

Etude de l'indice multimétrique (I2M2) en Artois Picardie Rapport annexe Statistiques

Décembre 2014



Etude de l'indice multimétrique (I2M2) en Artois Picardie

Rapport annexe Statistiques

Décembre 2014

Version	Date	Nom et signature du (des) rédacteur(s)	Nom et signature du vérificateur
1	13/06/2014	Amadou Camara	Danielle Levet
2	10/12/2014	Amadou Camara	Danielle Levet

Table des matières

1. DONNEES HYDROMORPHOLOGIQUES	7
1.1. Lien entre la qualité physique (SEQ-Physique) et l'HER	7
1.1.1. Données SEQ-physique	7
1.1.2. Test d'indépendance entre la qualité globale du milieu physique et l'hydro-écorégion	8
1.1.3. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Lit mineur et l'hydro-écorégion (HER) ...	9
1.1.4. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Berge et l'Hydro-écorégion (HER) ...	10
1.1.5. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Ripisylve et l'hydro-écorégion (HER) ...	11
1.2. Lien entre le risque d'altération du milieu physique SYRAH et l'hydro-écorégion	12
1.2.1. Remarque préliminaire.....	12
1.2.2. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la variation de la profondeur et de la largeur de la rivière et l'hydro-écorégion	13
1.2.3. Positionnement des stations	14
1.2.4. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la structure et du substrat du lit et l'hydro-écorégion.....	15
1.2.5. Positionnement des stations	15
1.2.6. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la structure de la rive et l'hydro-écorégion	16
1.2.7. Positionnement des stations	16
1.2.8. Conclusion	17
2. DONNEES DE POLLUTIONS	18
2.1. Données SEQ-Eau.....	18
2.1.1. Données et objectifs.....	18
2.1.2. Indices des altérations SEQ-eau.....	19
2.1.3. Variations des altérations du SEQ-eau selon l'année et l'HER	26
2.1.4. Recherche de caractérisation des HER par le niveau de leurs altérations	27
2.1.5. Classes de qualité par altérations	30
2.2. Indicateur pesticides	47
2.2.1. Rappel du mode de calcul et des principaux résultats en Artois Picardie	47
2.2.2. Dépendance entre la pollution par les pesticides et HER	48
2.2.3. Contamination des stations invertébrés	50
3. DONNEES INVERTEBRES	51
3.1. Objectifs et données.....	51
3.1.1. Doublons.....	51
3.1.2. Remarque concernant les résultats indicatifs	51
3.1.3. Distribution de fréquence des valeurs de l'I2M2	51
3.1.4. Comparaison avec la distribution de l'IBG équivalent.....	52
3.1.5. Comparaison avec la distribution de l'EQR IBG équivalent	53
3.2. Liens entre les données brutes d'indices biologiques.....	54

3.2.1. Recherche de corrélation entre IBG équivalent - IBG 12 listes	54
3.2.2. Recherches de corrélation globale entre l'I2M2 et l'IBG équivalent	54
3.3. Evolution inter-annuelle des moyennes d'indices invertébrés.....	55
3.3.1. Objectif et données	55
3.3.2. Comparaison des indices invertébrés moyens annuels	55
3.3.3. Tests de l'évolution moyenne inter-annuelle	56
3.4. Evolution inter-annuelle de l'indice I2M2.....	57
3.4.1. Objectifs et données	57
3.4.2. Tests de l'évolution interannuelle de l'indice I2M2 par périodes	57
3.4.3. Evolution au cours de la période	58
3.5. Recherche de liens entre indice I2M2 et HER	60
3.5.1. I2M2 et HER niveau 1.....	60
3.5.2. I2M2 et HER niveau 2.....	61
3.5.3. IBG équivalent et HER niveau 2.....	61
3.5.4. EQR IBG équivalent et HER 2	62
3.5.5. Recherche de lien entre l'écart I2M2-EQR IBG équivalent et l'HER2	62
3.5.6. Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG éq et EQR IBG eq selon l'HER niveau 2	63
3.5.7. Comparaison de la moyenne des 2 indices par HER.....	66
3.6. Variations de l'I2M2 selon l'année et l'HER.....	67
3.6.1. Objectifs et données	67
3.6.2. Tests	67
3.7. Etudes de l'écart entre I2M2 et IBG equivalent	67
3.7.1. Tests de l'évolution moyenne interannuelle	67
3.7.2. Tests de la variation moyenne selon l'HER niveau 1.....	68
3.7.3. Tests de la variation moyenne selon l'HER niveau 2.....	68
3.8. Variations de la classe de qualité selon l'I2M2 en fonction de l'HER et de l'année....	69
3.8.1. Objectifs et données	69
3.8.2. Représentations graphiques	69
3.8.3. Cas de l'IBG équivalent	71
3.9. Ecart de classes de qualité selon l'I2M2 et l'IBG eq	73
3.9.1. Objectif et données	73
3.9.2. Représentation graphique du déclassement par HER	74
4. RECHERCHE DE LIENS ENTRE LES INDICES BIOLOGIQUES ET LES PRESSIONS	75
4.1. Corrélations Alterations SEQ-Eau et indices biologiques.....	75
4.1.1. Données.....	75
4.1.2. Indices annuels.....	75
4.1.3. Représentations graphiques des indices I2M2 en fonction des indices moyens 6 mois des altérations du SEQ-eau.....	76
4.1.4. Recherche de liens entre les valeurs brutes des métriques de l'I2M2 et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau	82

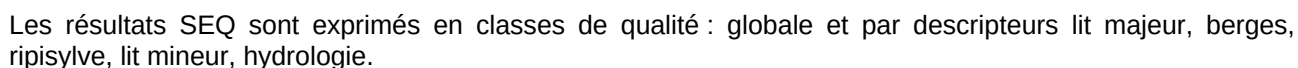
4.1.5. Recherche de liens entre les EQR des métriques de l'I2M2 et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau	84
4.1.6. Recherche de liens entre l'IBG équivalent et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau	85
4.1.7. Conclusions : réponses des métriques de l'I2M2 aux pressions.....	86
4.2. Corrélations entre I2M2 et métriques selon l'HER niveau 2.....	87
4.2.1. Objectifs et données	87
4.2.2. Haute-Normandie-Picardie	87
4.2.3. Auréole Crétacé	88
4.2.4. Ardennes.....	88
4.2.5. Synthèse : réponses des métriques de l'I2M2 aux pressions.....	89
4.3. Identification de la pression à l'origine des déclassements par l'I2M2.....	90
4.3.1. Corrélations entre écart relatif entre indices biologiques et altérations SEQ-Eau.....	90
4.3.2. Pouvoir de discrimination des altérations du SEQ-Eau sur l'écart relatif entre indices biologiques.....	90
4.3.3. Capacité de prévision de la classe d'écart relatif entre indices bio pour une station donnée à partir des altérations du SEQ-Eau 6 mois	93
4.3.4. Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état et perturbés - capacité de discrimination de l'I2M2	94
4.4. Corrélations indices SEQ-physique et indices biologiques	133
4.4.1. Objectifs et données	133
4.4.2. Corrélations entre indices.....	133
4.5. Recherche de liens entre indices biologiques et risque probable d'altération SYRAH134	
4.5.1. Objectifs et données	134
5. EVALUATION DE LA CAPACITE DE PREVISION DE L'I2M2	136
5.1. Comparaison des diagrammes-radar WQ et des altérations SEQ-eau	136
5.1.1. Données et objectifs.....	136
5.1.2. Représentations graphiques	136
5.1.3. Recherche de corrélation probabilité de pressions et altérations SEQ-Eau	139
5.1.4. Pouvoir de discrimination des probabilités de pression selon l'I2M2 et de 6 altérations du SEQ-Eau	143
5.1.5. Capacité de prévision d'une HER2 pour une station donnée à partir des prévisions de pression selon l'I2M2 et des altérations du SEQ-Eau 6 mois	144
5.2. Comparaison des diagrammes radar HD et descripteurs SEQ-physique.....	146
5.2.1. Données et objectifs.....	146
5.2.2. Représentations graphiques	147
5.2.3. Recherche de corrélation probabilité de pressions et altérations SEQ-Physique	149
5.2.4. Pouvoir de discrimination des probabilités de pression selon l'I2M2 et des descripteurs du SEQ-Physique en fonction de l'HER2	152
5.2.5. Capacité de prévision d'une HER2 pour une station donnée à partir des probabilités de pression selon l'I2M2 et des descripteurs du SEQ-Physique	153
5.3. Evolution inter-annuelle des moyennes des previsions HD selon l'I2M2.....	154
5.3.1. Données et objectifs.....	154
5.3.2. Tests de l'évolution moyenne inter-annuelle	155

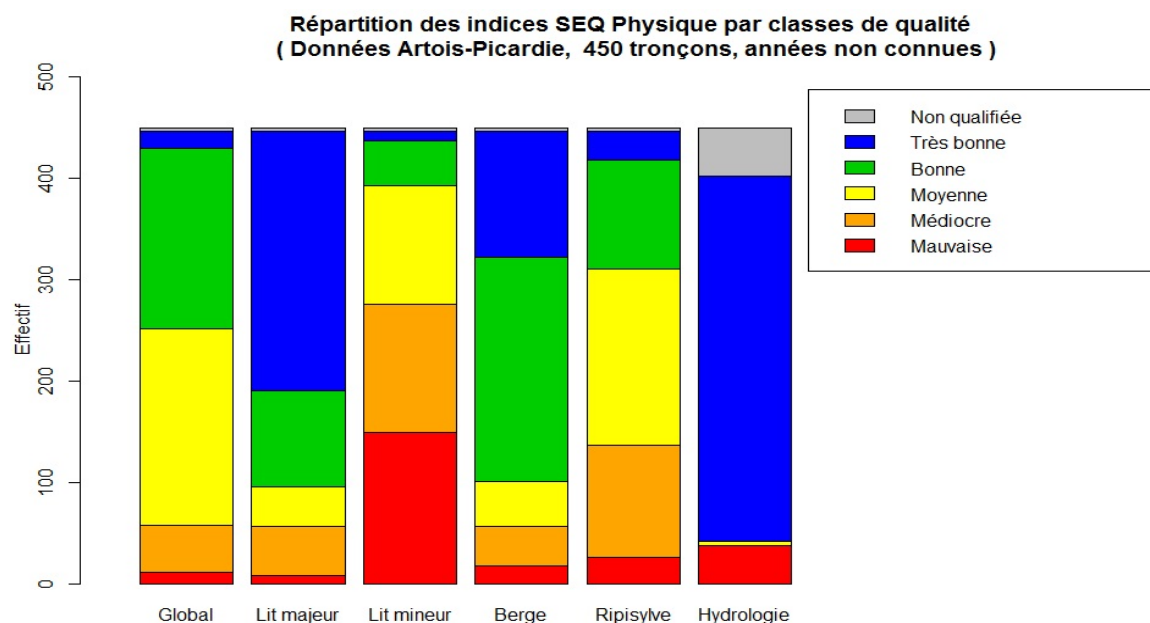
6. ANNEXES.....	156
6.1. Disponibilité des données indices invertébrés	156
6.2. Données hydrologiques	157
6.2.1. Données utilisées	157
6.2.2. Débits moyens annuels.....	157
6.2.3. Débits moyens juin à septembre	157
6.3. Analyse factorielle discriminante sur les altérations du SEQ-Eau selon l'HER 1	159

1.1.1. Données SEQ-physique



AGENCE DE L'EAU
ARTOIS PICARDIE





Les graphes qui suivent fournissent, à gauche, les répartitions de tous les tronçons analysés (443 tronçons), à droite, celle des tronçons portant une station (70 tronçons).

1.1.2. Test d'indépendance entre la qualité globale du milieu physique et l'hydro-écorégion

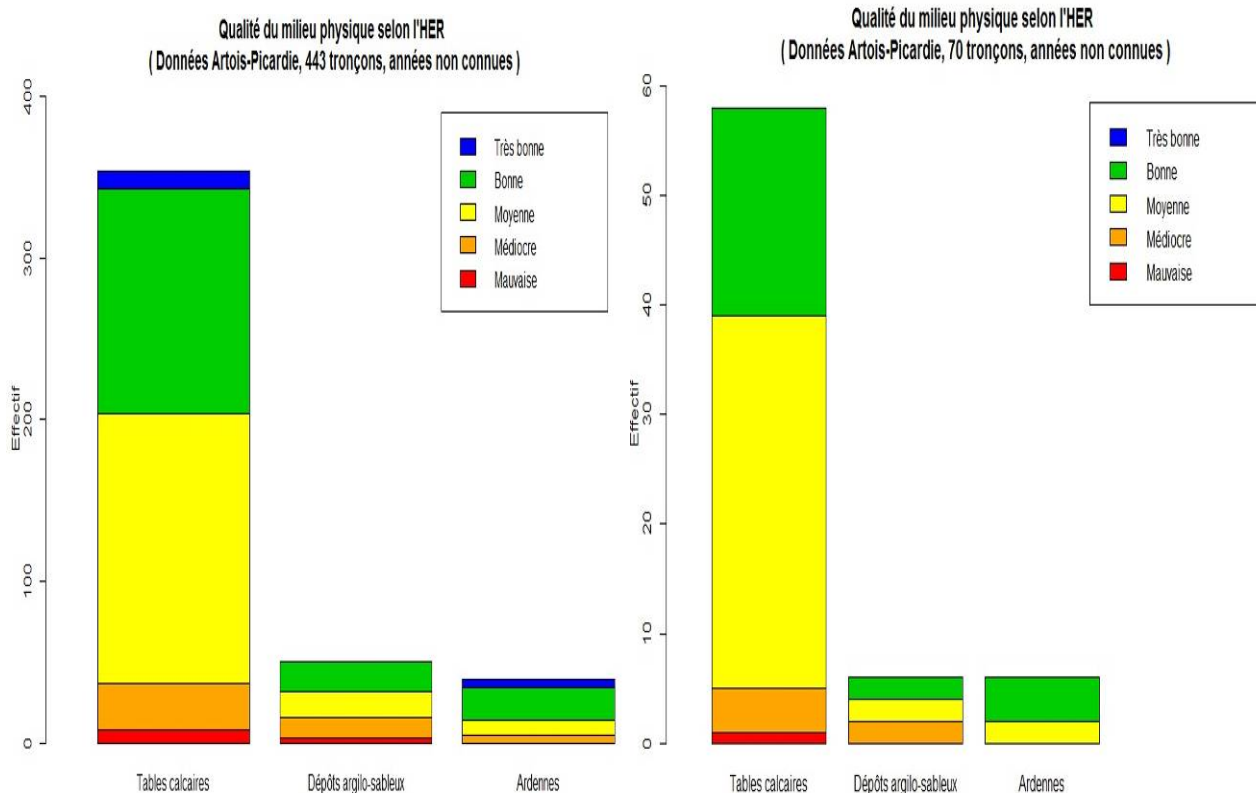


Tableau de contingence

Classe de qualité	Nombre de tronçons par classe dans chaque HER selon l'indice de qualité globale SEQ-physique		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Mauvaise	8	3	0
Médiocre	29	13	5
Moyenne	167	16	9
Bonne	139	18	20
Très bonne	11	0	5

Existe-t-il un lien entre la qualité du milieu physique (on utilise les 443 tronçons) et les hydro-écorégions (HER) ?

On applique le test exact de Fisher (test non paramétrique de comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5.

On obtient une p-value qui est égale à 8,426e-05 (très faible) : **la qualité du milieu physique est fonction de l'hydro-écorégion.**

Par ailleurs, les données SEQ-physique aux 70 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), montrent que les stations sont situées dans des tronçons plus dégradés que la moyenne dans les Tables calcaires, aucune n'étant située dans un milieu de très bonne qualité physique.

1.1.3. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Lit mineur et l'hydro-écorégion (HER)

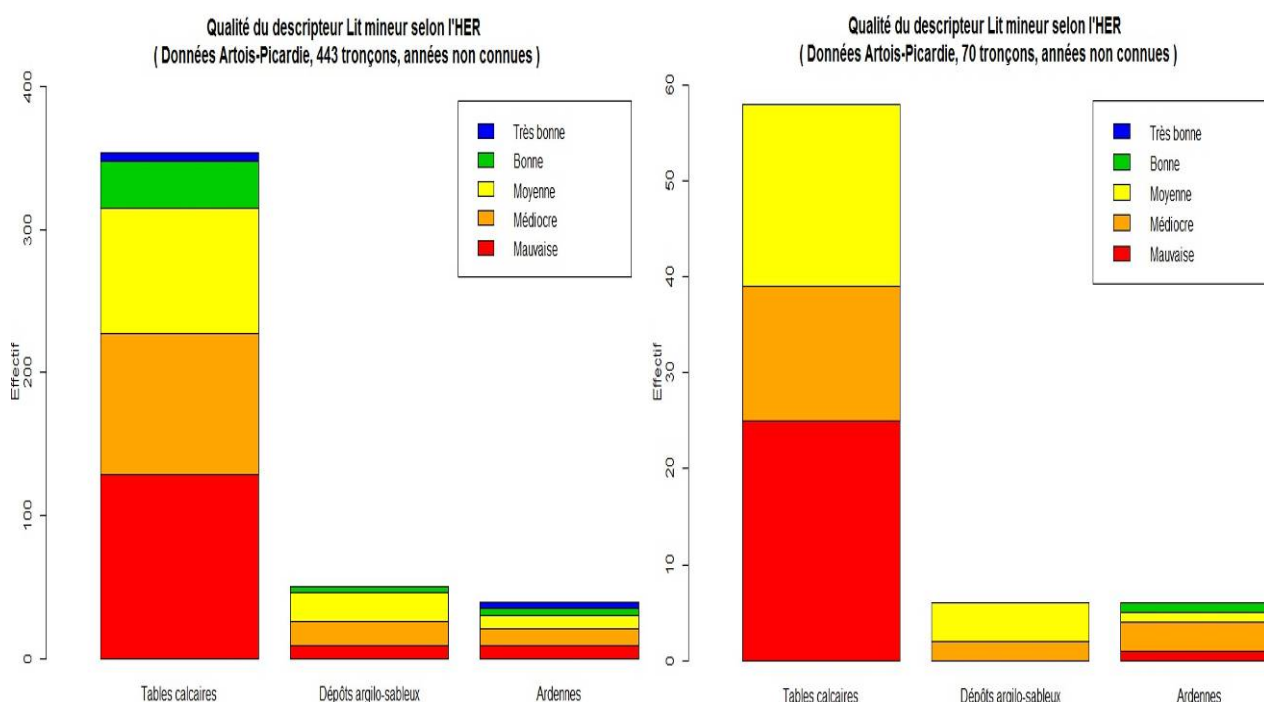


Tableau de contingence

Classe de qualité	Nombre de tronçons par classe dans chaque HER selon la qualité du descripteur Lit mineur		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Mauvaise	129	9	9
Médiocre	98	17	12
Moyenne	88	20	9
Bonne	33	4	5
Très bonne	6	0	4

Existe-t-il un lien entre la qualité du descripteur Lit mineur (on utilise les 443 tronçons) et l'hydro-écorégion (HER) ?

On applique aussi le test exact de Fisher (test non paramétrique de comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 0,0093 (inférieure à 0,05) : **la qualité du descripteur Lit mineur est fonction de l'hydro-écorégion.**

Par ailleurs, les données SEQ-physique aux 70 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), montrent que les stations sont situées dans des tronçons plus dégradés que la moyenne. Aucune station (dont les données soient disponibles) n'est située dans un lit mineur de très bonne qualité physique (Ardennes et Tables Calcaires), ni même en bonne qualité (Tables Calcaires et Dépôts argilo-sableux).

1.1.4. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Berge et l'Hydro-écorégion (HER)

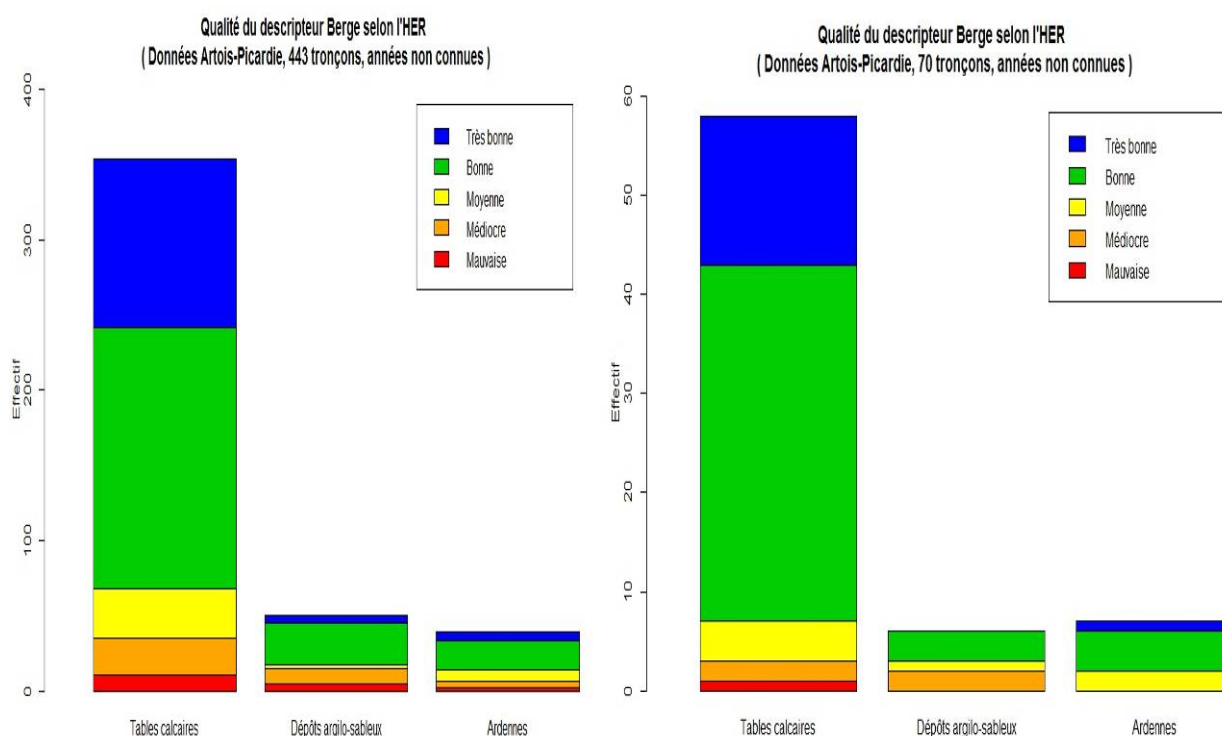


Tableau de contingence

Classe de qualité	Nombre de tronçons par classe dans chaque HER selon la qualité descripteur Berge		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Mauvaise	11	5	2
Médiocre	24	10	4
Moyenne	33	2	8
Bonne	174	28	19
Très bonne	112	5	6

Existe-t-il un lien entre la qualité du descripteur Lit mineur (on utilise les 443 tronçons) et l'hydro-écorégion (HER) ?

On applique aussi le test exact de Fisher (test non paramétrique de comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 0.0001066 (inférieure à 0,05) : **la qualité du descripteur Berge est fonction de l'hydro-écorégion.**

Par ailleurs, les données SEQ-physique aux 70 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), suggèrent que les stations sont situées dans des tronçons représentatifs de l'ensemble du bassin.

1.1.5. Test d'indépendance entre la qualité du descripteur Ripisylve et l'hydro-écorégion (HER)

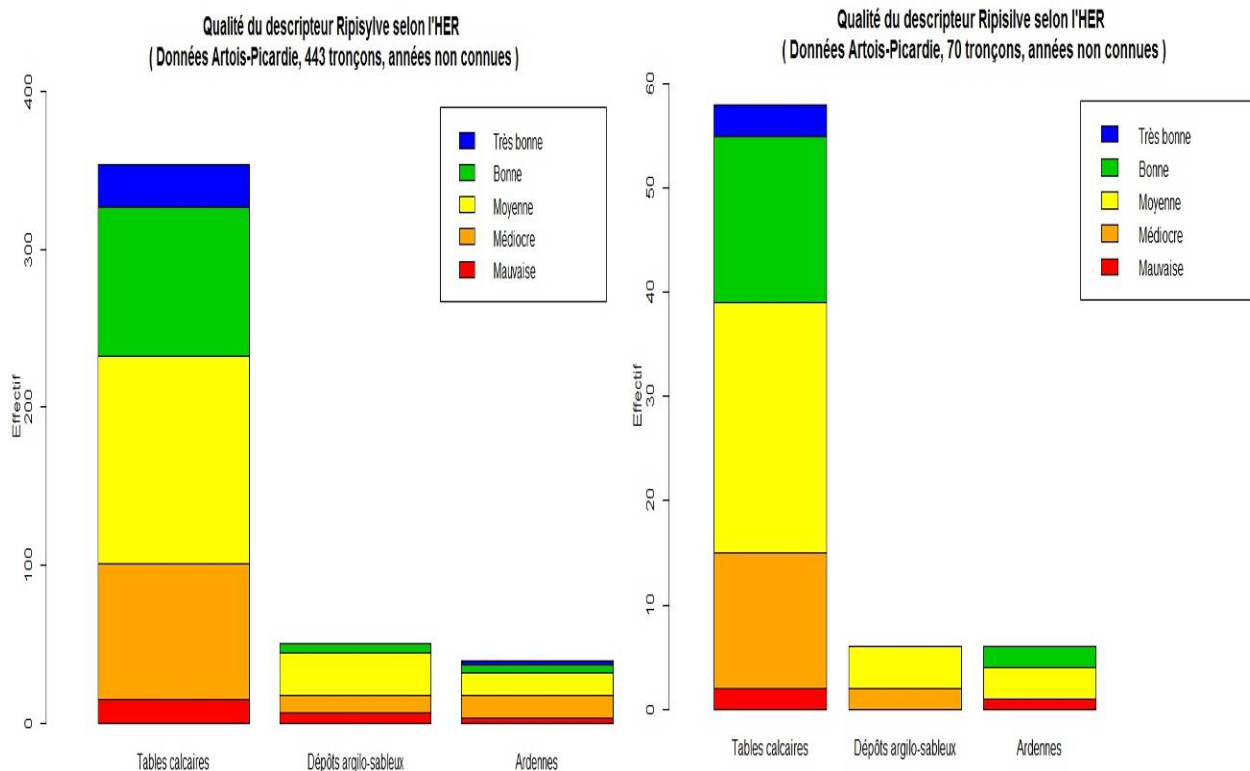


Tableau de contingence

Classe de qualité	Nombre de tronçons par classe dans chaque HER selon la qualité descripteur Ripisylve		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Mauvaise	15	6	3
Médiocre	86	11	14
Moyenne	131	27	15
Bonne	95	6	5
Très bonne	27	0	2

Existe-t-il un lien entre la qualité du descripteur Lit mineur (on utilise les 443 tronçons) et l'hydro-écorégion (HER) ?

On applique aussi le test exact de Fisher (test non paramétrique comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 0,004624. (Inférieure à 0,05) : la qualité du descripteur Ripisylve est fonction de l'hydro-écorégion.

Par ailleurs, les données SEQ-physique aux 70 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), montrent que, dans les Tables Calcaires, les stations sont situées dans des tronçons présentant les mêmes qualités de ripisylve que l'ensemble du bassin.

1.2. LIEN ENTRE LE RISQUE D'ALTERATION DU MILIEU PHYSIQUE SYRAH ET L'HYDRO-ECOREGION

1.2.1. Remarque préliminaire

2003 tronçons Syrah ont été délimités et ont fait l'objet d'une évaluation du risque d'altération.

Étude de l'Indice Invertébrés MultiMétrique (I2M2) dans le bassin Artois-Picardie



Les risques d'altération Syrah concernent :

- quantité du débit d'eau (HQ)
- dynamique du débit d'eau (HQ)
- connexion aux masses d'eau souterraines (CME)
- continuité biologique proximité (CBP)
- continuité biologique migrateurs (CBM)
- continuité sédimentaire (CQS)
- continuité latérale (CL)
- variation de la largeur et de la profondeur (PL)
- structure et substrat du lit (SS)
- structure de la rive (SR).

Ils sont exprimés en 5 classes de probabilités par tronçon analysé. Sur les 20 030 données dont on dispose, il a été décidé de ne traiter que la classe d'altération la plus probable (soit 2003 données) concernant les variables du lit mineur et des berges.

1.2.2. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la variation de la profondeur et de la largeur de la rivière et l'hydro-écórégion

Les graphes qui suivent donnent, à gauche, la répartition de tous les tronçons, à droite celle des tronçons portant une station invertébrée.

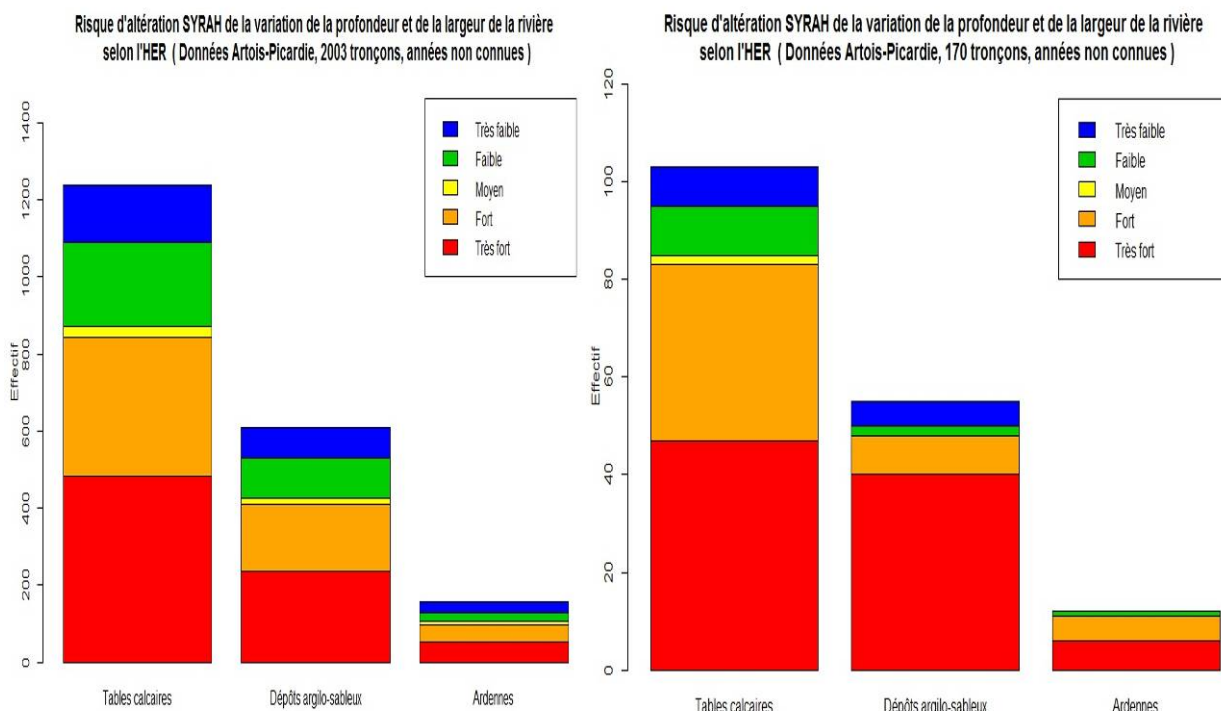


Tableau de contingence

Classe de risque d'altération	Nombre de tronçons par classe de risque d'altération dans chaque HER selon profondeur et largeur		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Très fort	482	236	53
Fort	360	175	45
Moyen	29	14	9
Faible	220	106	22
Très faible	146	77	29

Existe-t-il un lien entre le risque d'altération SYRAH de la variation de la profondeur et de la largeur de la rivière et l'hydro-écorégion (HER) ?

On applique le test de Khi deux (test paramétrique de comparaison des variances) car toutes les valeurs du tableau des effectifs sont supérieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 0,096 (supérieure au seuil du risque de 5%) : le risque d'altération SYRAH de la variation de la profondeur et de la largeur de la rivière est indépendant de l'hydro-écorégion.

1.2.3. Positionnement des stations

Les données Syrah aux 170 stations associées à un tronçon (figure précédente), montrent que les stations sont situées dans des tronçons plus à risque d'altération de la variation de la largeur et de la profondeur que l'ensemble du bassin.

1.2.4. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la structure et du substrat du lit et l'hydro-écorégion

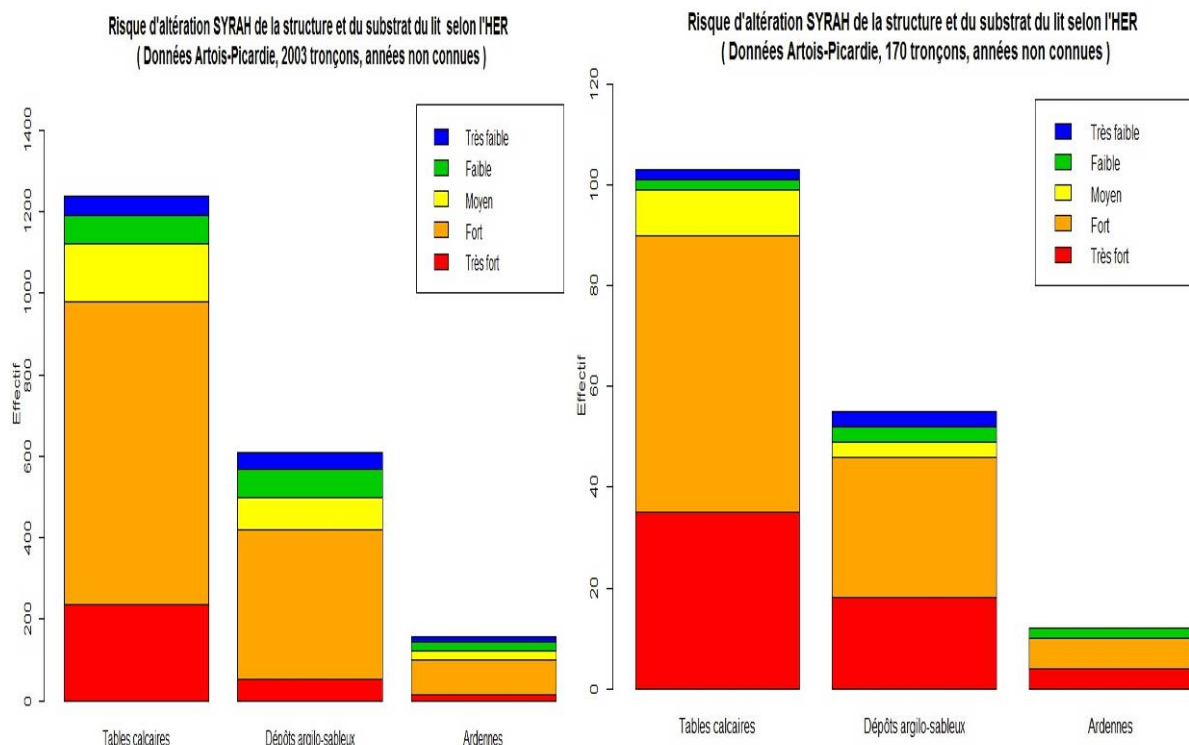


Tableau de contingence

Classe de risque d'altération	Nombre de tronçons par classe de risque d'altération dans chaque HER selon le paramètre Structure et Substrat du lit		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Très fort	235	54	16
Fort	743	365	85
Moyen	144	79	21
Faible	69	70	22
Très faible	46	40	14

Existe-t-il un lien entre le risque d'altération SYRAH de la structure et du substrat du lit et l'hydro-écorégion (HER) ?

On applique le test de Khi deux (test paramétrique de comparaison des variances) car toutes les valeurs du tableau des effectifs sont supérieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à $7,264e-12$ (inférieure au seuil du risque de 5%) : le risque d'altération SYRAH de la structure et du substrat du lit est fonction de l'hydro-écorégion.

1.2.5. Positionnement des stations

Les données Syrah aux 170 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), montrent que les stations sont situées dans des tronçons plus à risque d'altération de la structure et du substrat du lit que l'ensemble du bassin.

1.2.6. Test d'indépendance entre le risque d'altération SYRAH de la structure de la rive et l'hydro-écorégion

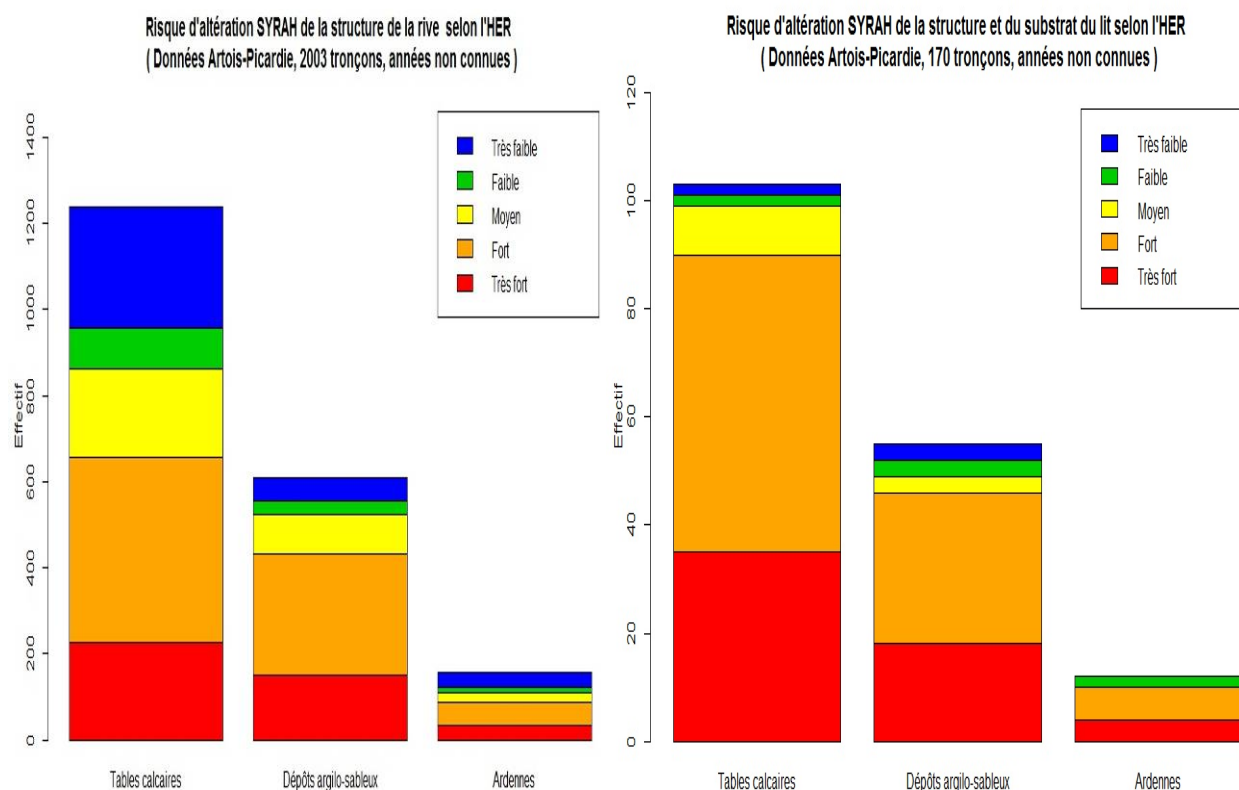


Tableau 7 –table de contingence

Classe de risque d'altération	Nombre de tronçons par classe de risque d'altération dans chaque HER selon le paramètre Structure de la Rive		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Très fort	227	54	16
Fort	428	365	85
Moyen	208	79	21
Faible	69	70	22
Très faible	46	40	14

Existe-t-il un lien entre Le risque d'altération SYRAH de la structure de la rive et l'hydro-écorégion (HER) ? On applique le test de Khi deux (test paramétrique de comparaison des variances) car toutes les valeurs du tableau des effectifs sont supérieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à $8,54e-13$ (inférieure au seuil du risque de 5%) : le risque d'altération SYRAH de la structure de la rive est fonction de l'hydro-écorégion.

1.2.7. Positionnement des stations

Les données Syrah aux 170 stations associées à un tronçon (figure précédente, à droite), montrent que les stations sont situées dans des tronçons plus à risque d'altération de la structure de la rive que l'ensemble du bassin.

1.2.8. Conclusion

- La morphologie des cours d'eau et le risque d'altération des variables physiques dépendent de l'HER (à l'exception de la variation de la profondeur et de la largeur).

Tableau récapitulatif des dépendances entre les variables morphologiques et l'HER

SEQ-PHYSIQUE	SYRAH	Lien avec l'HER
Indice Global		Oui
Descripteur Lit mineur		Oui
Descripteur Berge		Oui
Descripteur Ripisylve		Oui
	Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière (PL)	Non
	Structure et substrat du lit (SS)	Oui
	Structure de la rive (SR)	Oui

- Les 170 stations du bassin faisant l'objet de prélèvements à des fins d'analyse physicochimiques ou biologiques sont situées dans des secteurs plus dégradés et plus à risques d'altération que l'ensemble du bassin Artois-Picardie.

2. DONNEES DE POLLUTIONS

2.1. DONNEES SEQ-EAU

2.1.1. Données et objectifs

Nous disposons des indices et classes par altérations du SEQ-Eau, années 2007 à 2012.

Disponibilité annuelle des indices par altération

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Nombre total
Acidification	201	203	203	205	202	200	1214
Effets des proliférations végétales	201	203	203	205	195	200	1207
Hydrocarbures HAP	89	55	48	60	83	26	361
Matières azotées hors nitrates	201	203	203	205	202	200	1214
Matières organiques et oxydables	201	203	203	0	0	200	807
Matières phosphorées	197	197	203	205	201	200	1203
Micropolluants minéraux	87	0	2	1	0	0	90
Micropolluants organiques	87	26	39	17	49	3	221
Nitrates	201	203	203	205	203	200	1215
Particules en suspension	201	203	203	205	202	200	1214
Pesticides	89	59	45	57	80	55	385
Polychlorobiphényles	0	0	0	30	21	11	62
Température	201	203	203	205	202	200	1214

A noter les cas particuliers suivants :

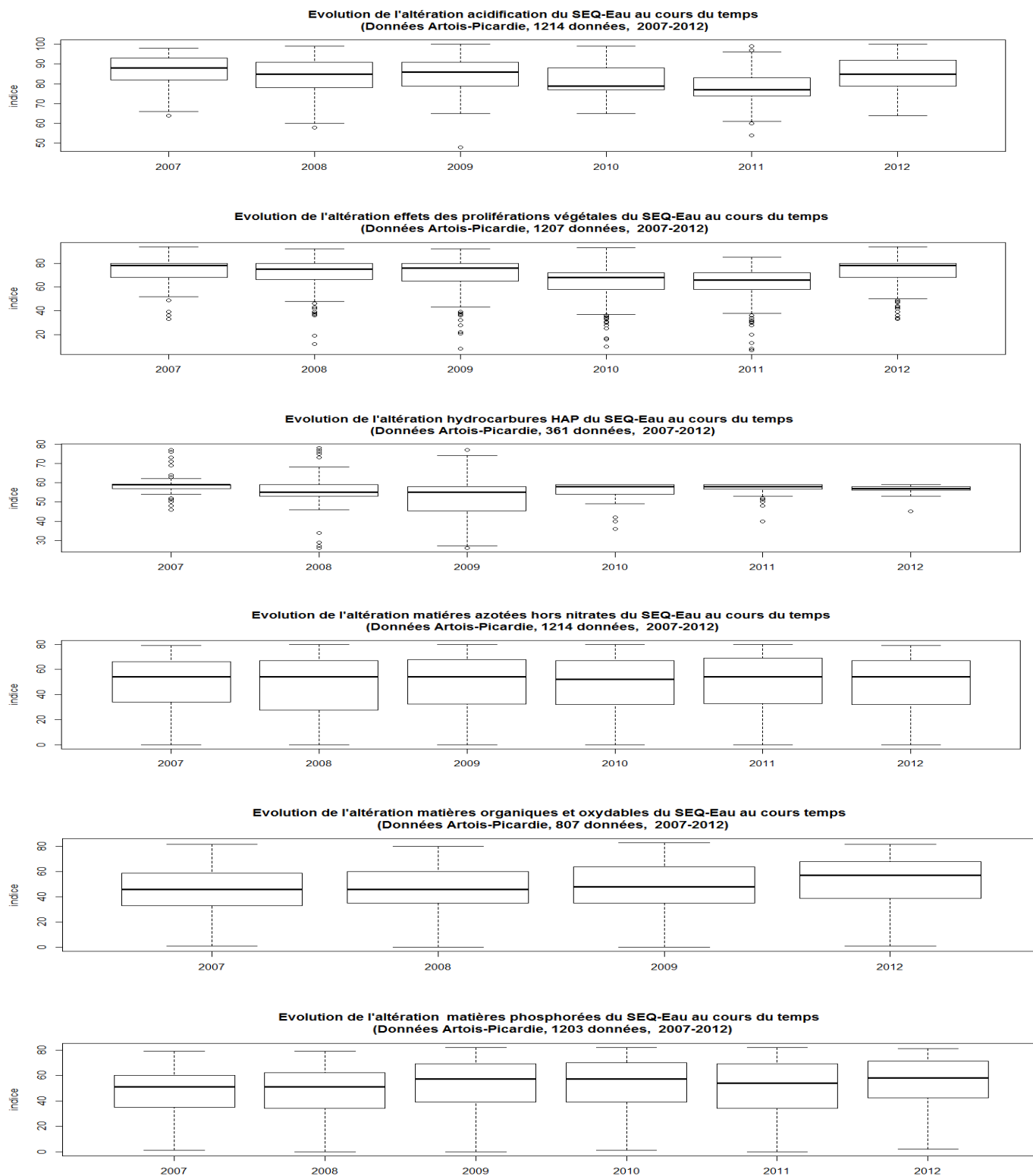
- Classe de qualité = -1 : lorsque l'altération n'a pas pu être qualifiée (nombre de prélèvements insuffisants et/ou répartition des prélèvements sur l'année inadéquate et/ou absence de certains paramètres obligatoires). Dans ce cas-là, l'indice de qualité = <vide>.
- Classe de qualité = 2 et indice de qualité = <vide> : lorsque les résultats d'analyses sont inférieurs à des seuils de quantification, qui permettent de dire que la qualité est au moins bonne, sans pour autant pouvoir calculer d'indice

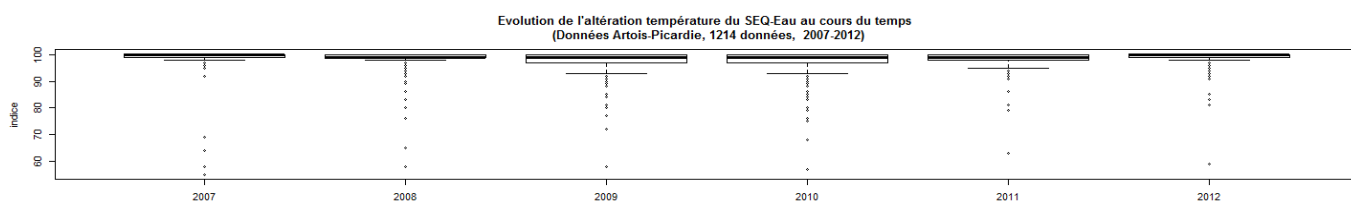
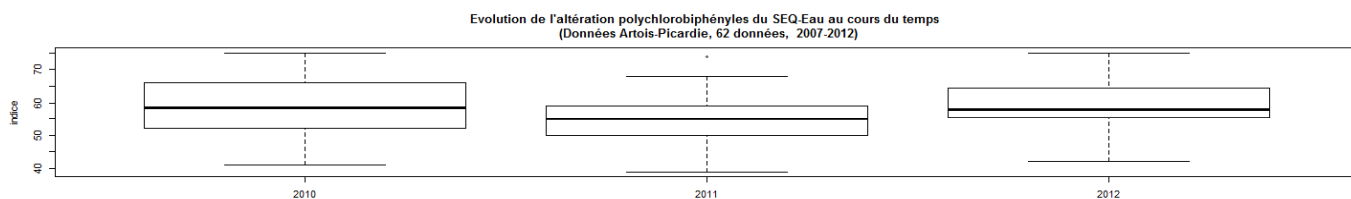
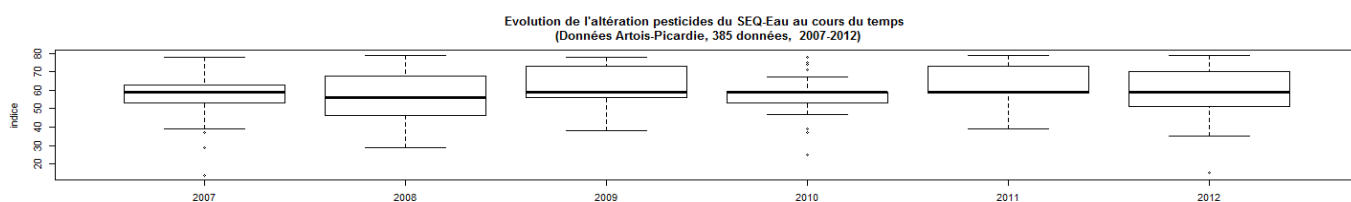
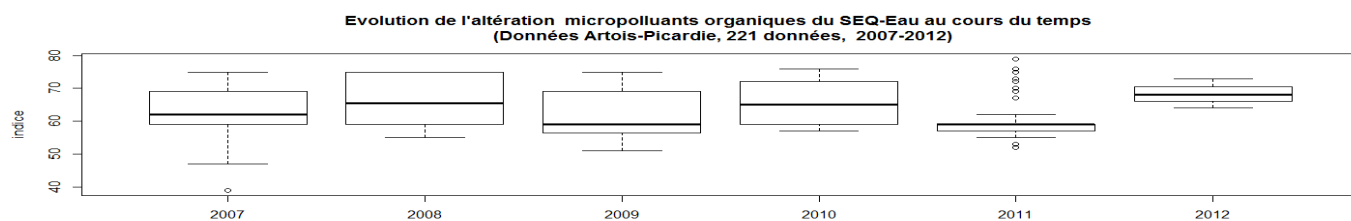
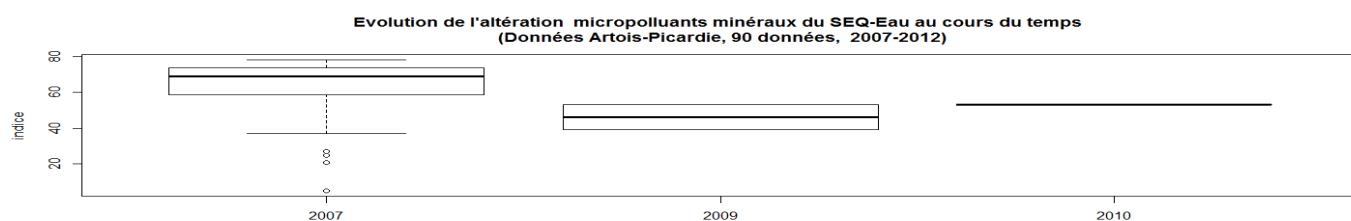
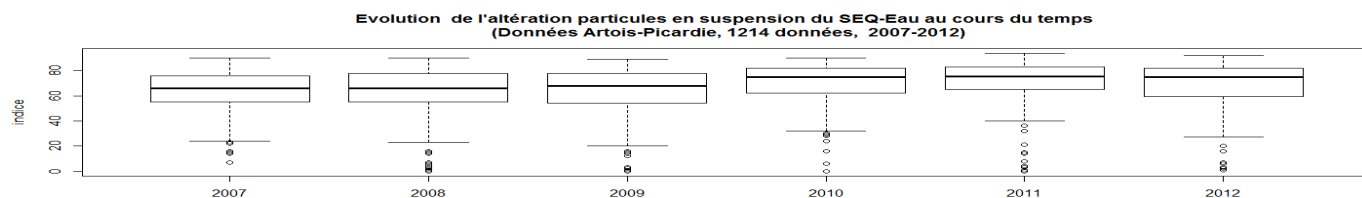
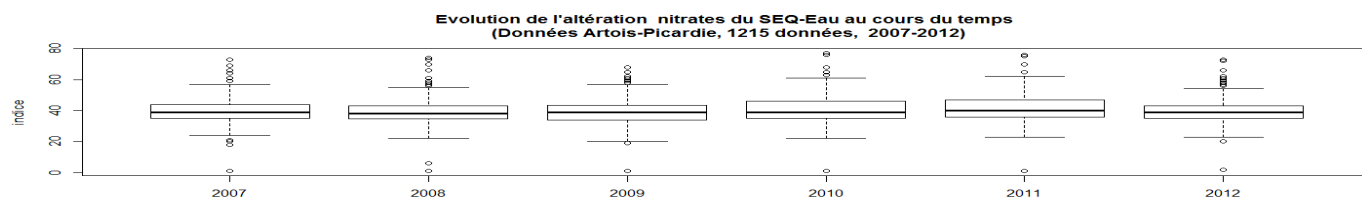
Nous avons également écarté les données micropolluants acquises sur eau filtrée et non sur eau brute comme prévu.

