



2013-2015 – Domaine 12-4-1 Contaminants et risques
écotoxicologiques- Action 224

GUIDE METHODOLOGIQUE

Diagnostiquer les pollutions diffuses des eaux superficielles par les résidus médicamenteux d'origine vétérinaire

**Annie SOULIER, Lucie CARRERA, Emilie JARDE, Barbara LE BOT,
Alban de LAVENNE et Anne JAFFREZIC**

Juillet 2015

Avec le soutien de l'ONEMA



- **AUTEURS**

Annie SOULIER, Chargé de mission , UMR 1069 Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation INRA Agrocampus Ouest, adresse actuelle : annie.soulier@rennes.inra.fr

Lucie CARRERA, stage de Master 2 (2013) UMR 1069 Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation INRA Agrocampus Ouest

Emilie JARDE, chercheur (CNRS) UMR 6118 Géosciences Rennes , emilie.jarde@univ-rennes1.fr

Barbara LE BOT, enseignant chercheur EHESP-Leres/Inserm U1085 (IRSET), barbara.lebot@ehesp.fr

Alban de LAVENNE :post-doc (Université François Rabelais, Tours, EA 6293, Géo-Hydrosystèmes Continentaux), adresse actuelle : a.lavenne@gmail.com

Anne JAFFREZIC, enseignant-chercheur UMR 1069 Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation INRA Agrocampus Ouest anne.jaffrezic@agrocampus-ouest.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : Pierre-François STAUB, pierre-francois.staub@onema.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Droits d'usage : libre

Niveau géographique : France

Couverture géographique : Bretagne

Niveau de lecture : professionnels, experts.

• **SOMMAIRE**

I - Introduction	4
II - Présentation des Bassins versants étudiés	5
III - Comment identifier les molécules à rechercher ?	5
3.1 - Réalisation d'enquêtes auprès de vétérinaires pour identifier les molécules prescrites.....	5
3.2 - Des molécules à usage humain et animal, comment savoir si elles proviennent de l'activité agricole ? Définir un menu analytique adapté.....	8
IV - Occurrence des résidus médicamenteux vétérinaires (RMV)	9
4.1 – Fréquence de quantification et niveaux de concentration sur le BV Kervidy-Naizin.....	9
4.2 – Fréquence de quantification et niveaux de concentration sur le BV d'Ille et Vilaine.....	10
4.3 – Les molécules prescrites jamais quantifiées	11
V - Eléments opérationnels à retenir	11
VI - Sigles et abréviations	13
VII - Bibliographie	14
VIII - Table des illustrations	15
<i>Liste des tableaux</i>	15
IX - Annexes	16

I - INTRODUCTION

La présence de résidus de médicaments (RM) dans les eaux superficielles est un fait aujourd'hui reconnu. Si la majorité des études portent sur les molécules provenant des médicaments utilisés en médecine humaine, l'intérêt porté aux molécules issues d'un usage vétérinaire devient plus fort. La France représente en effet le premier marché du médicament vétérinaire de l'Union Européenne et le 2ème au niveau mondial. On recense 300 molécules à usage vétérinaire et environ 3000 molécules humaines.

La forte présence des productions animales (porcins, volaille notamment) conduites de manière intensive positionne la Bretagne comme un territoire particulièrement sensible à la contamination des cours d'eau par les résidus de médicaments d'origine vétérinaire (RMV). Les enjeux y sont d'autant plus importants que le réseau hydrographique est dense et que 80% de l'eau utilisée pour l'alimentation en eau potable de la population provient de prises d'eaux superficielles.

Le présent guide méthodologique s'inscrit dans le cadre d'un projet portant sur l'étude de l'occurrence des résidus médicamenteux dans les cours d'eaux, en contexte d'élevage breton, à dominante porcins et bovins lait. Cette étude (Soulier et al., 2015) vise à répondre à quatre questions : i) quelles molécules rechercher dans les eaux ? ii) quels sont les niveaux de contamination des eaux de surface par les résidus médicamenteux vétérinaires (RMV) (fréquence de détection, moyenne et max de concentrations) dans deux bassins versants agricoles, iii) les concentrations sont-elles plus élevées lors des épisodes pluvieux, au cours des crues ? iv) les contaminations par les RMV sont-elles mesurées en même temps que des contaminations fécales, si oui quelle est l'origine de cette contamination fécale humaine, porcine ou bovine ?

