEGE	ND	10579	7517	3598	6117	ND	11054	7855	3759	6391
	SAINT-AMOUR	ND	2546	1634	7588	3357	ND	2661	1707	7929	3507
	SAINT-JULIEN	ND	747	618	230	30	ND	781	645	240	31
	SALINS-LES-BAINS	ND	1715	1219	577	419	ND	1792	1273	603	438
	VOITEUR	ND	979	550	281	133	ND	1023	575	293	139
	ORGELET	ND	1515	1219	8462	72	ND	1583	1274	8842	75
	POLIGNY	ND	3176	2878	570	314	ND	3318	3008	596	328
Plateau moyen	CHAMPAGNOLE	ND	1931	682	270	364	ND	2017	712	282	380
	CLAIRVAUX-LES-LACS	ND	1019	555	202	1033	ND	1065	580	211	1080
Plateau supérieur	MOIRANS-EN-MONTAGNE	ND	283	293	132	181	ND	296	306	137	189
	NOZEROTY	ND	1867	901	212	28	ND	1951	941	222	30
	SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAL	ND	641	377	122	107	ND	670	394	127	112
	PLANCHES-EN-MONTAGNE (LES)	ND	587	361	1993	SST	ND	613	377	2083	SST
Montagne	BOUCHOUX (LES)	ND	418	286	57	67	ND	437	298	60	70
	MOREZ	ND	219	174	24	20	ND	228	182	25	21
	SAINT-CLAUDE	ND	581	376	92	88	ND	607	393	96	92

Production d'azote et de phosphore d'origine avicole par canton et par région géographique dans l'Ain de 1970 à 2010.

Région	Canton	Production d'azote base 401 g/animal/an en kg N					Production de phosphore base 419 g/animal/an en kg P2O5				
		1970	1979	1988	2000	2010	1970	1979	1988	2000	2010
Plaine	07 - CEYZERIAT	18845	9951	5636	4451	2967	19691	10398	5889	4651	3101
	13 - FERNEY VOLTAIRE	3751	1452	777	281	SST	3920	1517	812	293	SST
	24 - PONCIN	1825	972	6735	SST	40	1906	1016	7037	SST	42
	31 - SEYSSSEL	2602	2325	1530	SST	160	2719	2429	1598	SST	168
	33 - TREFFORT CISIAT	23151	61060	59492	27027	25905	24190	63801	62162	28241	27067
Plateau et Montagne	03 - BELLEGARDE SUR VALSERIN	829	895	600	80	120	866	935	627	84	126
	06 - BRENOD	2092	895	570	80	SST	2186	935	596	84	SST
	09 - CHAMPAGNE EN VALROME	5661	1600	1244	SST	SST	5915	1671	1300	SST	SST
	12 - COLLONGES	1379	1671	869	40	80	1441	1746	908	42	84
	14 - GEX	5205	1071	504	1524	281	5439	1119	526	1592	293
	15 - HAUTEVILLE LOMPNES	1251	769	232	201	241	1307	803	243	210	251
	16 - IZERNORE	2731	5361	SST	80	SST	2853	5602	SST	84	SST
	18 - LHUIS	18000	10352	3413	SST	9985	18808	10816	3566	SST	10433
	22 - NANTUA	1063	515	294	80	0	1110	538	307	84	0
	23 - OYONNAX NORD	386	253	SST	SST	SST	403	265	SST	SST	SST
	28 - SAINT RAMBERT EN BUGEY	1833	1002	492	160	80	1916	1047	514	168	84
	36 - VIRIEU LE GRAND	4498	1402	629	120	0	4700	1465	657	126	0
	41 - OYONNAX SUD	184	101	60	SST	SST	192	105	62	SST	SST
	98 - OYONNAX	183	108	54	0	SST	191	113	57	0	SST

Annexe 10 : quantités d'azote et de phosphore (en kilo et en kg/ha de SAU) épandues en agriculture et provenant des boues de station d'épuration dans les cantons de l'étude Nutrikarst dans le Doubs (source Chambre Interdépartementale d'Agriculture 25/90)