L'objectif du traitement des données est de voir si les indices et classes évoluent en fonction du temps et varient selon l'HER.

2.1.2. Indices des altérations SEQ-eau

2.1.2.1. Evolution interannuelle

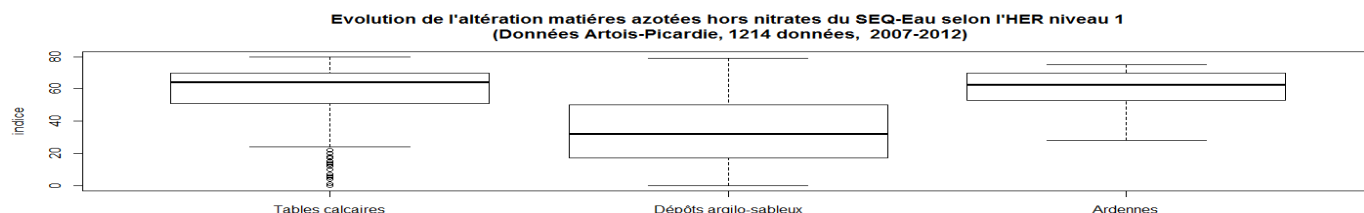
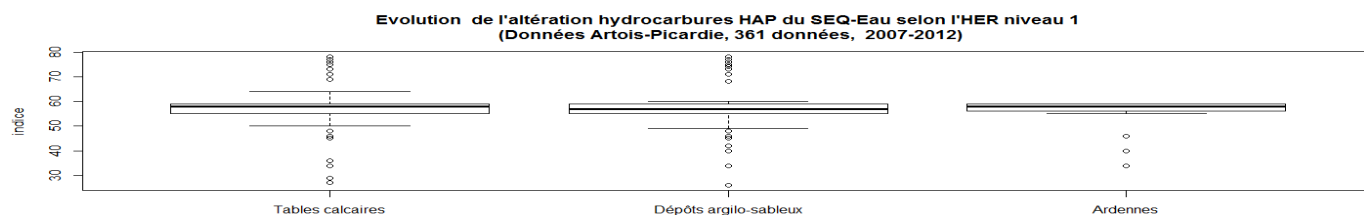
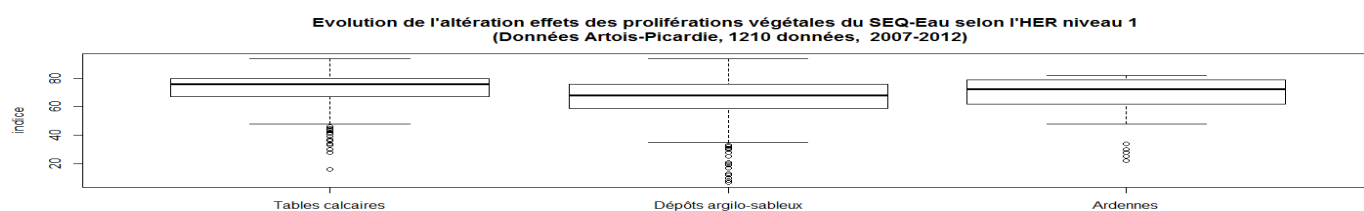
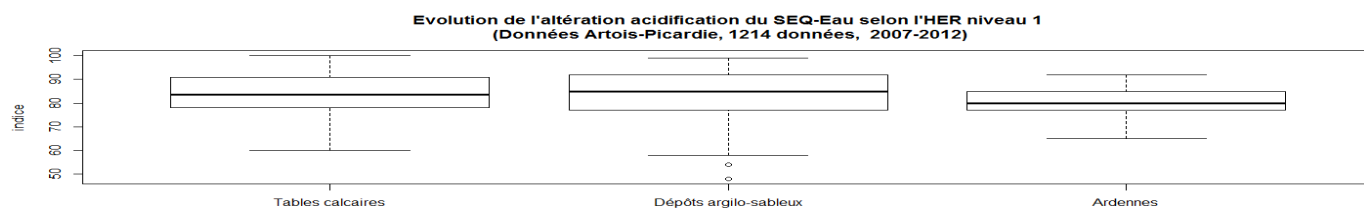




2.1.2.2. Variation selon l'HER niveau 1

Disponibilité des données d'altérations selon l'HER 1

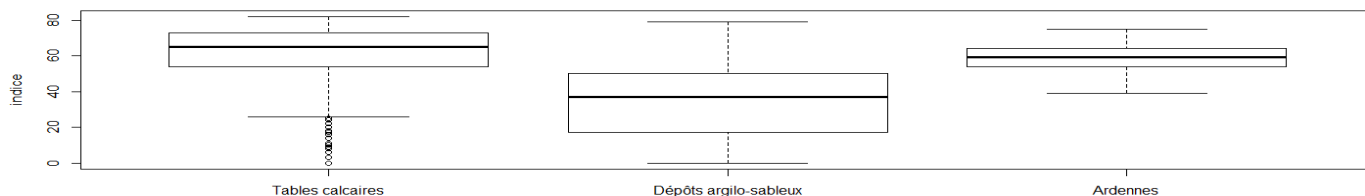
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes	Total
Acidification	628	508	78	1214
Effets des proliférations végétales	624	505	78	1210
Hydrocarbures HAP	172	156	33	361
Matières azotées hors nitrates	628	508	78	1214
Matières organiques et oxydables	416	339	52	807
Matières phosphorées	617	508	78	1203
Micropolluants minéraux	43	39	8	90
Micropolluants organiques	106	94	21	221
Nitrates	628	509	78	1215
Particules en suspension	628	508	78	1214
Pesticides	185	164	36	385
Polychlorobiphényles	14	41	7	62
Température	628	508	78	1214



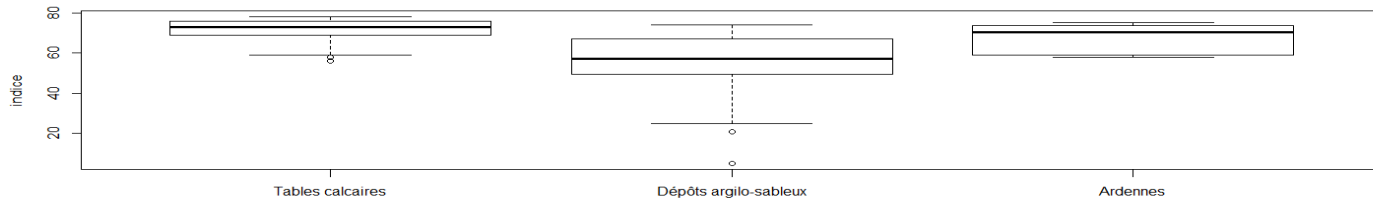
Evolution de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 807 données, 2007-2012)



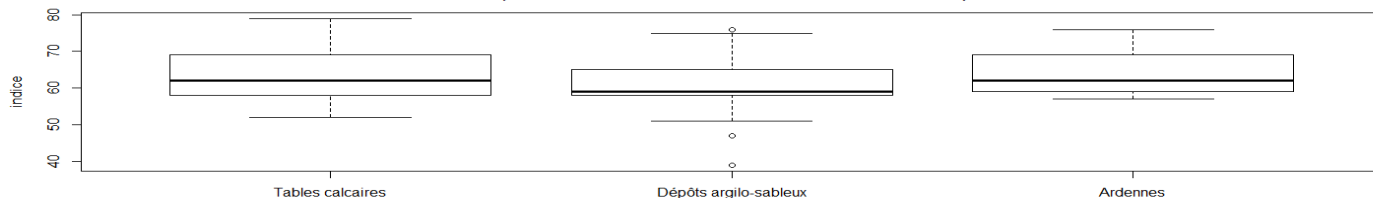
Evolution de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1203 données, 2007-2012)



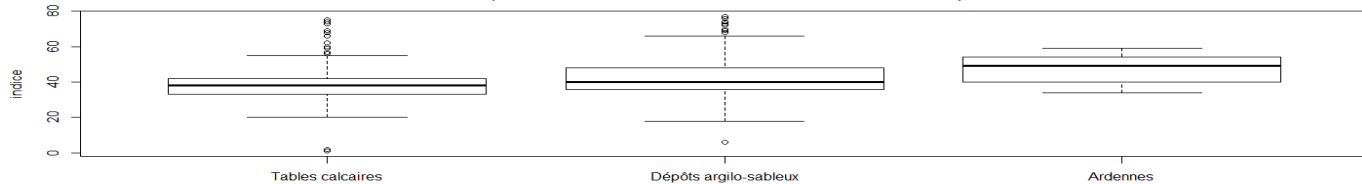
Evolution de l'altération micropolluants minéraux du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 90 données, 2007-2012)



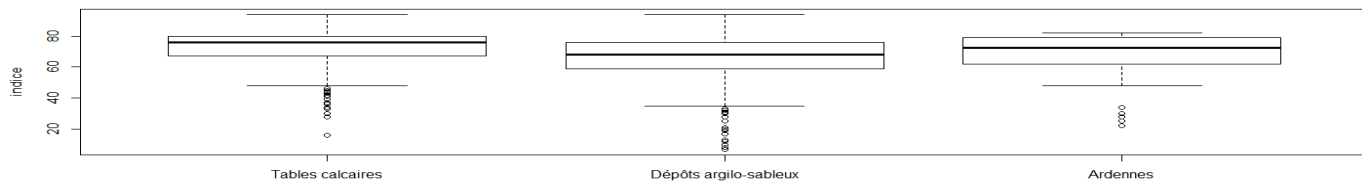
Evolution de l'altération micropolluants organiques du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 221 données, 2007-2012)

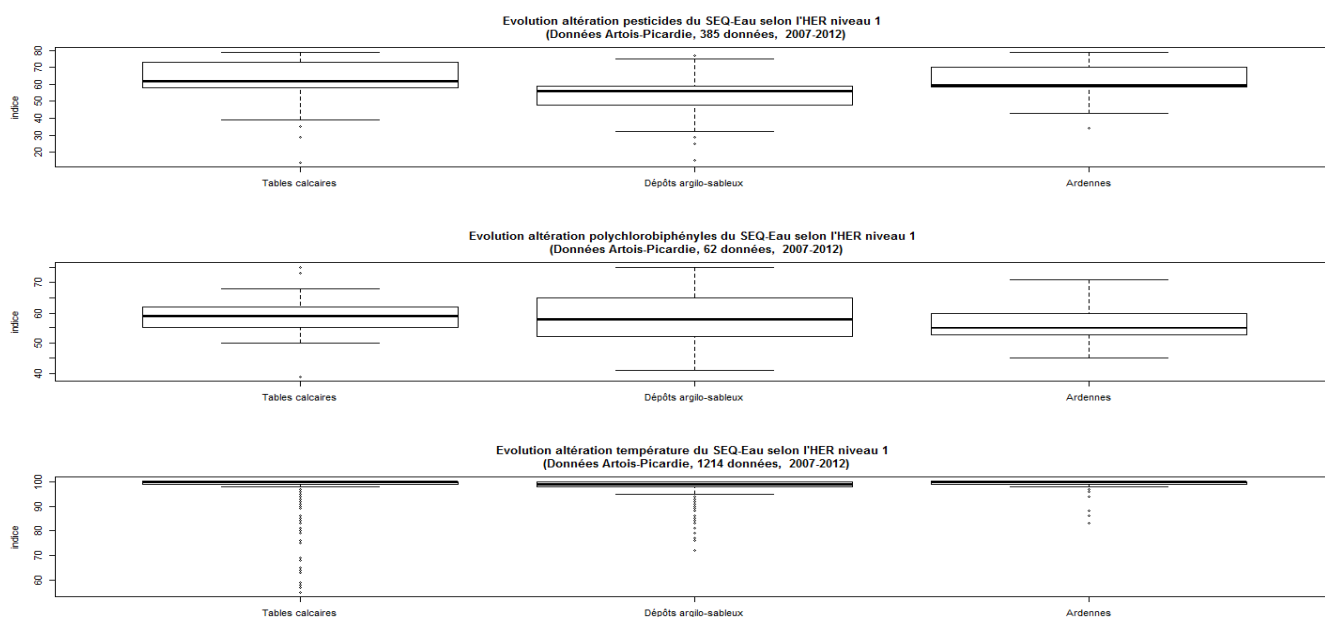


Evolution de l'altération nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



Evolution de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1214 données, 2007-2012)

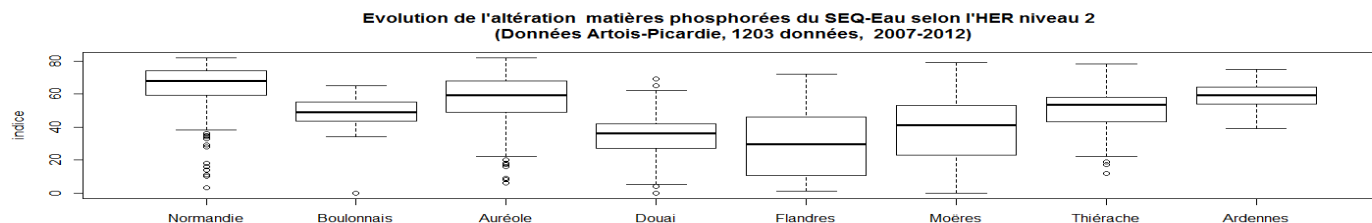
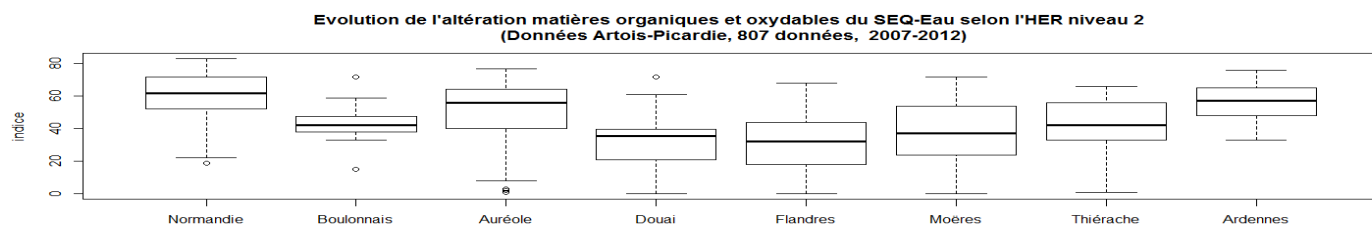
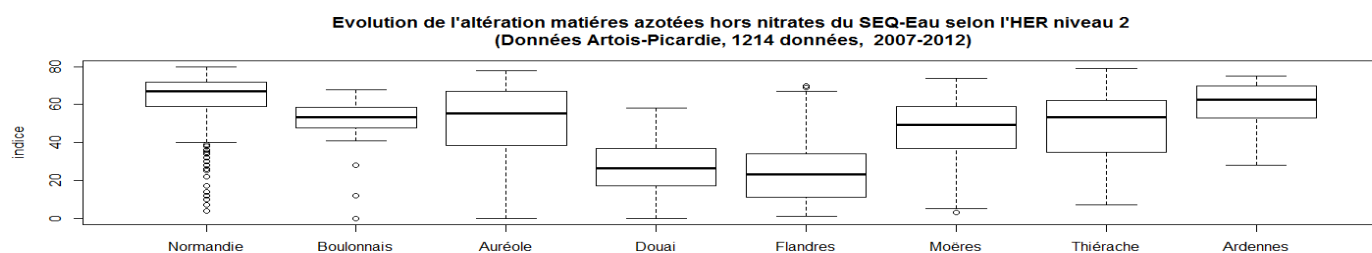
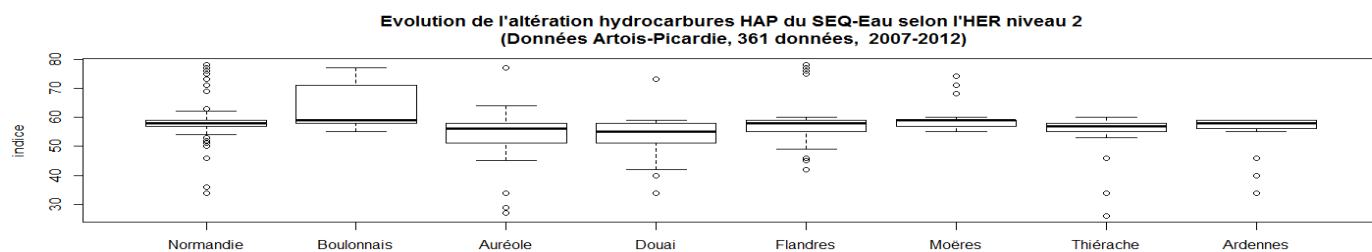
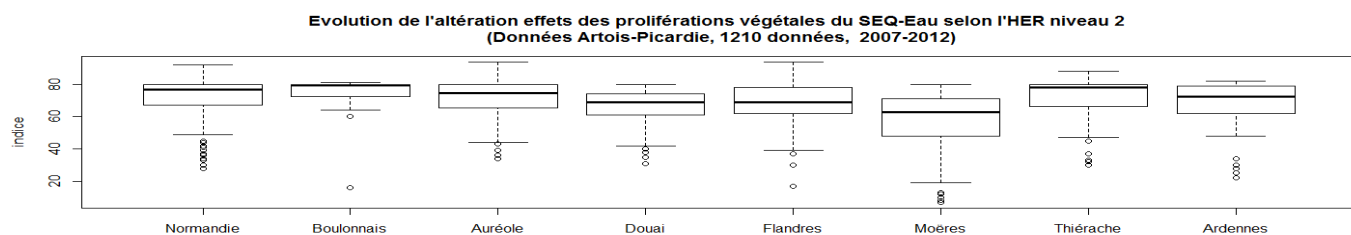
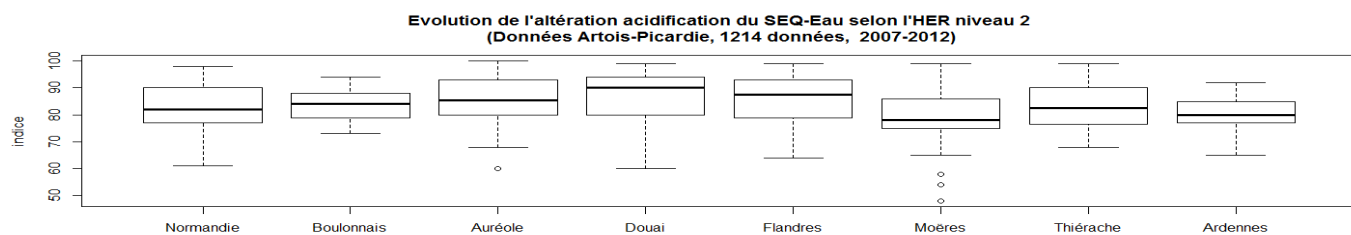


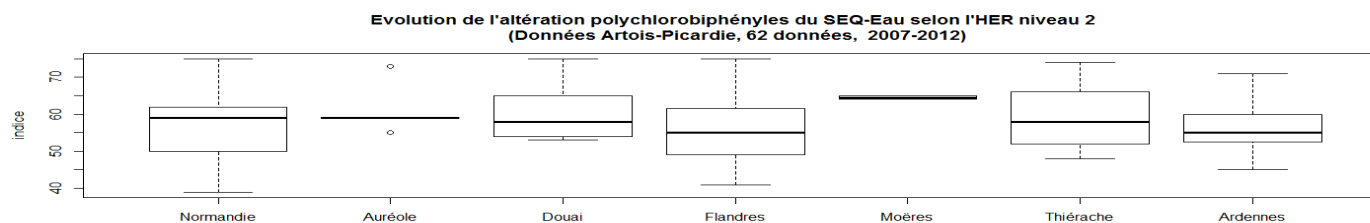
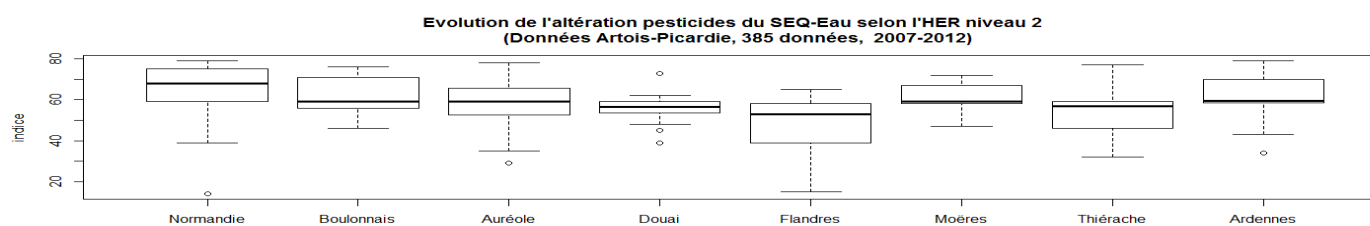
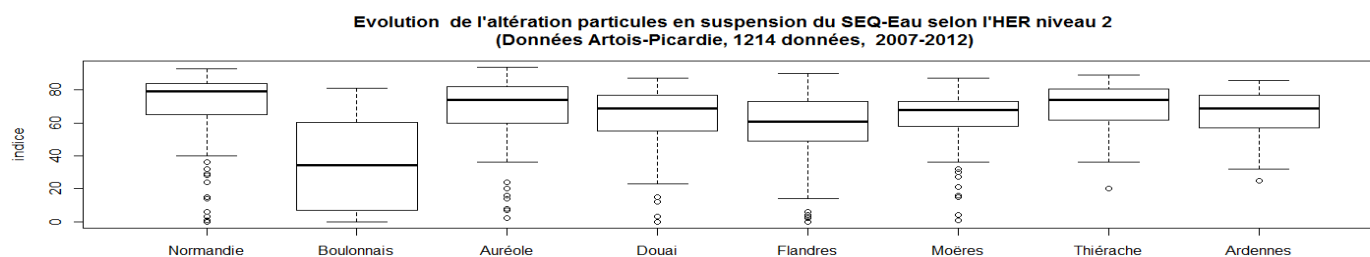
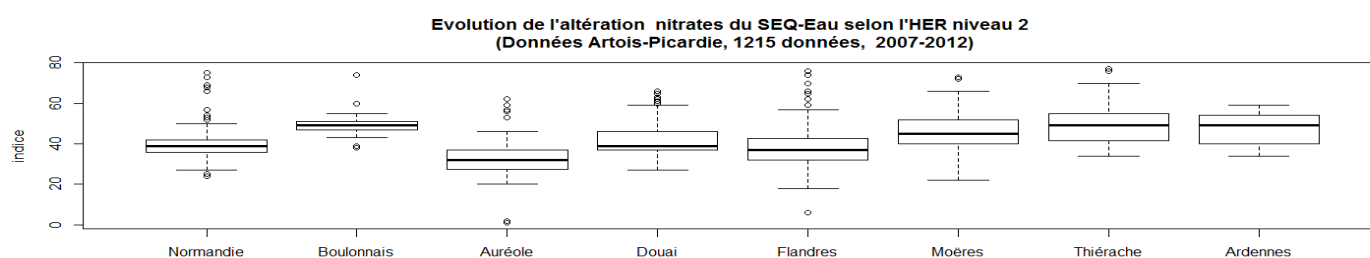
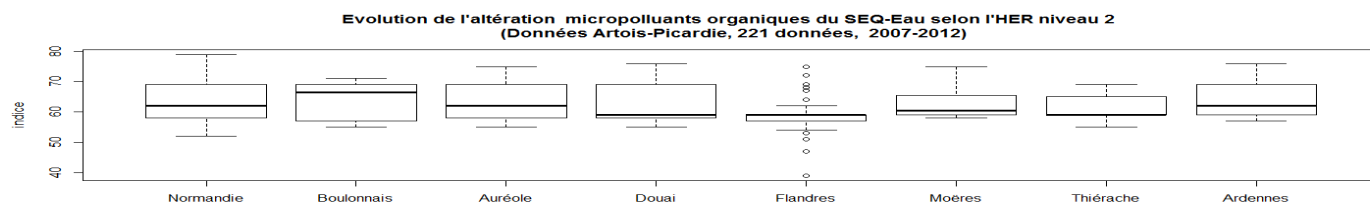
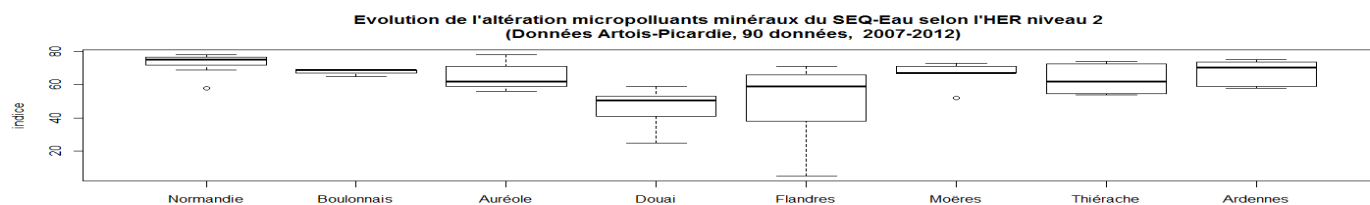


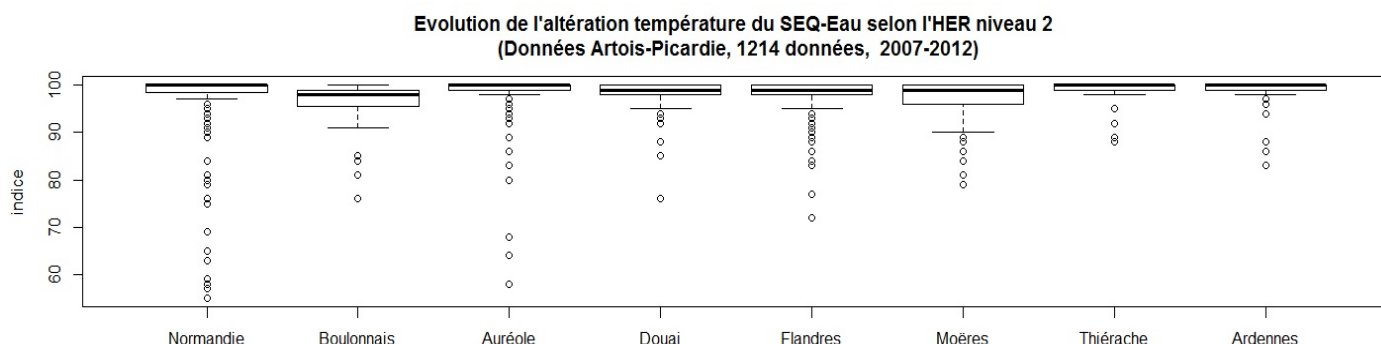
2.1.2.3. Variation selon l'HER niveau 2

Disponibilité des altérations selon l'HER 2

	Haute Normandie Picardie	Boulonnais	Auréole Crétacé	Douai- Condée	Flandres intérieures	Moères	Thiérache	Ardennes	Total
Acidification	384	28	216	102	216	130	60	78	1214
Effets des proliférations végétales	380	28	216	102	216	130	60	78	1210
Hydrocarbures HAP	103	10	59	36	67	21	32	33	361
Matières azotées hors nitrates	384	28	216	102	216	130	60	78	1214
Matières organiques et oxydables	253	19	144	68	144	87	40	52	807
Matières phosphorées	379	28	210	102	216	130	60	78	1203
Micropolluants minéraux	27	3	13	10	17	5	7	8	90
Micropolluants organiques	66	6	34	24	45	8	17	21	221
Nitrates	383	29	216	102	216	131	60	78	1215
Particules en suspension	384	28	216	102	216	130	60	78	1214
Pesticides	109	13	63	36	70	25	33	36	385
Polychlorobiphényles	9	0	5	11	19	2	9	7	62
Température	384	28	216	102	216	130	60	78	1214







2.1.3. Variations des altérations du SEQ-eau selon l'année et l'HER

● Objectifs et données

Il s'agit de déterminer si les indices des altérations SEQ-eau évoluent au cours du temps et varient selon l'HER, et quel est le facteur prépondérant¹. Sont écartées de l'analyse les altérations acidification (présente en 2 classes seulement, bleue et verte), micropolluants minéraux (1 année de données), température (quasiment toutes données en classe bleue), PCB (30 données par an au maximum et sur 3 ans). Après avoir vérifié à chaque fois l'homogénéité des variances (par le test de Bartlett), nous avons appliqué une ANOVA à deux facteurs.

● Effet des proliférations végétales

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération Effets des proliférations végétales évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. Le temps constitue le facteur prépondérant. Par contre l'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● HAP

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération hydrocarbures aromatiques polycycliques évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. Le temps constitue le facteur prépondérant. Par contre l'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Matières azotées hors nitrates

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération matières azotées hors nitrates varie selon l'HER 2 mais elle n'évolue pas au cours du temps. L'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Matières organiques et oxydables

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération matières organiques et oxydables évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. L'HER 2 constitue le facteur prépondérant. Par contre l'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Matières phosphorées

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération matières phosphorées évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. L'HER2 constitue le facteur prépondérant. L'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Micropolluants organiques et autres

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération micropolluants et autres évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. Le temps constitue le facteur prépondérant.

¹ D'après les résultats des tests de Fisher, le facteur qui a la plus petite p-value est le facteur le plus influent

En outre, l'interaction entre ces deux facteurs existe et a un effet significatif sur l'altération.

● Nitrates

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération nitrates évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. L'HER2 constitue le facteur prépondérant.

L'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Particules en suspension

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération particules en suspension évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. L'HER2 constitue le facteur prépondérant.

En outre, l'interaction entre ces deux facteurs existe et a un effet significatif sur l'altération

● Pesticides

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'altération pesticides évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. L'HER2 constitue le facteur prépondérant.

Par contre l'interaction entre les deux facteurs existe mais n'a pas d'effet significatif sur l'altération.

● Synthèse

Les altérations testées varient selon l'HER niveau 2 ; elles varient selon l'année sauf les matières azotées.

Variation des indices	ANNEE	HER 2	Interaction entre les facteurs
Effets des proliférations végétales	oui	oui	Existe, sans effet significatif
Hydrocarbures HAP	oui	oui	Existe, sans effet significatif
Matières azotées hors nitrates	non	oui	Existe, sans effet significatif
Matières organiques et oxydables	oui	oui	Existe, sans effet significatif
Matières phosphorées	oui	oui	Existe, sans effet significatif
Micropolluants organiques	oui	oui	Effet significatif de l'interaction
Nitrates	oui	oui	Existe, sans effet significatif
Particules en suspension	oui	oui	Effet significatif de l'interaction
Pesticides	oui	oui	Existe, sans effet significatif

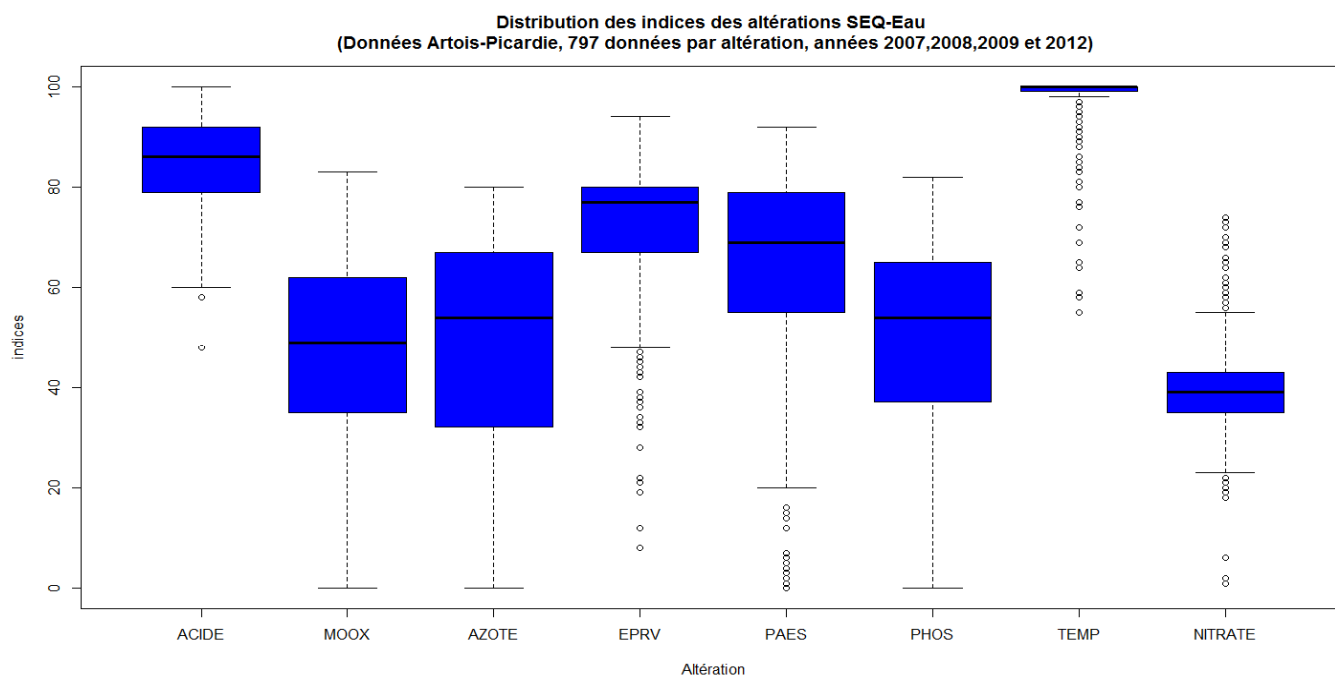
En gras, le facteur le plus influent.

2.1.4. Recherche de caractérisation des HER par le niveau de leurs altérations

2.1.4.1. Données et objectifs

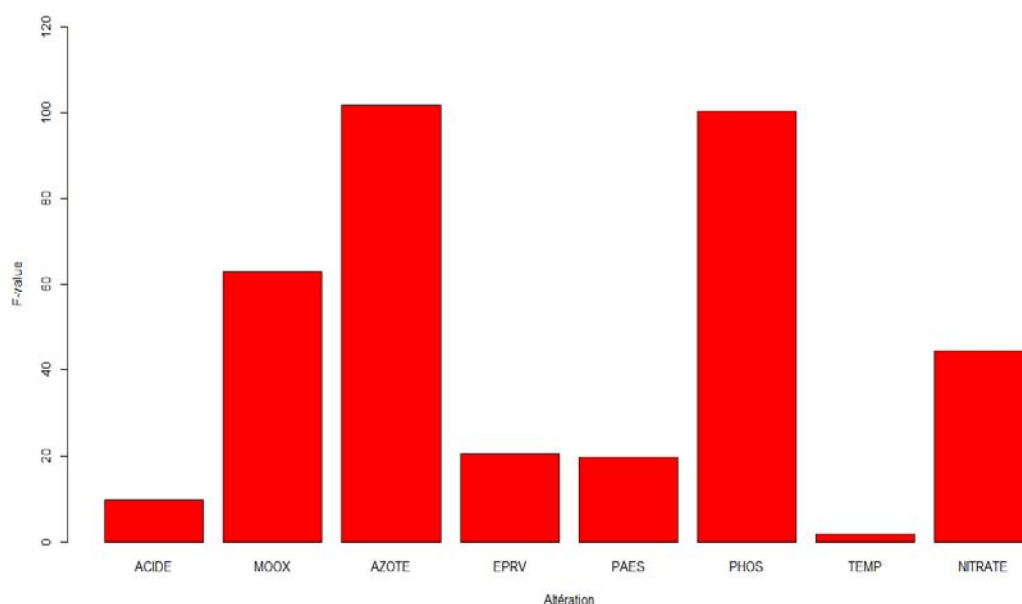
Nous avons fait une analyse factorielle discriminante (AFD) des altérations du SEQ-Eau en des hydro-écorégions de niveau 2. L'idée est de voir si 1 ou plusieurs de ces altération est plus discriminante, mais aussi de savoir si les altérations permettent de distinguer chacune de ces hydro-écorégions.

Ne disposant pas de données d'indice MOOX les années 2010 et 2011, nous traitons les données 2007, 2008, 2009 et 2012 (soit 797 données par altération). Sont écartés du traitement les MPMI analysés seulement en 2007, les MPMO n'ayant que 3 données en 2012, les PCB n'ayant pas de données en 2007. De fait, les HAP et PEST disposant de 3 fois moins de données que les macropolluants sont également exclus du traitement.



2.1.4.2. Pouvoir de discrimination des altérations macropolluants du SEQ-Eau

Pour déterminer les altérations les plus discriminantes, nous avons calculé la statistique F (F-value) de L'ANOVA (analyse de la variance) de chaque altération en fonction des hydro-écorégions. L'altération la plus discriminante est celle qui a la plus grande F-value. Le résultat est sur le graphique ci-dessous :



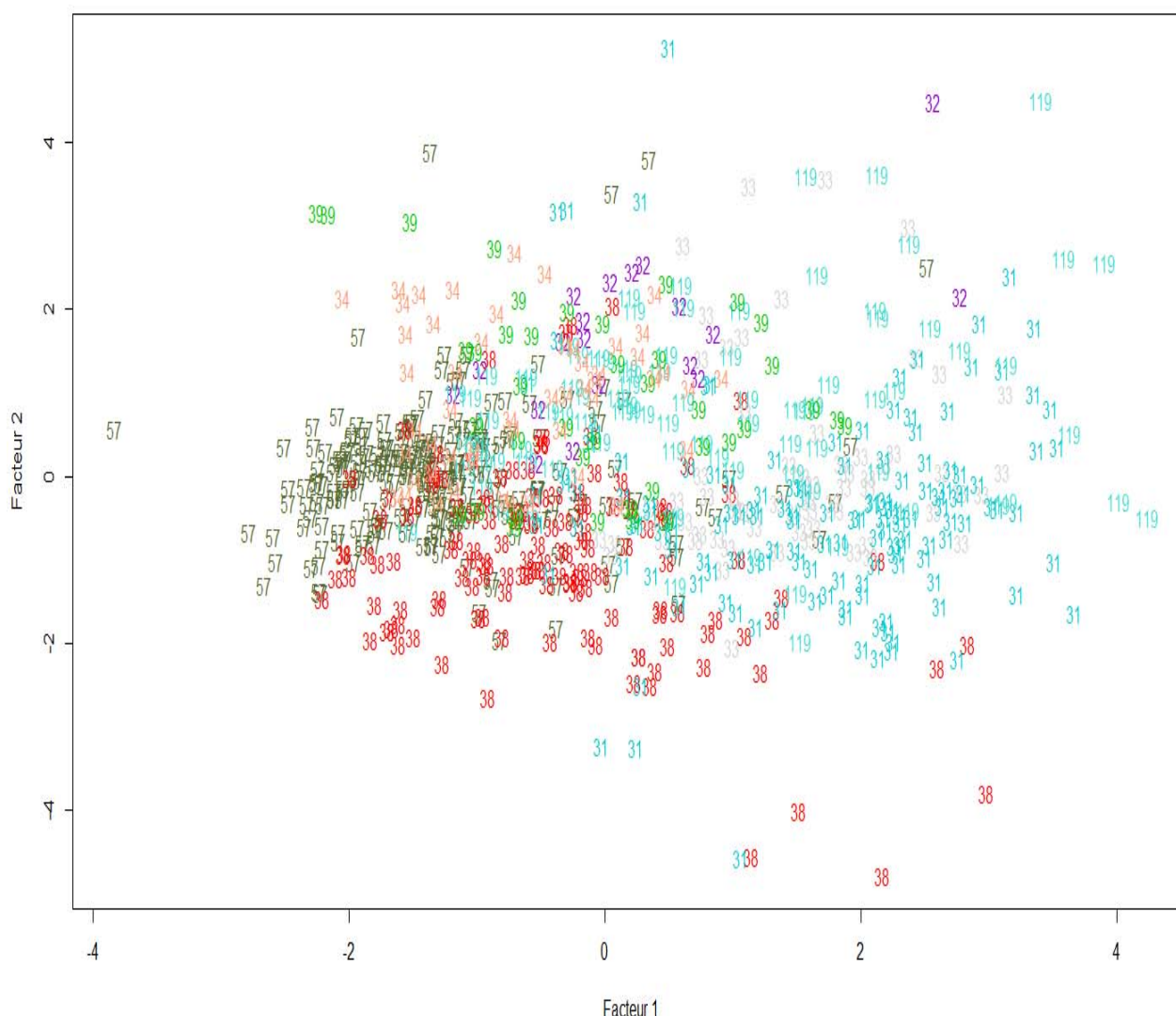
Le graphique montre que les matières azotées hors nitrates et les matières phosphorées, suivies des matières organiques et oxydables, constituent les altérations, parmi celles testées, les plus discriminantes des HER. La température est l'altération la moins discriminante.

2.1.4.3. Représentation graphique des HER niveau 2

Nom HER 2	Code HER 2	Nombre de stations par HER
-----------	------------	----------------------------

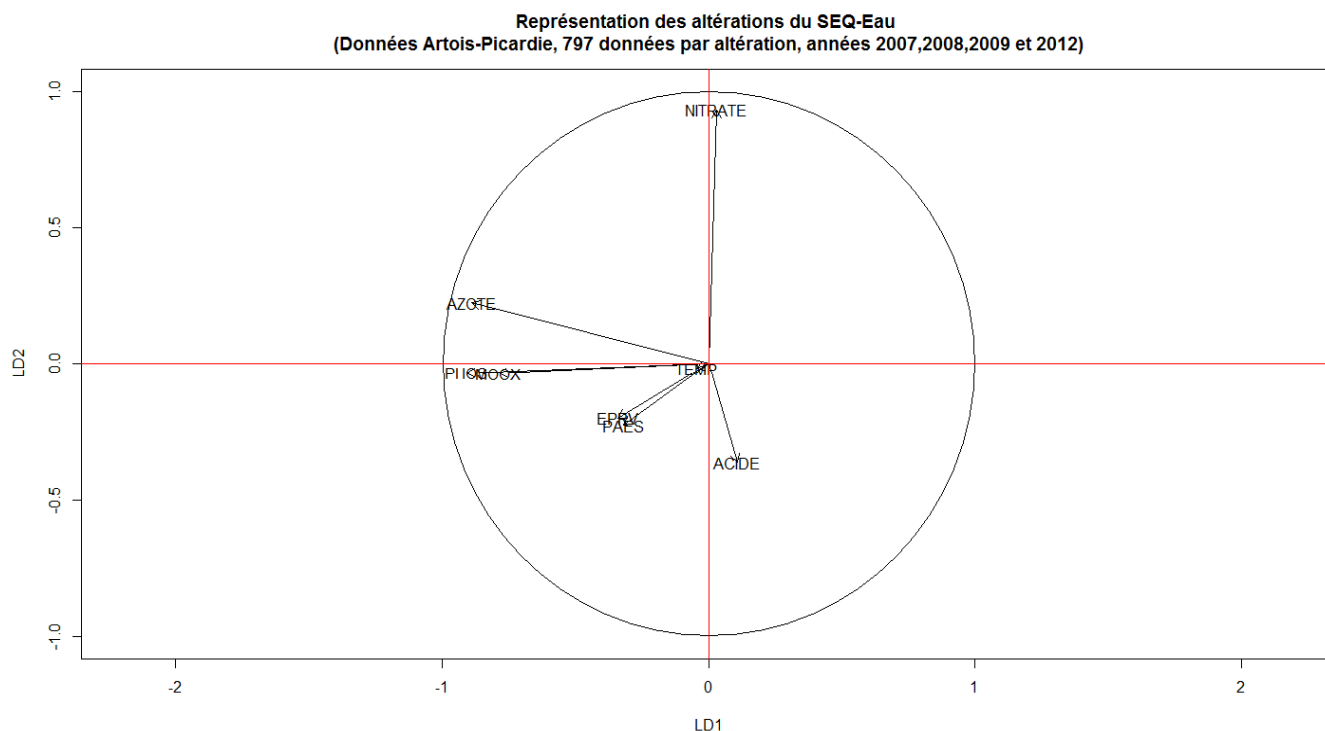
Tables calcaires Haute Normandie Picardie	57	248
Tables calcaires Boulonnais	32	19
Tables calcaires Auréole Crétacé	38	139
Dépôts argilo-sableux Douai-Condée	33	68
Dépôts argilo-sableux Flandres intérieures	31	144
Dépôts argilo-sableux Moères	119	87
Dépôts argilo-sableux Thiérache	39	40
Ardenne	34	52
Total		797

Représentation des hydro-écorégions de niveau 2
(Données Artois-Picardie, 797 données par altération, années 2007,2008,2009 et 2012)



Les hydro-écorégions ne s'isolent pas nettement les unes des autres mais on peut néanmoins les distinguer. Nous avons donc calculé le taux de prédiction de ce modèle, c'est à dire sa capacité à prédire à quelle hydro-écorégion appartient en théorie une station connaissant ses altérations. Le pourcentage de bonne prédiction est de l'ordre de 60%. Ce qui reste quand même un peu limité.