L'objectif opérationnel est de proposer une méthodologie pour diagnostiquer les pollutions diffuses des eaux superficielles par les résidus médicamenteux d'usage vétérinaire. Cette méthodologie a été mise en œuvre dans un contexte d'élevage breton, sur des territoires à dominante porcins et bovins lait. La liste des molécules à rechercher dans les eaux a été établie sur ces critères et elle est donc validée pour ce contexte spécifique. Elle devra toutefois être ajustée pour d'autres régions que la Bretagne ou pour d'autres BV présentant des productions animales différentes. La bibliographie montre en effet que les usages des médicaments vétérinaires varient d'un type de production animale à un autre, mais qu'ils sont aussi influencés par les caractéristiques intrinsèques des élevages pouvant être liés à un contexte régional particulier. Cependant, la démarche suivie ici pour définir les molécules à rechercher reste simple à mettre en œuvre et peut être facilement transposable dans n'importe quelle situation.

Après une présentation des BV étudiés, le guide présente les éléments suivants :

- Comment identifier les molécules à rechercher dans les eaux ? En l'absence d'un cadre réglementaire spécifique définissant les molécules vétérinaires à rechercher dans les eaux superficielles, les laboratoires proposent des listes variables pour lesquelles il convient de cibler son choix.
- Quel est le niveau de contamination de deux bassins versants étudiés, en contexte d'élevage intensif ?
- Quels sont les éléments opérationnels à mettre en œuvre pour diagnostiquer la contamination d'un bassin versant par les RMV ?

II - PRESENTATION DES BASSINS VERSANTS ETUDIES

Des prélèvements d'eau de rivière ont été réalisés de mars 2013 à décembre 2014 sur l'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) Agrhys Kervidy Naizin, bassin versant de 4,9 km² en contexte d'élevage intensif situé dans le Morbihan. Les prélèvements ont été effectués manuellement sur deux sous bassins et l'exutoire, et par un préleveur automatique, situé à l'exutoire et permettant d'échantillonner les crues. 9 campagnes de prélèvements manuels menées sur les trois points et 7 crues prélevées donnent un total d'échantillons analysés de 25 et 26 respectivement, sachant que 3 à 4 échantillons sont analysés à chaque crue. Sensiblement sur cette même période, un bassin versant d'Ille et Vilaine de 27 km² possédant une station d'épuration a également été étudié. Le nombre de points de prélèvement est passé de 3 à 7 au cours de l'étude de manière à appréhender la variabilité spatiale i) au sein du BV dont la superficie reste inférieure à 30 km² et ii) entre des bassins versants emboîtés de 2 à 80 km². Cette superficie correspondant à l'échelle de gestion (station Réseau National de Bassin).

III - COMMENT IDENTIFIER LES MOLECULES A RECHERCHER ?

3.1 - Réalisation d'enquêtes auprès de vétérinaires pour identifier les molécules prescrites

Les laboratoires d'analyse proposent des listes différentes de molécules à usage vétérinaire à rechercher dans les eaux. Compte tenu du coût de telles analyses (entre 250 et 400 euros pour 10 à 30 molécules recherchées), il convient de cibler au mieux les molécules prescrites sur un territoire et donc susceptibles de se retrouver dans les eaux. Au niveau national, il existe une liste établie par l'AFSSA (AFSSA, 2008) ciblant 23 molécules à usage vétérinaire (11 antibiotiques, 5 anticoccidiens, 6 antiparasitaires) à rechercher prioritairement dans les eaux (Annexe 1). Mais la présente étude montre que cette liste n'est pas totalement adaptée au contexte d'élevage breton (dominante porcin et bovins lait) tel qu'il s'exprime sur les bassins versants étudiés. Plusieurs molécules ne sont plus ou pas utilisées (dont la danofloxacin) et d'autres manquent alors que le suivi de leur occurrence montre qu'elles sont bien quantifiées sur les BV étudiés (triméthoprime, enrofloxacin, flunixin, éprinomectine, ivermectine...) (tableaux ci-après).

Les enquêtes ont été dirigées vers les vétérinaires plutôt que vers les éleveurs afin de réduire le nombre d'enquêtes à mener pour un même territoire. Le vétérinaire est représentatif du nombre d'élevages qu'il suit (plusieurs dizaines) tandis que l'éleveur n'est représentatif que de sa propre exploitation qui peut combiner plusieurs productions animales. De plus, la clé d'entrée du questionnaire est le nom de la molécule médicamenteuse, ce à quoi le vétérinaire est familiarisé. L'éleveur aura plutôt la connaissance du nom du médicament administré qui lui peut contenir plusieurs molécules. Enfin, le contexte difficile que connaît le monde agricole actuellement, rend les agriculteurs moins enclins à répondre à ce type de sollicitation.