DOUBS 2019	N boues	P2O5 boues	kg N/ha	kg P2O5/ha
01 - AMANCEY	3615	1061	0,49	0,14
04 - BAUME-LES-DAMES	1968	1237	0,22	0,14
06 - BESANCON-SUD	8475	4742	2,43	1,36
08 - CLERVAL	11942	21969	1,28	2,36
09 - HERIMONCOURT	4475	3598	1,83	1,47
11 - LEVIER	7647	8209	0,50	0,54
12 - MAICHE	2574	1978	0,20	0,16
15 - MONTBENOIT	7775	6670	0,69	0,59
18 - ORNANS	156	187	0,02	0,02
19 - PIERREFONTAINE-LES-VARANS	9034	9083	0,59	0,59
20 - PONTARLIER	10023	11797	0,73	0,86
21 - PONT-DE-ROIDE	4443	4079	0,88	0,81
22 - QUINGEY	6074	12410	0,66	1,34
24 - ROULANS	8758	4388	1,12	0,56
25 - RUSSEY (LE)	7861	5047	0,79	0,50
26 - SAINT-HIPPOLYTE	1878	1498	0,23	0,18
27 - VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	27475	24490	1,77	1,58
16 - MORTEAU, 17 - MOUTHE et 35 - VALENTIGNEY	0	0	0	0
TOTAL	124175	122443	0,68	0,67

Annexe 11 : part relative de l'azote d'origine agricole par canton selon l'année la plus récente disponible

Cantons Nutrikarst du Doubs	N BOV SPIE 2020	N Engrais 2019	Azote N Porcin 2020	N VOL 2010	N boues 2019	Total par canton
AMANCEY	556 616	191 456	37 070	102 133	3 615	890 890
BAUME-LES-DAMES	671 260	337 897	14 933	348	1 968	1 026 406
BESANCON-SUD	243 963	138 190	2 975	228	8 475	393 831
CLERVAL	578 474	334 195	2 709	442	11 942	927 762
HERIMONCOURT	139 645	96 129	646	2 640	4 475	243 536
LEVIER	1 282 825	249 800	36 735	767	7 647	1 577 774
MAICHE	1 163 638	210 761	23 340	642	2 574	1 400 953
MONTBENOIT	983 255	172 641	16 167	1 779	7 775	1 181 617
MORTEAU	631 518	105 943	27 830	112	0	765 402
MOUTHE	666 659	159 888	7 948	253	0	834 748
ORNANS	717 759	240 054	9 813	307	156	968 089
PIERREFONTAINE-LES-VARANS	1 453 005	310 069	65 777	4 623	9 034	1 842 508
PONTARLIER	1 002 772	207 343	8 691	192	10 023	1 229 021
PONT-DE-ROIDE	262 913	194 460	243	269	4 443	462 327
QUINGEY	586 974	297 973	3 371	216	6 074	894 609
ROULANS	561 111	359 645	4 713	172	8 758	934 399
LE RUSSEY	876 889	158 639	31 351	101	7 861	1 074 840
SAINT-HIPPOLYTE	695 112	150 575	12 177	254	1 878	859 995
VALENTIGNEY	13 855	22 403	0	0	0	36 258
VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	1 246 795	340 318	21 707	390	27 475	1 636 685
Total par origine	14 335 034	4 278 378	328 197	115 866	124 175	19 181 650
Répartition par origine	75%	22%	1,7%	0,6%	0,6%	100%
hors boues						