2.1.4.4. Représentation graphique des altérations du SEQ-Eau



Sur le premier axe discriminant on retrouve les altérations les plus discriminantes à savoir les matières azotées (AZOTE), les matières phosphorées (PHOS) et les matières organiques et oxydables (MOOX). On note aussi la présence (avec un degré de discrimination un peu moins important) les altérations EPRV et PAES.

Ces altérations sont, en moyenne, très importantes en Haute Normandie Picardie (code HER 57) et en Ardennes (code HER 34). Sur le deuxième axe discriminant, on retrouve les nitrates et l'acidification. Les nitrates sont plus importants dans le Boulonnais.

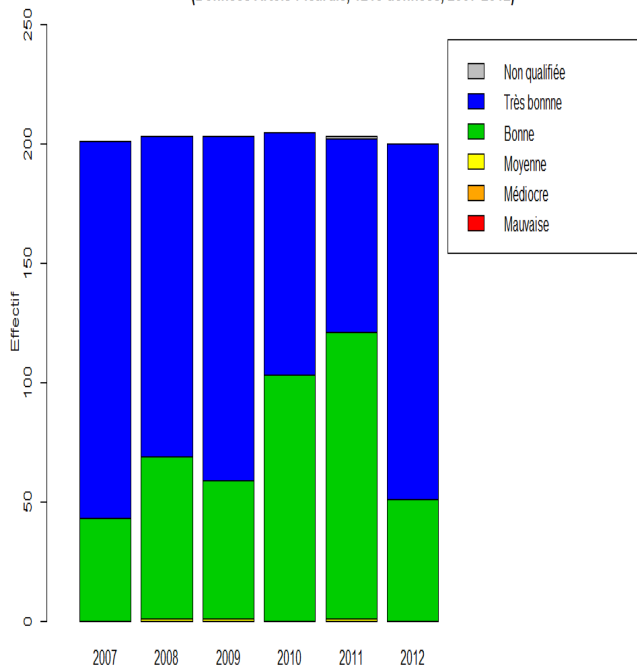
2.1.4.5. Conclusion

Les matières azotées hors nitrates et les matières phosphorées, suivies des matières organiques et oxydables, constituent les altérations, parmi celles testées, discriminant le mieux les HER 2, qui se distinguent les unes des autres sans s'isoler nettement.

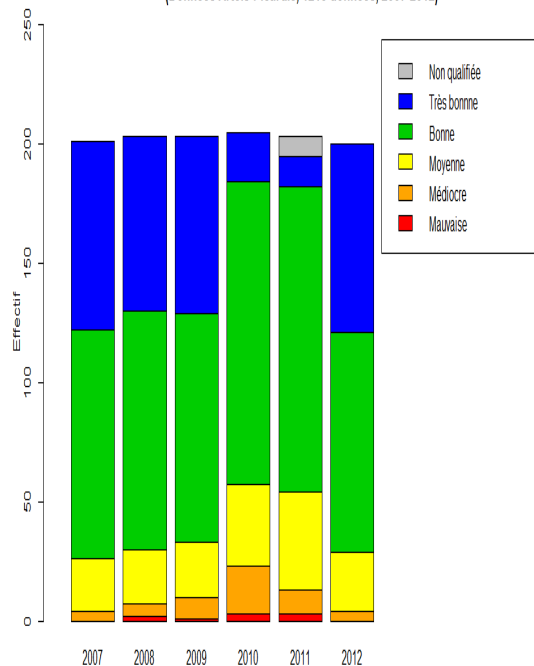
2.1.5. Classes de qualité par altérations

2.1.5.1. Evolution annuelle

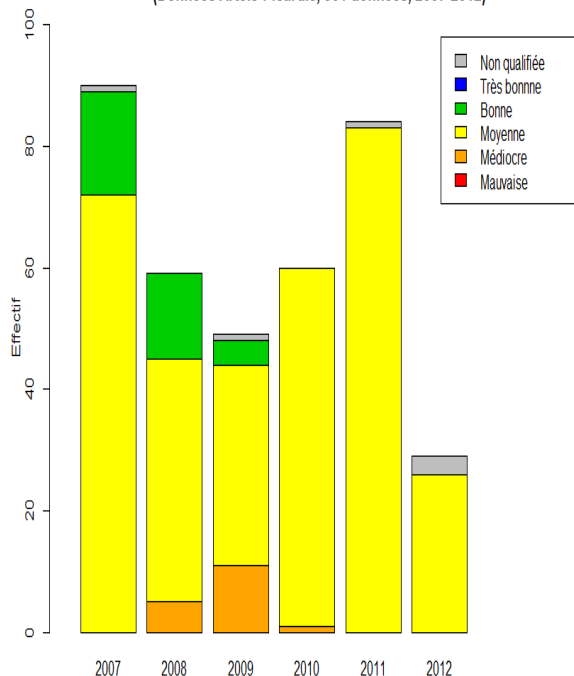
Evolution annuelle de la qualité de l'altération acidification du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



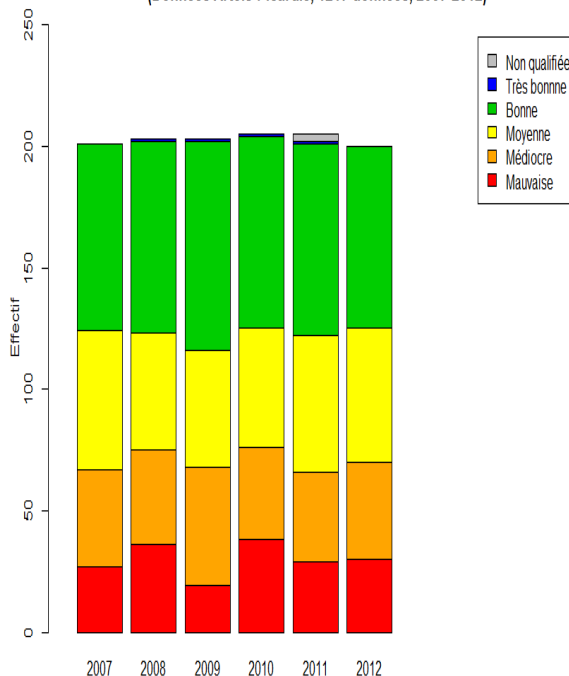
Evolution annuelle de la qualité de l'altération effets des proliférations végétales du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



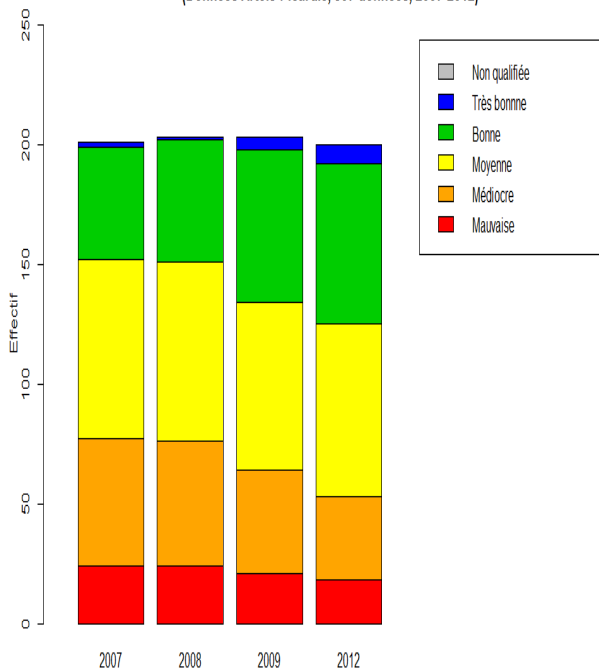
Evolution annuelle de la qualité de l'altération hydrocarbures HAP du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 361 données, 2007-2012)



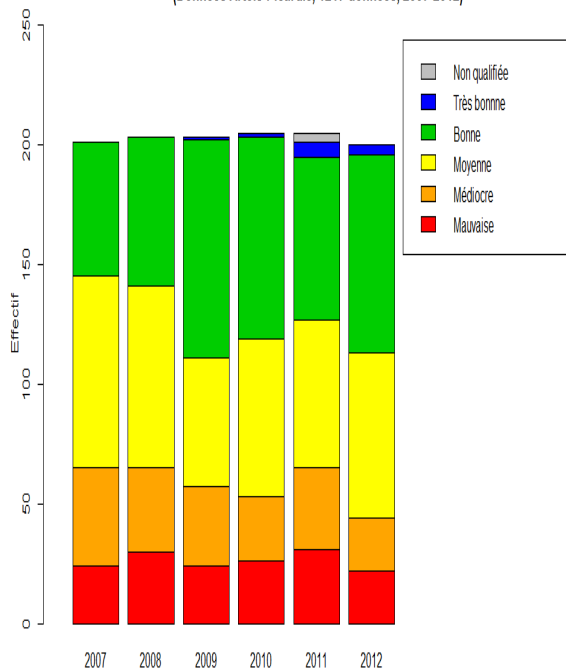
Evolution annuelle de la qualité de l'altération matières azotées hors nitrates du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



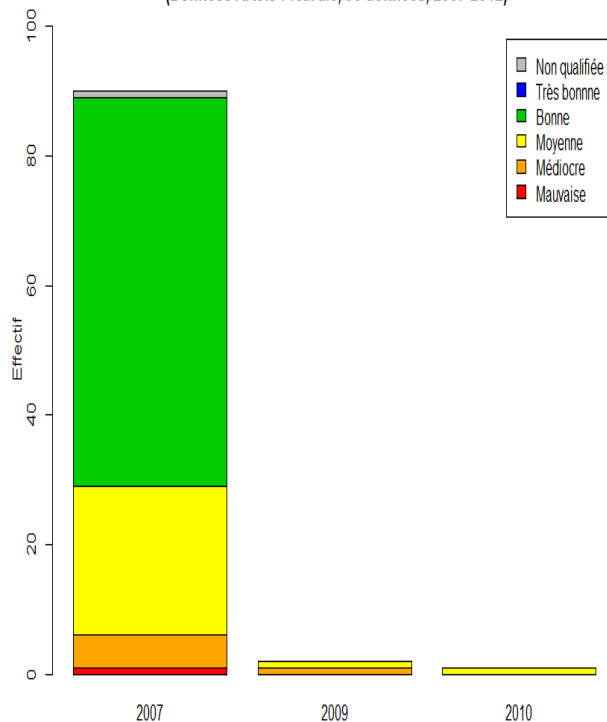
Evolution annuelle de la qualité de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 807 données, 2007-2012)



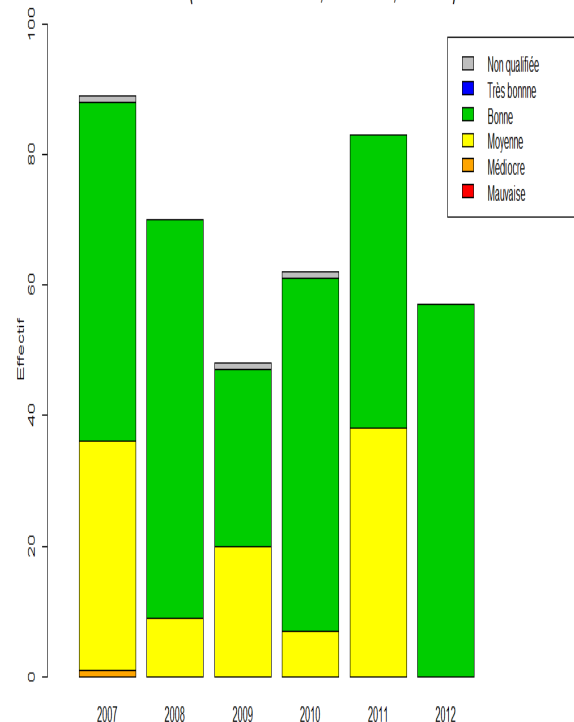
Evolution annuelle de la qualité de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



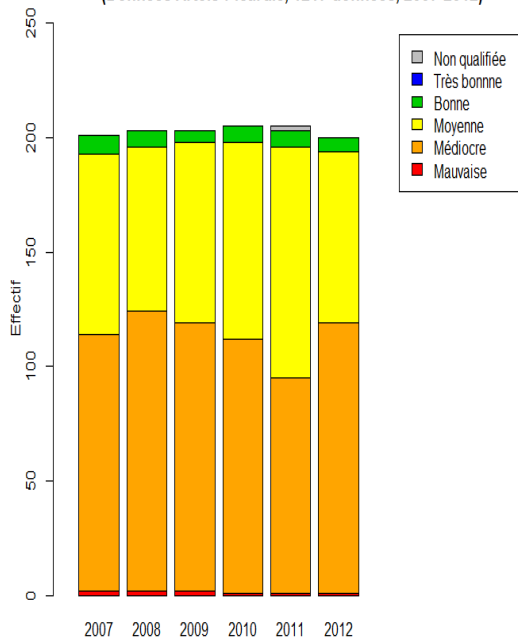
Evolution annuelle de la qualité de l'altération micropolluants minéraux du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 90 données, 2007-2012)



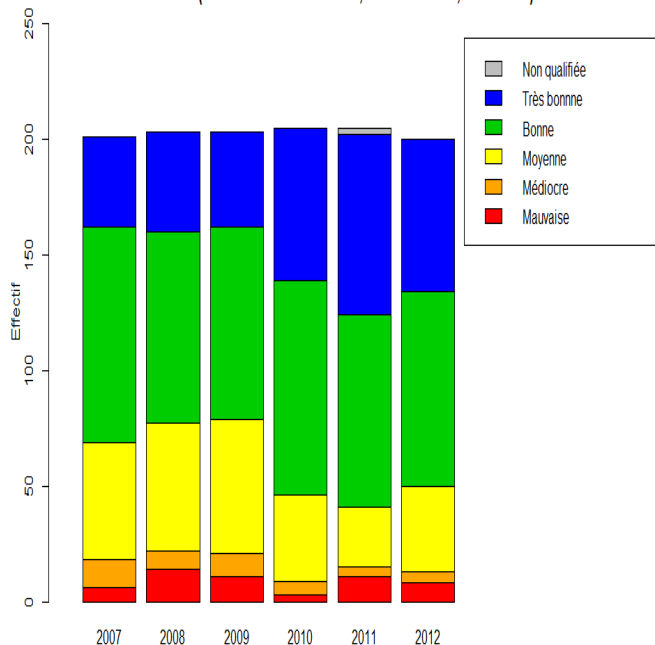
Evolution annuelle de la qualité de l'altération micropolluants organiques du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 221 données, 2007-2012)



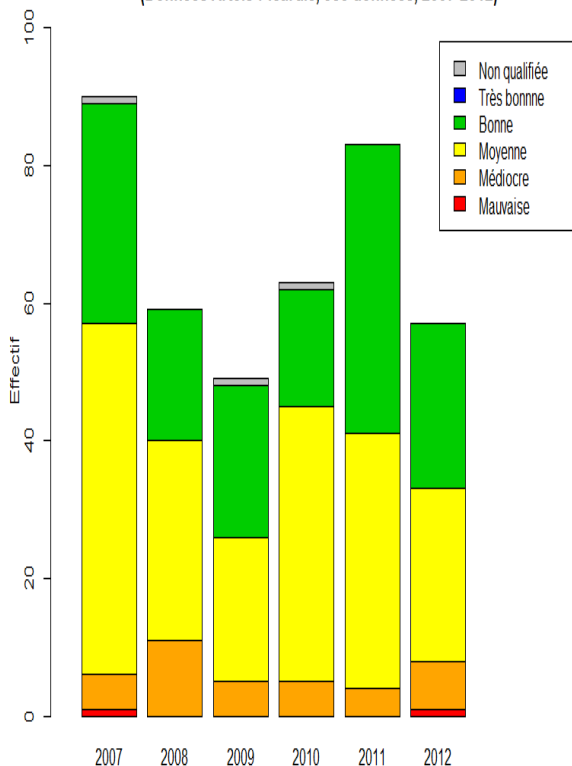
Evolution annuelle de la qualité de l'altération nitrates du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



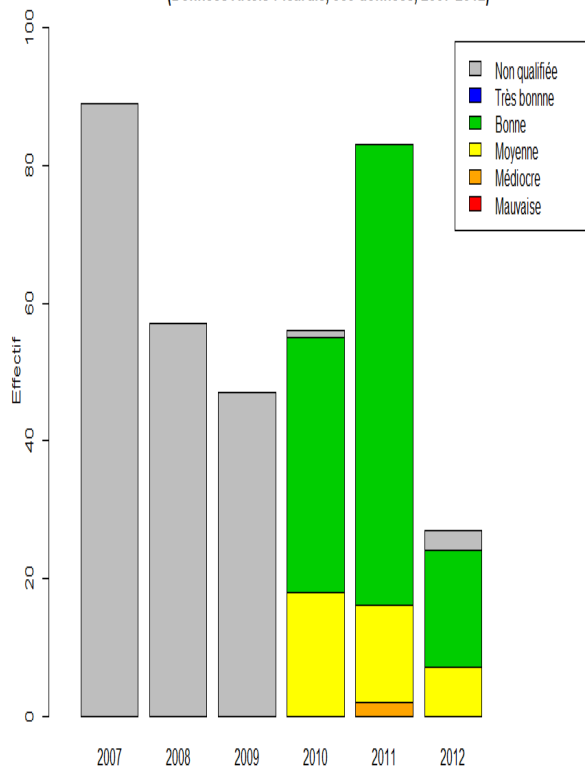
Evolution annuelle de la qualité de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)

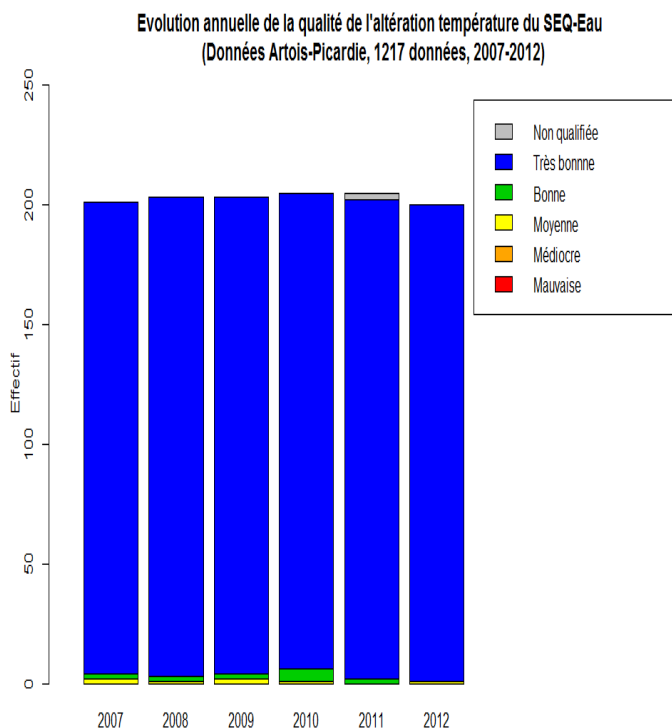


Evolution annuelle de la qualité de l'altération pesticides du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 385 données, 2007-2012)



Evolution annuelle de la qualité de l'altération polychlorobiphényles du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 359 données, 2007-2012)





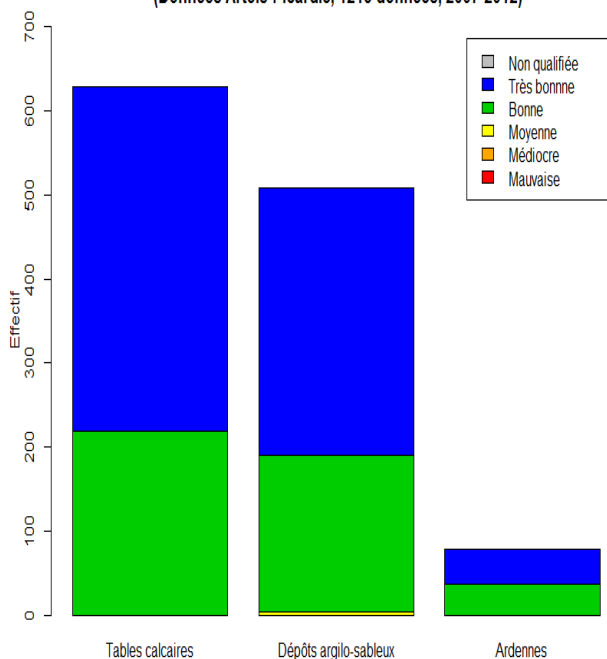
Les effectifs de station par classes de qualité déterminées en fonction des indices annuels (percentile 90) et moyens les 6 mois précédant le prélèvement sont donnés sur les tableaux suivants. En vert, le cumul des effectifs de stations de très bonne et bonne qualités. En jaune, le cumul des effectifs de stations de qualité moyenne à mauvaise.

Effectifs de stations indices 6 mois							
Annee	Code Alteration	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	ACID	29					29
2008	ACID	57	2				59
2009	ACID	60	3				63
2010	ACID	59	3				62
2011	ACID	48	11				59
2012	ACID	58	3				61
		311	22	0	0	0	333
		93%	7%	0%	0%	0%	100%
			333		0		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	EPRV	16	13				29
2008	EPRV	42	17				59
2009	EPRV	39	24				63
2010	EPRV	19	43				62
2011	EPRV	14	44	1			59
2012	EPRV	48	13				61
		178	154	1	0	0	333
		53%	46%	0%	0%	0%	100%
			332		1		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	HAP		23	4			27
2008	HAP		17	6			23
2009	HAP		16	8			24
2010	HAP		2	29			31
2011	HAP		4	44			48
2012	HAP		1	12			13
		0	63	103	0	0	166
		0%	38%	62%	0%	0%	100%
			63		103		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	AZOT		22	7			29
2008	AZOT	3	45	7	3	1	59
2009	AZOT	3	48	9	3		63
2010	AZOT	2	48	8	3	1	62
2011	AZOT	4	43	10	2		59
2012	AZOT	5	42	11	3		61
		17	248	52	14	2	333
		5%	74%	16%	4%	1%	100%
			265		68		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	MOOX	7	18	4			29
2008	MOOX	12	39	8			59
2009	MOOX	16	38	8	1		63
2010	MOOX						0
2011	MOOX						0
2012	MOOX	27	32	2			61
		62	127	22	1	0	212
		29%	60%	10%	0%	0%	100%
			189		23		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	PHOS		20	9			29
2008	PHOS		47	7	2		56
2009	PHOS	4	48	9	1	1	63
2010	PHOS	15	40	6	1		62
2011	PHOS	14	38	6	1		59
2012	PHOS	7	46	8			61
		40	239	45	5	1	330
		12%	72%	14%	2%	0%	100%
			279		51		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	MPMI		28				28
2008	MPMI						0
2009	MPMI						0
2010	MPMI						0
2011	MPMI						0
2012	MPMI						0
		0	28	0	0	0	28
		0%	100%	0%	0%	0%	100%
			28		0		

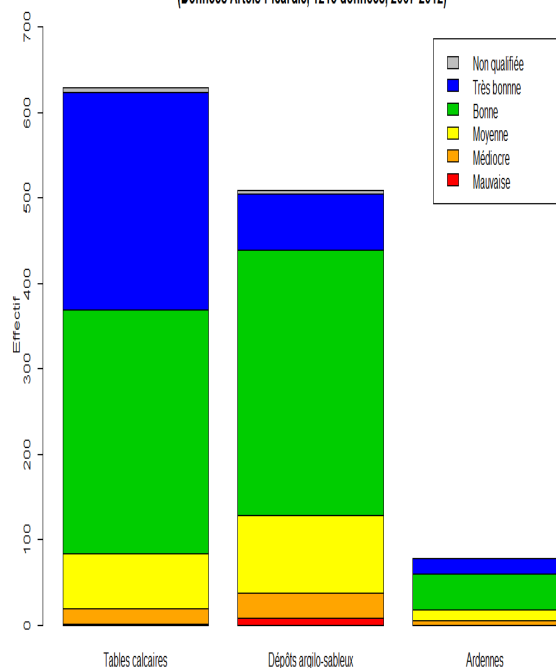
Effectifs de stations indices 6 mois							
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	MPOR		28				28
2008	MPOR		12	9			21
2009	MPOR		11	1			12
2010	MPOR		5	2			7
2011	MPOR		1	21			22
2012	MPOR						0
		0	57	33	0	0	90
		0%	63%	37%	0%	0%	100%
			57		33		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	NITR		3	14	12		29
2008	NITR		1	30	27	1	59
2009	NITR	1	4	30	28		63
2010	NITR		6	32	24		62
2011	NITR		4	29	26		59
2012	NITR	1	3	34	23		61
		2	21	169	140	1	333
		1%	6%	51%	42%	0%	100%
			23		310		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	PAES	19	8	2			29
2008	PAES	34	22	3			59
2009	PAES	35	24	4			63
2010	PAES	56	6				62
2011	PAES	53	6				59
2012	PAES	55	6				61
		252	72	9	0	0	333
		76%	22%	3%	0%	0%	100%
			324		9		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	PEST		22	7			29
2008	PEST		20	11			31
2009	PEST		19	4			23
2010	PEST		23	9			32
2011	PEST		42	2			44
2012	PEST		25	4			29
		0	151	37	0	0	188
		0%	80%	20%	0%	0%	100%
			151		37		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	PCB						0
2008	PCB						0
2009	PCB						0
2010	PCB		9	4			13
2011	PCB		2	2			4
2012	PCB			1			1
		0	11	7	0	0	18
		0%	61%	39%	0%	0%	100%
			11		7		
Annee	CodeAlterat	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvais	Total
2007	TEMP	29					29
2008	TEMP	59					59
2009	TEMP	63					63
2010	TEMP	62					62
2011	TEMP	59					59
2012	TEMP	61					61
		333	0	0	0	0	333
		100%	0%	0%	0%	0%	100%
			333		0		

2.1.5.2. Variation selon l'HER niveau 1

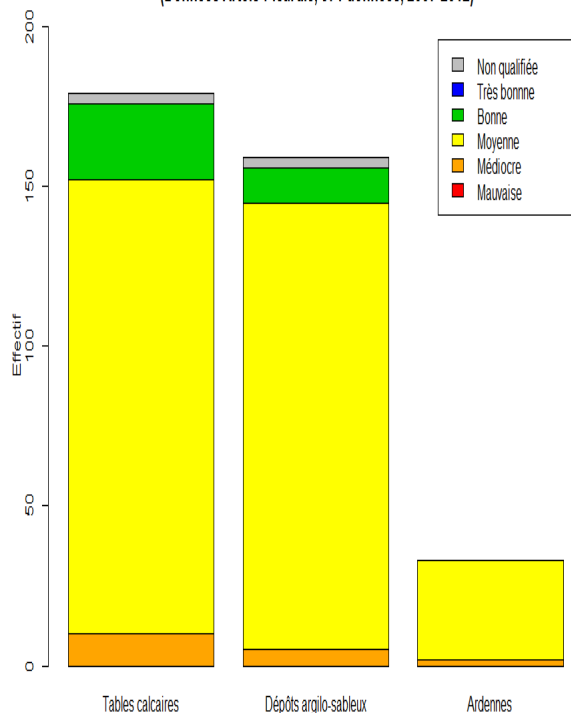
Variation de la qualité de l'altération acidification du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



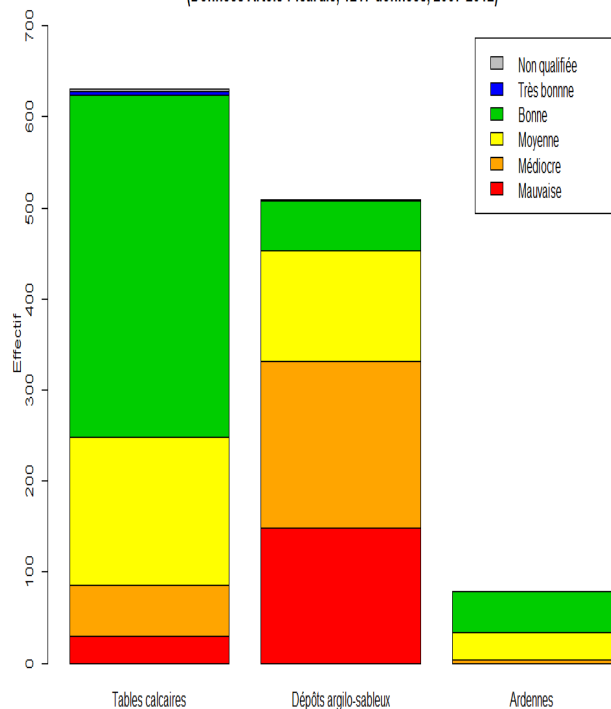
Variation de la qualité de l'altération effets des proliférations végétales du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



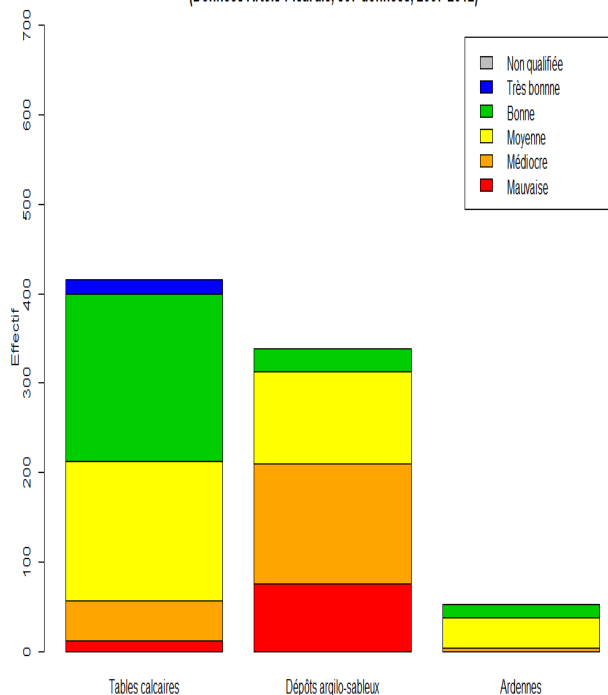
Variation de la qualité de l'altération hydrocarbures HAP du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 371 données, 2007-2012)



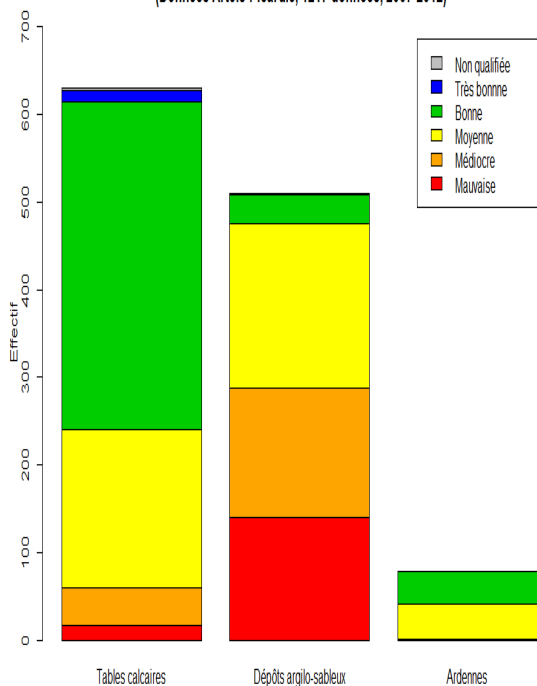
Répartition de la qualité de l'altération matières azotées hors nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



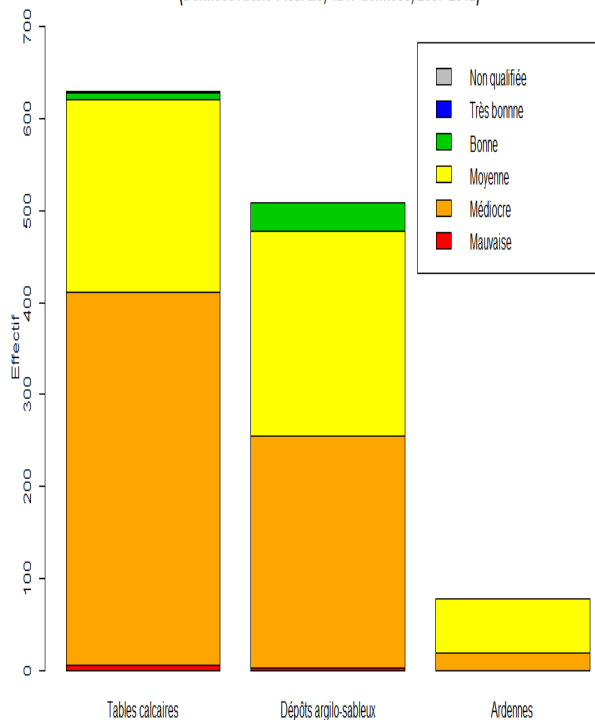
Variation de la qualité de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 807 données, 2007-2012)



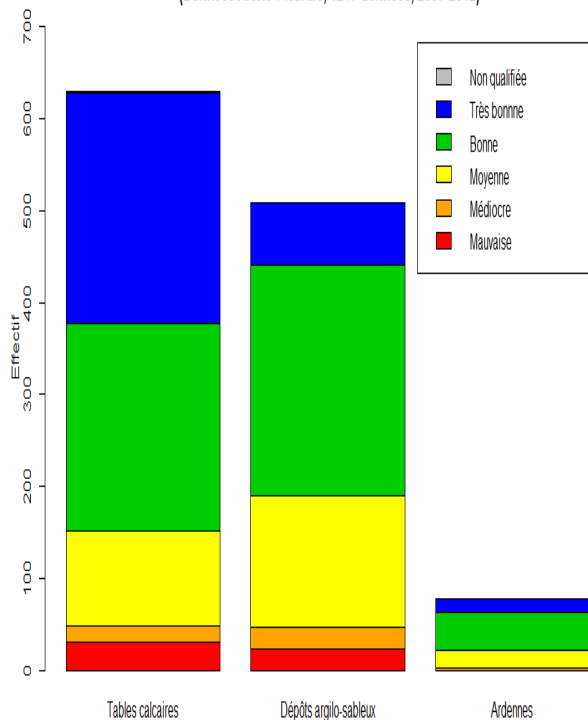
Variation de la qualité de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



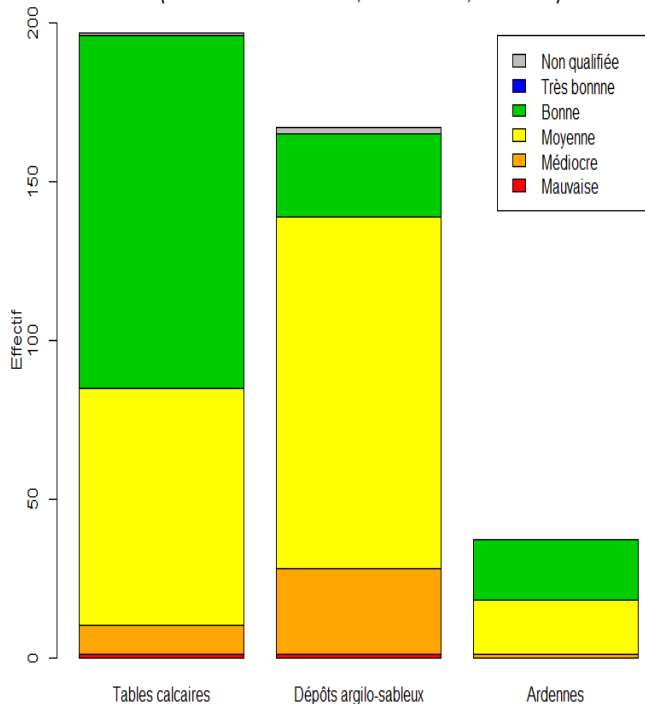
Variation de la qualité de l'altération nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



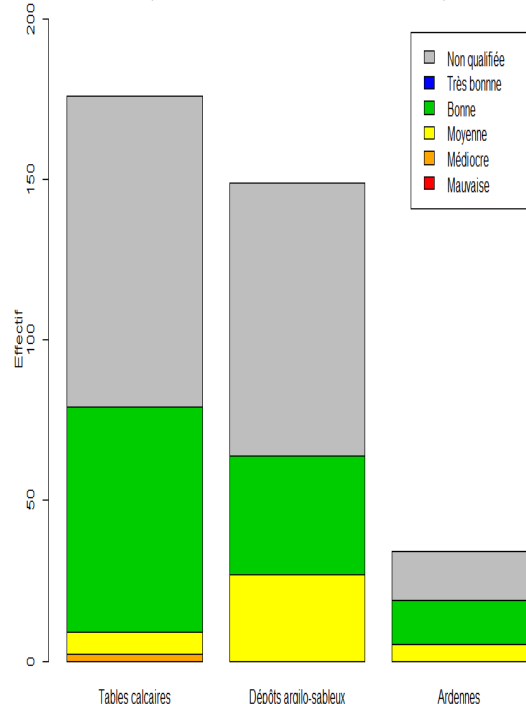
Variation de la qualité de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



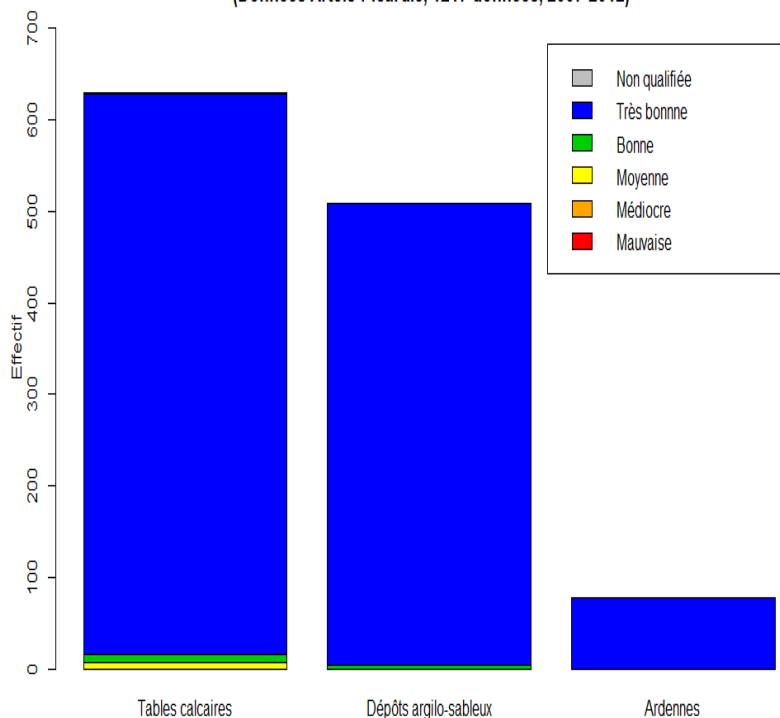
Variation de la qualité de l'altération pesticides du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 401 données, 2007-2012)



Variation de la qualité de l'altération polychlorobiphényles du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 359 données, 2007-2012)

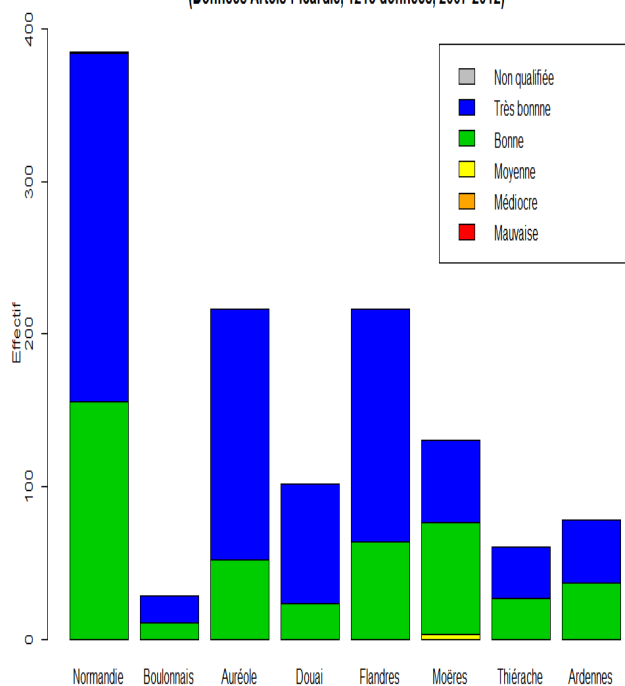


Variation de la qualité de l'altération température du SEQ-Eau selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)

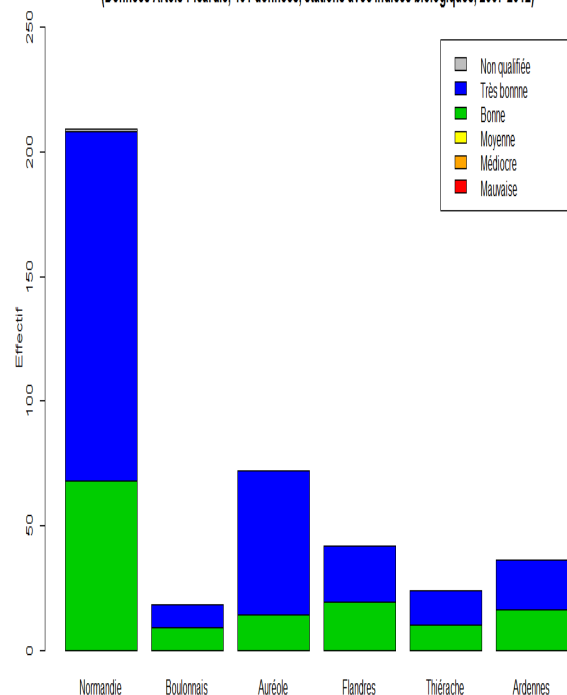


2.1.5.3. Variation selon l'HER niveau 2

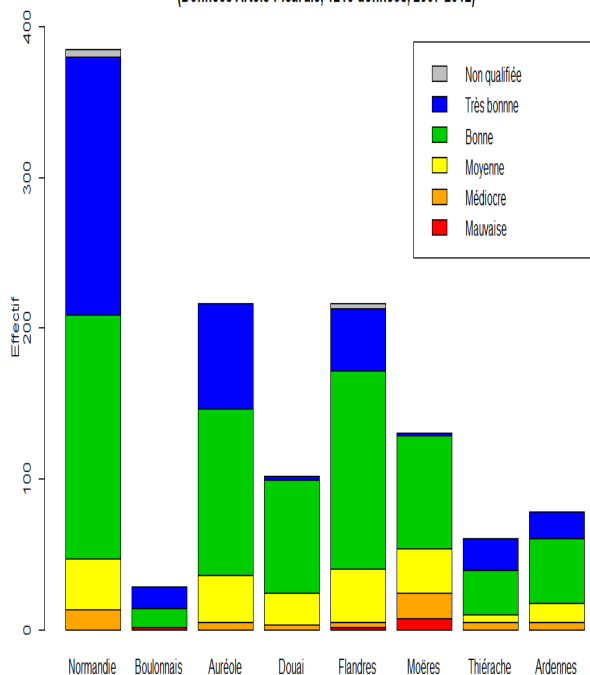
Variation de la qualité de l'altération acidification du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



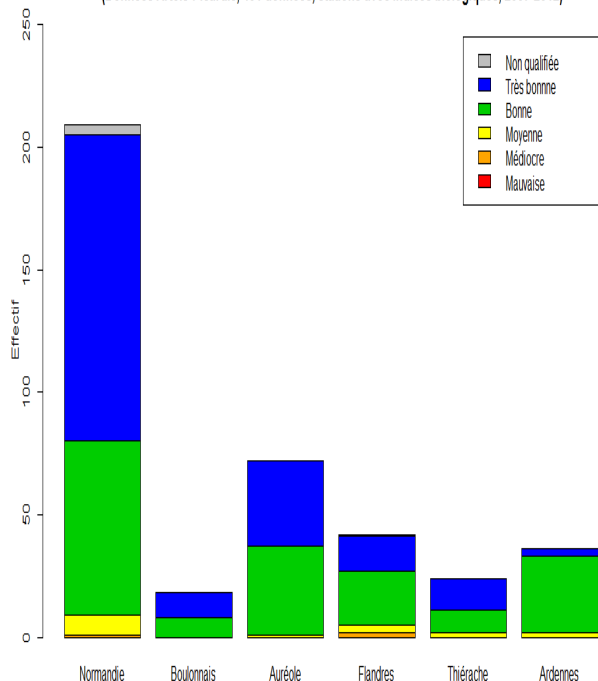
Variation de la qualité de l'altération acidification du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



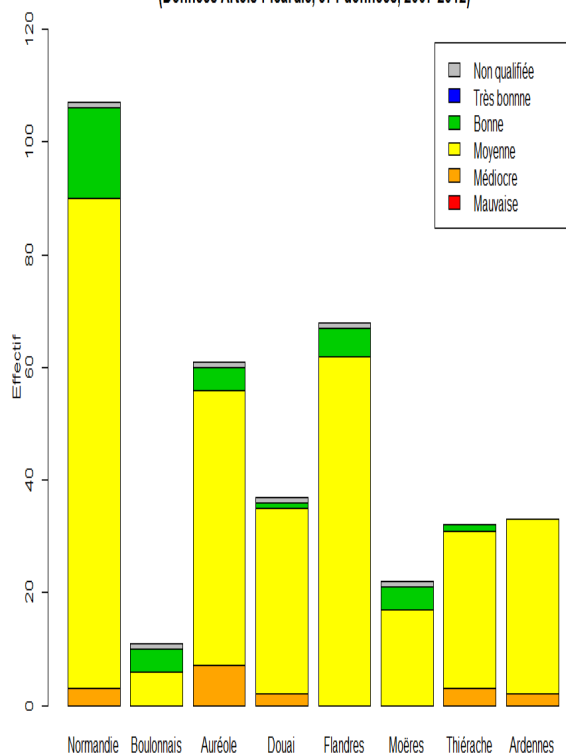
Variation de la qualité de l'altération effets des proliférations végétales du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1215 données, 2007-2012)