Ainsi, 5 vétérinaires spécialisés bovins lait exerçant en cliniques libérales et 5 vétérinaires spécialisés porcins exerçant en lien avec des groupements ou en cliniques libérales ont été rencontrés lors d'un entretien d'environ 1h30. Une enquête auprès d'un vétérinaire spécialisé volaille a également été réalisée, cette production restant toutefois très minoritaire sur les BV étudiés dans le cadre de ce projet. Le questionnaire (Annexe 2) vise principalement à renseigner sur le niveau de prescription de 80 molécules recouvrant l'ensemble des classes thérapeutiques.

Cette liste pouvant s'enrichir, a évoluée au fur et à mesure des enquêtes. Ainsi, pour chaque spécialité d'élevage, un indicateur du niveau de prescription global est établi pour chaque molécule (4 niveaux : molécules pas, peu moyennement et beaucoup prescrite). La prise en compte de l'amplitude des réponses entre vétérinaires d'une même spécialité permet également d'appréhender l'homogénéité des résultats à l'échelle du territoire étudié. Les tableaux suivants (Tableau 1 à Tableau 4) présentent les résultats synthétiques des enquêtes pour les spécialités bovins lait et porcins. Il identifie les molécules ayant un niveau de prescription important pour les deux types d'élevage et qu'il conviendrait de rechercher dans les eaux.

Tableau 1 : Niveau de prescription défini pour les antibiotiques

Molécules	liste nationale (AFFSA, 2008)	Molécules disponibles dans les menus analytiques	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage bovin	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage porcine	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage volaille de chair
Chlortetracycline			3	+	2	++	0
Doxycycline			1	+	1	+++	+
Tetracycline			3	++	2	+	0
Oxytetracycline			2	++	2	++	++
Sulfamethazine			3	++	2	+	0
Sulfaméthoxypyridazine			2	++	0	0	0
Sulfadiazine			2	+	1	++	+++
Sulfadiméthoxine			2	++	2	++	+++
Sulfadoxine			2	+	0	0	0
Sulfaguamide			3	++	0	0	0
Triméthoprime			2	+++	1	++	+++
Céfalexine			1	+++	0	0	0
Céfapirine			2	+	0	0	0
Cefquinome			3	++	1	+	0
Ceftiofur			1	+++	1	+	0
Céfépérazone			2	+	0	0	0
Céfalonium			3	++	0	0	0
Amoxicilline			2	+++	2	++	+++
Ampicilline			2	++	1	+	++
Cloxacilline			1	+++	1	+	0
Benzylpénicilline			2	+++	0	+	0
Lincomycine			1	++	1	++	0
Spiramycine			2	++	1	++	0
Tylosine			1	+++	2	++	++
Tilmicosine			2	++	1	+	0
Tulathromycine			3	+	2	+	0
Tildiprosine			3	+	1	+	0
Gamithromycine			3	++	0	0	0
Tiamuline			1	+	1	+	+
Acide oxolinique			1	+	1	+	0
Fluméquine			1	+	1	+	+
Danofloxacine			2	+	0	0	0
Enrofloxacin			2	+	1	+++	++
Marbofloxacine			1	++	1	+++	0
Dihydrostreptomycine			2	+++	1	++	0
Streptomycine			3	++	1	+	0
Apramycine			1	+	0	+	0
Gentamicine			2	+	1	+	0
Kanamycine			3	++	0	0	0
Spectinomycine			1	++	1	+	0
Néomycine			1	+++	1	++	0
Florfenicol			1	++	1	++	0
Colistine			1	+++	0	+++	+++
Rifaximine			2	++	0	0	0

molécule sans AMM pour la production animale

molécules à rechercher dans les eaux

Tableau 2 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens

Molécules	liste nationale (AFSSA, 2008)	Molécules disponibles dans les menus analytiques	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage bovin	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage porcin	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage volaille de chair
Dicyclanil			0	0	0	0	0
Lévamisole			1	+	1	+++	+++
Doramectine			3	+	0	0	0
Ivermectine			1	++	1	++	0
Eprinomectine			1	+++	0	0	0
Moxidectine			3	++	0	0	0
Albendazole			3	++	0	0	0
Fenbendazole			2	++	1	++	0
Flubendazole			3	+	1	+++	+
Oxibendazole			3	++	1	++	0
Phoxim			1	+	2	+	0
Pipérazine			1	+	0	0	+
Amitraz			1	+	2	++	0
Deltaméthrine			1	+++	0	0	0
Monensin			1	+	0	0	+++
Decoquinate			2	++	1	+	0
Diclarzuril			1	+++	0	0	+
Toltrazuril			3	++	2	+++	++