Cantons Nutrikarst du Jura	N BOV SPIE 2020	N Engrais 2019	Azote N Porcin 2020	N VOL 2010	N boues 2019	Total par canton
ARBOIS	181 560	224 060	417	13 329	ND	419 365
ARINTHOD	396 676	236 145	7 523	3 677	ND	644 021
LES BOUCHOUX	115 036	81 943	628	67	ND	197 674
CHAMPAGNOLE	798 218	272 793	17 869	364	ND	1 089 244
CLAIRVAUX-LES-LACS	475 099	210 143	897	1 033	ND	687 172
CONLIEGE	450 216	209 086	525	6 117	ND	665 943
MOIRANS-EN-MONTAGNE	43 457	50 291	66	181	ND	93 994
MOREZ	163 211	79 969	5 102	20	ND	248 303
NOZEROY	898 989	233 806	19 215	28	ND	1 152 039
ORGELET	491 316	261 927	20 440	72	ND	773 755
LES PLANCHES-EN-MONTAGNE	311 875	81 756	7 413	SST	ND	401 044
POLIGNY	717 403	452 012	30 065	314	ND	1 199 794
SAINT-AMOUR	180 569	151 851	3 197	3 357	ND	338 974
SAINT-CLAUDE	116 791	87 039	529	88	ND	204 447
SAINT-JULIEN	315 971	135 963	559	30	ND	452 523
SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	442 281	135 308	3 760	107	ND	581 455
SALINS-LES-BAINS	728 007	191 956	1 147	419	ND	921 529
VOITEUR	384 926	167 545	281	133	ND	552 885
Total par origine	7 211 598	3 263 595	119 632	29 335	ND	10 624 160
Répartition par origine	68%	31%	1,1%	0,3%	ND	100%
hors boues et porcs						
Cantons Nutrikarst de l'Ain	N BOV SPIE 2020	N Engrais 2019	Azote N Porcin 2020	N VOL 2010	N boues 2019	Total par canton
BELLEGARDE SUR VALSERINE	139 297	106 815	ND	120	ND	246 233
BRENOD	204 673	168 368	ND	SST	ND	373 042
CEYZERIAT	241 926	155 211	ND	2 967	ND	400 104
CHAMPAGNE EN VALROMEY	149 775	188 541	ND	SST	ND	338 316
COLLONGES	182 082	183 583	ND	80	ND	365 746
FERNEY VOLTAIRE	130 832	161 850	ND	SST	ND	292 682
GEX	170 153	208 283	ND	281	ND	378 717
HAUTEVILLE LOMPNES	92 902	63 194	ND	241	ND	156 336
IZERNORE	129 715	81 876	ND	SST	ND	211 591
LHUIS	159 187	154 168	ND	9 985	ND	323 340
NANTUA	112 792	48 952	ND	0	ND	161 744
OYONNAX	4 001	13 677	ND	SST	ND	17 677
OYONNAX NORD	28 075	18 907	ND	SST	ND	46 982
OYONNAX SUD	11 024	2 351	ND	SST	ND	13 374
PONCIN	83 247	105 611	ND	40	ND	188 898
SAINT RAMBERT EN BUGEY	114 929	54 387	ND	80	ND	169 396
SEYSSSEL	68 429	73 989	ND	160	ND	142 579
TREFFORT CISIAT	296 966	348 074	ND	25 905	ND	670 945
VIRIEU LE GRAND	72 037	80 496	ND	0	ND	152 533
Total par origine	2 392 041	2 218 333	ND	39 859	ND	4 650 233
Répartition par origine	51%	48%	ND	0,9%	ND	100%