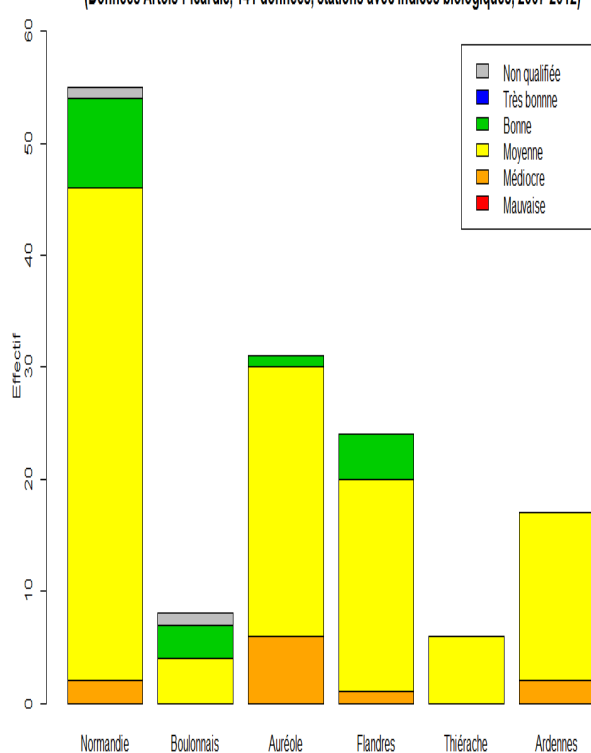
Variation de la qualité de l'altération effets des proliférations végétales du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



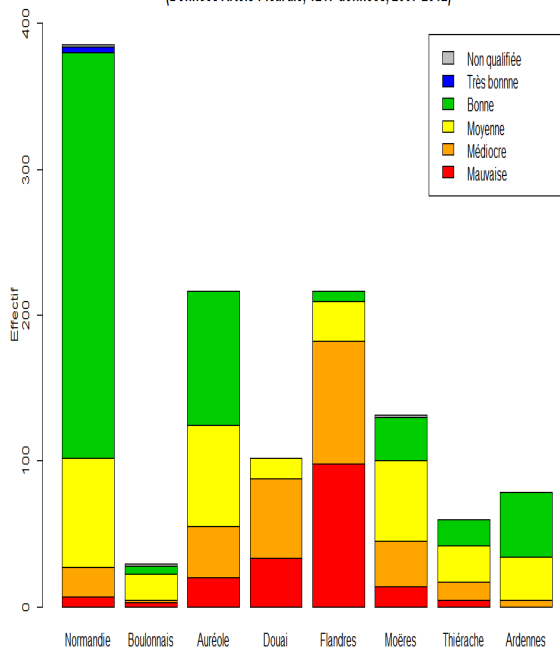
Variation de la qualité de l'altération hydrocarbures HAP du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 371 données, 2007-2012)



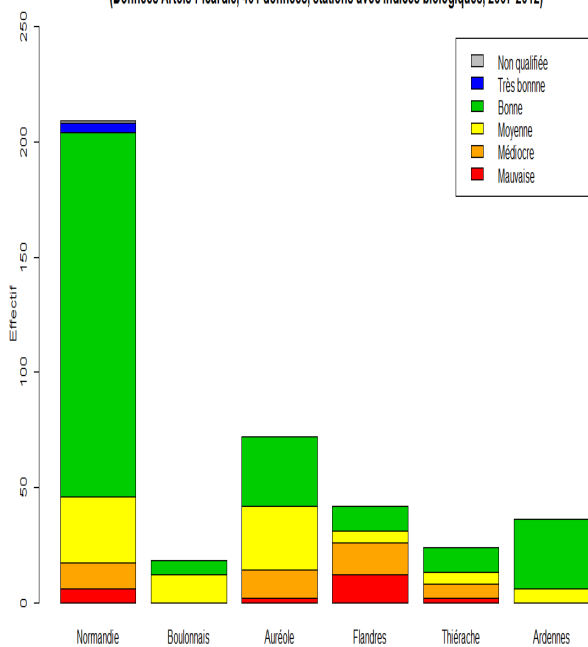
Variation de la qualité de l'altération hydrocarbures HAP du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 141 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



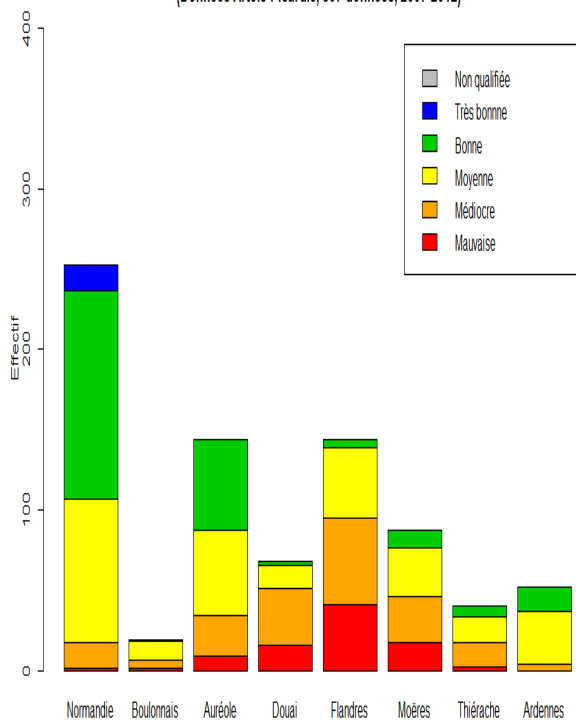
Variation de la qualité de l'altération matières azotées hors nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



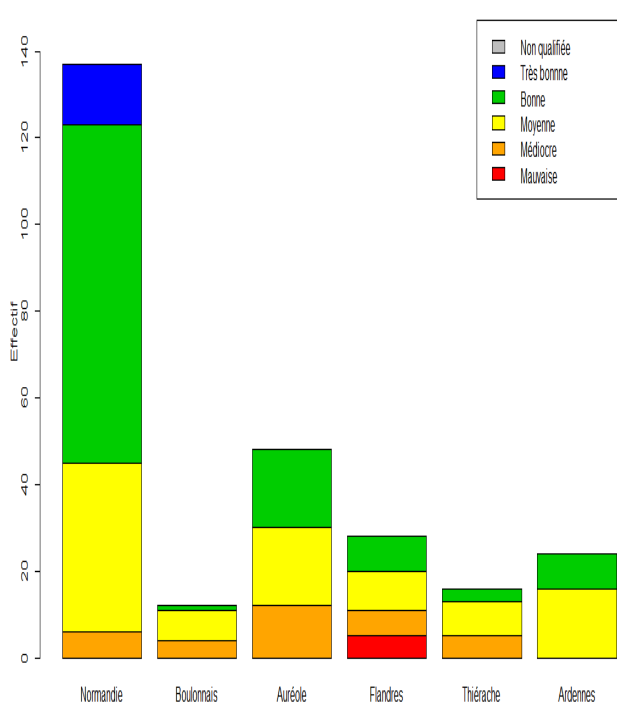
Variation de la qualité de l'altération matières azotées hors nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



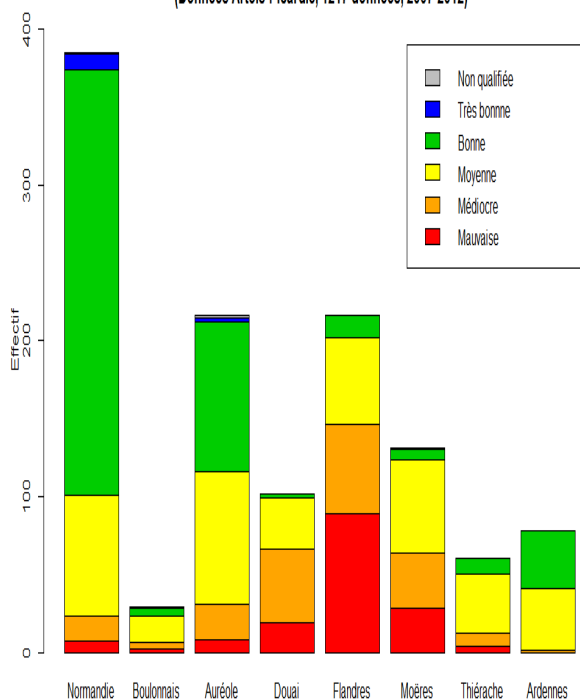
Variation de la qualité de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 807 données, 2007-2012)



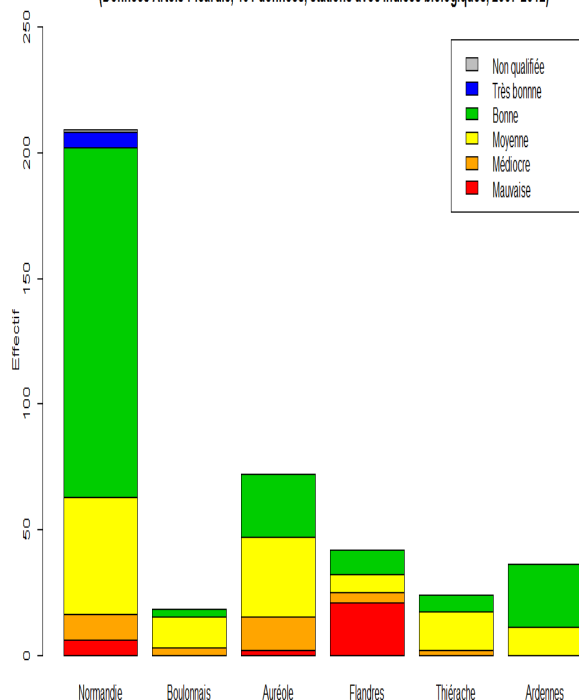
Variation de la qualité de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 265 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



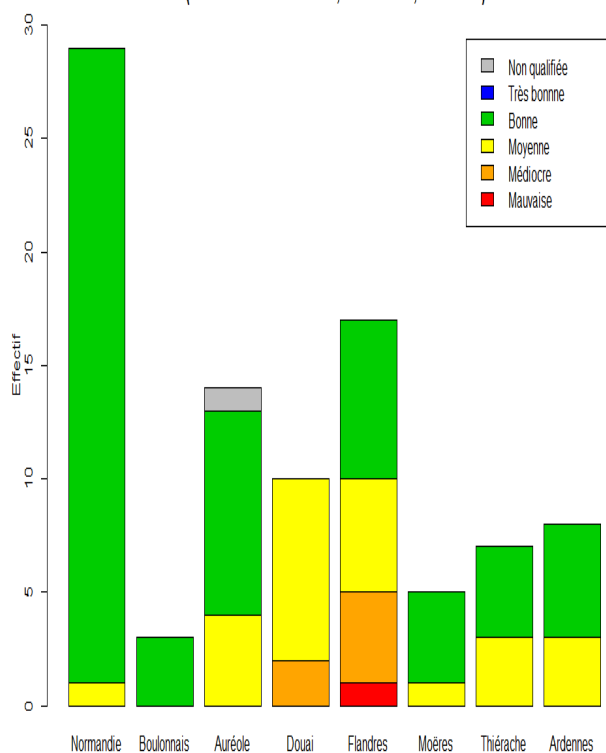
Variation de la qualité de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



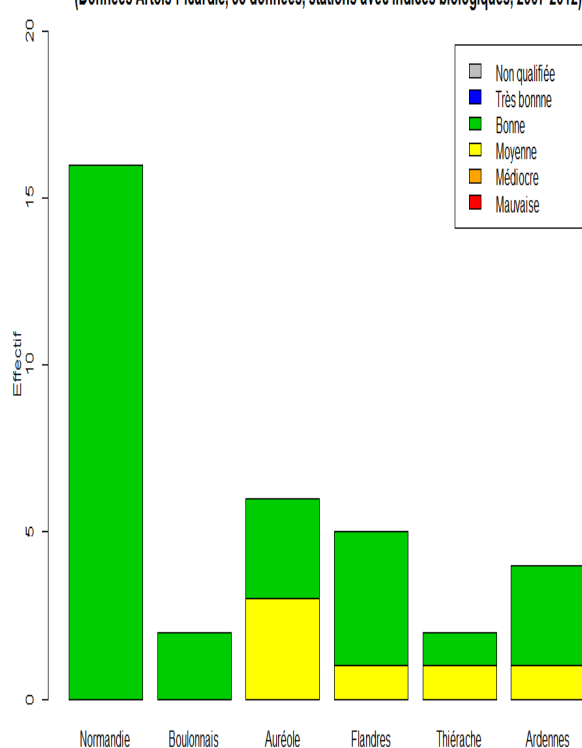
Variation de la qualité de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



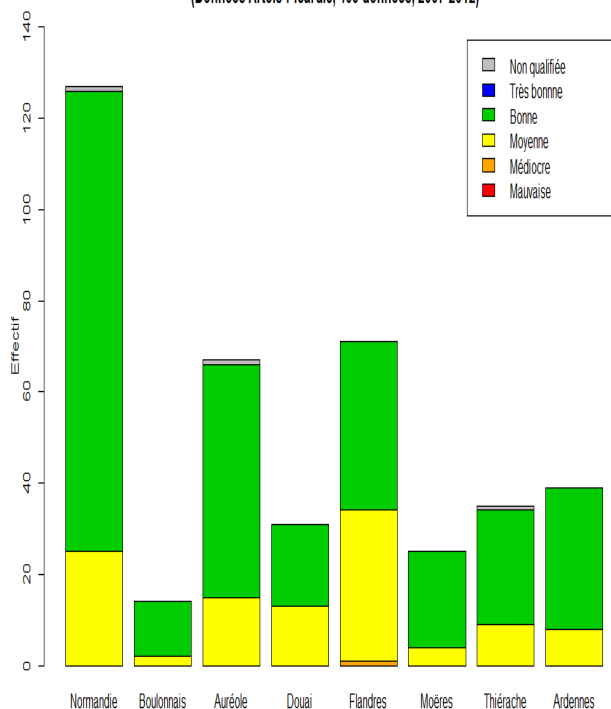
Variation de la qualité de l'altération micropolluants minéraux du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 93 données, 2007-2012)



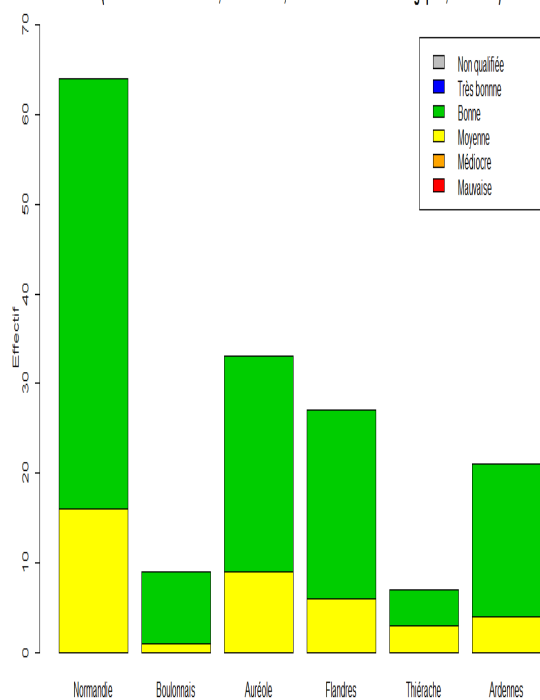
Variation de la qualité de l'altération micropolluants minéraux du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 35 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



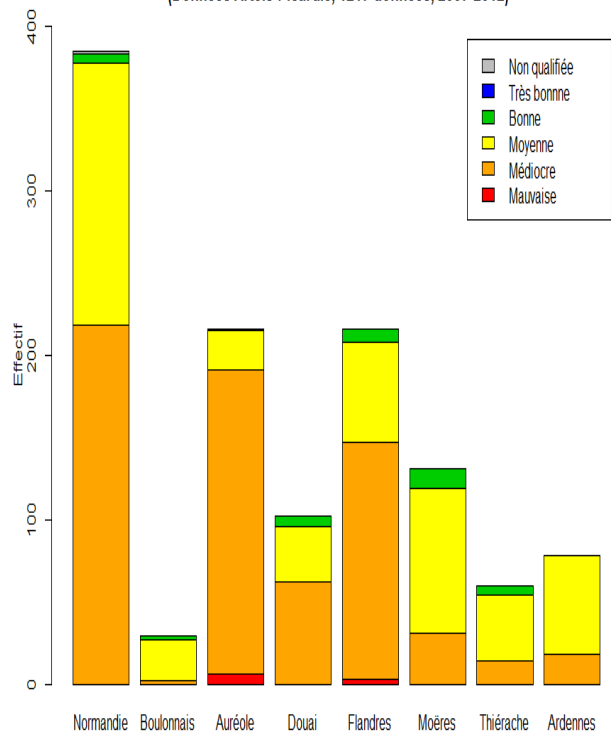
Variation de la qualité de l'altération micropolluants organiques du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 409 données, 2007-2012)



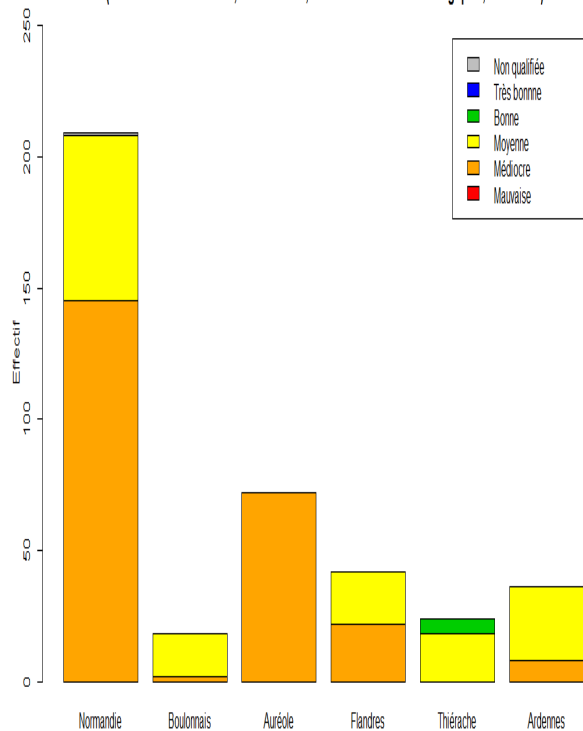
Variation de la qualité de l'altération micropolluants organiques du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 161 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



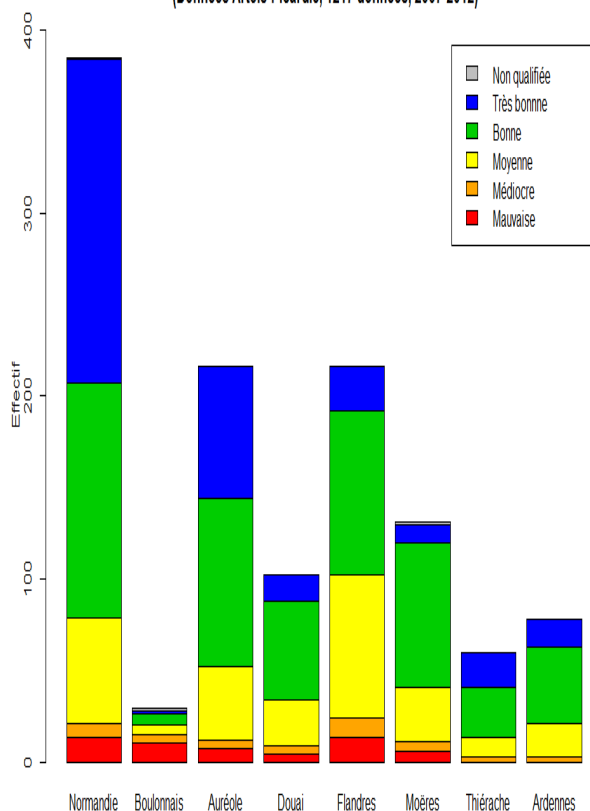
Variation de la qualité de l'altération nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



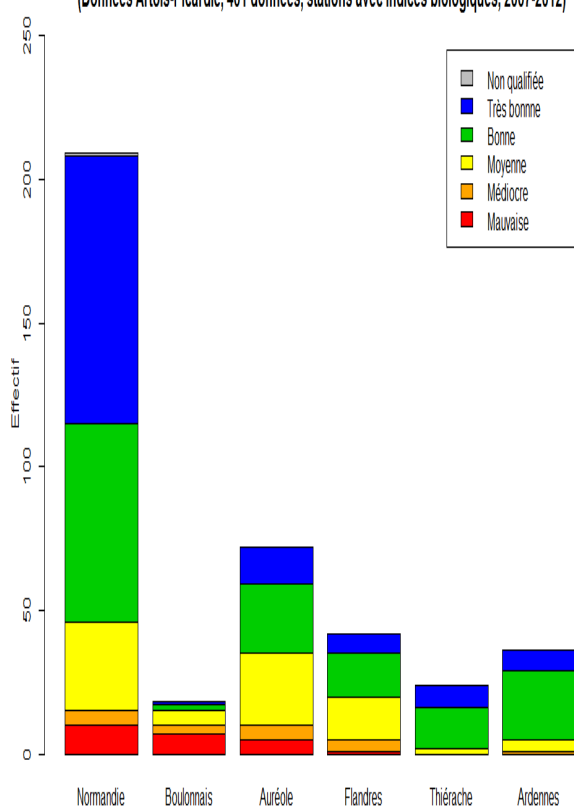
Variation de la qualité de l'altération nitrates du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



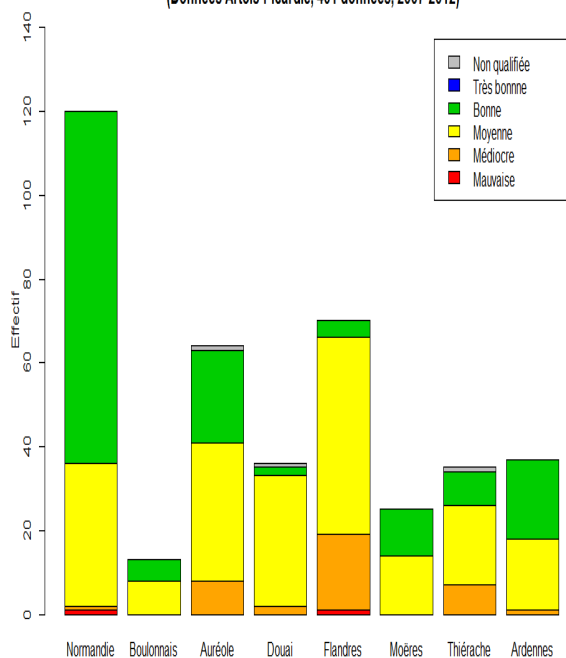
Variation de la qualité de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



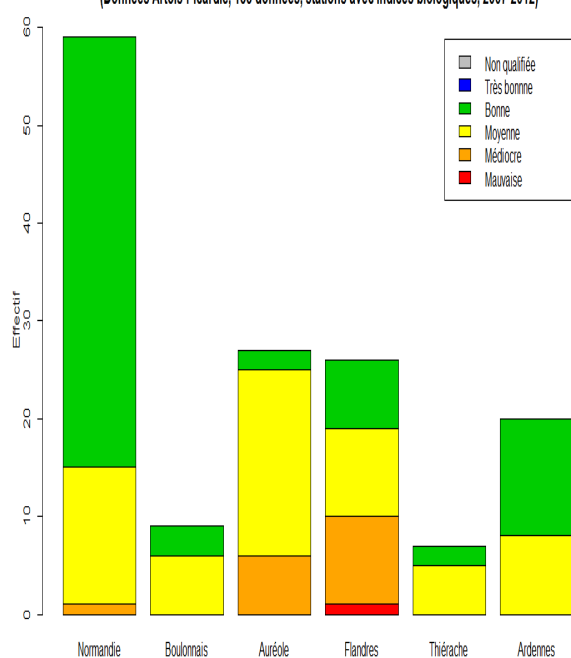
Variation de la qualité de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



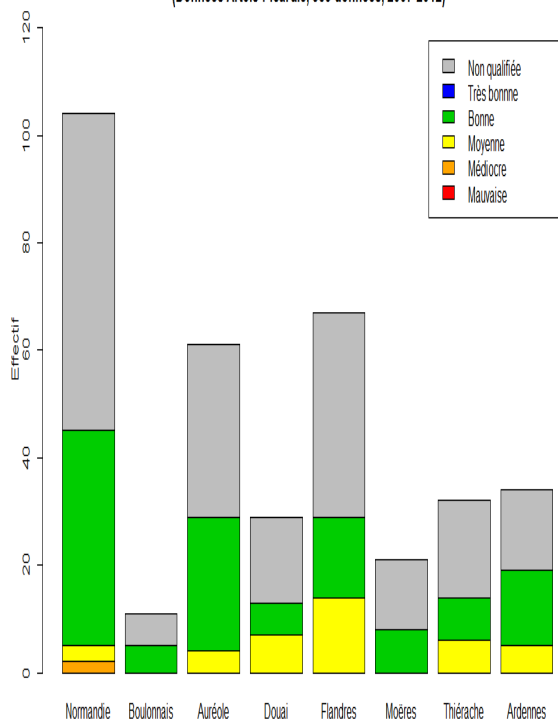
Variation de la qualité de l'altération pesticides du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, 2007-2012)



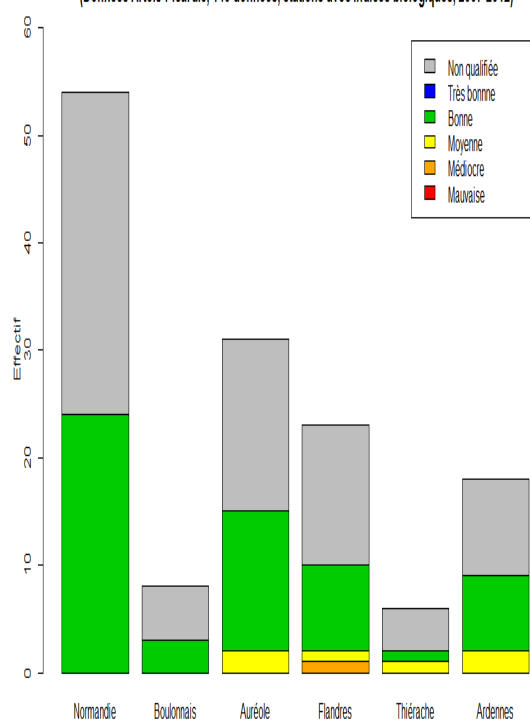
Variation de la qualité de l'altération pesticides du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 153 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



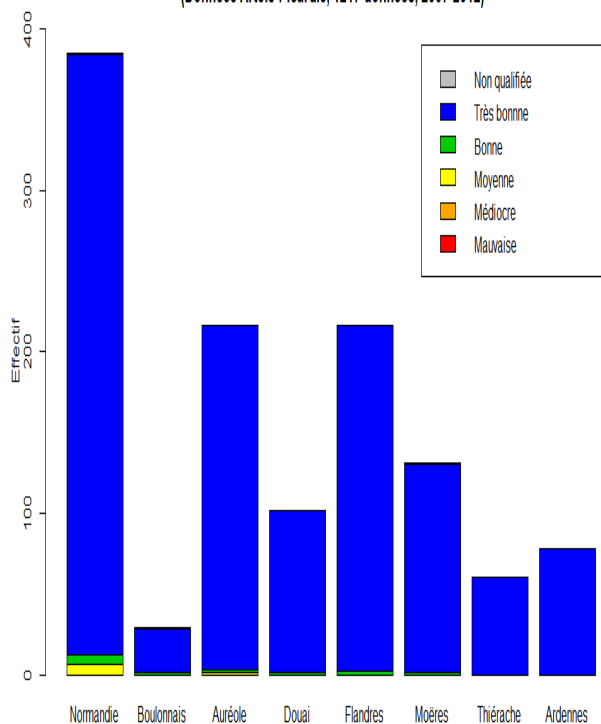
Variation de la qualité de l'altération polychlorobiphényles du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 359 données, 2007-2012)



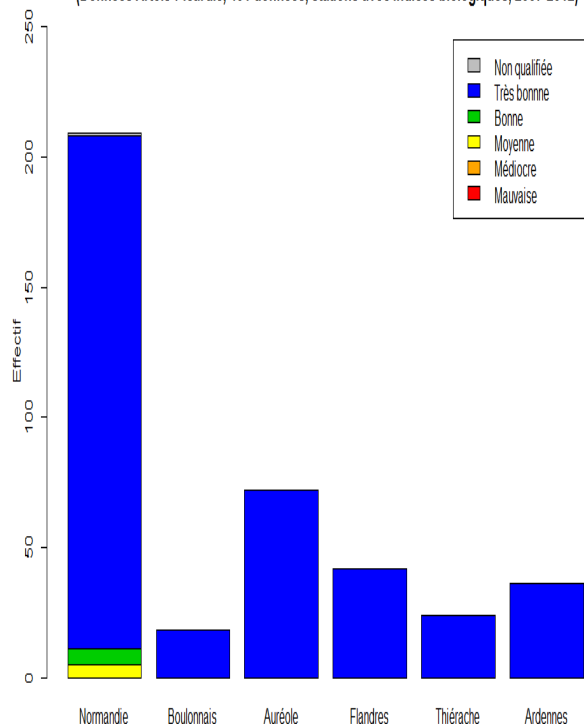
Variation de la qualité de l'altération polychlorobiphényles du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 140 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



Variation de la qualité de l'altération température du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 1217 données, 2007-2012)



Variation de la qualité de l'altération température du SEQ-Eau selon l'HER niveau 2
(Données Artois-Picardie, 401 données, stations avec indices biologiques, 2007-2012)



2.1.5.4. Test de la variation des classes d'altérations SEQ-Eau selon l'année ou l'HER

Les résultats des tests d'indépendance (tests de khi-deux et de Fisher) entre les altérations du SEQ-Eau et les variables temps et hydro-écorégions sont dans le tableau suivant :

Dépendance entre les variables	ANNEES	HER 1	HER 2
Acidification	oui	non	oui
Effets des proliférations végétales	oui	oui	oui
Hydrocarbures HAP	oui	oui	oui
Matières azotées hors nitrates	non	oui	oui
Matières organiques et oxydables	non	oui	oui
Matières phosphorées	oui	oui	oui
Micropolluants minéraux	/	oui	oui
Micropolluants organiques	oui	oui	oui
Nitrates	non	oui	oui
Particules en suspension	oui	oui	oui
Pesticides	oui	oui	oui
Polychlorobiphényles	non	oui	oui
Température	non	non	non

Oui = Il y a une relation de dépendance entre les deux variables

Non = Il n'y a pas de relation de dépendance entre les deux variables.

D'après les tests 2 à 2, les classes des altérations MAZOT, MOOX, NO3, PCB, TEMP n'évoluent pas au cours du temps. La répartition des classes est par ailleurs différente selon les HER.

2.2. INDICATEUR PESTICIDES

2.2.1. Rappel du mode de calcul et des principaux résultats en Artois Picardie

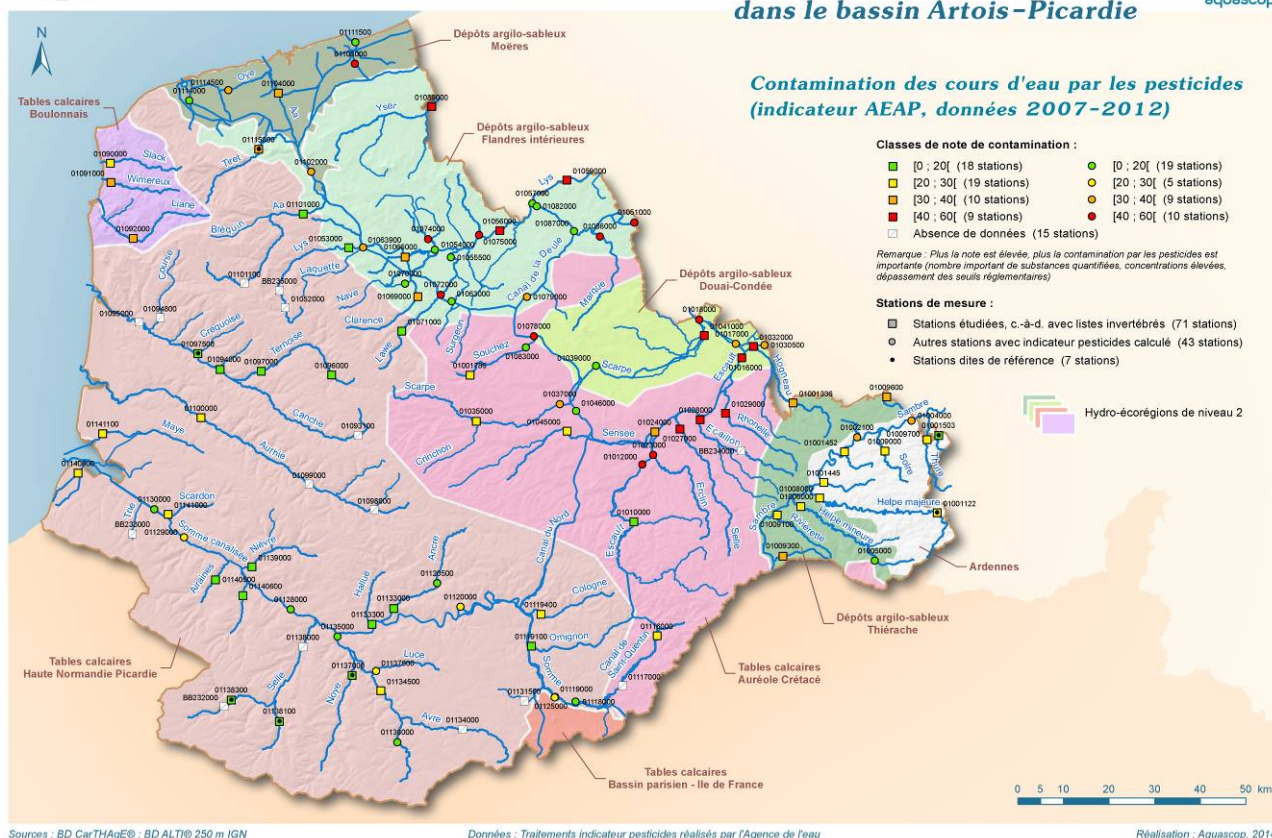
Le réseau Pesticides a été créé en 2008, à partir des stations RCO et de certaines stations RCS, soit 99 stations suivies au moins une année durant la période 2007 à 2012. La fréquence d'échantillonnage varie de 4 à 12 mesures selon l'année. Au total, près de 175 substances actives ou leurs métabolites (produits de dégradation) ont été analysés.

Le rapport « Etude-bilan sur la présence de pesticides dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie »² fournit la carte suivante (année 2011) montrant une contamination, à des degrés divers, de toutes les stations échantillonnées.

La carte ci-après présente les données actualisées de l'indicateur Pesticides, combinant la fréquence de quantification, le nombre et la sommes des concentrations des substances détectées, l'importance des déclassements de la NQE, pondérés par la confiance accordée aux résultats.

² Dorine Lotty, 2012, mémoire de stage, université de Bourgogne, INSAA, AEAP, 72 p.

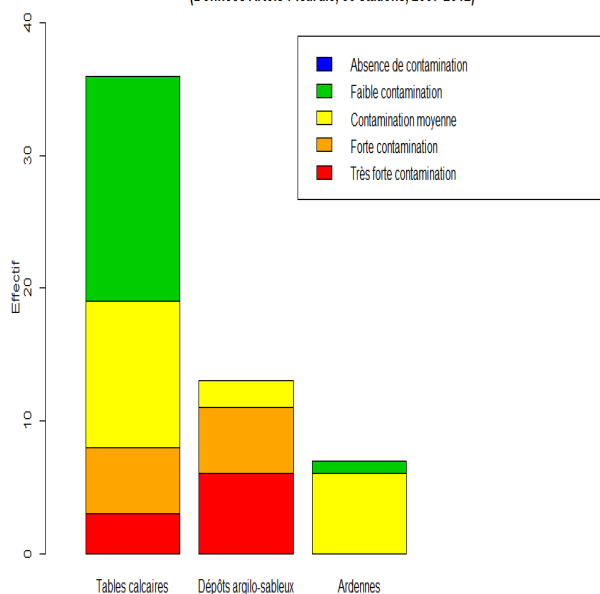
Étude de l'Indice Invertébrés MultiMétrique (I2M2) dans le bassin Artois-Picardie



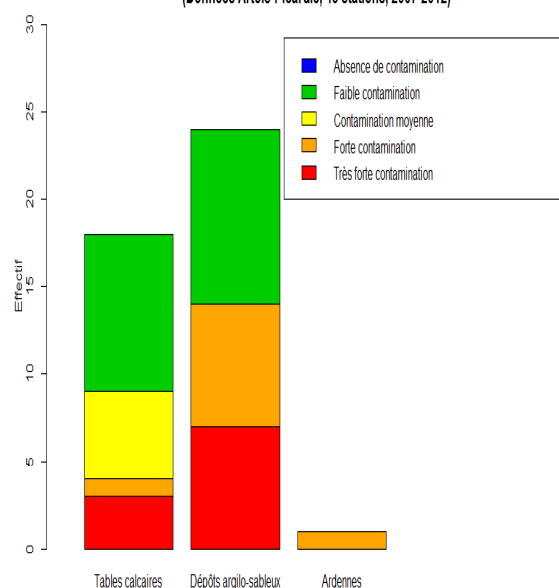
2.2.2. Dépendance entre la pollution par les pesticides et HER

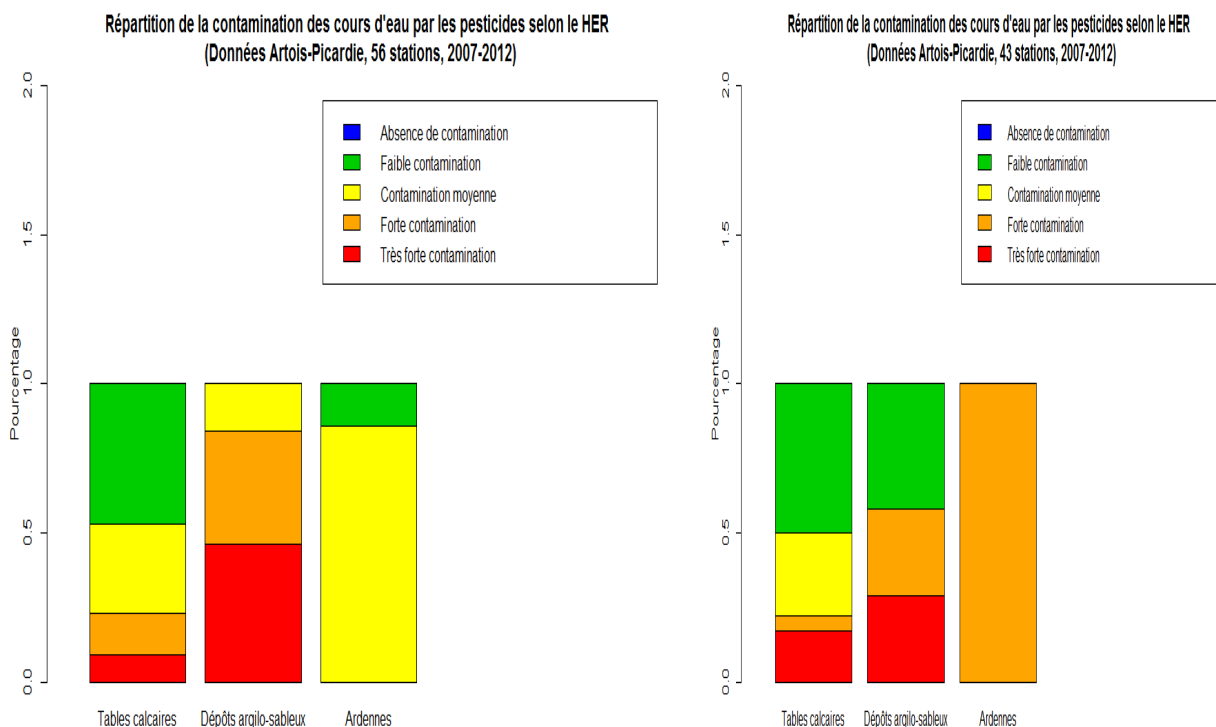
La répartition des données d'indices pesticides dans les cours d'eau sans (à droite) et avec (à gauche) sites de prélèvement invertébrés, et par HER, est la suivante :

Répartition de la contamination des cours d'eau par les pesticides selon le HER
(Données Artois-Picardie, 56 stations, 2007-2012)



Répartition de la contamination des cours d'eau par les pesticides selon le HER
(Données Artois-Picardie, 43 stations, 2007-2012)





2.2.2.1. Cas des stations invertébrés

Existe-t-il un lien entre la pollution par les pesticides et le HER ?

Classe de pollution	Nombre de stations invertébrés par classe de pollution par les pesticides dans chaque HER		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Très forte contamination	3	6	0
Forte contamination	5	5	0
Contamination moyenne	11	2	6
Faible contamination	17	0	1
Absence de contamination	0	0	0

On applique aussi le test exact de Fisher (test non paramétrique comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 3.977e-05 (Inférieure à 0,05) : **le niveau de pollution des stations invertébrés est fonction de l'hydro-écorégion.**

2.2.2.2. Autres stations

Existe-t-il un lien entre la pollution par les pesticides et l'HER dans les stations non échantillonnées en invertébrés ?

Classe de pollution	Autres stations par classe de pollution par les pesticides dans chaque HER		
	Tables calcaires	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Très forte contamination	3	7	0
Forte contamination	1	7	1
Contamination moyenne	5	0	0
Faible contamination	9	10	0
Absence de contamination	0	0	0

On applique aussi le test exact de Fisher (test non paramétrique comparaison des variances) car certaines valeurs du tableau des effectifs sont inférieures à 5. On obtient une p-value qui est égale à 0.01 (Inférieure à 0,05) : **la pollution des autres stations est fonction de l'hydro-écorégion.**

2.2.3. Contamination des stations invertébrés

Les indices Pesticides aux stations comportant des indices biologiques invertébrés montrent qu'elles sont situées dans des tronçons

- plus contaminés dans les Tables Calcaires et les Ardennes
- moins contaminés dans les Dépôts argilo-sableux.

que dans les stations sans prélèvements invertébrés.

3. DONNEES INVERTEBRES

3.1. OBJECTIFS ET DONNEES

Nous cherchons à savoir si le déclassement par l'I2M2 (déclassement par rapport à l'IBG) reflète une dégradation des cours d'eau ou est un artefact dû à la construction de l'indice.

3.1.1. Doublons

Les données disponibles sont listées en annexe. 66 stations ont été échantillonnées de 3 à 6 fois de 2007 à 2012. On notera ci-dessous que 6 stations présentent 2 séries de données une même année. Cela porte à conséquence dans 3 cas, où les notes et classes de qualité diffèrent :

Code Station	Année	Première date	Seconde date	Classe de qualité minimale	Classe de qualité maximale
01010000	2010	05/07/2010	15/09/2010	5	5
01115000	2010	07/07/2010	17/09/2010	2	2
01138100	2010	28/04/2010	14/09/2010	2	4
01138300	2009	13/05/2009	02/07/2009	2	2
01138300	2010	28/04/2010	14/09/2010	2	3
01138300	2012	12/04/2012	18/06/2012	2	3

Nous avons décidé de ne conserver qu'une seule série de notes et classes, en écartant celles des mois d'avril et mai au profit de mois d'été.

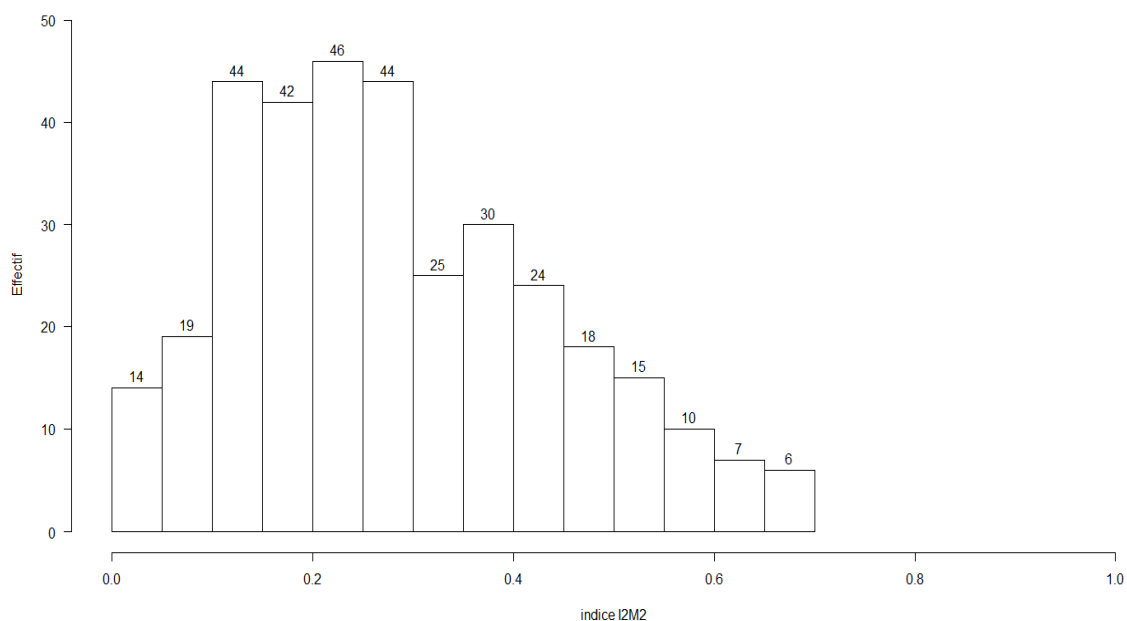
3.1.2. Remarque concernant les résultats indiciaires

Dans un souci d'homogénéité, indispensable afin de ne pas introduire de biais dans les analyses statistiques, nous avons recalculé les indices IBG équivalent et IBG 12 listes à partir des données faunistiques, car elles proviennent de différentes sources. Mais cela peut conduire à un écart entre les notes originelles obtenues par les experts et celles résultant de notre outil Aqua-Tic du fait du rattachement hiérarchique Sandre. Par ailleurs, les cinq stations de grands cours d'eau, faisant l'objet d'un mode d'échantillonnage différent de celui des petits cours d'eau, n'ont pas été conservées dans les traitements.

Les indices I2M2 ont été calculés par Philippe Usseglio-Polatera, de l'université de Metz, que nous remercions de sa collaboration.