Tableau 3 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens

Molécules	liste nationale (AFSSA, 2008)	Molécules disponibles dans les menus analytiques	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage bovin	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage porcin	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage volaille de chair
Flunixin			2	++	1	++	0
Acide acétylsalicylique			1	+	1	+++	+
Paracétamol			0	0	1	+++	0
Meloxicam			2	+++	2	++	0
Acide tolfénamique			2	+	0	0	0
Ketoprofène			1	+	2	++	0
Dexaméthazone			2	++	1	+++	0

Tableau 4 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens

Molécules	liste nationale (AFSSA, 2008)	Molécules disponibles dans les menus analytiques	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage bovin	Amplitude	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage porcin	Indicateur du niveau de prescription globale - élevage volaille de chair
Altrénogest			2	+	0	+++	
Dinoprost			2	++	0	+++	
Cloprosténol			1	+++	1	++	
Alphaprostol			2	+	1	++	
PMSG			2	++	0	++	
HCG			1	+	0	+	
Sérotonine			2	+	0	++	
Oxytocine			1	++	0	++	
Busérelène			2	++	0	0	
Progestérone			1	+	0	+	
Norgestomet			2	+	0	0	

Les points à retenir :

- L'indicateur du niveau de prescription global a une valeur qualitative et relative pour chaque spécificité d'élevage et chaque classe thérapeutique. Il indique les molécules majoritairement prescrites sur un territoire mais ne présume en rien de leur présence ou de leur niveau de concentration, dans les eaux superficielles. Il est de fait incorrect de comparer quantitativement les indicateurs de deux spécialités d'élevage différentes.
- Pour les élevages porcins, la faible amplitude des réponses pour une grande partie des molécules, met en avant une homogénéité des usages et valide la représentativité des niveaux de prescription obtenu pour chaque molécule. Compte tenu de la représentativité des vétérinaires rencontrés par rapport à la région Bretagne, cette liste de molécules prescrites classée donne une bonne indication de la tendance à l'échelle régionale.
- Les prescriptions effectuées pour les élevages bovins lait semblent plus variables et donc soumises à l'influence du vétérinaire qui prescrira sur le territoire. De ce fait, dans le cadre d'enquêtes préalables, il conviendra de prendre en compte un nombre suffisant de vétérinaires pour être représentatif des pratiques sur le territoire concerné. Cette plus grande variabilité par rapport à la production porcine peut s'expliquer par un choix de molécules plus vaste pour les bovins et l'influence d'un « effet filière » moins marqué. La filière porcine a notamment mis en place un moratoire sur l'usage des céphalosporines.
- Pour la filière avicole, le nombre de molécules est encore plus restreint que pour les porcins, seuls 8 antibiotiques et 3 antiparasitaires/anticoccidiens sont nettement prescrits. La réalisation de quelques enquêtes complémentaires devrait permettre de confirmer cet usage.

3.2 - Des molécules à usage humain et animal, comment savoir si elles proviennent de l'activité agricole ? Définir un menu analytique adapté

Les molécules sont en très grande majorité à usage mixte, utilisées à la fois en médecine humaine et animale. Les sources de pollutions par les résidus médicamenteux peuvent provenir à la fois du recyclage des effluents d'élevage sur les sols, ou de fuites ponctuelles de dispositif de collecte de ces effluents, mais également des systèmes d'assainissement qu'ils soient collectif (STEP) ou individuel. Ces derniers sont très fréquents dans les territoires ruraux de tête de BV. Aussi, il paraît pertinent de rajouter au menu analytique dédié aux molécules utilisées en médecine vétérinaire deux médicaments très utilisés en médecine humaine et fréquemment détectés dans les eaux impactées par des sources humaines, la carbamazépine et le diclofénac. L'absence de quantification de ces molécules suggère que les sources sont liées à l'élevage. Parmi les molécules à usage vétérinaire, certaines sont à usage animal strict : il convient de les inclure dans la liste : notamment la sulfaméthazine, l'éprinomectine, la flunixin.