hors boues et porcs

Annexe 12 : part relative du phosphore d'origine agricole par canton selon l'année la plus récente disponible

Cantons Nutrikarst du Doubs	P2O5 BOV SPIE 2020	P2O5 Engrais 2019	P2O5 Porcin 2020	P2O5 VOL 2010	P2O5 boues 2019	Total par canton
AMANCEY	213 629	51 314	26 166	106 718	1 061	398 887
BAUME-LES-DAMES	284 238	86 724	11 070	364	1 237	383 632
BESANCON-SUD	102 467	36 858	2 095	238	4 742	146 399
CLERVAL	241 421	87 649	1 907	462	21 969	353 408
HERIMONCOURT	53 986	25 286	455	2 759	3 598	86 084
LEVIER	490 252	66 377	25 644	802	8 209	591 283
MAICHE	441 940	55 841	16 312	670	1 978	516 741
MONTBENOIT	373 712	46 033	11 364	1 859	6 670	439 639
MORTEAU	239 498	28 262	19 237	117	0	287 114
MOUTHE	253 837	42 634	5 550	264	0	302 284
ORNANS	273 061	64 497	6 907	321	187	344 972
PIERREFONTAINE-LES-VARANS	550 282	82 662	46 040	4 831	9 083	692 898
PONTARLIER	382 162	55 262	6 124	201	11 797	455 545
PONT-DE-ROIDE	105 537	51 366	170	281	4 079	161 433
QUINGEY	237 527	78 105	2 404	225	12 410	330 671
ROULANS	221 748	94 305	3 316	179	4 388	323 936
LE RUSSEY	331 775	42 336	21 837	106	5 047	401 100
SAINT-HIPPOLYTE	263 160	40 079	8 436	265	1 498	313 438
VALENTIGNY	5 745	5 270	0	0	0	11 015
VERCEL-VILLEDIEU-LE-CAMP	474 911	90 761	14 542	407	24 490	605 111
Total par origine	5 540 885	1 131 622	229 574	121 067	122 443	7 145 591
Répartition par origine	78%	16%	3,2%	1,7%	1,7%	100%
hors boues						
Cantons Nutrikarst du Jura	P2O5 BOV SPIE 2020	P2O5 Engrais 2019	P2O5 Porcin 2020	P2O5 VOL 2010	P2O5 boues 2019	Total par canton
ARBOIS	70475	57826	296	13927	ND	142 525
ARINTHOD	157565	60875	5345	3842	ND	227 627
LES BOUCHOUX	45882	20494	437	70	ND	66 882
CHAMPAGNOLE	306430	70282	12719	380	ND	389 811
CLAIRVAUX-LES-LACS	182918	54996	624	1080	ND	239 618
CONLIEGE	180401	54880	370	6391	ND	242 042
MOIRANS-EN-MONTAGNE	17730	12576	48	189	ND	30 543
MOREZ	62650	19998	3539	21	ND	86 209
NOZEROY	342612	59075	13596	30	ND	415 312
ORGELET	191983	68889	14277	75	ND	275 224
LES PLANCHES-EN-MONTAGNE	119534	20480	5064	SST	ND	145 078
POLIGNY	289615	116860	21067	328	ND	427 869
SAINT-AMOUR	74337	39056	2072	3507	ND	118 972
SAINT-CLAUDE	46203	21767	374	92	ND	68 435
SAINT-JULIEN	124569	35742	387	31	ND	160 729
SAINT-LAURENT-EN-GRANDVAUX	169780	34041	2601	112	ND	206 534
SALINS-LES-BAINS	281016	49273	808	438	ND	331 535
VOITEUR	152017	43245	198	139	ND	195 598
Total par origine	2 815 714	840 356	83 823	30 652	ND	3 770 544
Répartition par origine	75%	22%	2,2%	0,8%	ND	100%
hors boues et porcs						
Cantons Nutrikarst de l'Ain	P2O5 BOV SPIE 2020	P2O5 Engrais 2019	P2O5 Porcin 2020	P2O5 VOL 2010	P2O5 boues 2019	Total par canton
BELLEGARDE SUR VALSERINE	55 718	27 691	ND	126	ND	83 534
BRENOD	83 372	44 331	ND	SST	ND	127 704
CEYZERIAT	102 744	38 666	ND	3 101	ND	144 511
CHAMPAGNE EN VALROMEY	59 662	47 928	ND	SST	ND	107 590
COLLONGES	73 481	46 240	ND	84	ND	119 804
FERNEY VOLTAIRE	56 151	41 519	ND	SST	ND	97 670
GEX	67 524	53 211	ND	293	ND	121 028
HAUTEVILLE LOMPNES	38 159	16 678	ND	251	ND	55 088
IZERNORE	51 163	21 825	ND	SST	ND	72 987
LHUIS	63 257	34 881	ND	10 433	ND	108 571
NANTUA	45 390	12 889	ND	0	ND	58 279
OYONNAX	1 765	3 348	ND	SST	ND	5 113
OYONNAX NORD	10 965	4 812	ND	SST	ND	15 777
OYONNAX SUD	4 318	627	ND	SST	ND	4 944
PONCIN	36 019	27 369	ND	42	ND	63 429
SAINT RAMBERT EN BUGEY	45 987	13 908	ND	84	ND	59 978
SEYSSEL	27 242	17 552	ND	168	ND	44 962
TREFFORT CISIAT	129 556	85 712	ND	27 067	ND	242 334
VIRIEU LE GRAND	30 463	19 097	ND	0	ND	49 560
Total par origine	982 932	558 284	ND	41 649	ND	1 582 864
Répartition par origine	62%	35%	ND	2,6%	ND	100%

hors boues et porcs