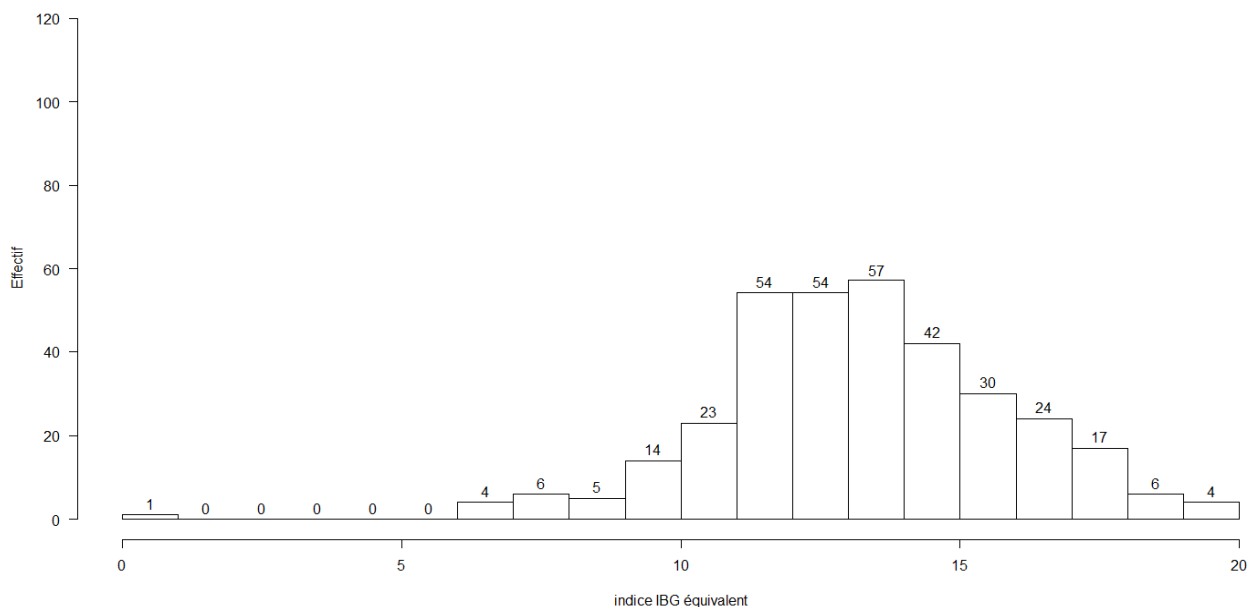
3.1.3. Distribution de fréquence des valeurs de l'I2M2

Distribution de fréquence de l'indice I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)

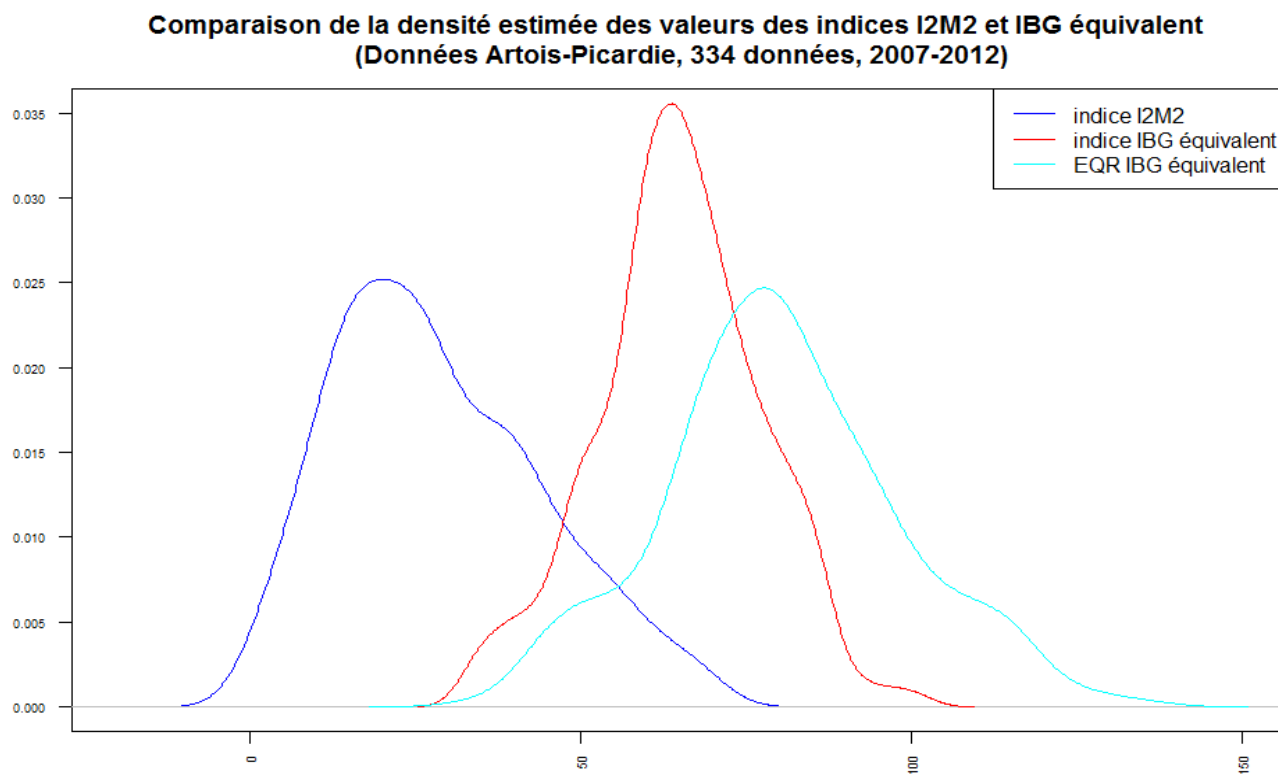
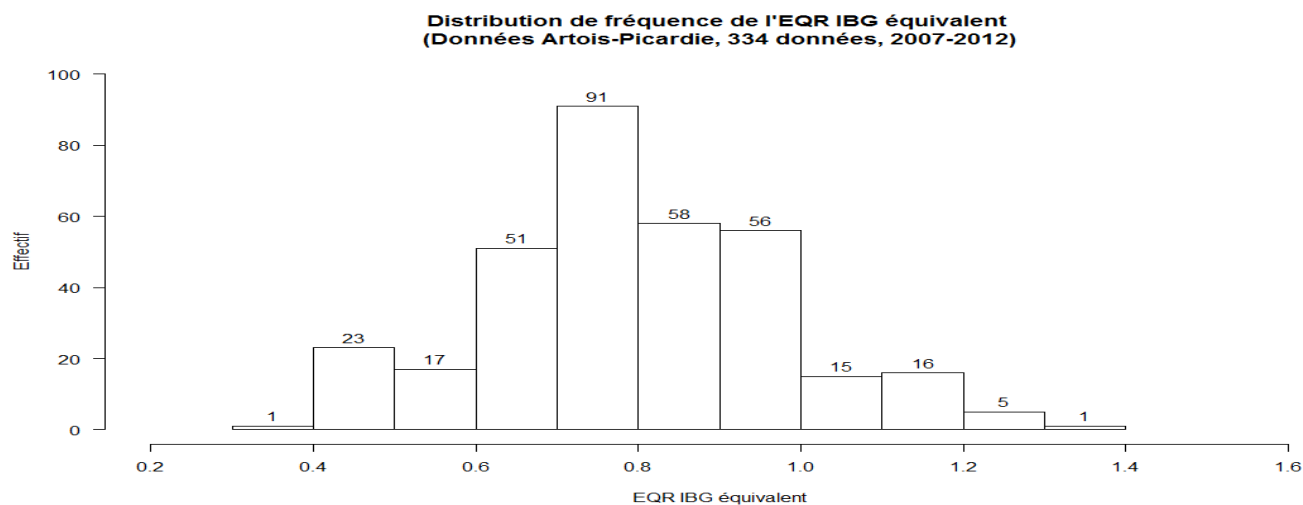


3.1.4. Comparaison avec la distribution de l'IBG équivalent

Distribution de fréquence de l'indice IBG équivalent
(Données Artois-Picardie, 341 données, 2007-2012)



3.1.5. Comparaison avec la distribution de l'EQR IBG équivalent



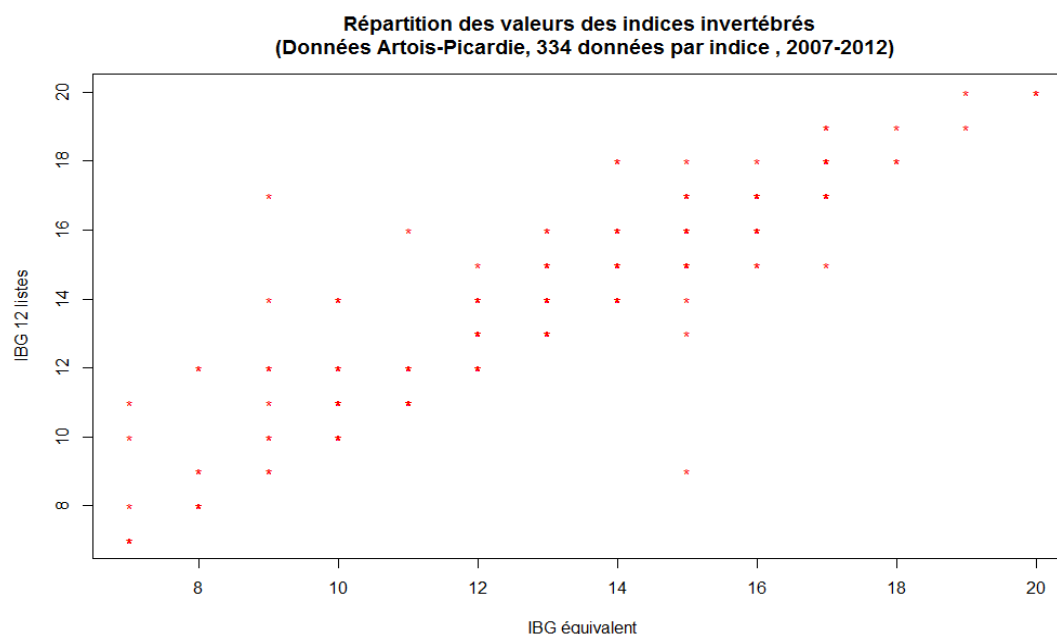
Sur le graphique ci-dessus, les abscisses représentent les valeurs des indices où la densité est estimée.

L'I2M2 donne des résultats bien inférieurs à ceux de l'IBG équivalent, étant centré sur 20% (0,2/1), alors que l'IBG l'est sur 65% (13/20), et encore plus à ceux de son EQR (centré sur 70%) ce qui est dû à la prise en compte de la note maximale, inférieure à 20, de chaque HER.

3.2. LIENS ENTRE LES DONNEES BRUTES D'INDICES BIOLOGIQUES

3.2.1. Recherche de corrélation entre IBG équivalent - IBG 12 listes

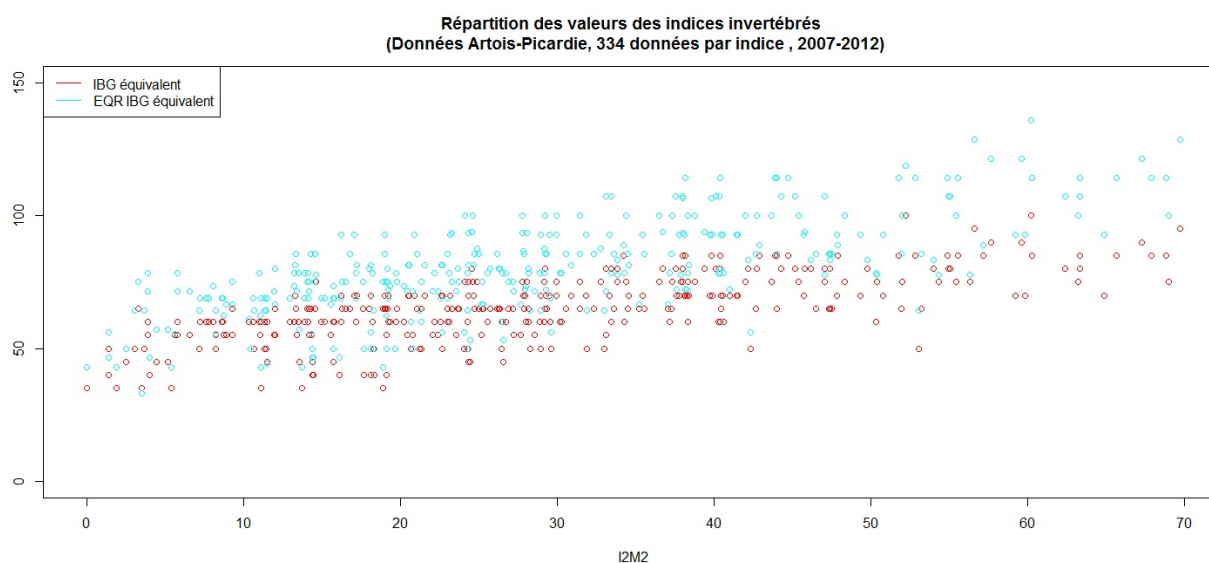
Nous disposons de 335 valeurs des deux indices invertébrés IBG aux mêmes stations :



Le graphique montre une corrélation linéaire positive élevée entre les valeurs des deux indices invertébrés, confirmée par le calcul du coefficient de corrélation, qui est égal à 0,90. Mais des écarts de notes sont sensibles dans un même échantillon.

3.2.2. Recherches de corrélation globale entre l'I2M2 et l'IBG équivalent

On dispose d'une soixantaine environ de valeurs annuelles de chacun des deux indices, excepté l'année 2007 qui n'a que 29 données.



Le coefficient de corrélation entre les valeurs des indices I2M2 et IBG équivalent est égal à 70,2%.
Le coefficient de corrélation entre les valeurs de l'I2M2 et les EQR IBG équivalent est égal à 71,2%.

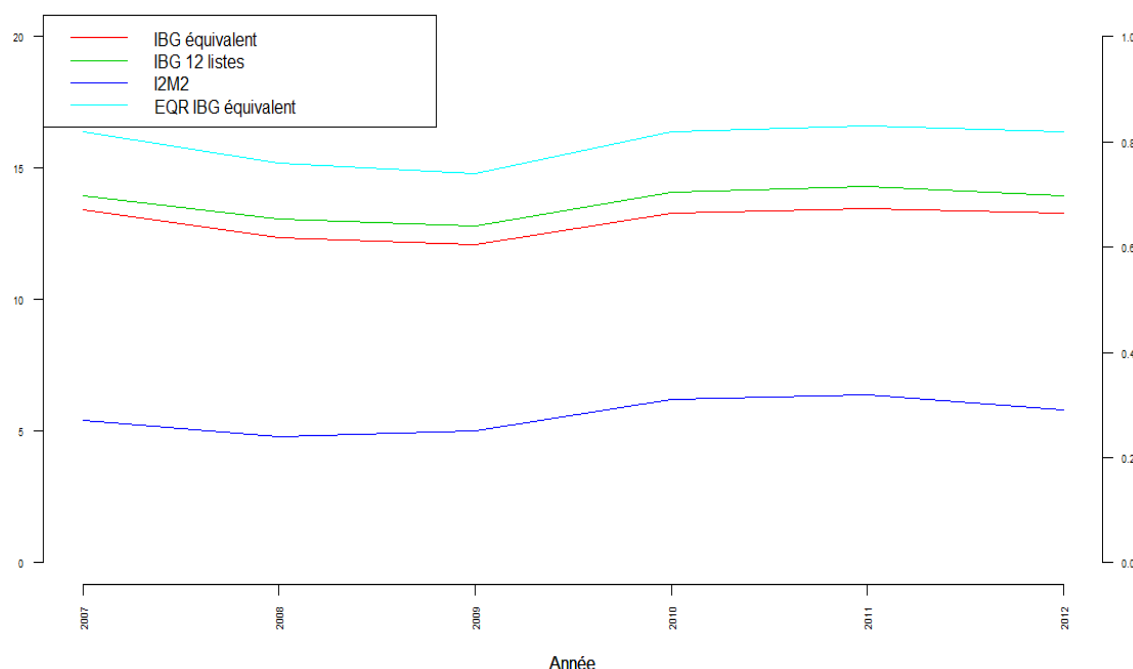
3.3. EVOLUTION INTER-ANNUELLE DES MOYENNES D'INDICES INVERTEBRES

3.3.1. Objectif et données

Les communautés invertébrées étant susceptibles de varier dans le temps, une représentation graphique est nécessaire afin de visualiser si la situation a évolué de 2007 à 2012 (et donc s'il sera possible de considérer globalement les données ou, a contrario, s'il sera nécessaire de travailler par année).

334 quadruplés de données sont disponibles (de 29 à 65 données en 66 stations). Les moyennes indicelles sont présentées sur le graphe suivant.

Comparaison des valeurs moyennes des indices IBG équivalent, IBG 12 listes, I2M2 et des EQR IBG équivalent
(Données Artois-Picardie, 334 données par indice, 2007-2012)



3.3.2. Comparaison des indices invertébrés moyens annuels

Année	Moyennes des indices				Ecart type des indices				Nombre de données
	IBG équivalent	IBG 12 listes	EQR IBG équivalent	I2M2	IBG équivalent	IBG 12 listes	EQR IBG équivalent	I2M2	
2007	13,41	13,96	0,82	0,27	2,27	2,52	0,16	0,12	29
2008	12,38	13,07	0,76	0,24	2,43	2,34	0,17	0,14	55
2009	12,10	12,79	0,74	0,25	2,17	2,15	0,15	0,15	59
2010	13,31	14,09	0,82	0,31	2,62	2,71	0,18	0,15	63
2011	13,47	14,33	0,83	0,32	2,48	2,36	0,18	0,17	63
2012	13,30	13,96	0,82	0,29	2,45	2,49	0,18	0,15	65

Le coefficient de corrélation entre les moyennes des indices IBG équivalent et IBG 12 listes est élevé et égal à 98%. On note que l'IBG 12 listes moyen est supérieur à l'IBG équivalent, ce qui est dû au fait qu'il est établi sur des sous-échantillons (« bocal ») supplémentaire³.

Les coefficients de corrélation des I2M2 moyens avec les IBG moyens équivalent, 12 listes et EQR sont respectivement de 82%, 89% et 89%.

3.3.3. Tests de l'évolution moyenne inter-annuelle

3.3.3.1. Indice IBG équivalent

On compare les moyennes des valeurs de l'indice IBG équivalent entre deux années (données communes). Pour cela on utilise le test de Student. Les résultats figurent sur le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, les p-value significatives sont **en vert**.

Comparaison des moyennes	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2007						
2008	0,058					
2009	0,01	0,51				
2010	0,59	0,15	0,03			
2011	0,90	0,01	0,001	0,46		
2012	0,83	0,04	0,004	0,68	0,69	

3.3.3.2. IBG 12 listes

On compare les moyennes des valeurs de l'indice IBG 12 listes entre deux années. Pour cela on utilise le test de Student. Au seuil de risque de 5%, les résultats des tests (les p-values) figurent sur le tableau suivant : les p-values significatives **sont en vert**.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2007						
2008	0,12					
2009	0,03	0,51				
2010	0,88	0,11	0,02			
2011	0,51	0,00	0,00	0,36		
2012	0,99	0,04	0,00	0,85	0,39	

3.3.3.3. EQR IBG équivalent

On compare les moyennes des EQR de l'IBG équivalent entre deux années. Pour cela on utilise le test de Student. Au seuil de risque de 5%, les résultats des tests (les p-values) figurent sur le tableau suivant : les p-values significatives **sont en vert**.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2007						
2008	0,14					
2009	0,03	0,44				
2010	0,99	0,08	0,009			
2011	0,75	0,03	0,002	0,70		
2012	0,97	0,07	0,006	0,96	0,73	

³ Ce qui montre aussi que les 8 échantillons ne représentent pas la diversité de la station.

3.3.3.4. I2M2

On compare les moyennes des valeurs de l'indice I2M2 entre deux années. Pour cela on utilise le test de Student. Les résultats figurent sur le tableau suivant : Au seuil de risque de 5%, les résultats significatifs sont en vert

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2007						
2008	0,22					
2009	0,51	0,53				
2010	0,23	0,008	0,04			
2011	0,23	0,01	0,052	0,93		
2012	0,61	0,058	0,2	0,45	0,43	

Voir aussi l'analyse de variance à 2 facteurs (année et HER) § 36.

3.4. EVOLUTION INTER-ANNUELLE DE L'INDICE I2M2

3.4.1. Objectifs et données

La représentation graphique vise à mettre en évidence des liens ou des écarts entre les valeurs de l'indice représentées par groupes pertinents.

3.4.2. Tests de l'évolution interannuelle de l'indice I2M2 par périodes

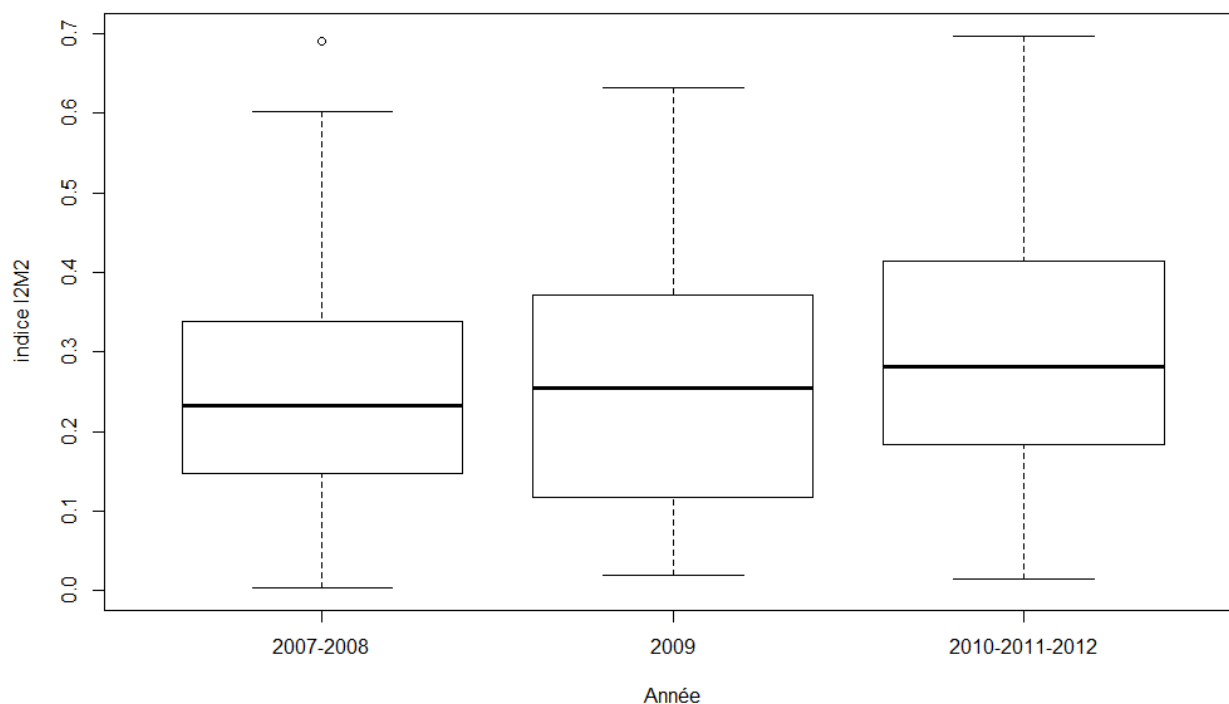
Nous avons représenté sous forme de boîtes de moustaches les données de l'indice I2M2.

Groupe 1 = données I2M2 années 2007 et 2008

Groupe 2 = données I2M2 année 2009

Groupe 3 = données I2M2 années 2010,2011 et 2012

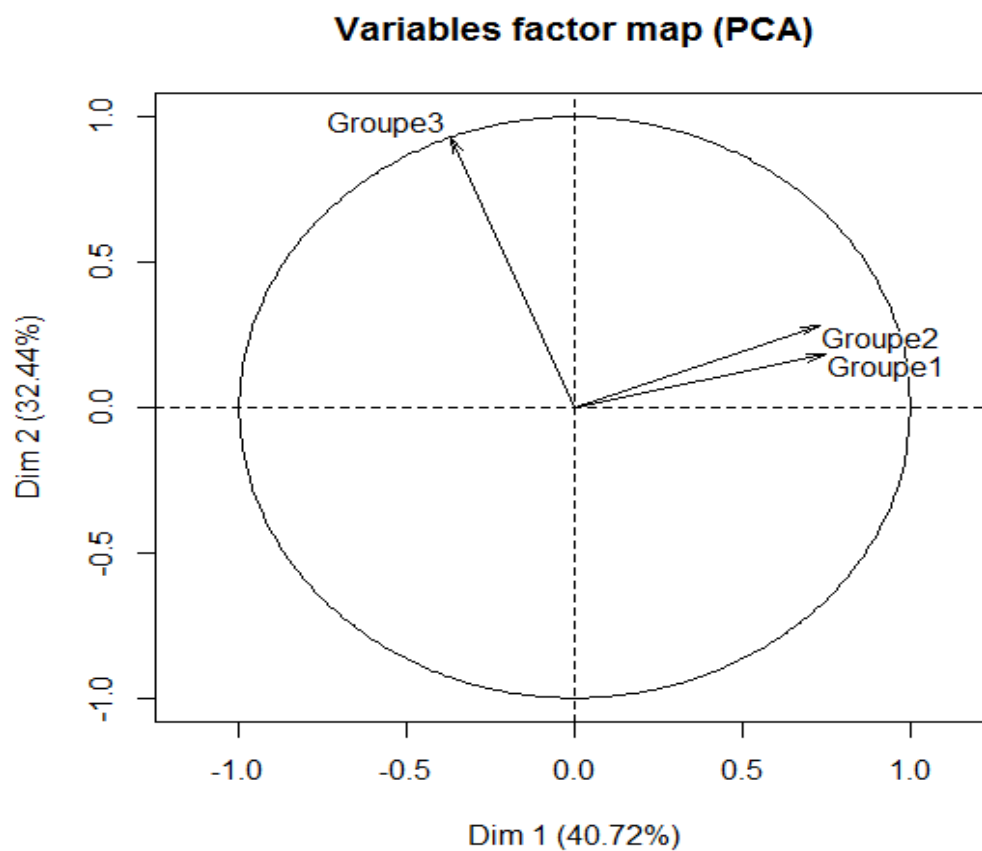
**Evolution de l'indice I2M2 au cours du temps
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)**



Les tests de Student effectués permettent de rejeter l'hypothèse d'égalité des moyennes de l'indice I2M2 entre ces trois périodes : l'indice I2M2 a donc évolué au cours du temps. Cette évolution ne semble pas liée à l'hydrologie (voir graphe ou débit moyen annuel aux stations caractéristiques du bassin Artois-Picardie en annexe 5.2).

3.4.3. Evolution au cours de la période

Nous avons fait une analyse en composantes principales sur les valeurs de l'indice I2M2 pour dégager des relations entre les différents groupes.

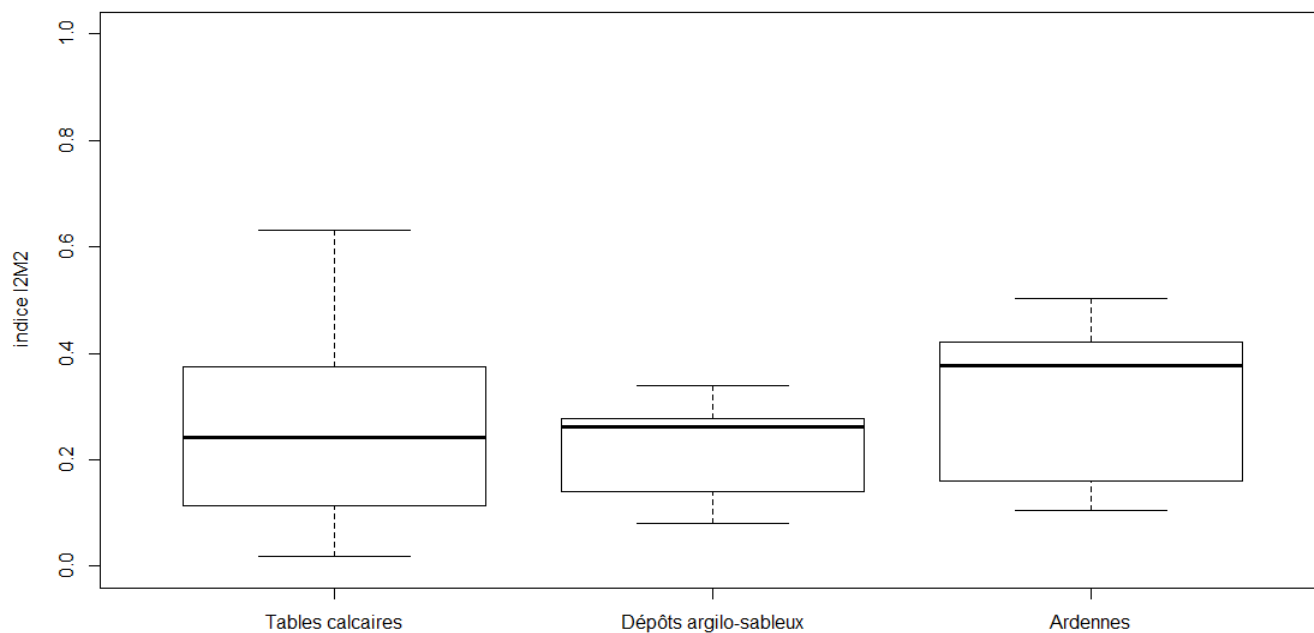


Le graphique montre une corrélation positive entre les groupes d'années 1 et 2. Les valeurs de l'indice I2M2 des années 2007 et 2008 sont corrélées avec celles de l'année 2009.

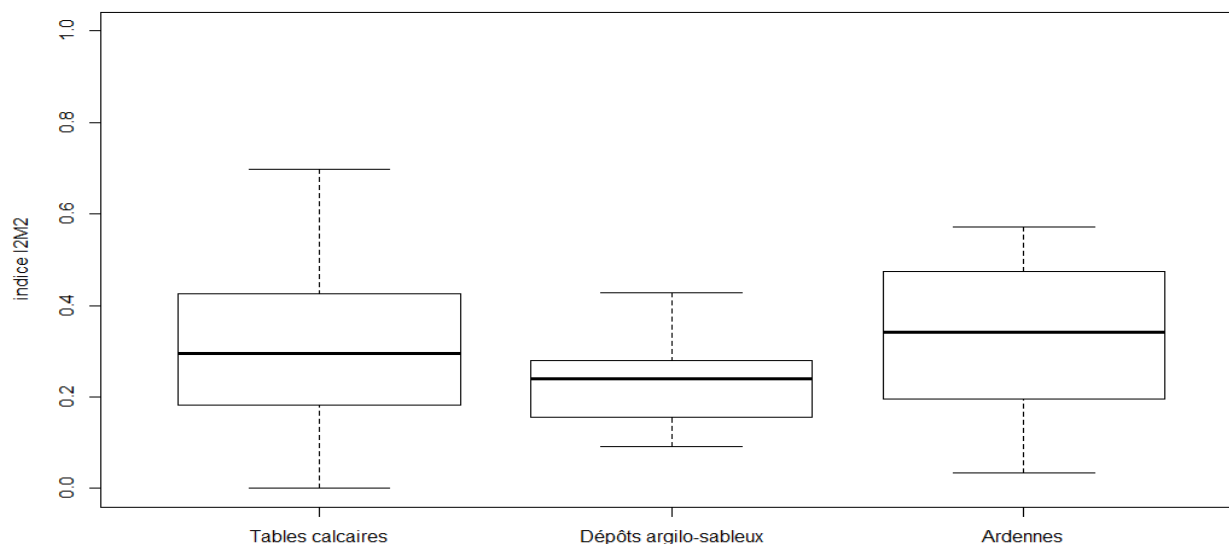
3.5. RECHERCHE DE LIENS ENTRE INDICE I2M2 ET HER

3.5.1. I2M2 et HER niveau 1

Répartition de l'indice I2M2 par HER de niveau 1, année 2009
(Données Artois-Picardie, 63 données)



Répartition de l'indice I2M2 par HER de niveau 1, années 2010,2011 et 2012
(Données Artois-Picardie, 193 données)



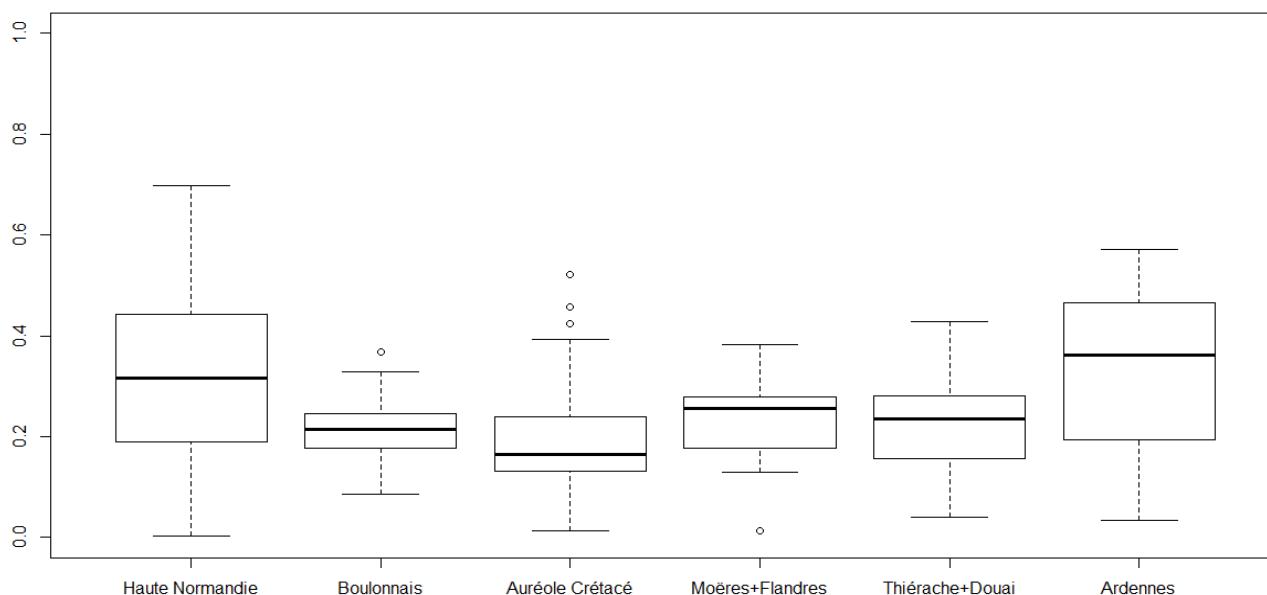
Les tests de Student effectués 2 à 2 permettent de rejeter l'hypothèse d'égalité des moyennes de l'indice I2M2 par HER.

En conclusion, l'I2M2 varie selon l'HER en plus d'avoir évolué au cours du temps.

3.5.2. I2M2 et HER niveau 2

Nous avons regroupé certaines hydro-écorégions en deux pour avoir un nombre de données plus important (Thiérache et Douai-Condée, Moères et Flandres intérieures).

Répartition de l'indice I2M2 selon l'HER de niveau 2
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)



On compare les moyennes des valeurs de l'indice I2M2 entre les hydro-écorégions de niveau 2. Pour cela on utilise les tests de Student et Wilcoxon. Les résultats figurent sur le tableau suivant :

Egalité des moyennes	Haute Normandie Picardie	Boulonnais	Auréole Crétacé	Moères + Flandres	Thiérache + Douai	Ardennes
Haute Normandie Picardie						
Boulonnais	non					
Auréole Crétacé	non	oui				
Moères+Flandres	non	oui	non			
Thiérache+Douai	non	oui	oui	oui		
Ardennes	oui	non	non	non	non	

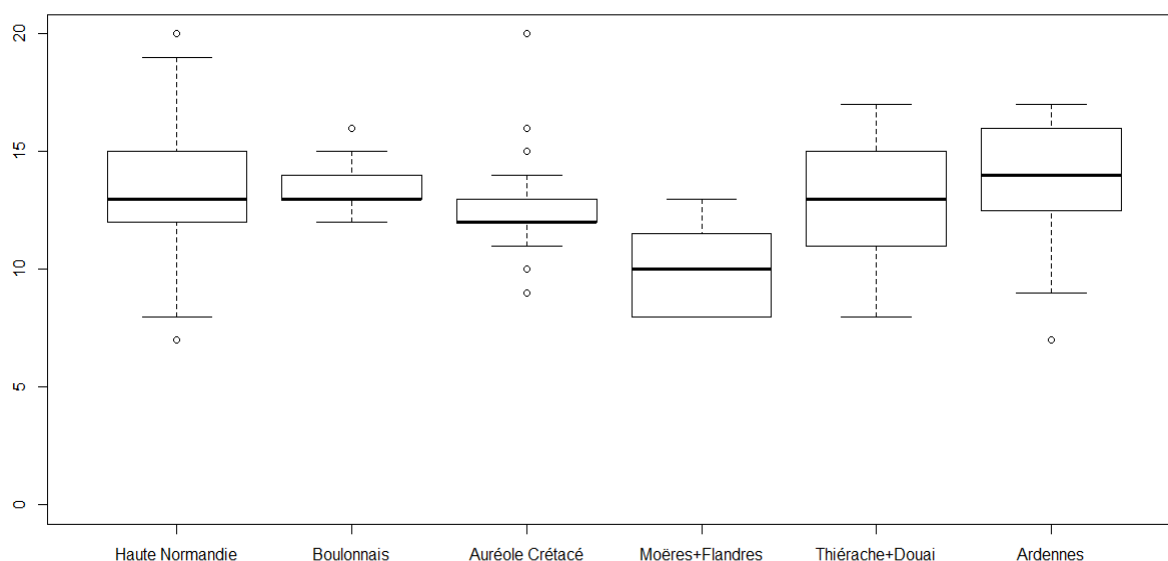
oui = On ne rejette pas l'hypothèse d'égalité des moyennes des valeurs de l'indice entre HER

non = On rejette l'hypothèse d'égalité des moyennes (les moyennes sont significativement différentes)

3.5.3. IBG équivalent et HER niveau 2

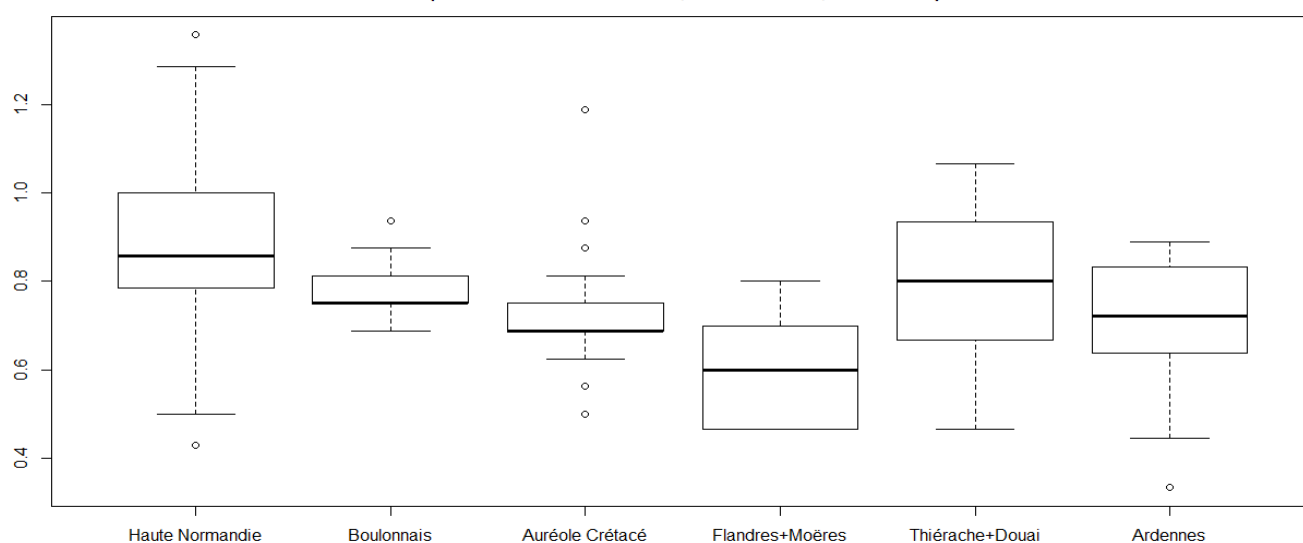
A titre de comparaison, la répartition des IBG équivalent par HER 2 est donnée ci-après. On note que la disposition des boîtes n'est pas la même.

Répartition de l'indice IBG équivalent selon l'HER de niveau 2
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)



3.5.4. EQR IBG équivalent et HER 2

Répartition des EQR IBG équivalent selon l'HER de niveau 2
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)

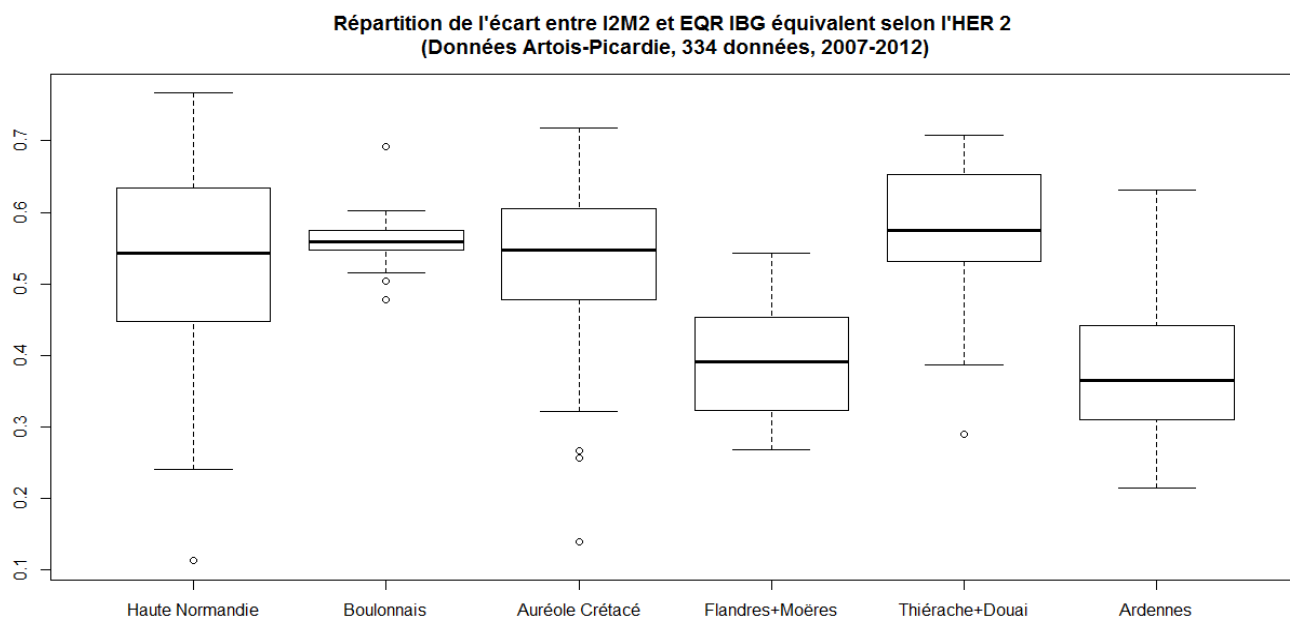


3.5.5. Recherche de lien entre l'écart I2M2-EQR IBG équivalent et l'HER2

3.5.5.1. Données et objectifs

Nous disposons de 334 données sur 6 HER niveau 2. L'objectif est de voir si l'écart entre l'indice I2M2 et les EQR IBG équivalent varie selon l'HER 2.

3.5.5.2. Représentation graphique



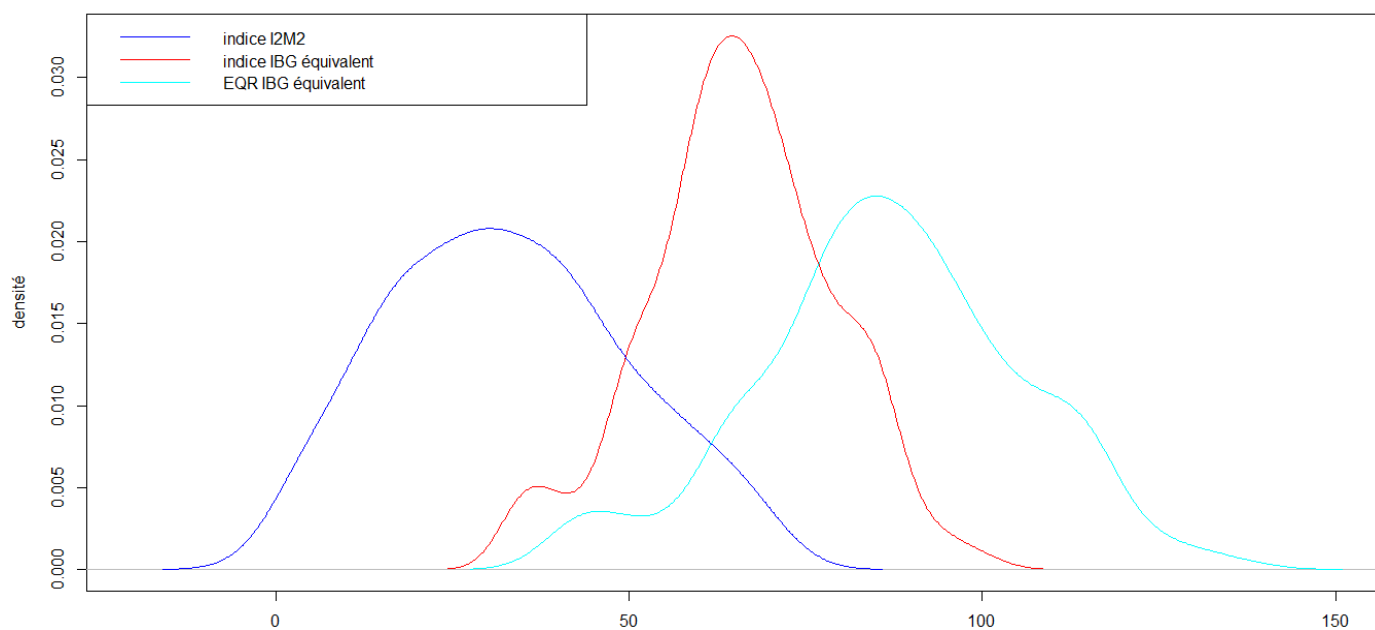
3.5.5.3. Test

Après avoir vérifié l'homogénéité des variances (par le test de Bartlett), nous avons appliqué une ANOVA (analyse de la variance) à un facteur. Le résultat de l'analyse montre que l'HER 2 a un effet significatif sur cet écart. Donc l'écart entre I2M2 et EQR IBG équivalent varie selon l'HER 2.

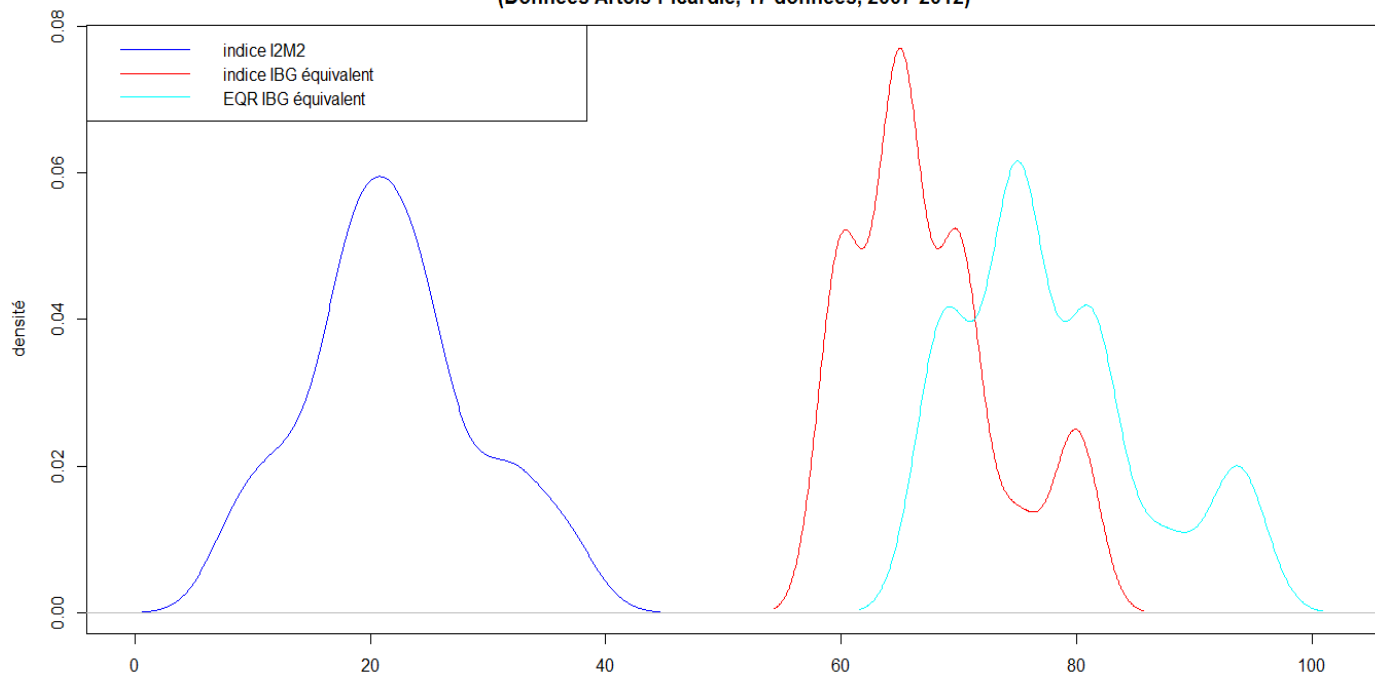
3.5.6. Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG éq et EQR IBG eq selon l'HER niveau 2

Dans le mode de représentation ci-dessus (« density plot »), les valeurs en abscisse du graphique représentent les valeurs dont la densité est estimée en ordonnée.