Ces molécules ayant un usage ciblé humain ou animal peuvent jouer le rôle d'indicateur de l'origine de la contamination par les résidus de médicaments. L'éprinomectine est de plus une molécule exclusivement destinée aux bovins.

Sur la base de ces résultats, deux laboratoires régionaux ont été consultés afin de vérifier la disponibilité de ces molécules. Plusieurs molécules ayant des niveaux de prescriptions élevés ne figurent pas dans les menus analytiques proposés. Ces listes proposées par les laboratoires s'appuient sur des analyses multirésidus mais, en raison de contraintes analytiques, certaines molécules ne peuvent pas y être intégrées. C'est le cas de la colistine, pourtant très largement prescrite dans les trois types d'élevage concernés par les enquêtes. En combinant des listes de

molécules ciblées à usage vétérinaire et/ou à usage humain, un total de 27 molécules à usage vétérinaire et 3 molécules à usage exclusivement humain ont été retenues :

- **les antibiotiques** : oxytétracycline, doxycycline, tétracycline, sulfaméthazine, sulfadiazine, triméthoprimo ceftiofur, ampicilline, amoxicilline, pénicilline G (benzylpénicilline), lincomycine, spiramycine, tylosine, fluméquine, danofloxacin, enrofloxacin, marbofloxacin, et florfenicol ;
- **les antiparasitaires, anticoccidiens, anti-inflammatoires et hormones** : dicyclanil, lemavisole, ivermectine, eprinomectine, métrifonate, monensin, flunixin, kétoprofène et altrénogest ;
- **les trois molécules à usage exclusivement humain**: carbamazépine, époxy-carbamazépine (son métabolite), et diclofénac.

Cette liste s'intègre dans une approche visant à étudier l'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux, sans autre enjeu que l'amélioration de la connaissance du niveau de contamination des eaux superficielles par ces RM. Elle n'intègre aucun autre paramètre relatif par exemple à la santé humaine, la toxicité à l'égard des systèmes aquatiques, le développement de l'antibiorésistance, etc.

IV - OCCURRENCE DES RESIDUS MEDICAMENTEUX VETERINAIRES (RMV)

4.1 – Fréquence de quantification et niveaux de concentration sur le BV Kervidy-Naizin

Le lisier de porc est le principal effluent d'élevage recyclé sur les sols, quelques parcelles sont également pâturées. 14 molécules ont été quantifiées sur les 30 recherchées. Les quatre molécules les plus quantifiées (triméthoprimo, oxytétracycline, enrofloxacin, lincomycine) sont fréquemment prescrites, notamment chez les porcins. L'antiparasitaire, éprinomectine, à usage exclusivement bovin est également quantifié (fréquence de quantification 31% et moyenne de 415 ng/l).

Les molécules critiques, reconnues comme telles en raison de leur importance vis-à-vis de l'antibiorésistance : le ceftiofur, la marbofloxacin et l'enrofloxacin, sont quantifiées. L'enrofloxacin présente un pourcentage de quantification supérieur à 40%, les concentrations restent toutefois inférieures à 60 ng/L.

Aucune molécule à usage exclusivement humain n'est détectée. Ces résultats montrent que la contamination des eaux par les RM d'usage mixte (humain et animal) est a priori liée à un usage vétérinaire des médicaments.

Le tableau suivant permet de comparer les fréquences et pourcentages de quantification, et les concentrations moyennes obtenues pour chaque molécule analysée dans les deux types de prélèvement (ponctuel ou automatique ciblant la crue).

Tableau 5 : Présentation des pourcentages de quantification et les concentrations moyennes obtenues pour les molécules quantifiées sur le BV de Kervidy-Naizin