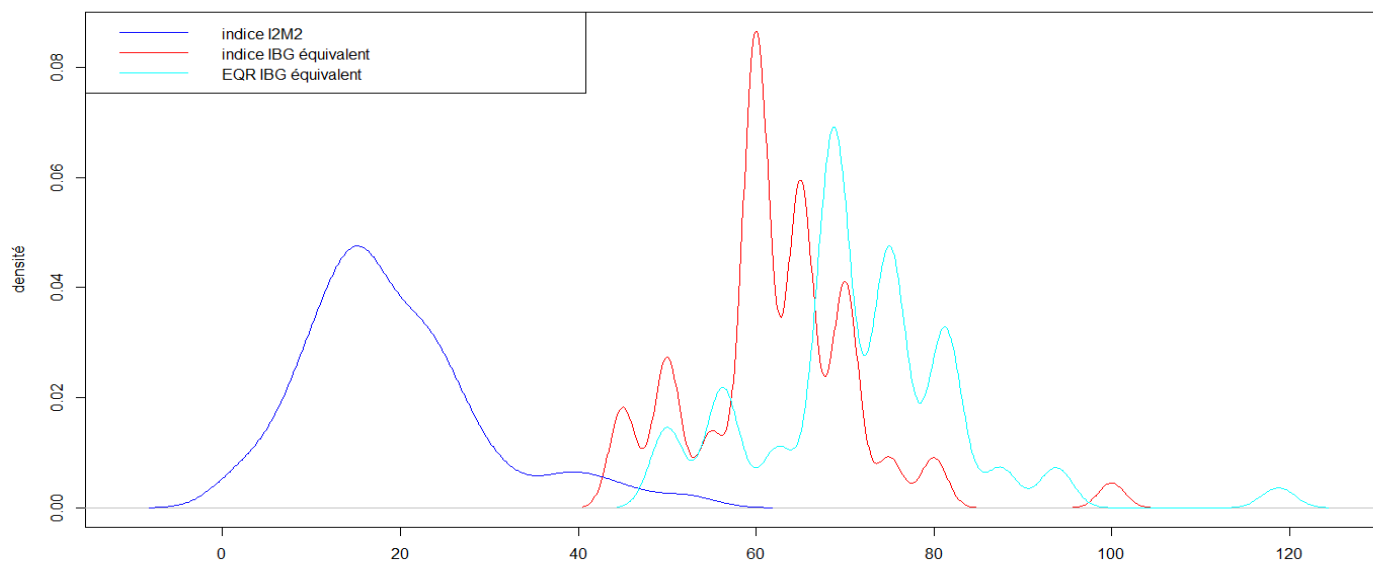
**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon l'HER 2 Haute Normandie-Picardie
(Données Artois-Picardie, 181 données, 2007-2012)**



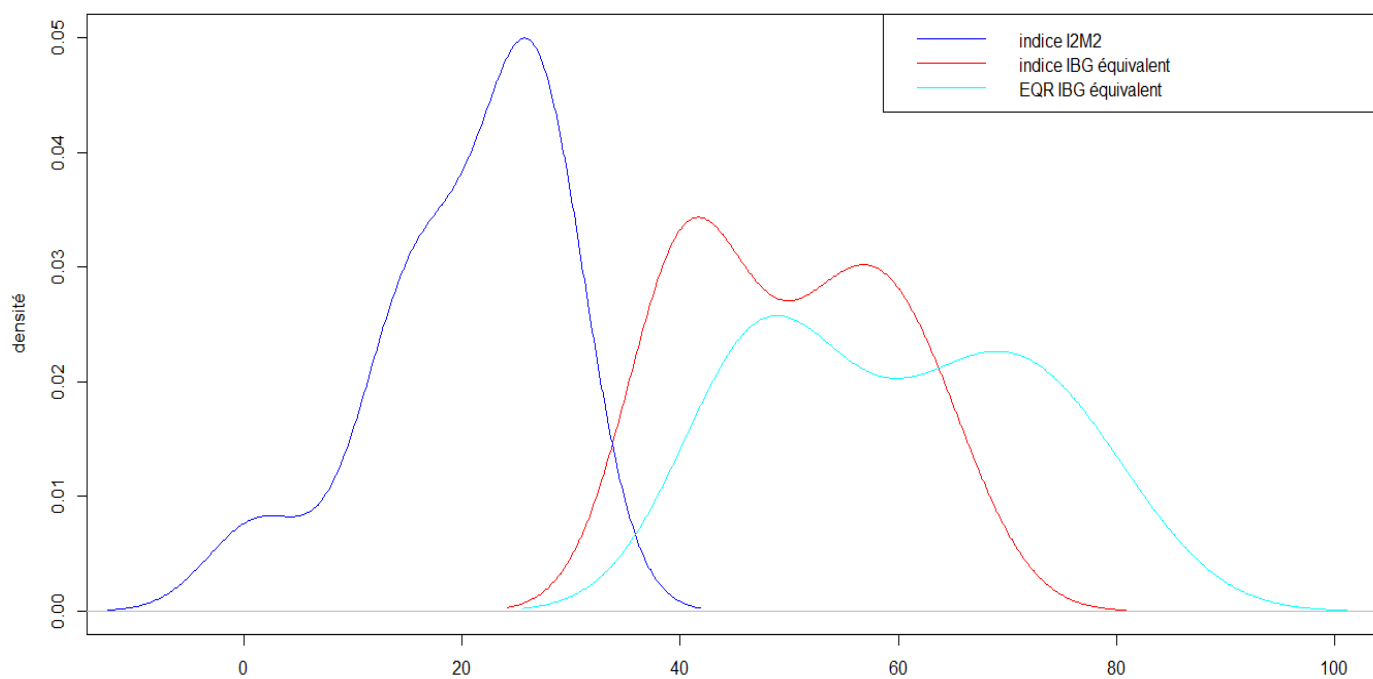
**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon l'HER 2 Boulonnais
(Données Artois-Picardie, 17 données, 2007-2012)**



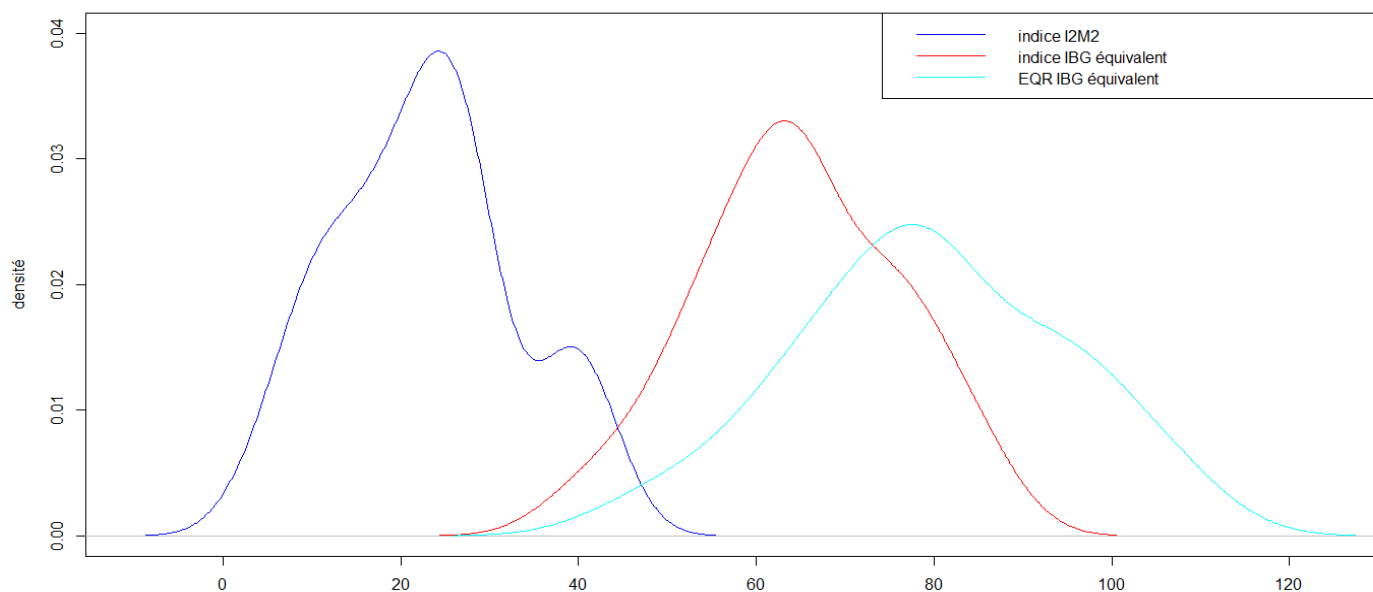
**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon l'HER 2 Auréole Crétacé
(Données Artois-Picardie, 59 données, 2007-2012)**



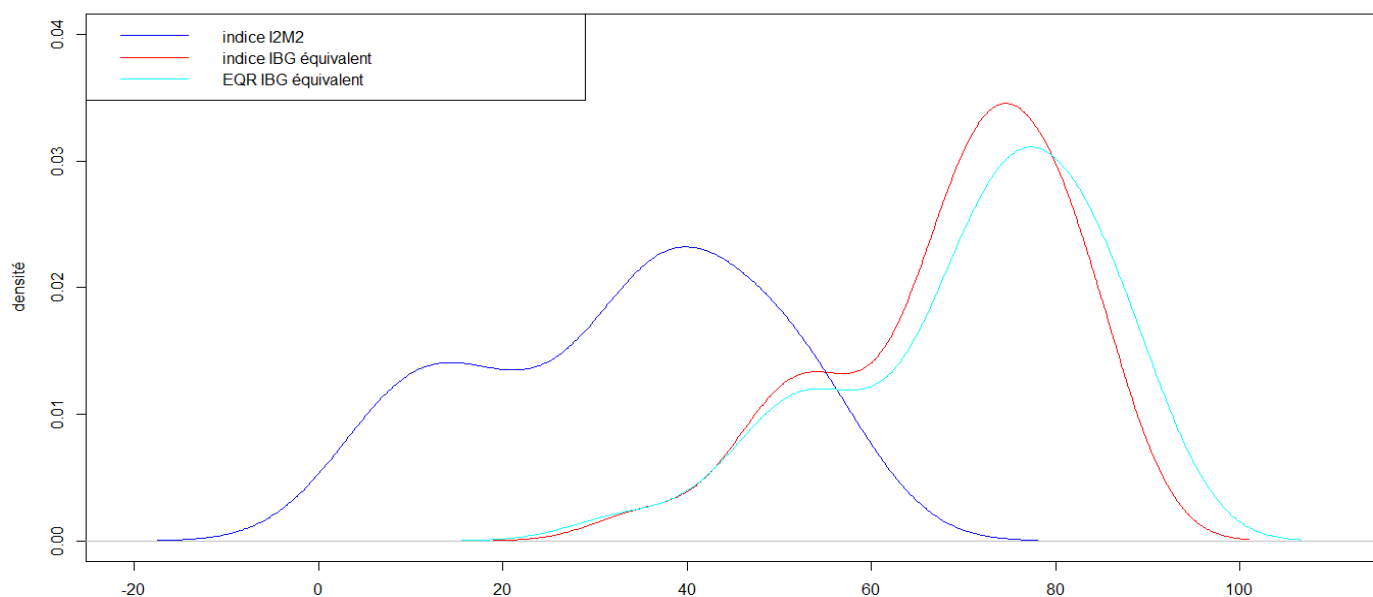
**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon les HER 2 Flandres intérieures et Moères
(Données Artois-Picardie, 11 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon les HER 2 Thiérache et Douai-Condée
(Données Artois-Picardie, 30 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la densité estimée des indices I2M2, IBG équivalent et les EQR de l'IBG équivalent selon l'HER 2 Ardennes
(Données Artois-Picardie, 36 données, 2007-2012)**



On note, comme on l'a vu dans la distribution générale des indices sans distinction de l'HER, que l'I2M2 est plus sévère que l'IBG éq. L'écart est supérieur avec l'EQR de l'IBG.

3.5.7. Comparaison de la moyenne des 2 indices par HER

Un test de comparaison des moyennes des I2M2 et IBG équivalent, valeurs brutes et EQR, montrent qu'ils diffèrent selon l'HER niveau 2 considérée :

HER niveau 2	Egalité de moyennes entre IBG équivalent et I2M2	Nombre de données
Haute Normandie Picardie	non	181

Boulonnais	non	17
Auréole Crétacé	non	59
Moères + Flandres	non	11
Thiérache + Douai	non	30
Ardenne	non	36
		Total : 334

HER niveau 2	Egalité de moyennes entre EQR IBG équivalent et I2M2	Nombre de données
Haute Normandie Picardie	non	181
Boulonnais	non	17
Auréole Crétacé	non	59
Moères + Flandres	non	11
Thiérache + Douai	non	30
Ardenne	non	36
		Total : 334

3.6. VARIATIONS DE L'I2M2 SELON L'ANNEE ET L'HER

3.6.1. Objectifs et données

Nous disposons de 344 données de l'indice I2M2 sur 6 années (2007-2012) et par hydro-écorégions de niveau 2. L'objectif est de voir si l'indice I2M2 évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2. Après avoir vérifié chaque fois l'homogénéité des variances (par le test de Bartlett), nous avons appliqué une ANOVA (analyse de la variance) à deux facteurs.

3.6.2. Tests

Les résultats montrent que le temps et l'HER 2 ont un effet significatif sur la variation de l'indice I2M2. C'est-à-dire que l'indice I2M2 évolue au cours du temps et varie selon l'HER 2.

Par contre, l'interaction entre les années et l'HER 2 n'a pas d'effet significatif sur l'indice I2M2.

3.7. ETUDES DE L'ECART ENTRE I2M2 ET IBG EQUIVALENT

3.7.1. Tests de l'évolution moyenne interannuelle

On compare les moyennes des écarts entre les indices IBG équivalent et I2M2. Pour cela on utilise le test de Student. Les résultats figurent sur le tableau suivant :

Egalité des moyennes	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2007						
2008	0,56					
2009	0,06	0,13				
2010	0,08	0,17	0,83			
2011	0,14	0,30	0,65	0,79		
2012	0,36	0,70	0,23	0,30	0,48	

Au seuil de risque de 5%, toutes les p-values des tests sont significatives : On ne rejette pas l'hypothèse d'égalité des moyennes des valeurs de l'écart entre les deux indices invertébrés au cours du temps. L'écart entre les deux indices n'évolue pas au cours du temps.

3.7.2. Tests de la variation moyenne selon l'HER niveau 1

Distribution de l'écart entre les indices IBG équivalent et I2M2 selon l'HER de niveau 1
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)



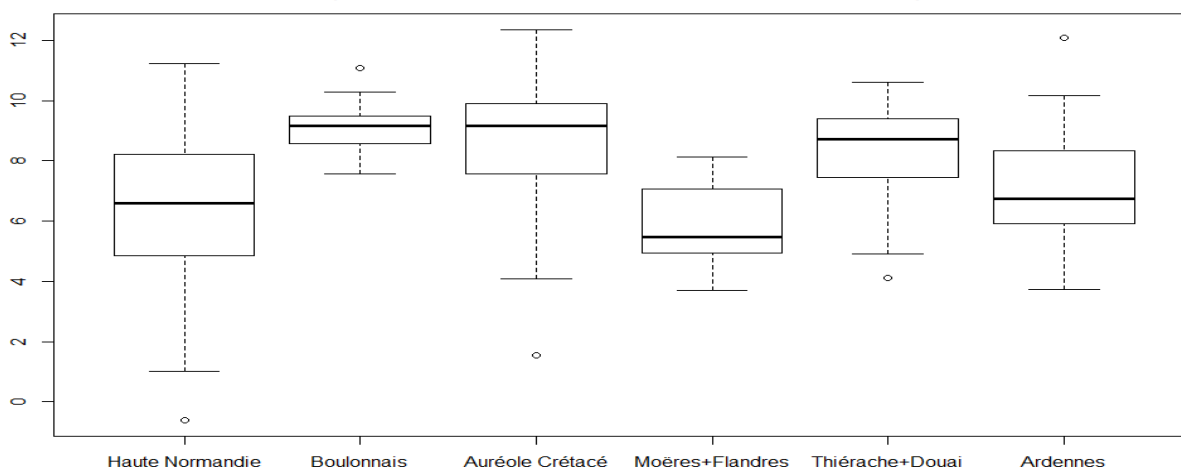
On compare les moyennes des écarts entre les indices IBG équivalent et I2M2 entre deux hydro-écorégions de niveau 1. Pour cela on utilise les tests de Student et de Wilcoxon. Les résultats figurent sur le tableau suivant :

	Tables calcaire	Dépôts argilo-sableux	Ardennes
Tables calcaires			
Dépôts argilo-sableux	0,15		
Ardennes	0,97	0,27	

Au seuil de risque de 5%, on ne rejette pas l'hypothèse d'égalité des moyennes des valeurs de l'écart entre les deux indices invertébrés au niveau des HER de niveau 1. L'écart entre les deux indices ne diffère pas d'une HER de niveau 1 à l'autre.

3.7.3. Tests de la variation moyenne selon l'HER niveau 2

Répartition de l'écart entre les indices IBG équivalent et I2M2 selon l'HER de niveau 2
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)



On compare les moyennes de l'écart entre les indices IBG équivalent et I2M2 entre deux hydro-écorégions de niveau 2. Pour cela on utilise les tests de Student et de Wilcoxon. Les résultats figurent sur le tableau suivant :

	Haute Normandie Picardie	Boulonnais	Auréole Crétacé	Moères+Flandres	Thiérache+Douai	Ardennes
Haute Normandie Picardie						
Boulonnais	5.9e-12					
Auréole Crétacé	1.7e-09	0,88				
Moères+Flandres	0,17	1.7e-05	0,00			
Thiérache+Douai	3.4e-06	0,13	0,51	0,00		
Ardennes	0,07	0,00	0,00	0,02	0,01	

Au seuil de risque de 5%, les résultats significatifs sont en vert.

3.8. VARIATIONS DE LA CLASSE DE QUALITE SELON L'I2M2 EN FONCTION DE L'HER ET DE L'ANNEE

3.8.1. Objectifs et données

Il s'agit de savoir si la classe de qualité biologique de l'eau d'après l'I2M2 a évolué au cours du temps, si elle est différente selon l'HER et si la classe est la même avec l'I2M2 qu'avec l'IBG.

Les limites des classes de qualité de l'IBG éq utilisées dans les traitements des données à suivre sont celles du guide technique d'évaluation de l'état écologique de 2012.

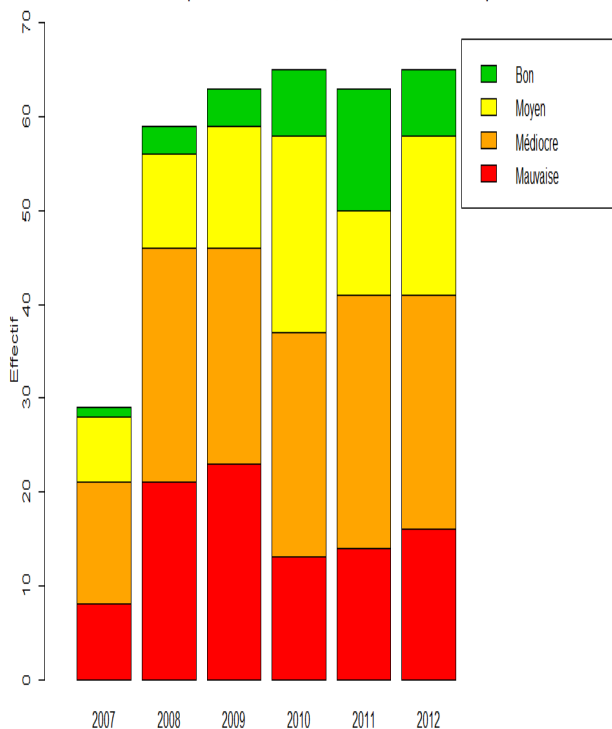
Les limites des classes de qualité de l'I2M2 utilisées par Philippe Usseglio –Polatera dans les traitements de données ci-dessous sont les suivantes :

Indice	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
I2M2	0,7003	0,5164	0,3443	0,1721	

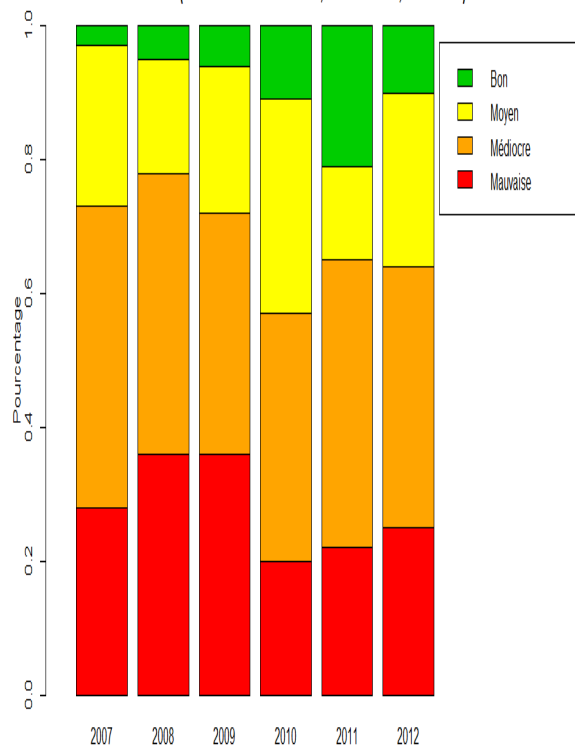
Ces limites de classe utilisées résultent du dernier travail effectué par Martial Ferréol (IRSTEA Lyon) en septembre 2013 sur l'évaluation des limites de classe sur la base de la dernière version de l'indice. Ces limites étant calculées par « grands types européens » ; elles sont - en fait - identiques pour tous les types de cours d'eaux auxquels émergent les cours d'eaux du bassin AP.

3.8.2. Représentations graphiques

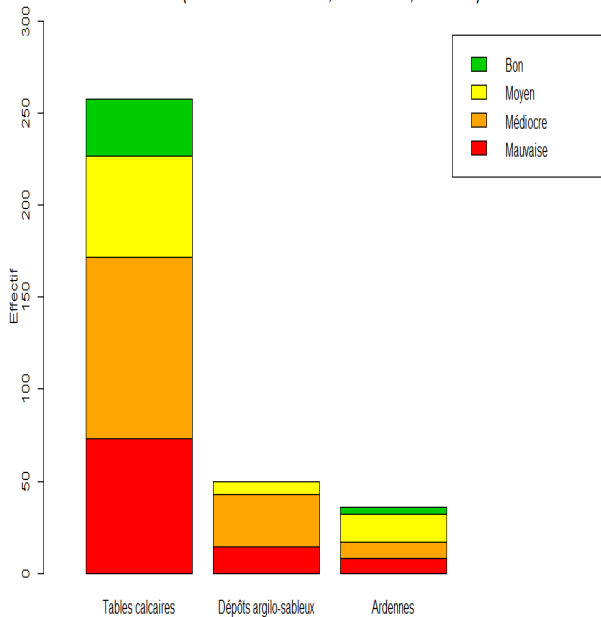
Evolution de la qualité de l'indice I2M2 au cours du temps
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)



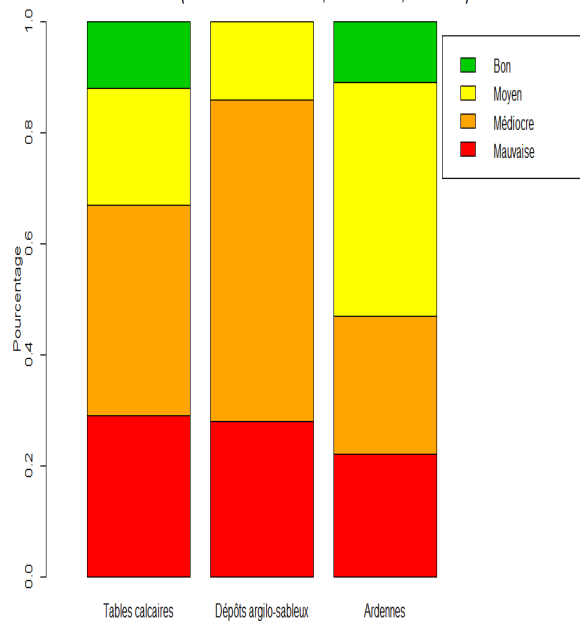
Evolution de la qualité de l'indice I2M2 au cours du temps
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)

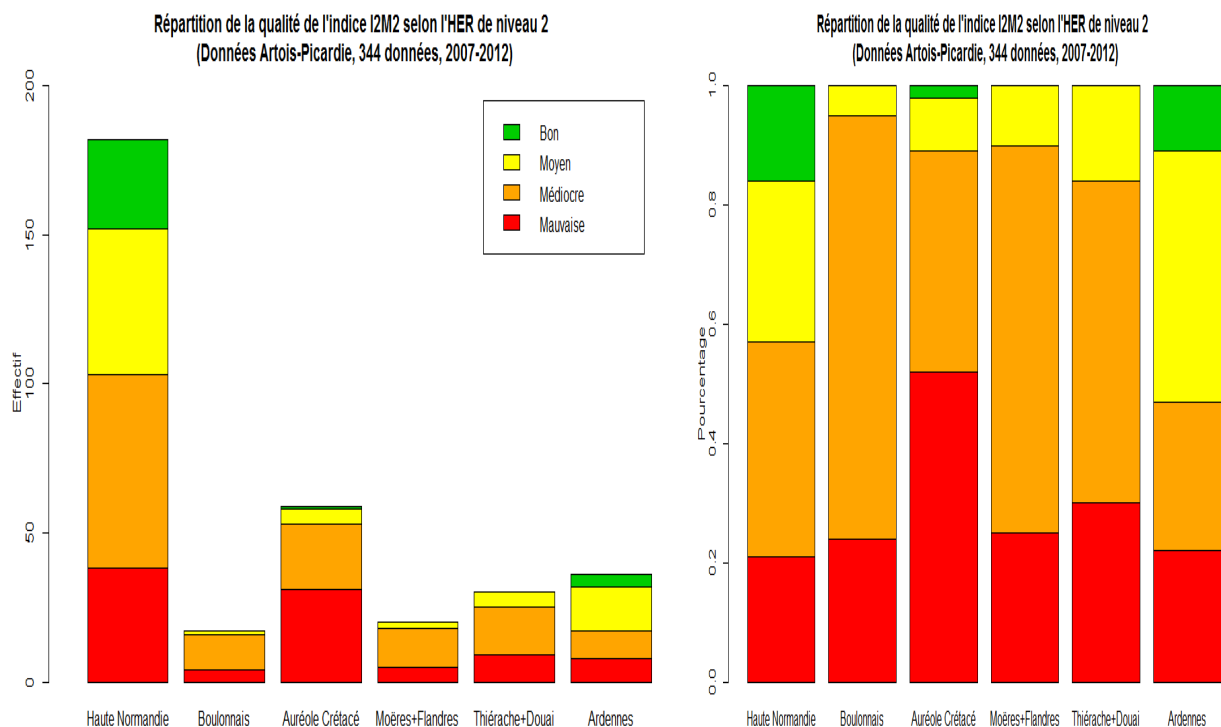


Répartition de la qualité de l'indice I2M2 selon l'HER de niveau 1
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)



Répartition de la qualité de l'indice I2M2 selon l'HER de niveau 1
(Données Artois-Picardie, 344 données, 2007-2012)



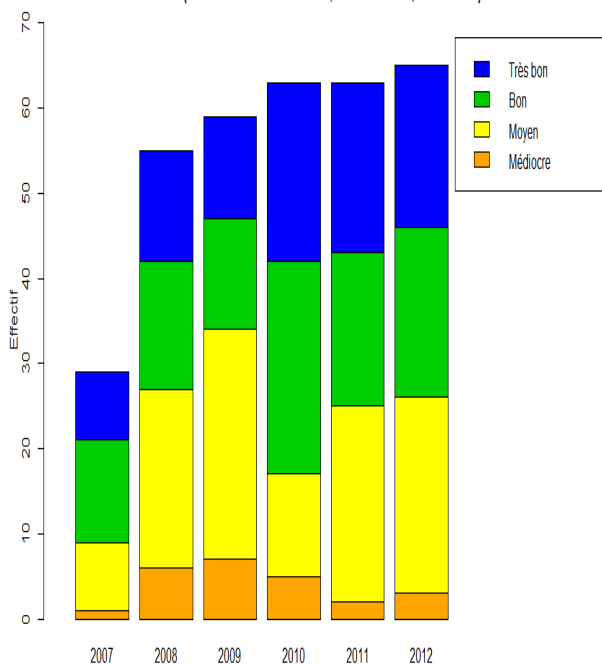


Les tests d'indépendance montrent que **la classe qualité de l'indice I2M2 est fonction de l'hydro-écorégion** de niveau 1 et aussi de niveau 2. Par contre, **la classe qualité de l'I2M2 est indépendante de l'année**. Cela permet donc de traiter les données toutes années confondues, mais HER séparées.

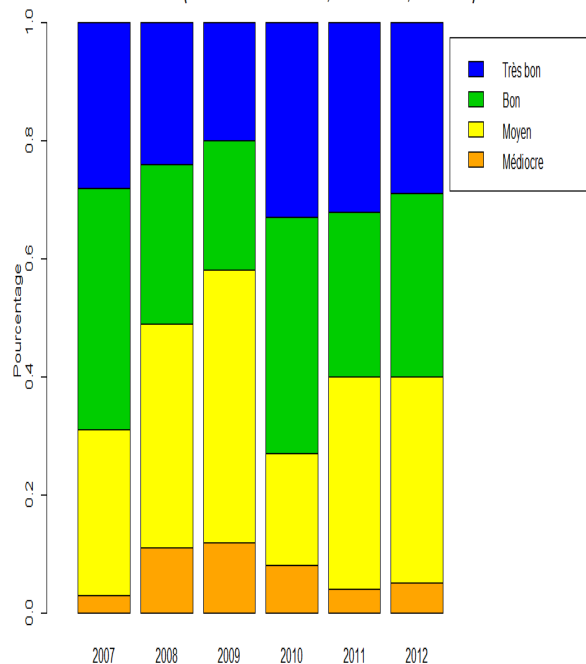
Rappelons que les indices montraient une évolution sur la période 2007-2012. La classe de qualité lisse le résultat indiciel.

3.8.3. Cas de l'IBG équivalent

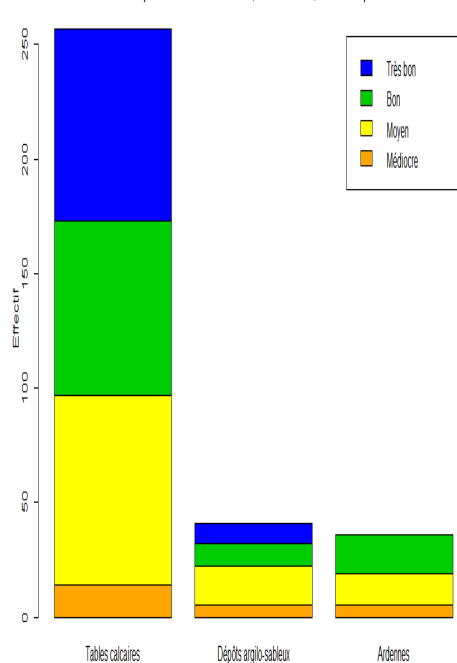
Répartition de la qualité de l'indice IBC équivalent au cours du temps
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)



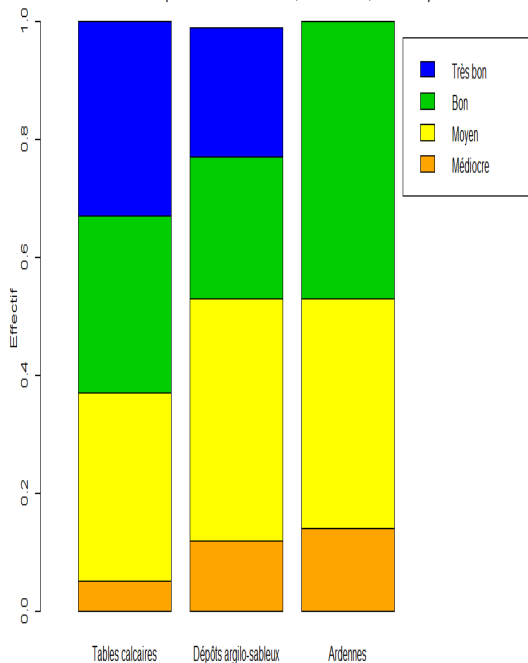
Répartition de la qualité de l'indice IBC équivalent au cours du temps
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)

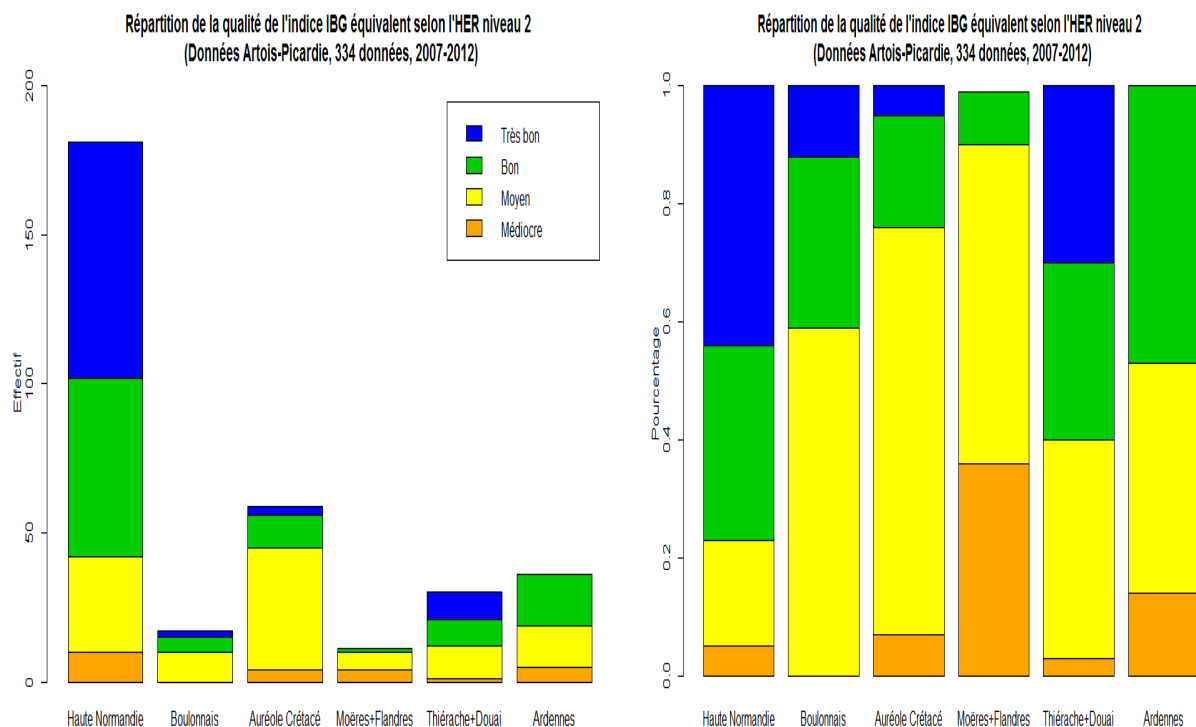


Répartition de la qualité de l'indice IBC équivalent selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)



Répartition de la qualité de l'indice IBC équivalent selon l'HER niveau 1
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)





Les tests d'indépendance montrent que **la classe qualité de l'indice IBG équivalent est fonction de l'hydro-écorégion de niveau 1**. Par contre **la classe qualité de l'IBG équivalent est indépendante de l'hydro-écorégion de niveau 2 et de l'année**.

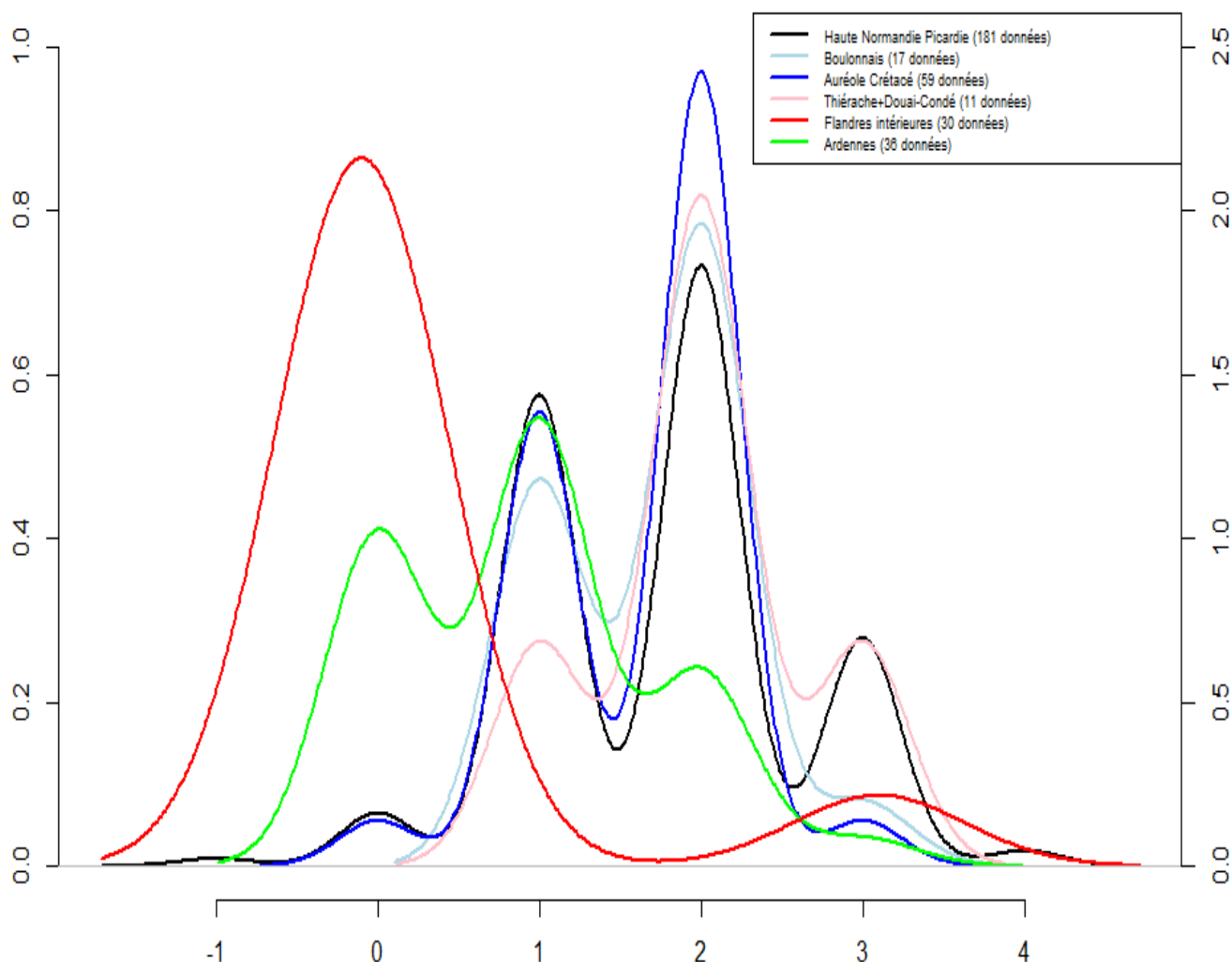
3.9. ECART DE CLASSES DE QUALITE SELON L'I2M2 ET L'IBG EQ

3.9.1. Objectif et données

Il s'agit de mettre en évidence si le déclassement induit par l'I2M2 est fonction de l'HER niveau 2. L'écart est au maximum de 4 classes et au minimum de 0 (mêmes classes). Le seul cas où l'I2M2 détermine une classe de qualité inférieure à celle de l'IBG éq est écarté du traitement.

3.9.2. Représentation graphique du déclassement par HER

Représentation de la densité estimée de l'écart de classe entre I2M2 et IBG équivalent selon l'HER 2
(Données Artois-Picardie, 334 données, 2007-2012)



Le modèle indique que la probabilité de déclassement induit par l'I2M2 dans l'HER Flandres (Dépôts argilo-sableux) est nulle. Elle est 0 à 1 classe, parfois 2 dans les Ardennes.

Mais la probabilité la plus élevée est de 2 classes dans Auréole Crétacé (Tables calcaires), Thiérache + Douai-Condée (Argilo-sableux), Boulonnais (Tables calcaires), Haute Normandie-Picardie (Tables calcaires),

4. RECHERCHE DE LIENS ENTRE LES INDICES BIOLOGIQUES ET LES PRESSIONS

4.1. CORRELATIONS ALTERATIONS SEQ-EAU ET INDICES BIOLOGIQUES

4.1.1. Données

Nous disposons des indices annuels des altérations du SEQ-Eau (percentiles 90) et des indices biologiques, I2M2 et IBG équivalent, ainsi que de leurs sous variables constitutives (1 série de données par an). Dans un premier temps, une recherche de corrélations est faite sur les indices annuels⁴. Ensuite, en raison du mode de construction de l'I2M2, la recherche de corrélations sera faite sur les indices moyens des 6 mois précédant le prélèvement.

4.1.2. Indices annuels

Les coefficients de corrélation (r) entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives sont indiquées en vert

Altérations SEQ-eau V2 Indices annuels	Nb données	Coefficient de corrélation entre les variables					
		I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo- viviparité	Poly- voltinisme	Richesse taxo- nomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	332	-0,16	-0,11	0,17	0,12	-0,17	-0,15
Effets des proliférations végétales	332	-0,09	0,05	0,12	0,21	-0,10	-0,04
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	175	0,19	0,05	0,04	-0,25	0,11	0,09
Matières azotées hors nitrates	332	0,29	0,54	-0,08	-0,10	0,30	0,19
Matières organiques et oxydables	212	0,20	0,33	0,04	0,02	0,19	0,07
Matières phosphorées	332	0,33	0,54	-0,12	-0,12	0,27	0,15
Micropolluants minéraux	29	0,28	0,23	0,07	-0,42	0,02	-0,05
Micropolluants organiques autres	94	-0,01	0,04	-0,03	-0,01	0,03	0,02
Nitrates	332	0,13	0,29	-0,11	-0,19	0,35	0,22
Particules en suspension	332	0,32	0,21	-0,11	-0,17	0,17	0,06
Pesticides	193	0,33	0,38	-0,13	-0,06	0,26	0,28
Polychlorobiphényles	22	-0,29	-0,31	0,07	0,07	-0,42	-0,38
Température	332	-0,18	0,09	0,18	0,12	-0,06	-0,12

Altérations SEQ-eau V2 Indices annuels	Nb données	Coefficient de corrélation entre les variables		
		IBG éq	Groupe faunistique indicateur	Variété taxonomique
Acidification	321	-0,14	-0,07	-0,16
Effets des proliférations végétales	321	-0,07	0,03	-0,15
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	167	0,06	0,03	0,08
Matières azotées hors nitrates	321	0,38	0,39	0,24
Matières organiques et oxydables	204	0,16	-0,09	0,08
Matières phosphorées	321	0,06	0,39	0,11

⁴ Un biais est introduit par le fait que l'indice biologique a généralement été prélevé en été, alors que l'indice annuel correspond à la période janvier-décembre.

Micropolluants minéraux	29	-0,09	-0,06	-0,13
Micropolluants organiques autres	88	-0,06	-0,09	-0,03
Nitrates	321	0,26	0,10	0,15
Particules en suspension	321	0,11	0,12	0,04
Pesticides	184	0,28	0,27	0,18
Polychlorobiphényles	20	-0,44	-0,39	-0,42
Température	321	-0,02	0,04	0,02

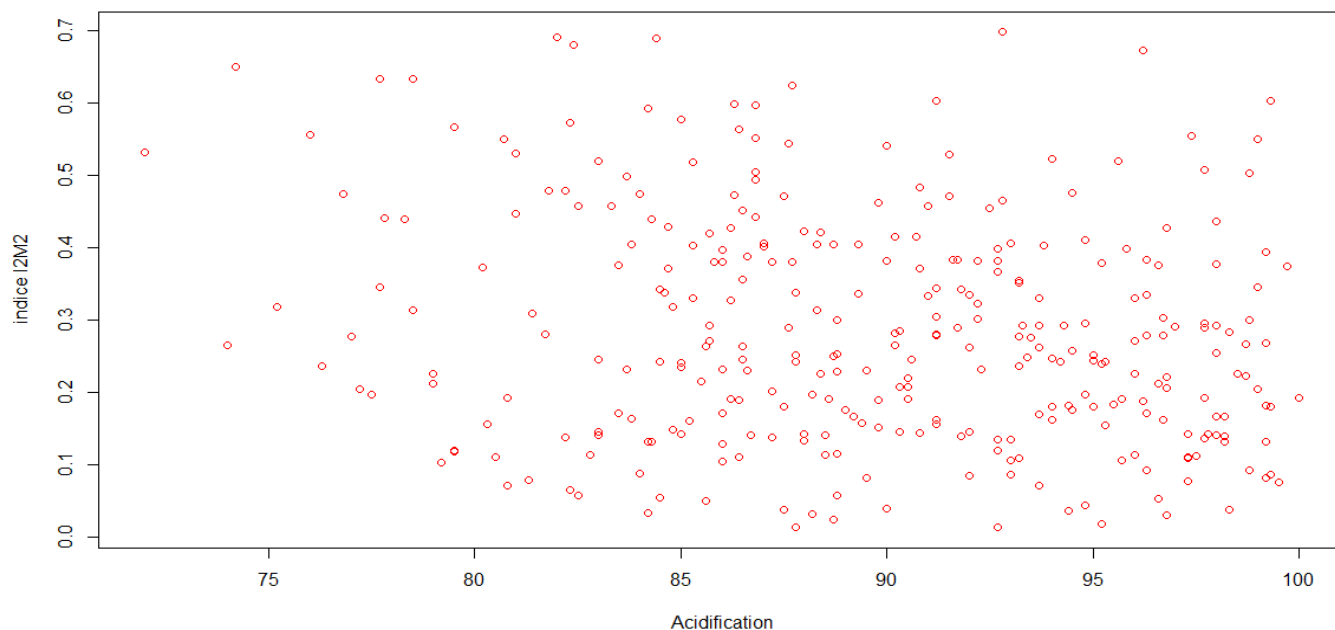
NB : les indices biologiques, mais aussi les indices d'altérations du SEQ-eau, sont d'autant plus élevés que le cours d'eau est de bonne qualité. Une corrélation négative indique donc que la faune est favorisée par les polluants de l'altération. Les PCB et les HAP apparaissent dans ce cas, ce qui est peut-être lié au petit nombre de données.

Les corrélations de l'I2M2 avec le SEQ-eau sont plus nombreuses que celles de l'ING éq.

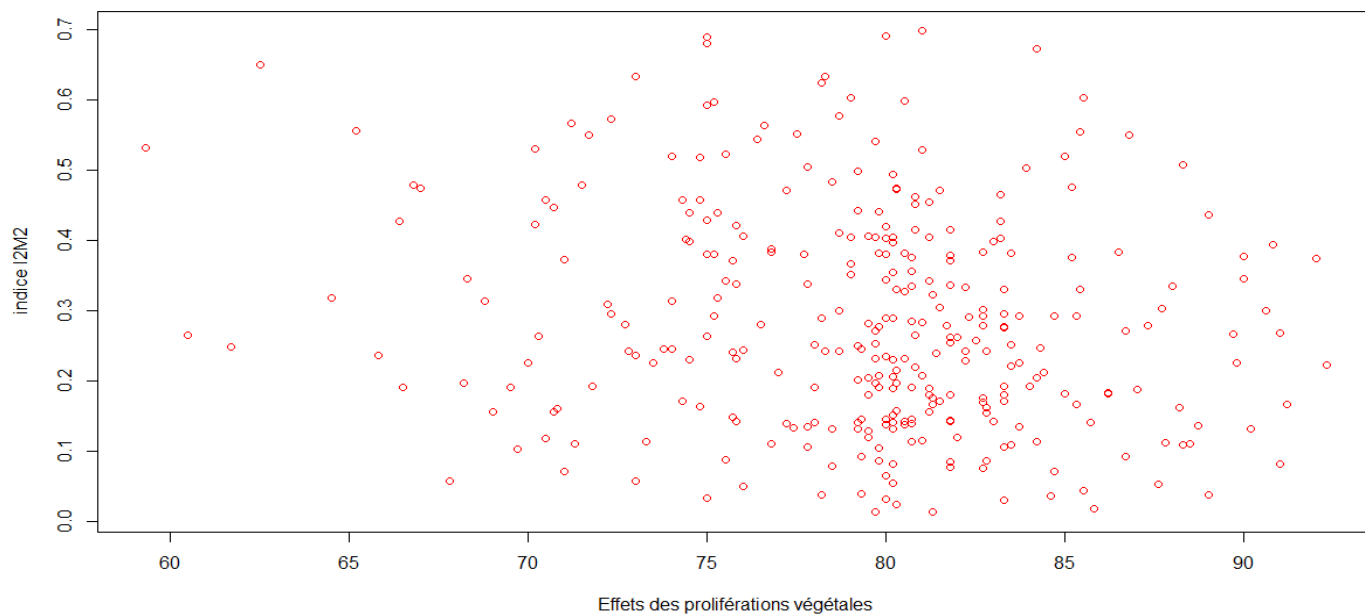
4.1.3. Représentations graphiques des indices I2M2 en fonction des indices moyens 6 mois des altérations du SEQ-eau

Compte tenu du mode de construction de l'I2M2, des indices d'altérations moyens sur les 6 mois précédant le prélèvement d'invertébrés sont calculés sur la période 2007-2012. A noter que dans certains cas, seules 4 ou 5 campagnes de physicochimie ont précédé, la même année, le prélèvement biologique.

**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération acidification du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**

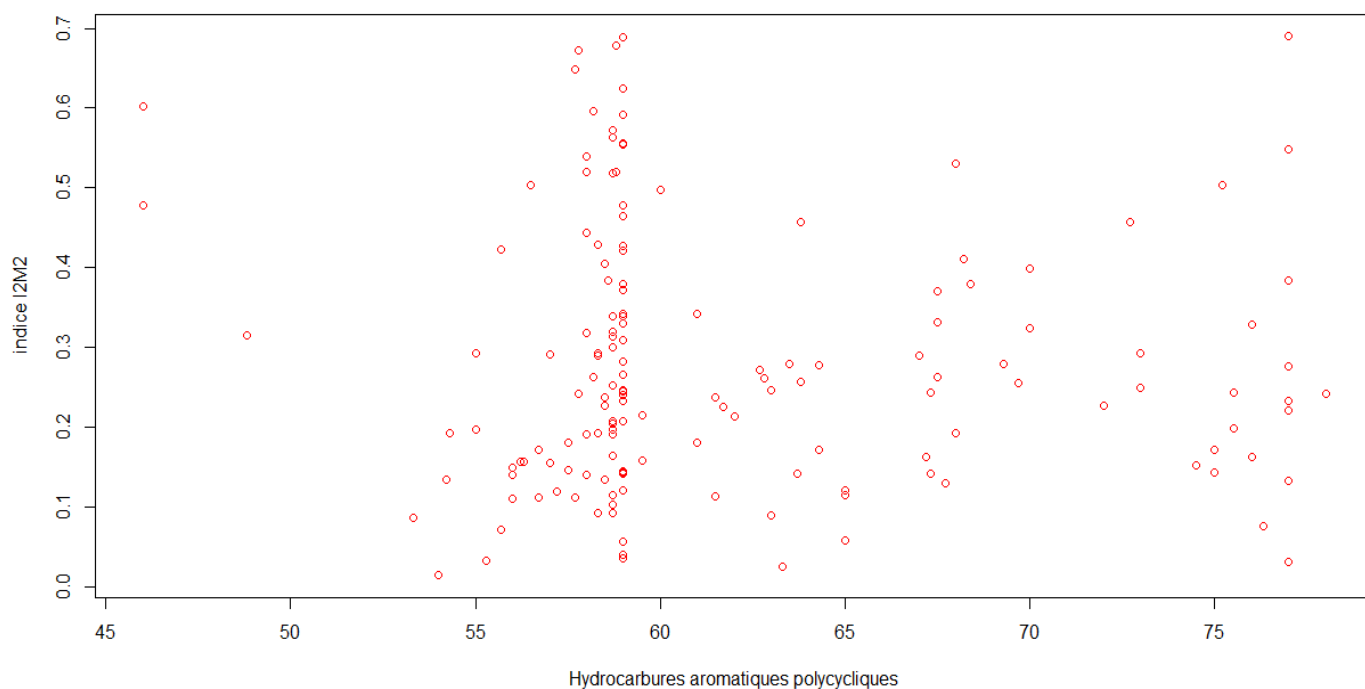


**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération effets des proliférations végétales du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**

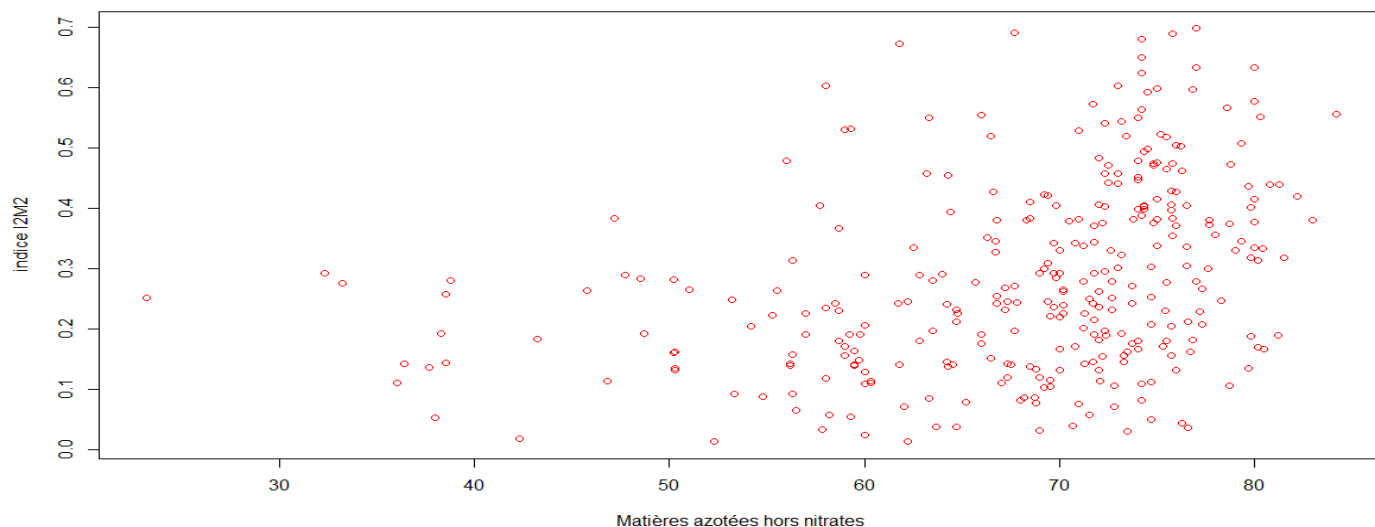


Ce graphe montre une répartition curieuse des données, avec un grand nombre de valeurs des indices de l'altération hydrocarbures proche de 59 :

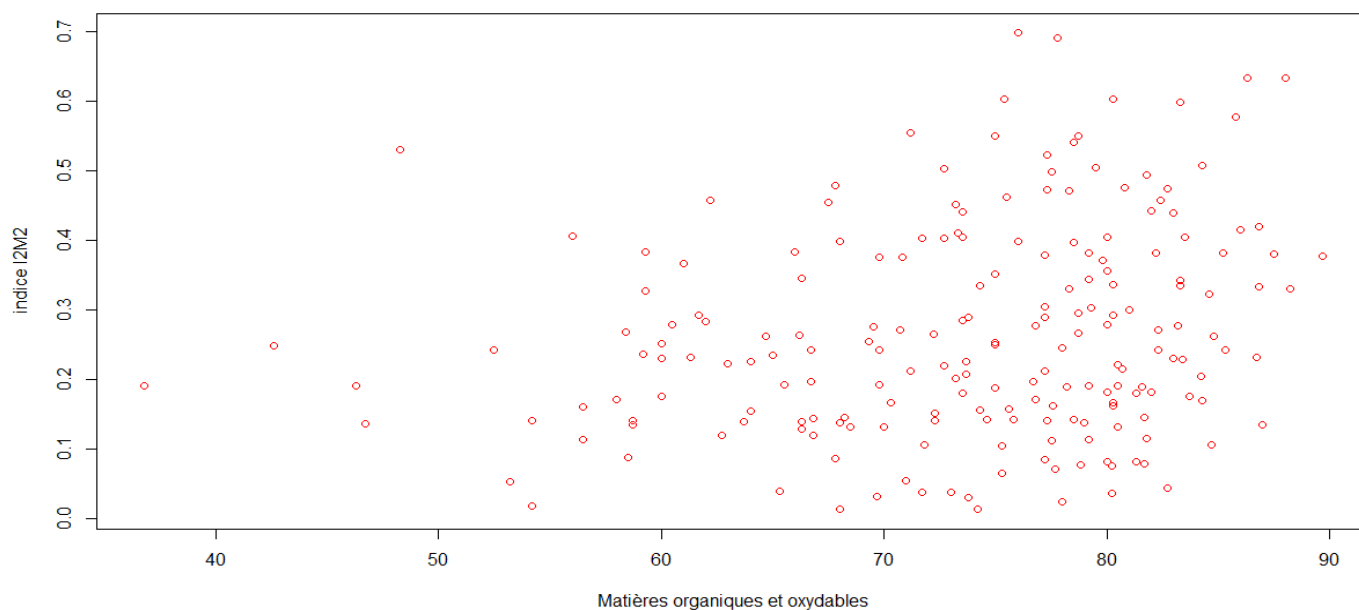
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération hydrocarbures aromatiques polycycliques du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 156 données, 2007-2012)**



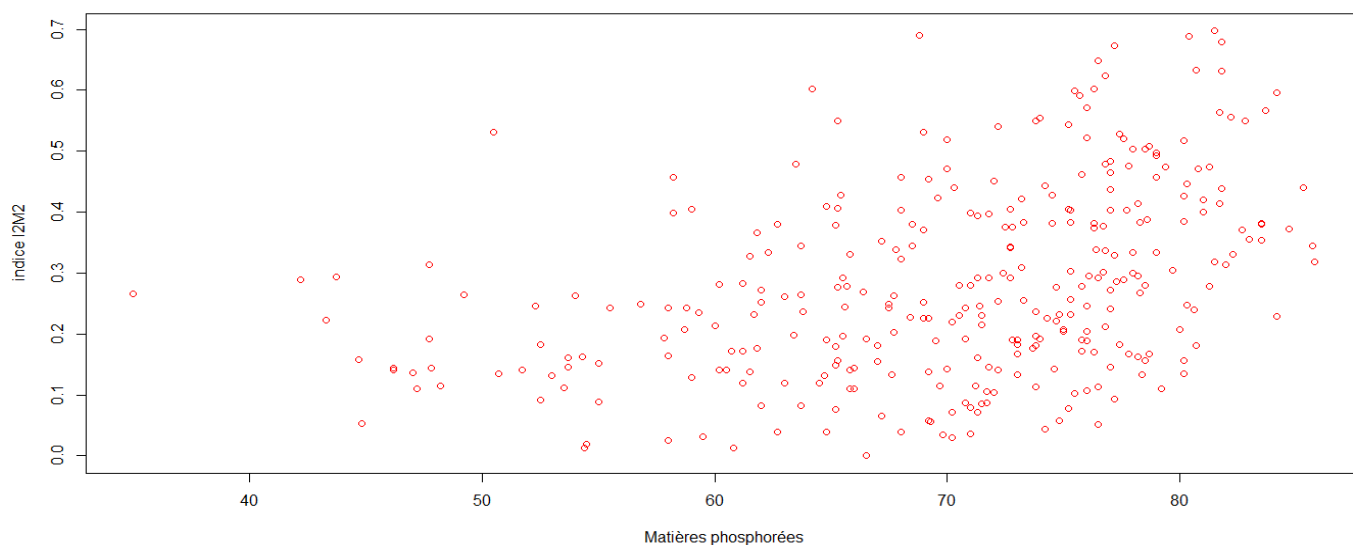
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération matières azotées hors nitrates du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**



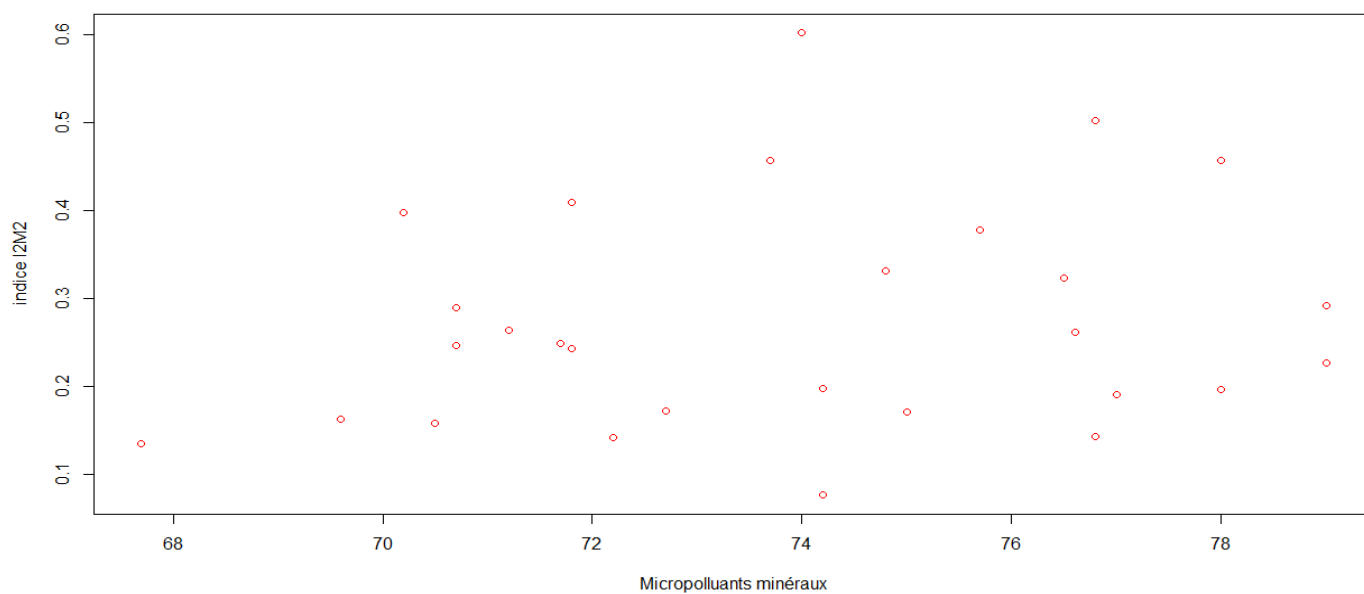
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération matières organiques et oxydables du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 204 données, 2007-2012)**



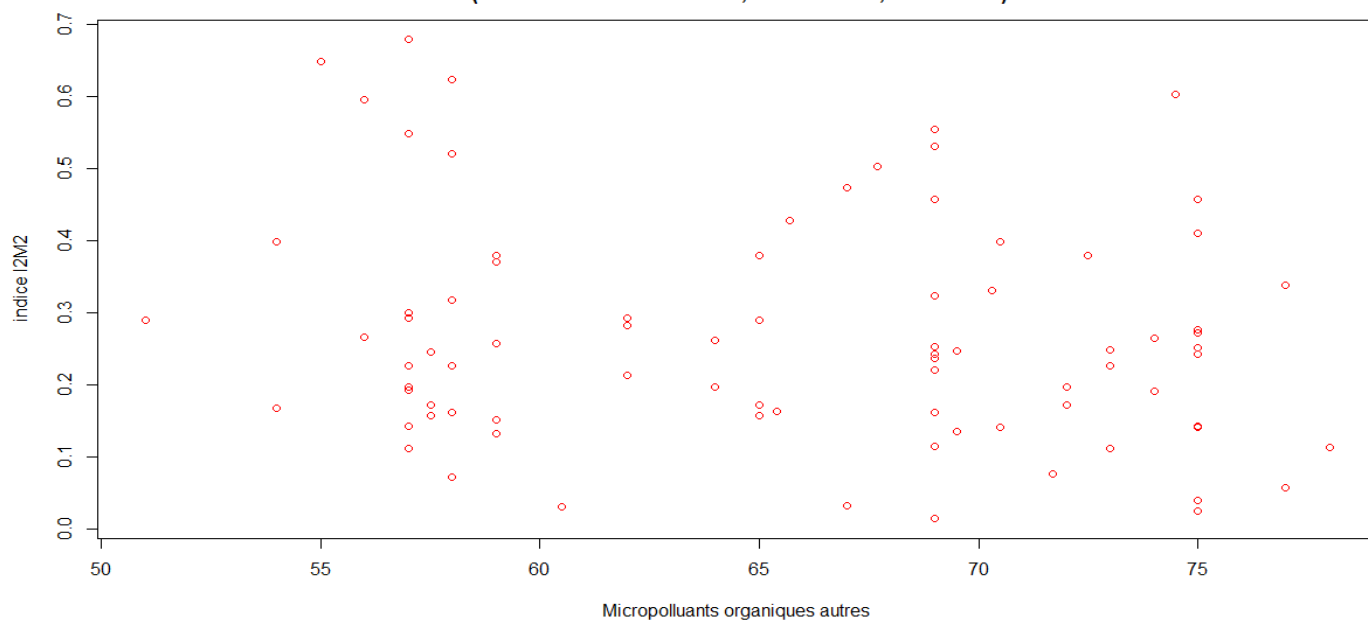
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**



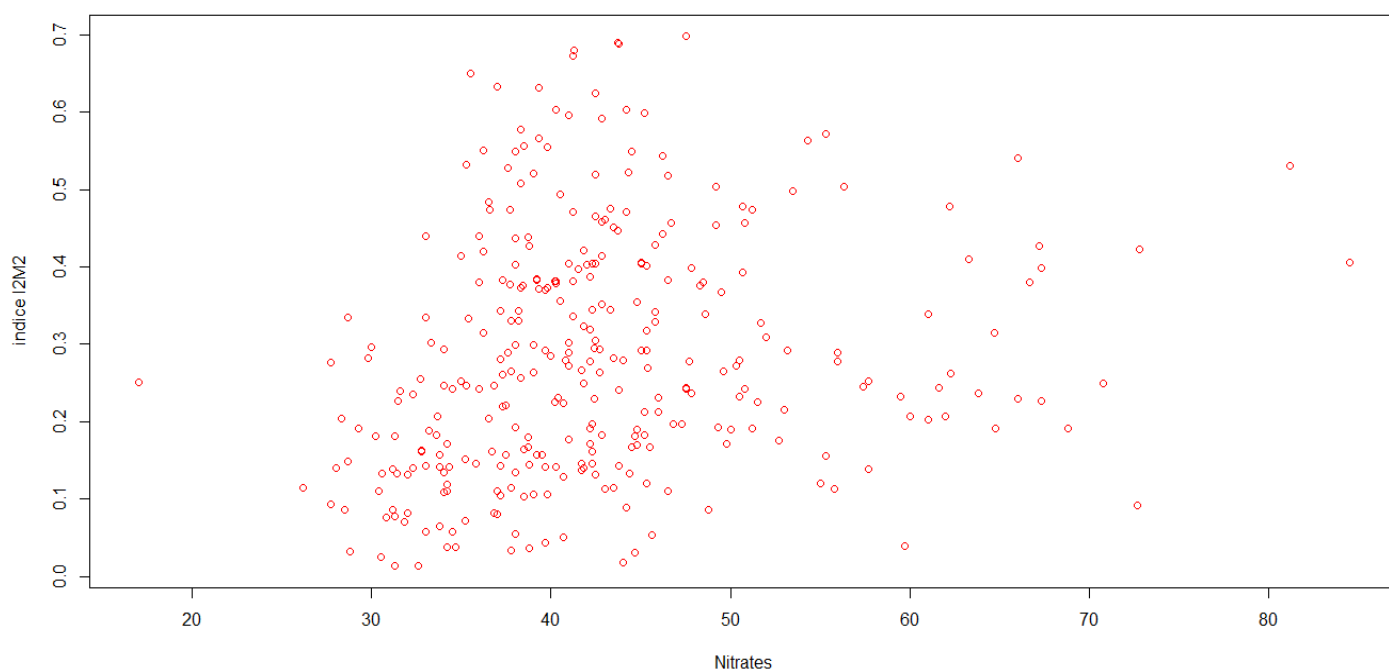
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération micropolluants minéraux du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 29 données, 2007-2012)**



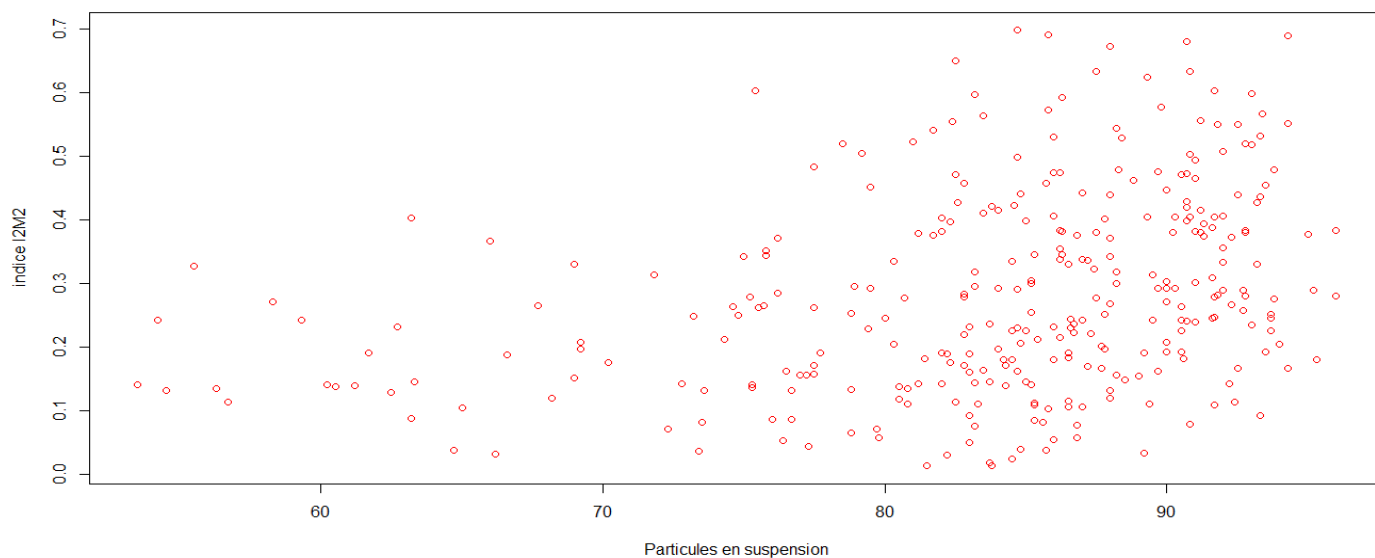
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération micropolluants organiques autres du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 84 données, 2007-2012)**



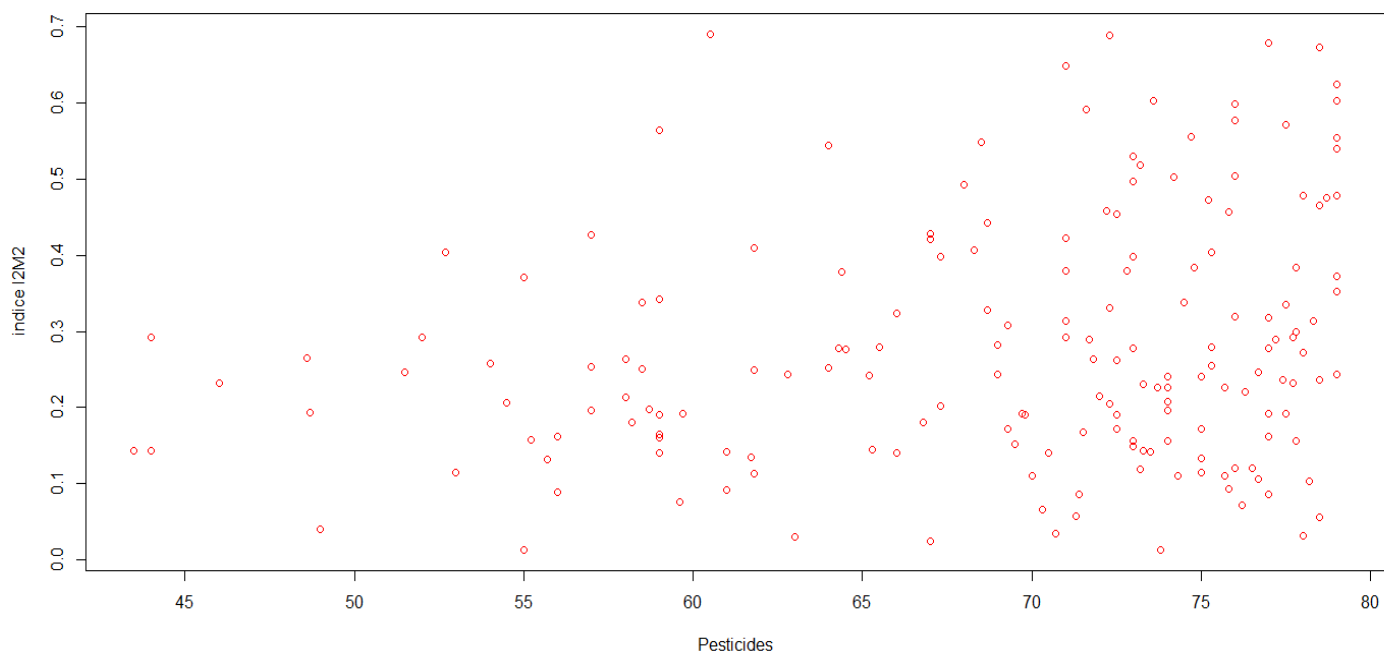
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération nitrates du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**



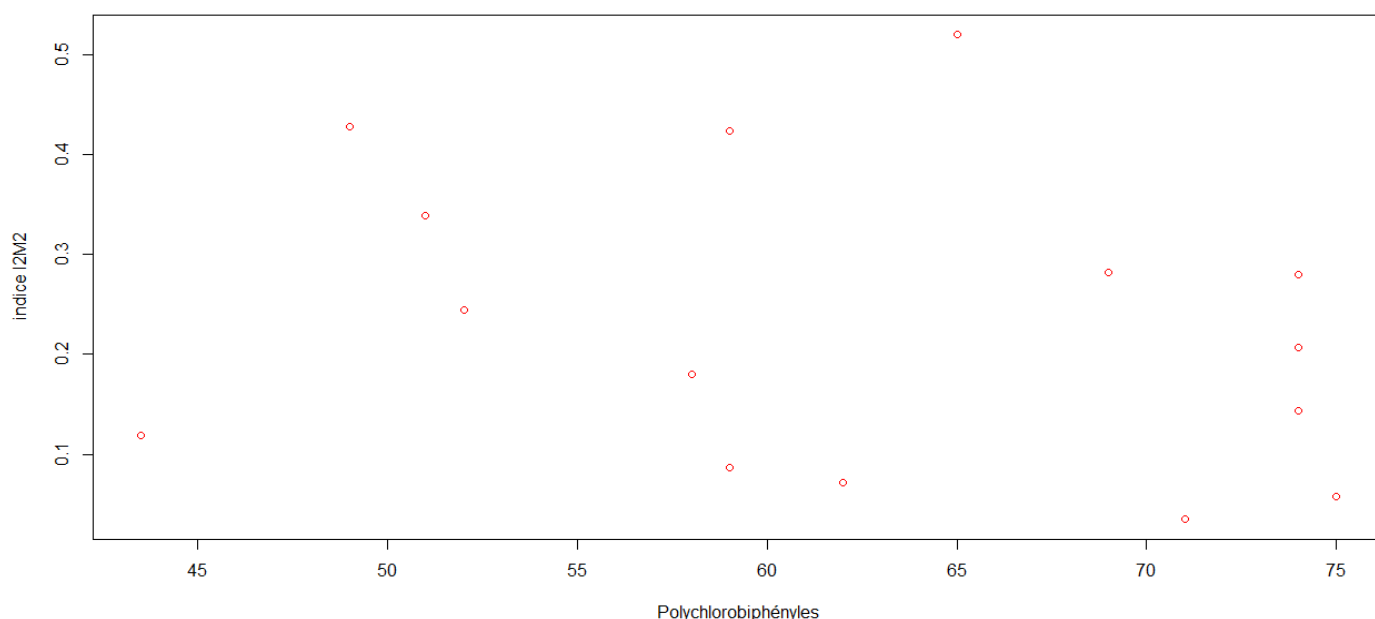
**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération particules en suspension du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)**



**Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération pesticides du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 178 données, 2007-2012)**

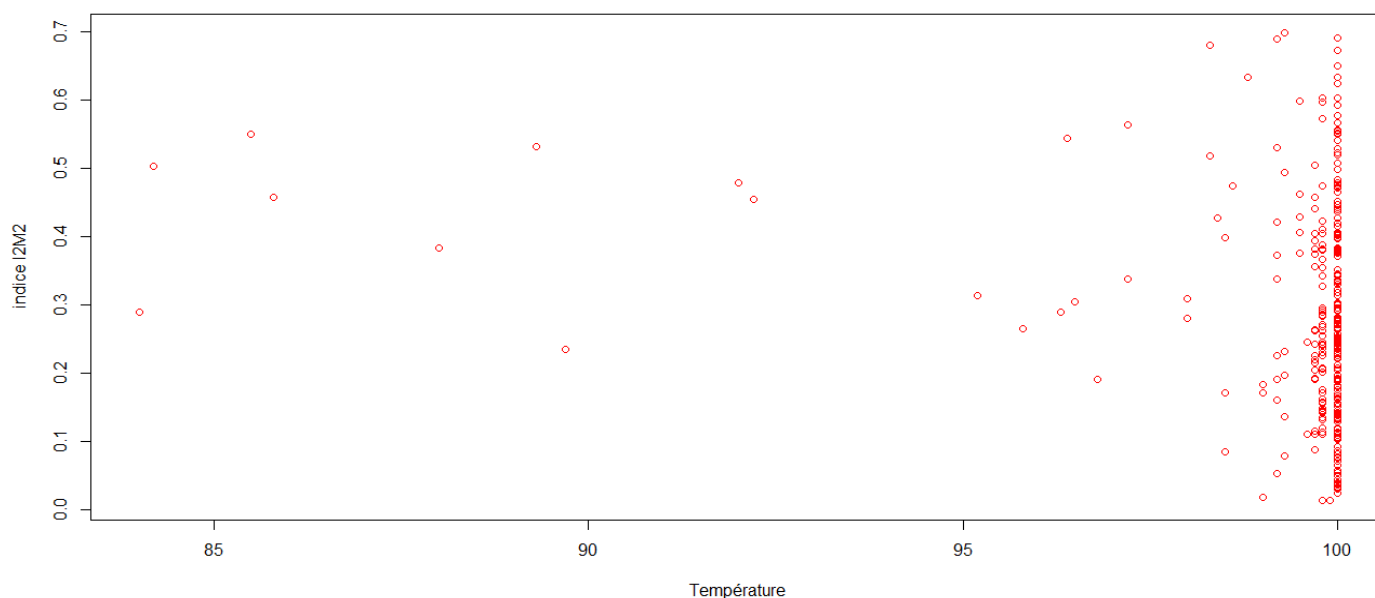


Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération Polychlorobiphényles du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 15 données, 2007-2012)



L'altération température du SEQ-eau n'apparaît guère discriminante

Lien entre l'indice I2M2 et l'indice moyen 6 mois de l'altération température du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 321 données, 2007-2012)



4.1.4. Recherche de liens entre les valeurs brutes des métriques de l'I2M2 et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau

4.1.4.1. Recherche de liens linéaires

Les coefficients de corrélation linéaires (r) entre indices moyens des altérations SEQ-eau 6 mois et indices biologiques annuels sont les suivants ; les corrélations significatives sont indiquées en couleur :

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coefficient de corrélation linéaire entre les variables					
		I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo- viviparité	Poly- voltinisme	Richesse taxo- nomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	321	-0,20	-0,16	0,19	0,11	-0,17	-0,13
Effets des proliférations végétales	321	-0,18	0,006	0,17	0,24	-0,15	-0,08
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	156	-0,03	0,02	-0,05	-0,01	-0,06	0,02
Matières azotées hors nitrates	321	0,33	0,63	-0,13	0,01	0,30	0,19
Matières organiques et oxydables	204	0,21	0,49	-0,04	0,06	0,19	0,06
Matières phosphorées	319	0,39	0,60	-0,15	-0,10	0,32	0,12
Micropolluants minéraux	29	0,18	0,23	0,14	-0,29	-0,04	0,05
Micropolluants organiques autres	84	-0,17	-0,12	0,006	0,18	-0,09	0,06
Nitrates	321	0,19	0,07	-0,12	-0,31	0,29	0,20
Particules en suspension	321	0,32	0,25	-0,15	-0,26	0,29	0,07
Pesticides	178	0,22	0,30	-0,03	0,05	0,19	0,16
Polychlorobiphényles	15	-0,24	-0,24	-0,16	-0,05	-0,40	-0,40
Température	321	-0,18	0,10	0,17	0,16	-0,06	-0,13

4.1.4.2. Recherche de liens non linéaires

Les coefficients de corrélation non linéaires (rho) de Spearman entre indices moyens des altérations SEQ-Eau 6 mois et indices biologiques annuels sont les suivants ; les corrélations significatives sont indiquées en couleur :

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coefficient de corrélation non linéaire (rho) entre les variables					
		I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo- viviparité	Poly- voltinisme	Richesse taxo- nomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	321	-0,17	-0,16	0,16	0,10	-0,18	-0,14
Effets des proliférations végétales	321	-0,17	-0,03	0,15	0,23	-0,17	-0,13
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	156	0,04	0,04	-0,14	-0,05	0,006	-0,01
-Matières azotées hors nitrates	321	0,39	0,61	-0,08	-0,08	0,26	0,17
Matières organiques et oxydables	204	0,21	0,45	-0,004	0,02	0,18	0,04
Matières phosphorées	319	0,42	0,55	-0,12	-0,18	0,30	0,11
Micropolluants minéraux	29	0,17	0,15	0,16	-0,23	0,01	0,07
Micropolluants organiques autres	84	-0,17	-0,17	-0,01	0,21	-0,19	0,04
Nitrates	321	0,27	0,19	-0,10	-0,35	0,31	0,19
Particules en suspension	321	0,35	0,22	-0,17	-0,26	0,32	0,07
Pesticides	178	0,19	0,31	-0,09	0,04	0,18	0,14
Polychlorobiphényles	15	-0,31	-0,25	-0,09	0,04	-0,41	-0,43
Température	321	-0,15	0,07	0,07	0,23	-0,11	-0,20

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coefficient de corrélation non linéaire (rho) entre les variables		
		IBG éq	Groupe faunistique indicateur	Variété taxonomique
Acidification	321	-0,17	-0,00	-0,01
Effets des proliférations végétales	321	-0,17	0,01	-0,04
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	156	0,00	0,08	0,02

Matières azotées hors nitrates	321	0,32	0,02	-0,03
Matières organiques et oxydables	204	0,22	0,02	0,16
Matières phosphorées	319	0,39	0,04	0,07
Micropolluants minéraux	29	-0,15	-0,36	0,21
Micropolluants organiques autres	84	-0,19	-0,62	-0,21
Nitrates	321	0,23	-0,00	-0,13
Particules en suspension	321	0,26	-0,05	-0,05
Pesticides	178	0,20	0,30	0,10
Polychlorobiphényles	15	-0,39	0	-0,5
Température	321	-0,05	0,07	0,17

4.1.5. Recherche de liens entre les EQR des métriques de l'I2M2 et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau

4.1.5.1. Données et objectifs

Nous disposons aussi des données des 5 métriques de l'indice I2M2 exprimées en EQR. Nous avons calculé les corrélations linéaire et non linéaire entre ces EQR et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau.

4.1.5.2. Recherche de liens linéaires

Les coefficients de corrélation linéaire (r) entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nombre de données	Coefficient de corrélation linéaire entre les variables				
		EQR Average Score Per Taxon (ASPT)	EQR Ovo-viviparité	EQR Poly-voltinisme	EQR Richesse taxonomique	EQR Indice de diversité de Shannon
Acidification	333	-0,19	-0,16	-0,09	-0,17	-0,12
Effets des proliférations végétales	333	-0,04	-0,13	-0,25	-0,11	-0,02
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	166	-0,01	0,01	0,00	-0,04	-0,02
Matières azotées hors nitrates	333	0,50	0,10	-0,11	0,35	0,23
Matières organiques et oxydables	212	0,40	0,03	-0,10	0,26	0,12
Matières phosphorées	331	0,48	0,17	0,02	0,38	0,18
Micropolluants minéraux	28	-0,01	-0,01	0,32	0,06	0,17
Micropolluants organiques autres	90	-0,19	0,04	-0,19	-0,19	0,05
Nitrates	333	0,07	0,06	0,23	0,20	0,09
Particules en suspension	333	0,21	0,18	0,24	0,34	0,15
Pesticides	188	0,23	0,14	-0,06	0,25	0,22
Polychlorobiphényles	18	-0,27	0,08	0,11	-0,39	-0,44
Température	333	0,09	-0,27	-0,18	-0,09	-0,15

4.1.5.3. Recherche de liens non linéaires

Les coefficients de corrélation non linéaire (rho) de Spearman entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nombre de données	Coefficient de corrélation non linéaire entre les variables				
		EQR Average Score Per Taxon (ASPT)	EQR Ovo- viviparité	EQR Poly- voltinisme	EQR Richesse taxo- nomique	EQR Indice de diversité de Shannon
Acidification	333	-0,16	-0,13	-0,08	-0,16	-0,12
Effets des proliférations végétales	333	-0,03	-0,12	-0,22	-0,12	-0,05
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	166	0,02	0,11	0,03	0,02	-0,04
Matières azotées hors nitrates	333	0,59	0,09	0,08	0,34	0,27
Matières organiques et oxydables	212	0,44	0,02	-0,01	0,25	0,15
Matières phosphorées	331	0,53	0,14	0,18	0,38	0,23
Micropolluants minéraux	28	0,07	-0,11	0,27	0,13	0,14
Micropolluants organiques autres	90	-0,23	0,04	-0,21	-0,23	0,03
Nitrates	333	0,19	0,06	0,31	0,25	0,09
Particules en suspension	333	0,21	0,19	0,28	0,37	0,15
Pesticides	188	0,29	0,14	-0,04	0,24	0,19
Polychlorobiphényles	18	-0,28	0,11	0,02	-0,44	-0,42
Température	333	0,05	-0,06	-0,22	-0,07	-0,12

4.1.6. Recherche de liens entre l'IBG équivalent et les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau

4.1.6.1. Données et objectifs

Nous disposons des indices IBG équivalent et EQR. Nous avons calculé leurs corrélations avec les indices moyens 6 mois des altérations SEQ-Eau.

4.1.6.2. Recherche de liens linéaires

Les coefficients de corrélation linéaire (r) entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coefficient de corrélation entre les variables		
		IBG éq	Groupe faunistique indicateur	Variété taxonomique
Acidification	321	-0,16	0,02	-0,01
Effets des proliférations végétales	321	-0,13	0,03	-0,04
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	156	-0,04	0,03	0,06
Matières azotées hors nitrates	321	0,37	-0,07	-0,01
Matières organiques et oxydables	204	0,22	-0,05	0,12
Matières phosphorées	319	0,36	-0,05	0,04
Micropolluants minéraux	29	-0,13	-0,28	0,09
Micropolluants organiques autres	84	-0,16	-0,63	-0,13
Nitrates	321	0,13	-0,08	-0,20
Particules en suspension	321	0,20	-0,10	-0,11
Pesticides	178	0,23	0,32	0,05
Polychlorobiphényles	15	-0,43	0,18	-0,5
Température	321	-0,02	0,03	0,12

Coefficient de corrélation linéaire r entre les variables		
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nombre de données	EQR IBG équivalent
Acidification	322	-0,14
Effets des proliférations végétales	322	-0,08
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	157	0,001
Matières azotées hors nitrates	322	0,38
Matières organiques et oxydables	204	0,26
Matières phosphorées	322	0,39
Micropolluants minéraux	28	-0,05
Micropolluants organiques autres	84	-0,22
Nitrates	322	0,04
Particules en suspension	322	0,25
Pesticides	177	0,27
Polychlorobiphényles	16	-0,34
Température	322	-0,06

4.1.6.3. Recherche de liens non linéaires

Les coefficients de corrélation non linéaire (rho) de Spearman entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Coefficient de corrélation non linéaire rho entre les variables		
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nombre de données	EQR IBG équivalent
Acidification	322	-0,14
Effets des proliférations végétales	322	-0,09
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	157	0,04
Matières azotées hors nitrates	322	0,36
Matières organiques et oxydables	204	0,26
Matières phosphorées	322	0,38
Micropolluants minéraux	28	-0,01
Micropolluants organiques autres	84	-0,22
Nitrates	322	0,13
Particules en suspension	322	0,34
Pesticides	177	0,25
Polychlorobiphényles	16	-0,29
Température	322	0,08

4.1.7. Conclusions : réponses des métriques de l'I2M2 aux pressions

- Les corrélations des variables biologiques et SEQ-Eau sont meilleures (plus nombreuses, plus élevées) avec les indices d'altération moyens 6 mois qu'avec les indices annuels (percentile 90).
- Les corrélations linéaires des 2 indices avec les altérations restent peu élevées (maximum 39% I2M2 ou EQR IBG éq avec MPHOS) ; les meilleures corrélations linéaires sont obtenues par l'ASPT (63% avec MAZOT, 60% avec MPHOS, 49% avec MOOX)
- Les corrélations non linéaires sont à peine supérieures aux linéaires (2% en moyenne).

4.2. CORRELATIONS ENTRE I2M2 ET METRIQUES SELON L'HER NIVEAU 2

4.2.1. Objectifs et données

Nous avons calculé les corrélations entre les variables biologiques et les altérations SEQ-Eau par HER 2. Sont écartées de l'analyse les altérations température (quasiment toutes données en classe bleue) et PCB (30 données par an au maximum et sur 3 ans). Ainsi que les HER 2 présentant un nombre de données faible.

Les coefficients de corrélation (r) linéaires entre indices sont donnés ci-dessous ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur.

4.2.2. Haute-Normandie-Picardie

● Valeurs brutes

HER Haute Normandie Picardie		Coefficient de corrélation entre les variables					
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	173	-0,31	-0,25	0,23	0,19	-0,20	-0,22
Effets des proliférations végétales	173	-0,31	-0,19	0,20	0,23	-0,23	-0,23
HAP	62	0,07	0,03	0,17	-0,34	-0,08	-0,14
Matières azotées hors nitrates	173	0,27	0,50	-0,22	-0,20	0,22	0,08
Matières organiques et oxydables	110	0,16	0,46	-0,02	-0,06	0,17	-0,04
Matières phosphorées	173	0,41	0,63	-0,15	-0,28	0,32	0,12
Micropolluants minéraux	13	0,28	0,40	0,23	-0,57	0,07	0,19
Micropolluants organiques autres	38	-0,16	-0,35	-0,07	0,35	-0,34	0,16
Nitrates	173	0,21	0,13	-0,13	-0,25	0,20	0,20
Particules en suspension	173	0,44	0,29	-0,32	-0,35	0,40	0,23
Pesticides	69	0,29	0,48	0,12	-0,09	0,25	0,09

● EQR

HER Haute Normandie Picardie		Coefficient de corrélation entre les variables					
Altérations SEQ-Eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	173	-0,31	-0,25	-0,21	-0,19	-0,21	-0,21
Effets des proliférations végétales	173	-0,31	-0,19	-0,20	-0,25	-0,23	-0,23
HAP	62	0,07	0,00	-0,07	0,06	-0,08	-0,19
Matières azotées hors nitrates	173	0,27	0,51	0,11	0,17	0,23	0,08
Matières organiques et oxydables	110	0,16	0,45	0,05	0,04	0,18	-0,05
Matières phosphorées	173	0,41	0,58	0,18	0,28	0,32	0,11
Micropolluants minéraux	13	0,28	0,08	0,21	0,53	0,07	0,13
Micropolluants organiques autres	38	-0,16	-0,38	-0,10	-0,36	-0,34	0,20
Nitrates	173	0,21	0,12	0,13	0,23	0,20	0,17
Particules en suspension	173	0,44	0,24	0,29	0,37	0,42	0,22
Pesticides	69	0,29	0,46	0,34	0,12	0,26	0,08

Les corrélations sont nombreuses dans l'HER Haute Normandie Picardie. L'EQR diminue les coefficients de l'ASPT et de l'indice de Shannon, augmente très légèrement ceux de la richesse taxonomique ; il inverse les corrélations de l'ovoviviparité et du polyvoltinisme.

4.2.3. Auréole Crétacé

● Valeurs brutes

HER Auréole Crétacé		Coefficient de corrélation entre les variables					
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	56	0,00	0,31	-0,13	-0,02	0,05	-0,23
Effets des proliférations végétales	56	-0,15	0,12	-0,01	0,32	-0,01	-0,28
HAP	36	0,32	0,08	-0,45	-0,26	0,13	0,09
Matières azotées hors nitrates	56	0,22	0,57	0,01	0,02	0,09	0,13
Matières organiques et oxydables	36	-0,07	0,14	0,05	0,18	-0,10	-0,06
Matières phosphorées	56	0,22	0,44	0,01	-0,28	0,26	-0,04
Micropolluants minéraux	7	0,12	0,42	0,42	-0,31	0,39	-0,16
Micropolluants organiques autres	18	0,05	0,19	-0,41	-0,03	-0,12	-0,24
Nitrates	56	0,55	0,19	-0,05	-0,52	0,38	0,66
Particules en suspension	56	0,21	0,14	-0,02	-0,31	0,08	-0,04
Pesticides	38	0,04	0,20	0,17	-0,02	0,09	-0,13

● EQR

HER Auréole Crétacé			Coefficient de corrélation entre les variables				
Altérations SEQ-Eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	56	0,00	0,22	0,18	0,04	0,05	-0,26
Effets des proliférations végétales	56	-0,15	0,05	0,08	-0,35	-0,02	-0,28
HAP	36	0,32	0,09	0,42	0,13	0,12	0,04
Matières azotées hors nitrates	56	0,22	0,50	0,06	0,005	0,05	0,17
Matières organiques et oxydables	36	-0,07	0,13	-0,06	-0,18	-0,09	-0,06
Matières phosphorées	56	0,22	0,34	-0,01	0,27	0,27	-0,04
Micropolluants minéraux	7	0,12	0,33	-0,64	0,32	0,39	-0,14
Micropolluants organiques autres	18	0,05	0,17	0,33	0,10	-0,14	-0,29
Nitrates	56	0,55	0,27	0,01	0,54	0,38	0,65
Particules en suspension	56	0,21	0,11	-0,01	0,31	0,44	-0,08
Pesticides	38	0,04	0,18	-0,05	0,04	0,10	-0,09

Les corrélations sont peu nombreuses dans l'HER Auréole Crétacé. Comme dans l'HER précédente, l'EQR diminue les coefficients de l'ASPT et de l'indice de Shannon, augmente très légèrement ceux de la richesse taxonomique ; il inverse les corrélations de l'ovoviviparité et du polyvoltinisme.

4.2.4. Ardennes

L'altération micropolluants minéraux (MPMI) n'est pas prise en compte du fait du nombre faible de données (3 données) disponibles.