Molécule (usage : bovin, porcin, volaille, humain)	n (fréquence) prél. en crue	% de quantification prél. en crue	moyenne des concentrations (en ng/L) prél. en crue	n (fréquence) prél. ponctuel	% de quantification prél. ponctuel	moyenne des concentrations (en ng/L) prél. ponctuel
triméthoprime (B/P/V/H)	4/7	57%	35	4/9	44%	12
Oxytétracycline (B/P/V/H)	13/26	50%	69	9/22	41%	86
Enrofloxacin (B/P/V)	11/26	42%	21	9/22	41%	22
Lincomycine (B/P/V/H)	7/18	39%	24	3/21	14%	7
Eprinomectine (B)	8/26	31%	415	6/22	27%	358
Tylosine (B/P/V/H)	3/18	17%	45	1/21	5%	11
Sulfadiazine (B/P/V/H)	4/26	15%	24	0/22	0%	<LQ
Ivermectine (B/P/H)	4/26	15%	1010	1/22	5%	1800
Spiramycine (B/P/V/H)	3/26	12%	213	3/22	14%	245
Flunixin (B/P)	3/26	12%	10	1/22	5%	20
Ketoprofène (B/P/H)	3/26	12%	23	0/22	0%	<LQ
Ampicilline (B/P/V/H)	2/26	8%	922	0/22	0%	<LQ
Marbofloxacin (B/P)	2/26	8%	15	2/22	9%	18
Ceftiofur (B/P)	1/26	4%	20	0/22	0%	<LQ
Levamisole ((B/P/V/H)	non recherché			1/3	33%	10
Sulfaméthazine (B/P/V)	0/26	0%	<LQ	3/22	14%	1
Doxycycline (B/P/V/H)	0/7	0%	<LQ	1/9	11%	37
Flumequine (B/P/V/H)	0/7	0%	<LQ	1/9	11%	1

Les pourcentages de quantification sont un peu plus élevés en crue mais les niveaux de concentrations restent très comparables entre les deux modes de prélèvement et les molécules les plus quantifiées sont les mêmes.

Le niveau de contamination moyen du bassin versant est comparable quel que soit le mode de prélèvement. Mais les résultats ont montré une très forte variabilité temporelle, aussi bien entre deux dates qu'au sein d'une crue, des niveaux de concentrations et de la présence/absence des molécules quantifiées.

4.2 – Fréquence de quantification et niveaux de concentration sur le BV d'Ille et Vilaine

Sur le BV d'Ille et Vilaine, de plus grande taille et incluant une STEP, 16 molécules ont été quantifiées au moins une fois sur les 30 molécules recherchées. Des molécules à usage spécifiquement humain sont fréquemment quantifiées, dans tous les sous-BV, de 2 à 27 km². Le diclofénac est quantifié dans 77% des échantillons ce qui la place en tête des molécules quantifiées. La carbamazépine est quantifiée dans 55% des échantillons.

Parmi les molécules utilisées en médecine vétérinaire, un anti-inflammatoire et 3 antibiotiques sont fréquemment quantifiés : la flunixin (69, %), la sulfaméthazine (67%), la lincomycine (56%), la fluméquine (55%). Toutes ces molécules sont à usage vétérinaire et humain à l'exception de la sulfaméthazine qui est exclusivement à usage vétérinaire. La station d'épuration n'est pas la source principale de contamination sur ce BV, car les contaminations sont déjà significatives sur les têtes de bassins versants, en amont de la station, et sont liées à la fois à l'activité agricole et à l'assainissement non collectif. Les teneurs cumulées de toutes les molécules quantifiées varient de 0 à 2,5 µg/l sur l'ensemble des échantillons. Près de 56% des échantillons présentent des concentrations cumulées supérieures à 100 ng/L et près de 17% ont des concentrations supérieures à 500 ng/L

Sur ce bassin versant, comme sur celui de Naizin, les fortes teneurs cumulées, dépassant le µg/L, sont presque toujours associées à la présence des antiparasitaires, ivermectine et éprinomectine, ou anti-inflammatoire (flunixin) sur le BV d'Ille et Vilaine.

Les résultats ont mis en évidence des variabilités spatiale et temporelle importantes. Et les deux sous bassins versants principaux de 8 et 19 km² présentant a priori des activités agricoles comparables, ont montré des niveaux de contaminations très contrastés, tant en termes de fréquence de quantification des molécules qu'en concentration.

4.3 – Les molécules prescrites jamais quantifiées

10 molécules n'ont jamais été quantifiées sur les deux sites (tétracycline, amoxicilline, benzylpénicilline, danofloxacin, florfenicol, dicyclanil, métrifonate, monensin, altrenogest). Les enquêtes ont montré que certaines n'étaient pas ou plus prescrites (métrifonate, dicyclanil, monensin, danofloxacin) mais certaines sont beaucoup prescrites (florfenicol, amoxicilline, benzylpénicilline) Ces molécules possèdent des caractéristiques physicochimiques (solubilité, pKa, logKow) proches de celles des molécules quantifiées. Ces propriétés physicochimiques ne peuvent donc permettre de prédire leur devenir dans l'environnement. Leur prescription sur un site ne présume en rien de leur présence et de leur niveau de concentration dans les eaux superficielles. Plusieurs processus de rétention, dégradation, influencés par les conditions d'usage des molécules, de stockage des effluents, de propriétés des sols, du milieu (pente, connectivité parcelle rivière), et du climat (humidité, température) conditionnent leur mobilité des sols vers les rivières et rendent difficile, pour l'instant, l'évaluation des risques de transferts.

V - ELEMENTS OPERATIONNELS A RETENIR

Les enquêtes

La réalisation d'enquêtes auprès de vétérinaires et la méthodologie développée dans cette étude (niveau de prescription, amplitude des réponses) s'avère être une méthode pertinente pour définir une liste de molécules à rechercher dans les eaux. Sa facilité de mise en œuvre en fait un outil d'aide à la décision adapté pour les gestionnaires de la ressource en eau en contexte agricole.

Le choix de l'échantillon de vétérinaires rencontrés devra être suffisant pour être représentatif des différentes productions animales en place sur le bassin versant mais aussi de la typologie des divers praticiens exerçant sur le territoire (cliniques libérales ou SELAS rattachées à un

groupement). Dans le cas d'élevage bovins, il faudra tenir compte de la variabilité plus marquée des prescriptions comparativement aux élevages porcins.

A titre d'exemple, dans cette étude, pour caractériser un BV d'environ 380 km², et 5 cliniques spécialisées bovins ont été rencontrées sur la dizaine de cliniques exerçant sur ce territoire.

Les molécules à rechercher et les développements analytiques adaptés

Les menus proposés par les laboratoires consultés sont aujourd'hui insuffisants par rapport à certaines molécules fortement prescrites : pour des antibiotiques tels que la colistine, la néomycine, la dihydrostreptomycine, la sulfadiméthoxine, mais aussi des antiparasitaires et les résultats ont montré que cette classe thérapeutique peut contribuer fortement aux valeurs élevées des teneurs cumulées quantifiées dans les eaux superficielles.

Les résultats des enquêtes peuvent ainsi guider les laboratoires dans le choix de molécules à intégrer dans leur menu analytique et d'adapter aussi les menus analytiques vétérinaires.

Diagnostiquer le niveau de contamination sur un bassin versant

Les résultats ont montré une grande variabilité temporelle des niveaux de concentrations et des molécules quantifiés, entre les échantillons y compris au sein d'une crue. Cela laisse supposer que le ruissellement sur des surfaces récemment épandues n'est pas la principale voie de transfert des RMV. Les transferts de surface peuvent aussi entraîner des molécules stockées dans les sols et des molécules stockées dans les sédiments peuvent être remobilisées sans lien avec des périodes d'épandages. Compte tenu de ces éléments, et l'utilisation du préleveur automatique ne s'avère pas être une méthodologie plus adaptée pour traduire le niveau de contamination d'un cours d'eau.

Donc pour appréhender le niveau de contamination d'un cours d'eau par les RM, et en l'état actuel des connaissances, il convient de mettre en œuvre un suivi sur plusieurs dates (10 au minimum), réparties sur l'année, en privilégiant toutefois les épisodes pluvieux et les périodes d'épandages. Cette période peut être étendue aux périodes de pâturage quand cette pratique est marquée sur un territoire.

VI - SIGLES ET ABREVIATIONS

AFSSA : agence française de sécurité sanitaire des aliments

AMM : autorisations de mise sur le marché

BV : bassin versant

RM : résidus médicamenteux

VII - BIBLIOGRAPHIE

AFSSA, 2008 : Hiérarchisation des résidus de médicaments d'intérêt pour l'analyse des ressources et des eaux traitées. p. 31.

Soulier A., Carrera, L., Jardé E., LE Bot B., de Lavenne A. et Jaffrezic A. 2015. Occurrence des résidus médicamenteux d'origine vétérinaire et transferts dans deux bassins versants bretons. Rapport final projet REMEDES, convention ONEMA-INRA.

VIII - TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 : Niveau de prescription défini pour les antibiotiques.....	6
Tableau 2 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens.....	7
Tableau 3 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens.....	7
Tableau 4 : Niveau de prescription défini pour les antiparasitaires et anticoccidiens.....	7
Tableau 5 : Présentation des pourcentages de quantification et les concentrations moyennes obtenues pour les molécules quantifiées sur le BV de Kervidy-Naizin.....	10

IX - ANNEXES

Annexe 1 : Liste des médicaments vétérinaires prioritaires à rechercher dans les eaux (AFSSA, 2008)

Classes thérapeutiques	Molécules	Classes thérapeutiques	Molécules
ANTIBIOTIQUES	Colistine	ANTICOCCIDIENS	Amprolium
	Dihydrostreptomycine Sulfate		Semduramicine
	Ampicilline		Narasin
	Oxytétracycline		Maduramicine
	Cefquinome Sulfate		Monensin
	oxytétracycline		Pipérazine
	Benzylpénicilline procaine (Pénicilline G)	ANTIPARASITAIRES	Levamisole
	Lincomycine		Dicyclanil
	Danofloxacine		Clorsulon
	Florfénicol		Parconazole
	Sulfadimérazine		Metrifonate
			HORMONE

Enquête vétérinaire - Questionnaire

Date :

Informations générales

Vétérinaire :

Spécialité :

Coordonnées (mail) :

Zone d'intervention (cf. carte) :

Début de votre activité ? :

Sur ce secteur ? :

Taille des élevages :

Type d'élevage :

Détail des molécules prescrites

(Cf tableau)

Interventions sur un élevage (par type d'élevage)

Le troupeau entier est-il au moins traité une fois chaque année ? Quels sont les traitements/maladies récurrentes ? Y-a-t-il une période plus sensible ? Interventions du vétérinaire sur les élevages (autonomie des éleveurs) ?

Evolution des pratiques

Dynamique vers une diminution de l'usage des médicaments (et antibiotiques) ? Modification de la conduite des élevages ? ...

Molécules utilisées (semi quantitatif)

Classes thérapeutiques	Molécules	prescrit (0, +, ++, +++)	administration	Maladie/traitement individuel ou troupeau /saisonnalité	molécule récente/ancienne (mise sur le marché)
ATB	Chlortetracycline				
	Doxycycline				
	Tétracycline				
	Oxytetracycline				
	Sulfamethazine				
	Sulfaméthoxypyridazine				
	Sulfadiazine				
	Sulfadiméthoxine				
	Sulfadoxine				
	Sulfaguamidine				
	Trimethoprim				
	Céfalexine				
	Céfapirine				
	Cefquinome				
	Ceftiofur				
	Céfoperazone				
	Céfalonium				
	Amoxicilline				
	Ampicilline				
	Cloxacilline				
	Benzylpénicilline				
	Lincomycine				
	Spiramycine				
	Tylosine				
	Tilmicosine				
	Tulathromycine				
	Tildiprosine				
	Gamithromycine				
Tiamuline					

	Acide oxolinique			
	Fluméquine			
	Danofloxacin			
	Enrofloxacin			
	Marbofloxacin			
	Dihydrostreptomycine			
	Streptomycine			
	Apramycine			
	Erythromycine			
	Gentamicine			
	Kanamycine			
	Spectinomycine			
	Néomycine			
	Florfenicol			
	Colistine			
	Rifaximine			

ATP	Dicyclanil			
	Lévamisole			
	Doramectine			
	Ivermectine			
	<i>Eprinomectine</i>			
	Moxidectine			
	Albendazole			
	Fenbendazole			
	Flubendazole			
	Oxibendazole			
	Phoxim			
	Pipérazine			
	Amitraz			
	Deltaméthrine			
	<i>Dimpylate (diazinon)</i>			

ATC	Monensin				
	Decoquinate				
	Diclarzuril				
	Toltrazuril				

AINS	Flunixin				
	Acide acétylsalicylique				
	Paracétamol				
	Dexaméthazone				
	Meloxicam				
	Acide tolfénamique				
	Ketoprofene				

Hormones	Altrénogest				
	Dinoprost				
	Cloprosténo				
	Alphaprostol				
	PMSG				
	HCG				
	Sérotonine				
	Oxytocine				
	Buséreléline				
	Progestérone				
	Norgestomet				

Onema

Hall C – Le Nadar
5, square Félix NAdard
94300 Vincennes

01 45 14 36 00
www.onema.fr

INRA

147 rue de l'Université 75338
Paris Cedex 07

01 42 75 90 00
www.inra.fr/