● Valeurs brutes

HER Ardennes		Coefficient de corrélation entre les variables					
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo- viviparité	Poly- voltinisme	Richesse taxo- nomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	36	0,22	0,27	0,09	-0,03	0,00	0,50
Effets des proliférations végétales	36	0,01	0,12	0,18	0,09	-0,31	0,33
HAP	22	-0,13	-0,21	-0,03	0,27	-0,16	-0,14
Matières azotées hors nitrates	36	0,47	0,66	-0,09	-0,53	0,51	0,52
Matières organiques et oxydables	22	0,13	0,21	0,18	-0,07	0,09	0,13
Matières phosphorées	36	0,51	0,53	-0,42	-0,46	0,49	0,25
Micropolluants organiques autres	9	0,28	0,23	-0,34	-0,05	0,16	0,33
Nitrates	36	0,58	0,63	-0,13	-0,50	0,57	0,51
Particules en suspension	36	0,20	0,10	-0,07	-0,28	0,36	-0,06
Pesticides	26	-0,14	-0,24	-0,04	0,04	-0,04	-0,06

EQR

HER Ardennes			Coefficient de corrélation entre les variables				
Altérations SEQ-Eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo- viviparité	Poly- voltinisme	Richesse taxo- nomique	Indice de diversité de Shannon
Acidification	36	0,22	0,28	-0,10	0,06	0,02	0,50
Effets des proliférations végétales	36	0,01	0,14	-0,16	-0,13	-0,27	0,34
HAP	22	-0,13	-0,21	0,02	-0,24	-0,14	-0,13
Matières azotées hors nitrates	36	0,47	0,66	0,12	0,46	0,49	0,48
Matières organiques et oxydables	22	0,13	0,20	-0,19	0,13	0,06	0,13
Matières phosphorées	36	0,51	0,51	0,39	0,44	0,46	0,25
Micropolluants organiques autres	9	0,28	0,19	0,34	0,09	0,16	0,33
Nitrates	36	0,58	0,63	0,16	0,49	0,58	0,50
Particules en suspension	36	0,20	0,19	0,03	0,28	0,34	-0,18
Pesticides	26	-0,14	-0,26	0,04	-0,03	-0,03	-0,07

Les corrélations sont assez peu nombreuses dans l'HER Ardennes. Comme dans les HER précédentes, l'EQR diminue les coefficients de l'ASPT et de l'indice de Shannon, mais aussi, en moyenne ceux de la richesse taxonomique ; il inverse les corrélations de l'ovoviviparité et du polyvoltinisme.

4.2.5. Synthèse : réponses des métriques de l'I2M2 aux pressions

- Les corrélations I2M2-altérations SEQ-eau moyen 6 mois varient en nombre et en intensité selon les HER 2 testées : elles sont nombreuses en Haute Normandie Picardie, rares dans Auréole Crétacé, peu fréquentes en Ardennes.
- Dans toutes les HER, l'EQR diminue les coefficients de corrélation de l'ASPT et de l'indice de Shannon, augmente ceux de la richesse taxonomique (sauf en Ardennes) et inverse les corrélations de l'ovoviviparité et du polyvoltinisme.

4.3. IDENTIFICATION DE LA PRESSION A L'ORIGINE DES DECLASSEMENTS PAR L'I2M2

4.3.1. Corrélations entre écart relatif entre indices biologiques et altérations SEQ-Eau

4.3.1.1. Objectifs et données

Toutes les stations (sauf une) sont déclassées par l'I2M2, plus sévère que l'IBG éq., mais de façon plus ou moins accentuée : il s'agit de savoir quelles sont les pollutions à l'origine des écarts les plus importants. Les données sont d'une part l'écart relatif entre les 2 indices ramenés à une même base, d'autre part les indices SEQ-eau moyens 6 mois des altérations Mazot, Mphos, Moox, Nitrates, Pest, HAP, PAES.

4.3.1.2. Recherche de lien linéaire

Les coefficients de corrélation (r) linéaires entre l'écart relatif entre I2M2 et IBG équivalent et indices SEQ-Eau moyens 6 mois et sont donnés ci-dessous ; les corrélations significatives sont surlignées.

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coefficient de corrélation linéaire avec Ecart relatif
HAP	157	0,09
Matières azotées hors nitrates	322	-0,25
Matières organiques et oxydables	204	-0,15
Matières phosphorées	319	-0,32
Nitrates	322	-0,22
Particules en suspension	322	-0,31
Pesticides	179	-0,17

4.3.1.3. Recherche de lien non linéaire

Les coefficients de corrélation (rho) non linéaires entre l'écart relatif entre les indices I2M2 et IBG équivalent et les indices d'altérations SEQ-Eau moyens 6 mois sont donnés ci-dessous ; les corrélations significatives sont surlignées.

Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	Coeff de corrélation non linéaire avec Ecart relatif
HAP	157	-0,05
Matières azotées hors nitrates	322	-0,35
Matières organiques et oxydables	204	-0,19
Matières phosphorées	319	-0,40
Nitrates	322	-0,24
Particules en suspension	322	-0,33
Pesticides	179	-0,17

Les coefficients de corrélation non linéaires sont plus élevés que ceux des corrélations linéaires. L'écart entre les indices n'est pas corrélé aux HAP (ce qui ne veut pas dire que les invertébrés n'y réagissent pas).

4.3.2. Pouvoir de discrimination des altérations du SEQ-Eau sur l'écart relatif entre indices biologiques

Pour déterminer le pouvoir de discrimination des altérations SEQ-Eau, nous avons calculé la statistique F (F-value) de L'ANOVA (analyse de la variance) de chaque altération en fonction des classes d'écart relatif des indices biologiques. Les variables les plus discriminantes sont celles qui ont la plus grande F-value. Cet indicateur permet de voir le poids de chaque variable dans la discrimination des classes d'écart d'indices.

Nous avons calculé la moyennes et la variance des indices SEQ-Eau 6 mois de chaque classe d'écart relatif entre les indices I2M2 et IBG équivalent. Les résultats figurent sur les tableaux suivants.

NB : ces calculs ont été faits sur 76 données seulement, nombre de données communes à toutes les altérations testées.

Description des indices de l'altération HAP en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	76,1	1,62
20-40%[	2	9	58,31	86,15
40-60%[	3	22	69,08	34,32
60-80%[	4	33	66,41	62,90
80-100%]	5	10	63,09	62,8

Description des indices de l'altération Mazot en fonction des classes d'écart relatif

Classe d'écart relatif	Code classe d'écart	Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	71,95	36,15
20-40%[	2	9	66,88	54,73
40-60%[	3	22	67,96	72,25
60-80%[	4	33	61,67	98,04
80-100%]	5	10	64,98	40,46

Description des indices de l'altération MOOX en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	75,25	13
20-40%[	2	9	73,81	34,03
40-60%[	3	22	73,51	52,53
60-80%[	4	33	66,88	129,39
80-100%]	5	10	71	53,06

Description des indices de l'altération Mphos en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	73,65	47,04
20-40%[	2	9	68,15	61,68
40-60%[	3	22	67,9	36,20
60-80%[	4	33	60,37	83,91
80-100%]	5	10	63,7	27,54

Description des indices de l'altération Nitrates en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	46,45	15,12
20-40%[	2	9	49,8	66,61
40-60%[	3	22	44,79	100,2
60-80%[	4	33	44,81	122,22
80-100%]	5	10	38,92	134,6

Description des indices de l'altération Pesticides en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	67,35	93,84
20-40%[	2	9	72,95	69,6
40-60%[	3	22	69,96	43,69
60-80%[	4	33	62,89	99,91
80-100%]	5	10	67,59	106,30

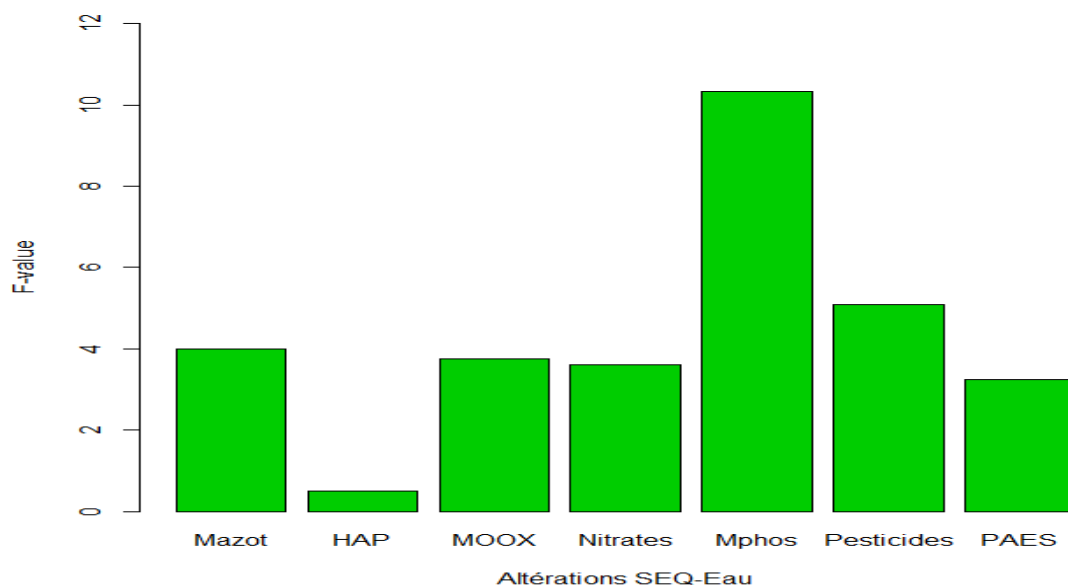
Description des indices de l'altération PAES en fonction des classes d'écart relatif

Classes d'écart relatif		Nb de données	Moyenne intra-classes	Variance intra-classes
0-20%[	1	2	88,3	12,5
20-40%[	2	9	85,13	38,9
40-60%[	3	22	79,50	133,30
60-80%[	4	33	76,61	125,53
80-100%]	5	10	80,21	71,01

La statistique F (F-value) de L'ANOVA (analyse de la variance) de chaque altération en fonction des classes d'écart relatif entre les indices biologiques est la suivante. Les variables les plus discriminantes sont celles qui ont la plus grande F-value. Cet indicateur permet de voir le poids de chaque variable dans la discrimination des classes d'écart d'indices :

Altérations SEQ-Eau	F-value
MAZOT	4
HAP	0,5
MOOX	3,7
NO3	3,6

MPHOS	10,3
PEST	5,07
PAES	3,23

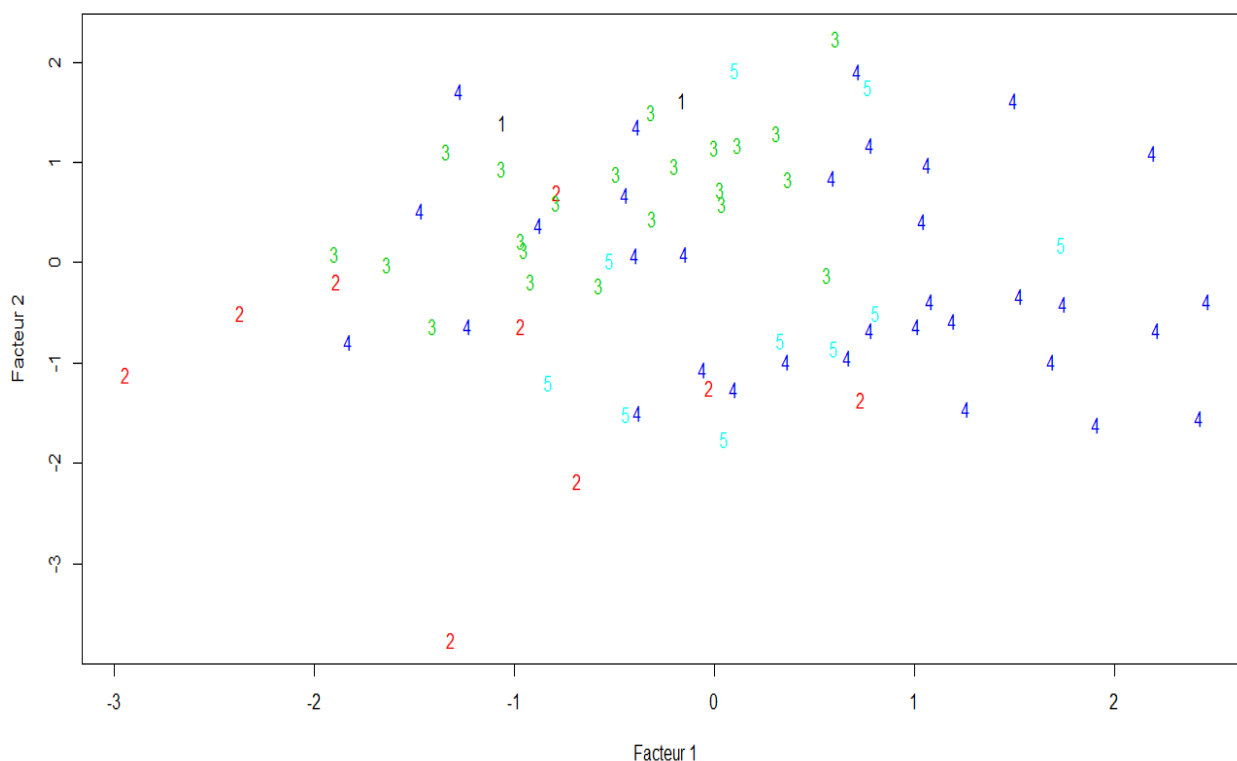


Les matières phosphorées, les pesticides et les matières azotées constituent les altérations les plus discriminantes des écarts relatifs entre les indices biologiques (exprimés en classes). Suivent les matières azotées, les MOOX, les nitrates et les PAES.

4.3.3. Capacité de prévision de la classe d'écart relatif entre indices bio pour une station donnée à partir des altérations du SEQ-Eau 6 mois

Nous avons fait un modèle d'analyse factorielle discriminante (AFD) à partir des indices de qualité moyens 6 d'altérations SEQ-Eau et calculé la capacité de chaque modèle à prédire la classe d'écart relatif pour une station donnée.

Représentation des classes d'écarts relatifs entre I2M2 et IBG équivalent
(Données Artois-Picardie, 76 données par altération, 2007-20012)



Le pourcentage de prédiction d'une station avec la juste classe d'écart relatif entre indices biologique à partir des données d'altérations SEQ-Eau est de l'ordre de 62%, ce qui est assez bon vu le faible nombre de données (76) dont nous disposons.

4.3.4. Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état et perturbés - capacité de discrimination de l'I2M2

4.3.4.1. Objectifs et données

On recherche les pressions les plus déclassantes d'une autre manière. On dispose des valeurs d'I2M2 (bons ou moins bons) dans des sites en bon état ou perturbés (indices SEQ-eau 6 mois). De plus, pour vérifier la capacité de discrimination de l'I2M2 vis-à-vis de celle de l'IBGéq, les distributions des 2 indices seront représentées côte à côte.

4.3.4.2. Représentations graphiques des I2M2 par box plot selon le niveau des altérations

Boîte 1 : statistique des I2M2 dans les sites en bon état (altération moyenne 6 mois en très bonne ou bonne qualité, classe 1 et 2, bleue ou verte)

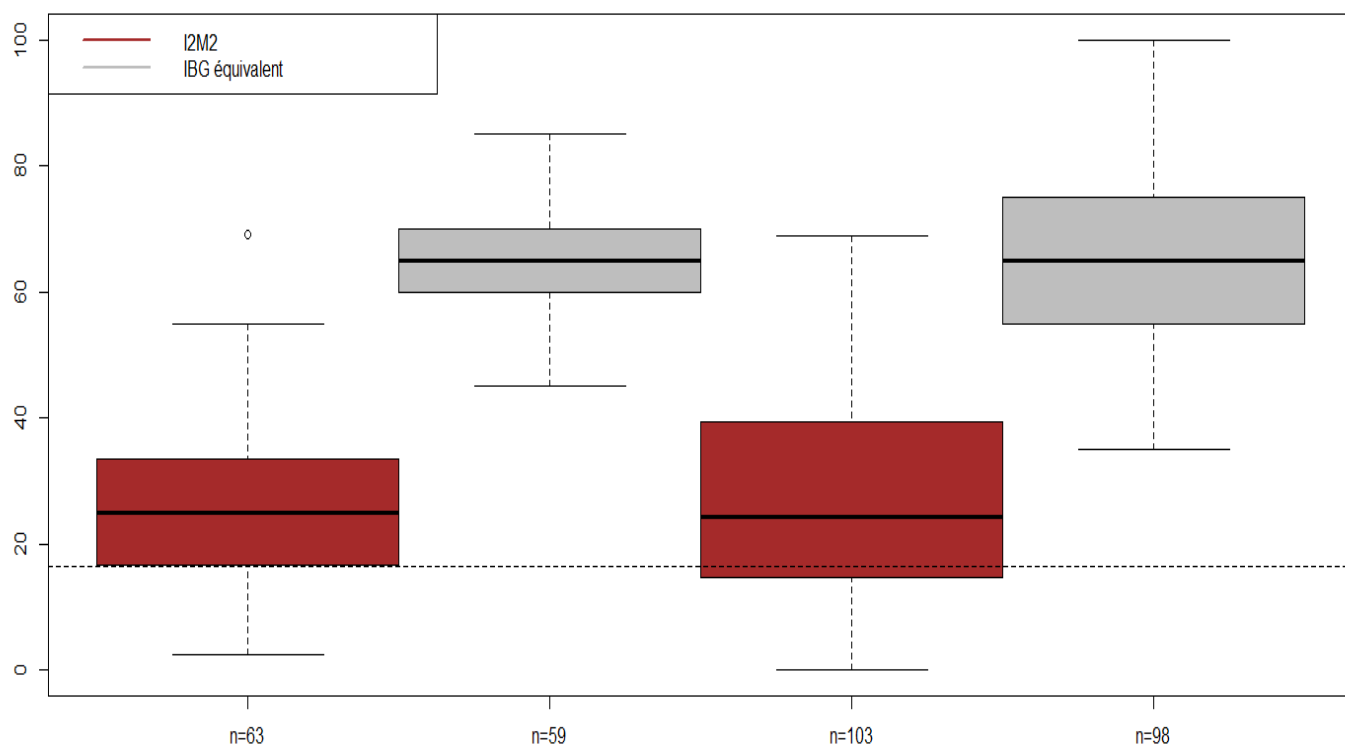
Boîte 2 : idem statistique des IBG eq, sites en bon état

Boîte 3 : statistique des I2M2 dans des sites perturbés (altération de qualité moyenne, médiocre, mauvaise, classes 3, 4 et 5, jaune, orange, rouge)

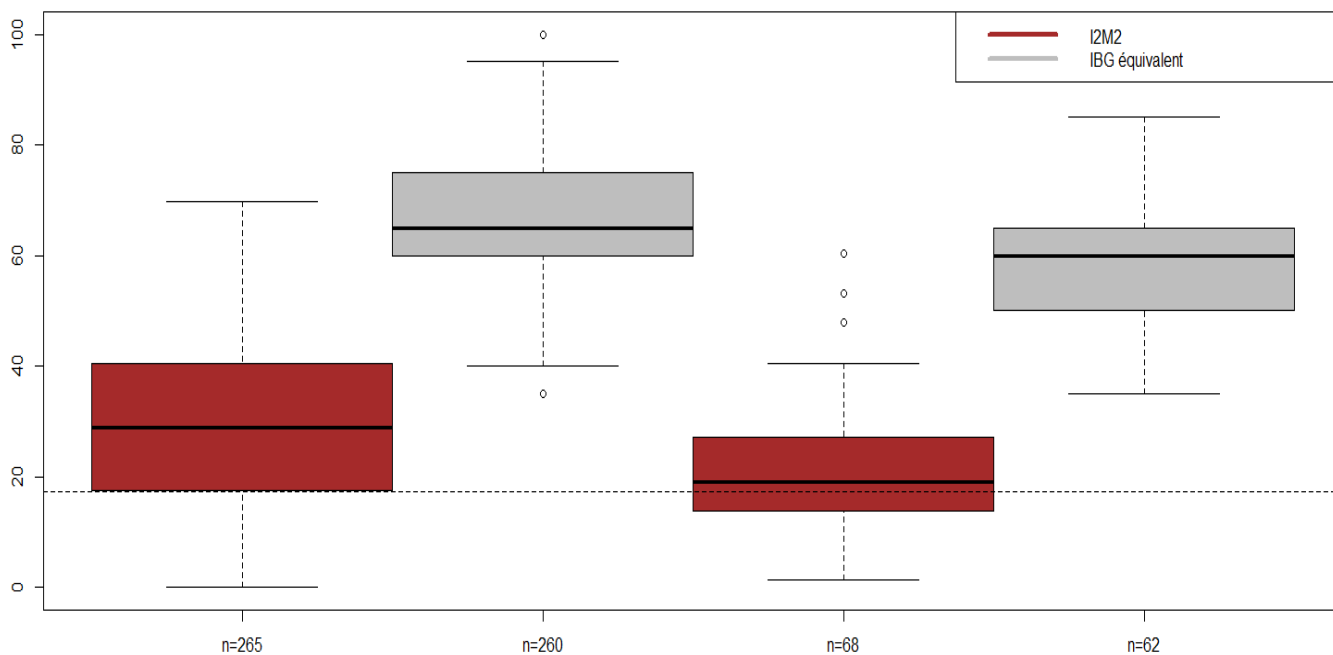
Boîte 4 : idem statistique des IBGeq, sites perturbés

Le pointillé indique le quartile 25 de l'I2M2 dans les sites de bonne qualité.

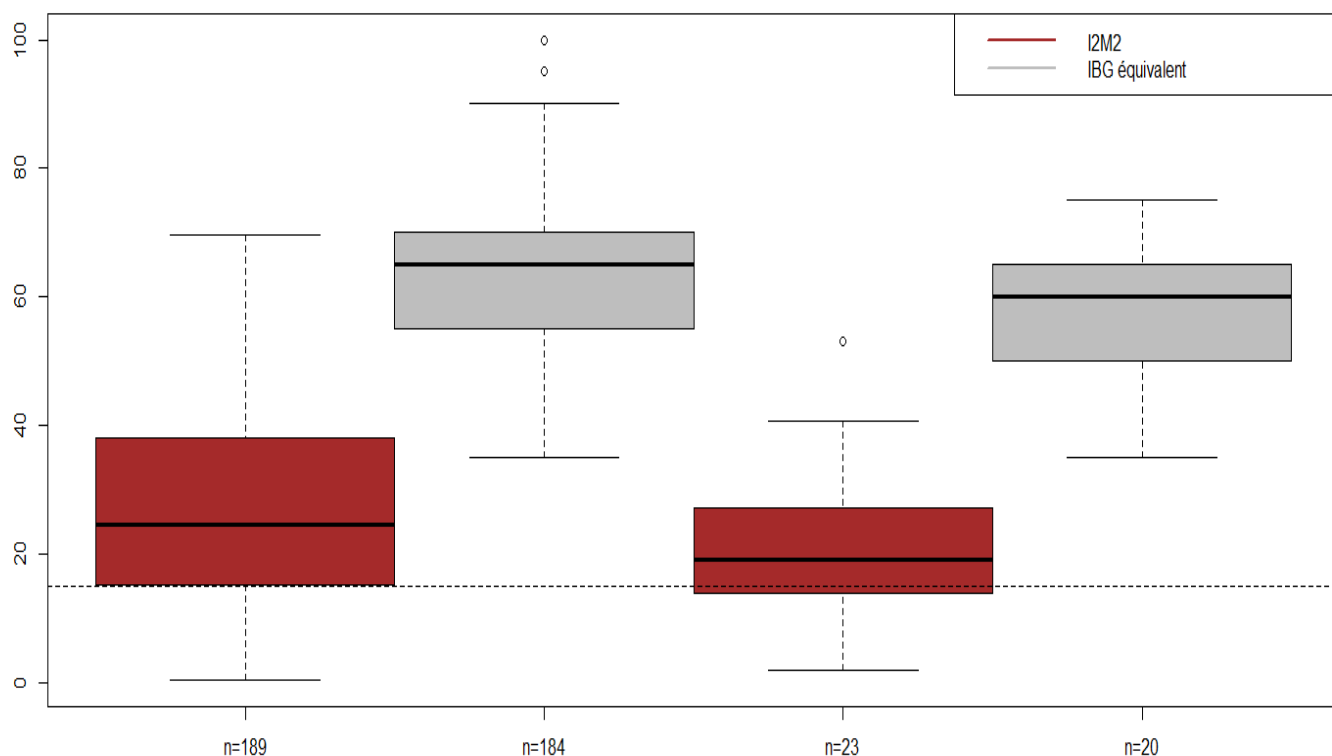
**Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)**



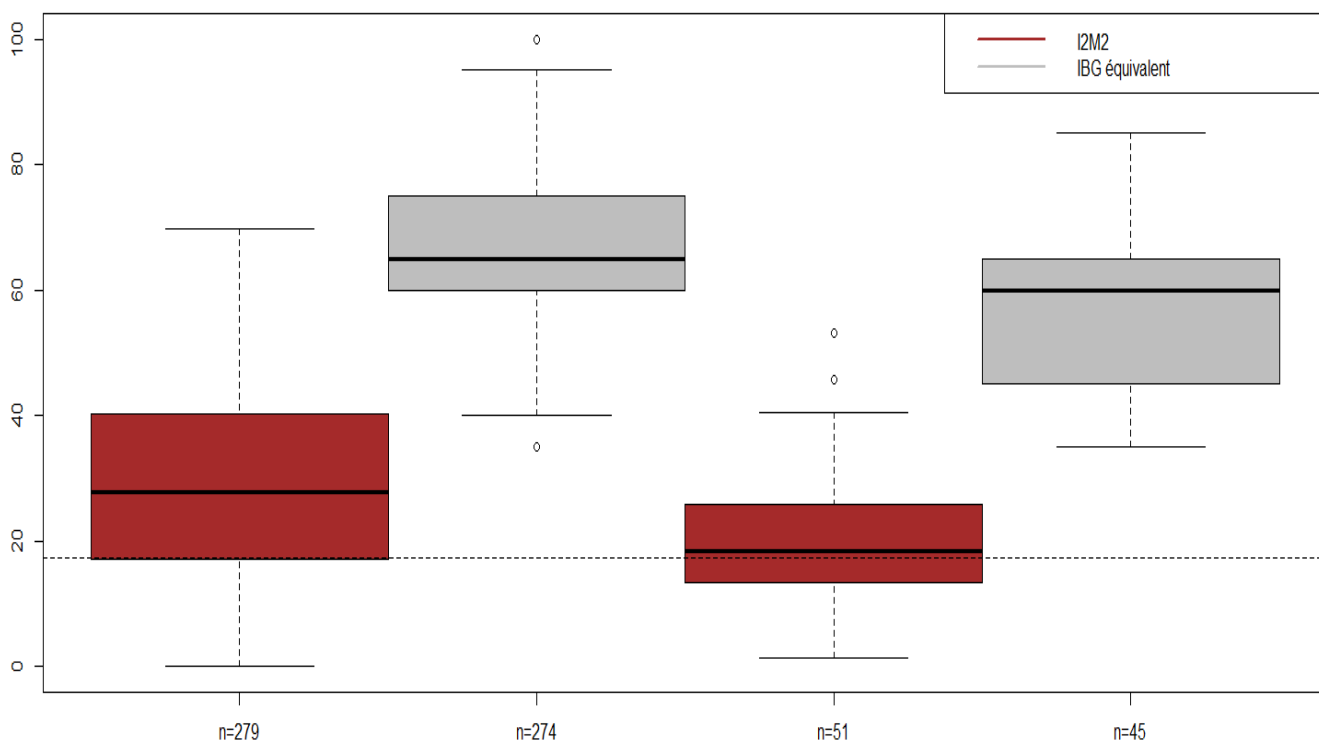
**Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)**



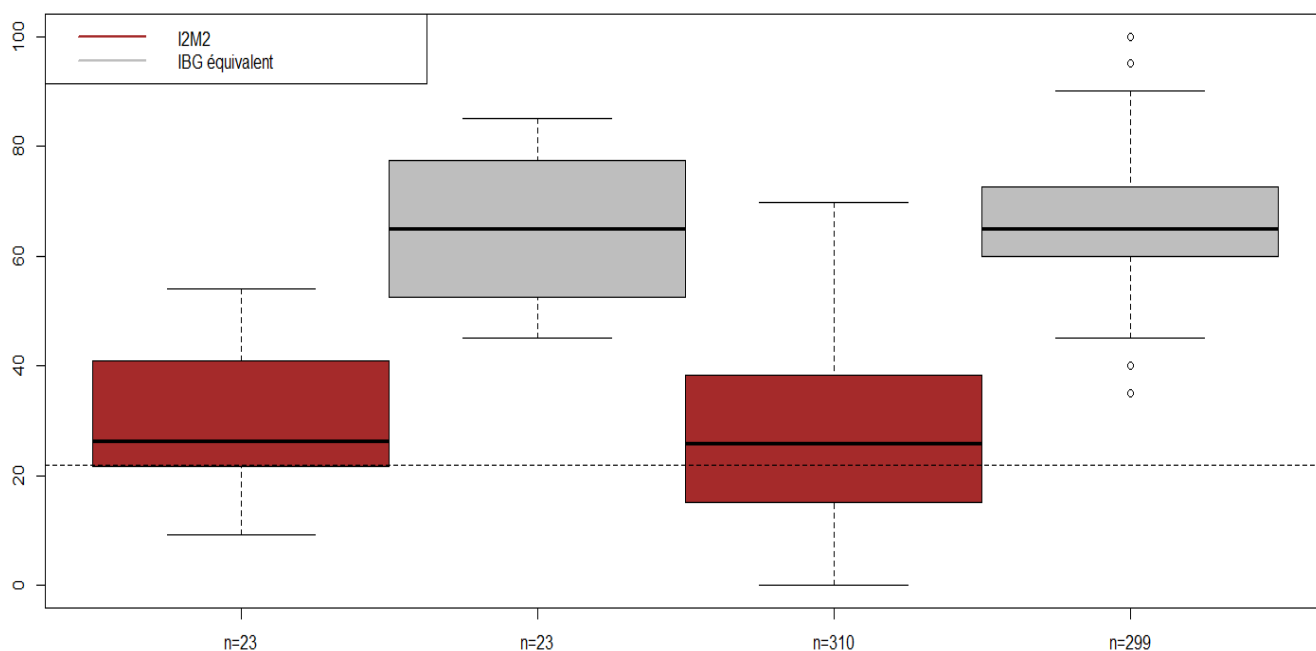
Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



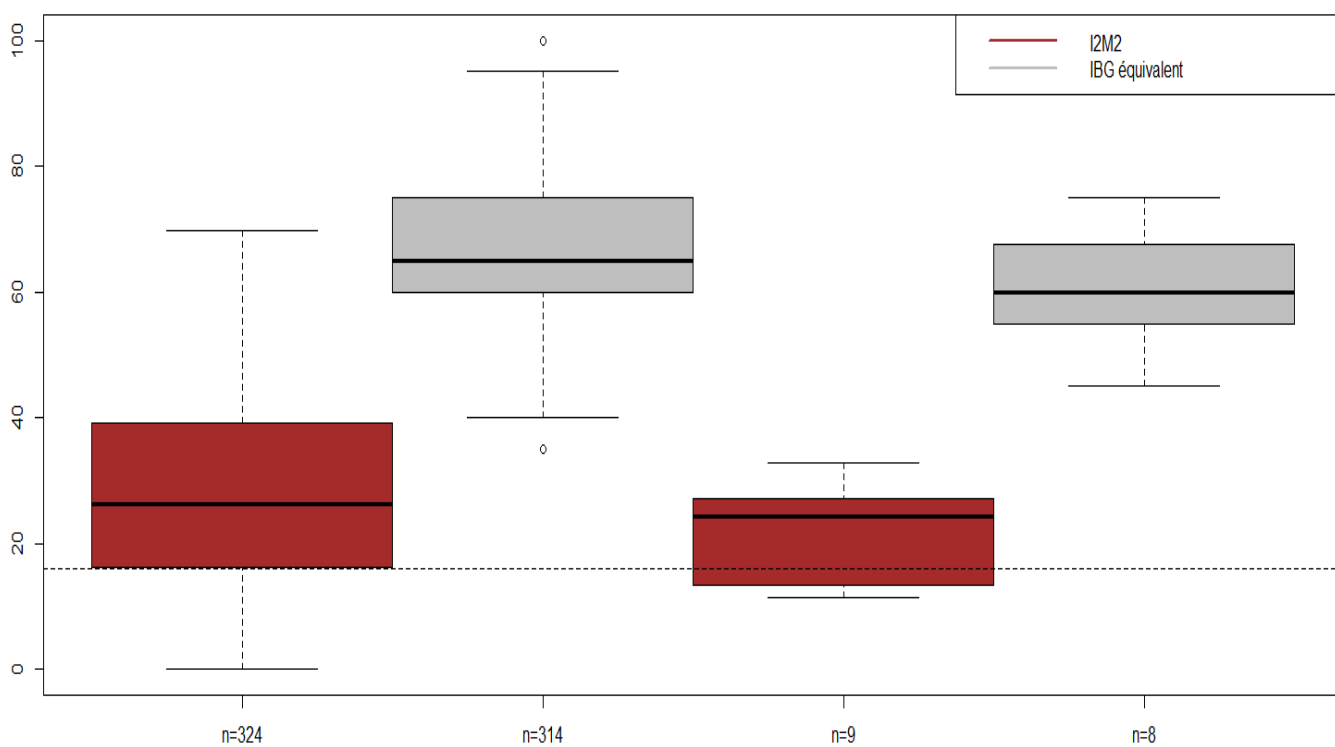
Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



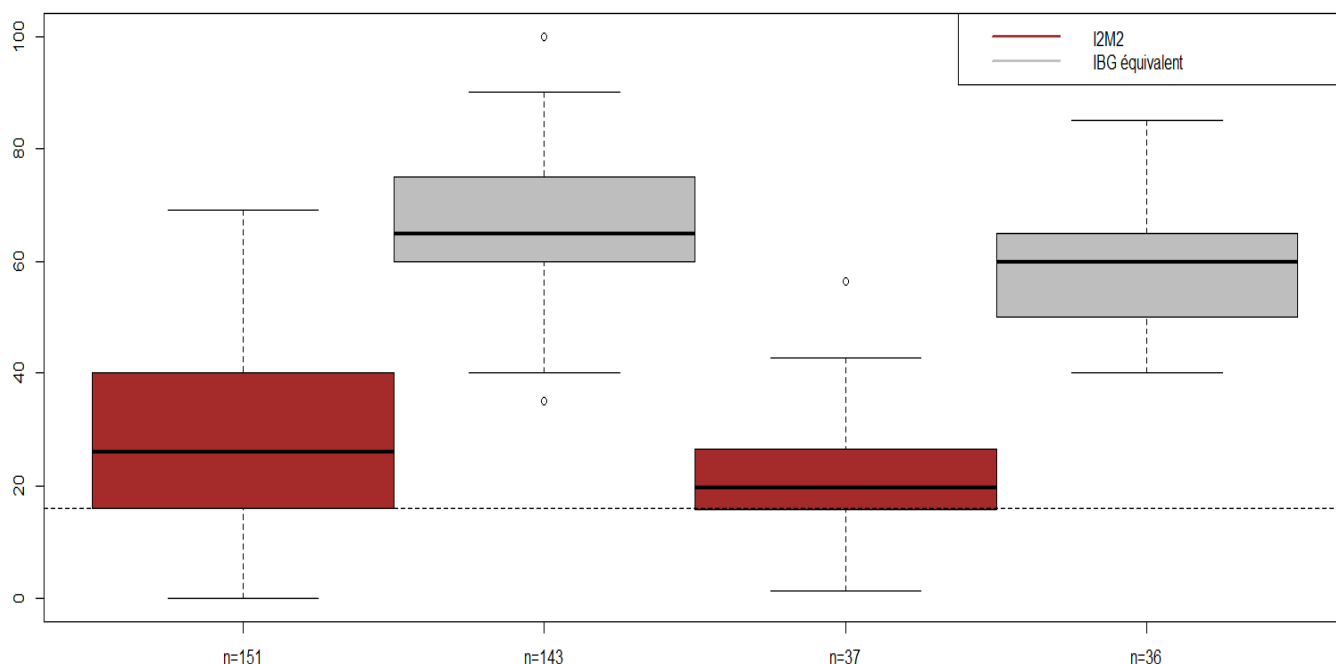
Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs d'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Le pointillé indique le quartile 25 de l'I2M2 dans les sites de bonne qualité.

On note que les distributions d'un même indice se recouvrent en plus ou moins grande partie ; ce qui signifie que les distributions de l'indice en sites de bonne qualité ou perturbés ne diffèrent guère.
Une synthèse des résultats est donnée en § 4324.

4.3.4.3. Représentations graphiques des métriques de l'I2M2 par box plot selon le niveau des altérations

Boite 1 : statistique de la valeur brute de la métrique dans les sites en bon état (altération moyenne 6 mois en très bonne ou bonne qualité, classe 1 et 2, bleue ou verte)

Boite 2 : idem statistique de l'EQR de la métrique, sites en bon état

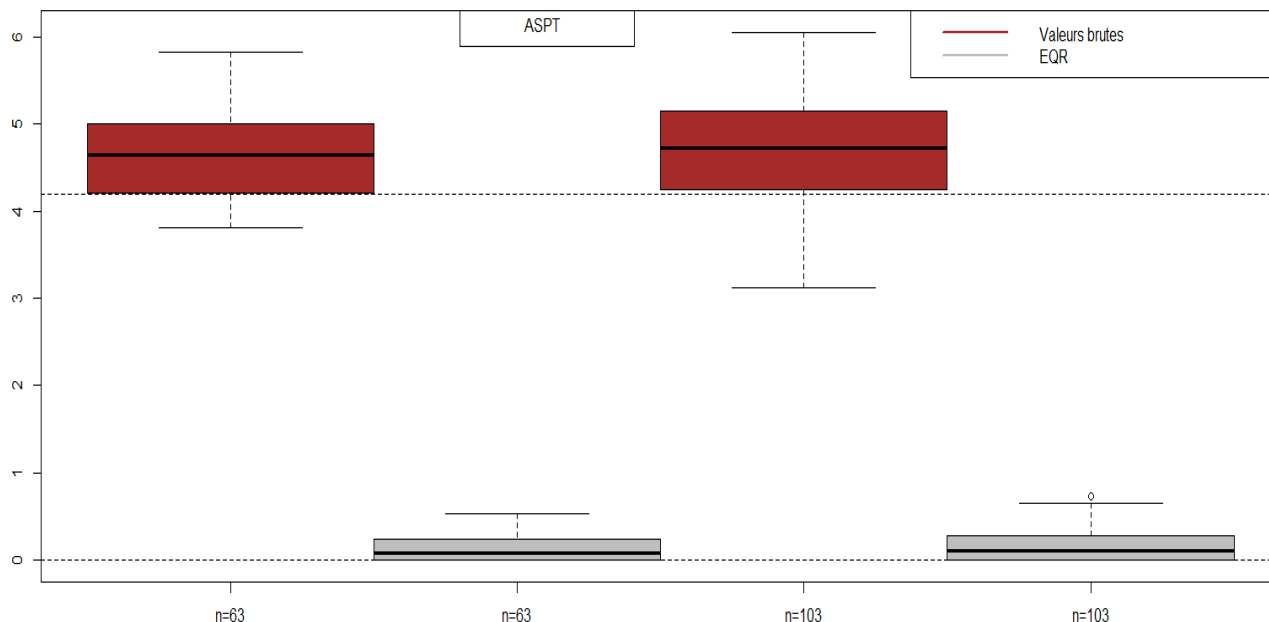
Boite 3 : statistique de la valeur brute de la métrique dans des sites perturbés (altération de qualité moyenne, médiocre, mauvaise, classes 3, 4 et 5, jaune, orange, rouge)

Boite 4 : idem statistique de l'EQR de la métrique, sites perturbés

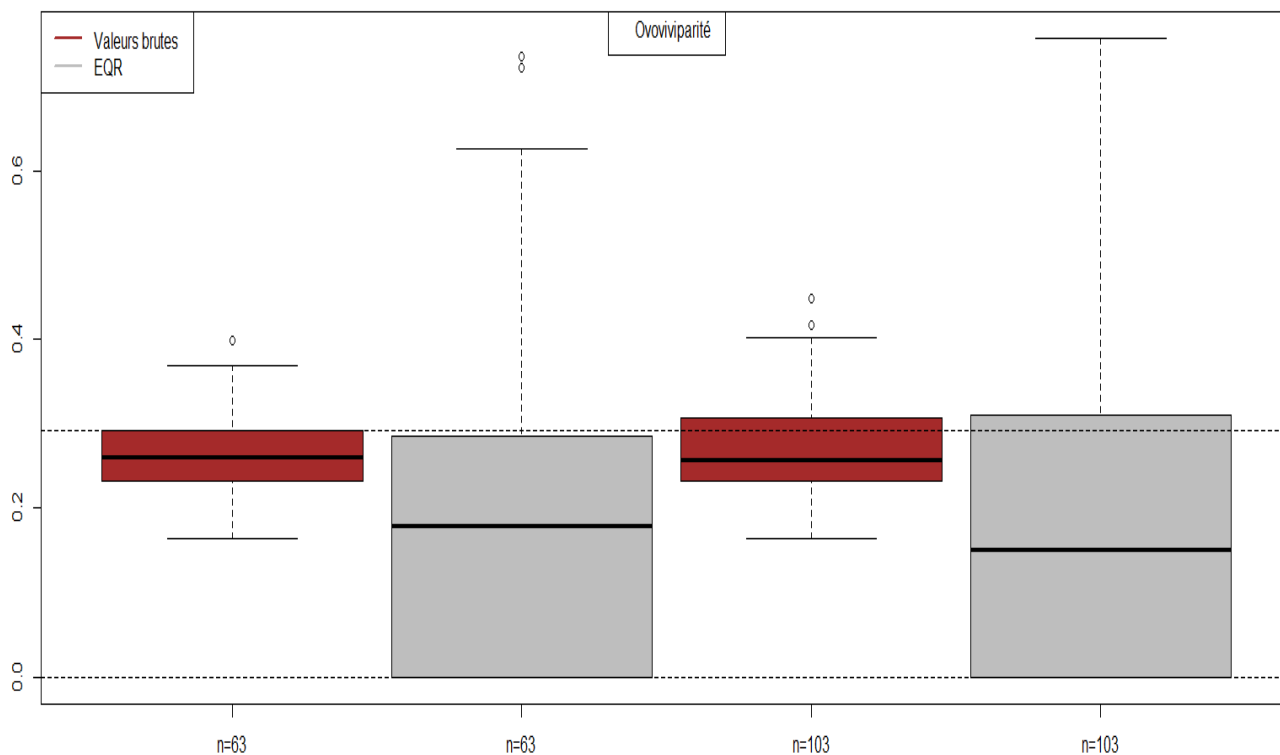
Les pointillés indiquent les quartiles 25 de la métrique dans les sites de bonne qualité.

✓ Altération SEQ-Eau HAP indice moyen 6 mois

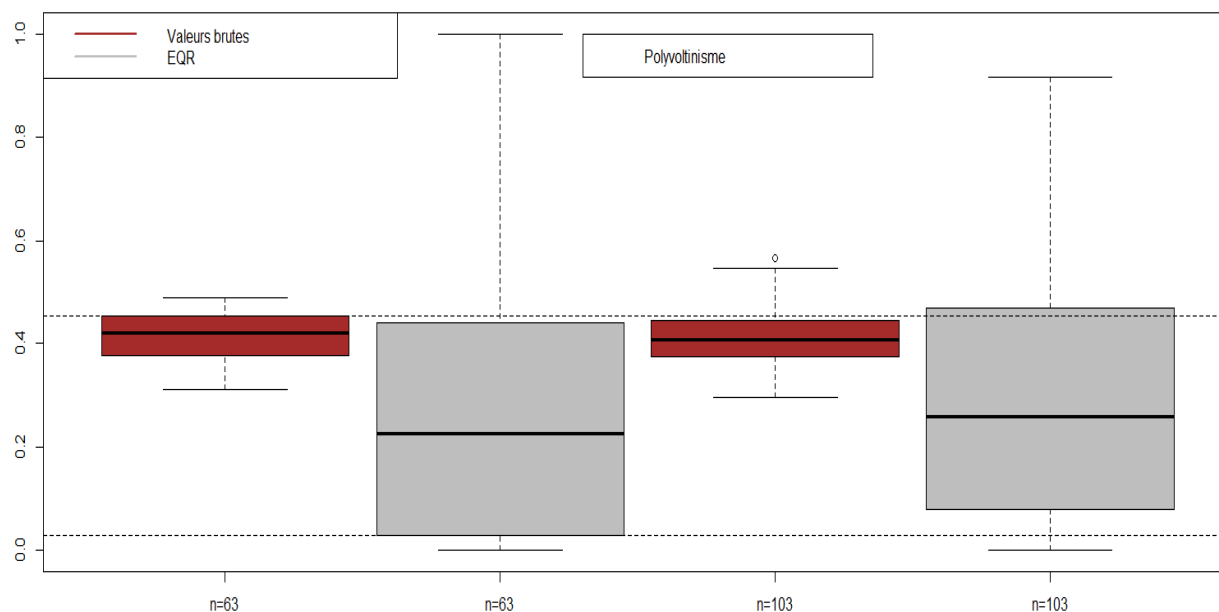
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les Hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



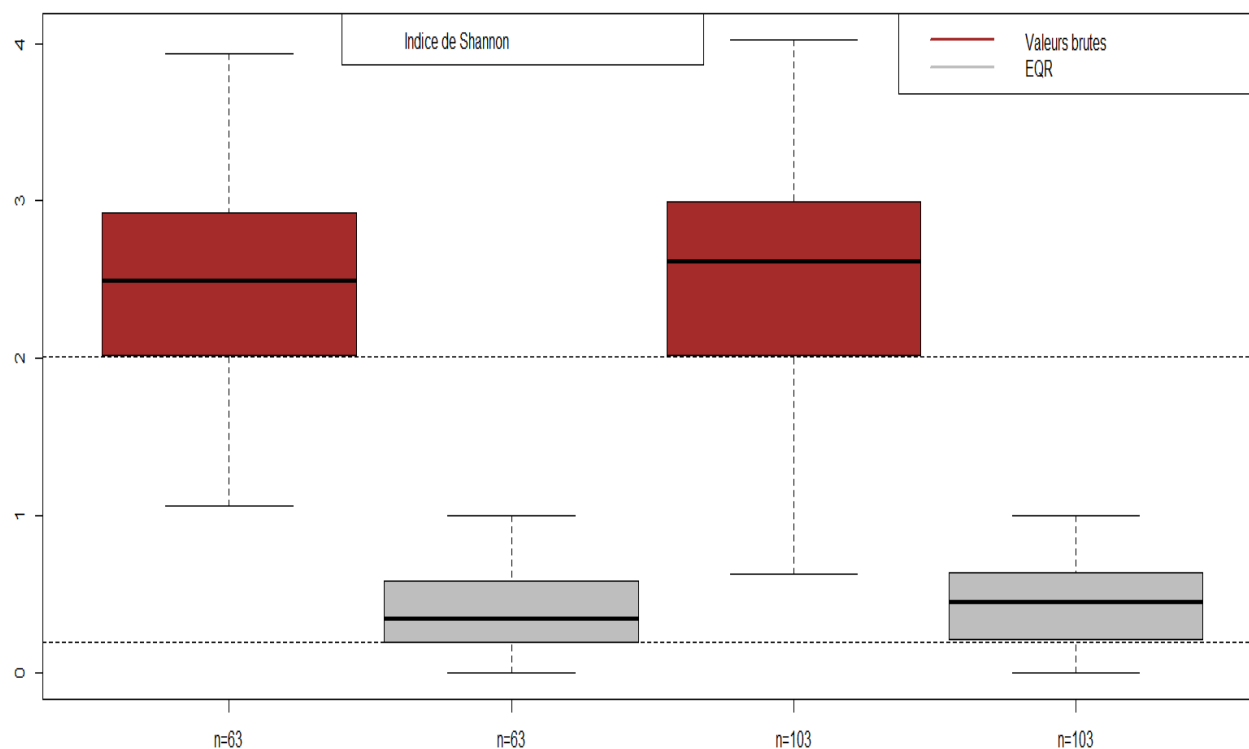
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les Hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



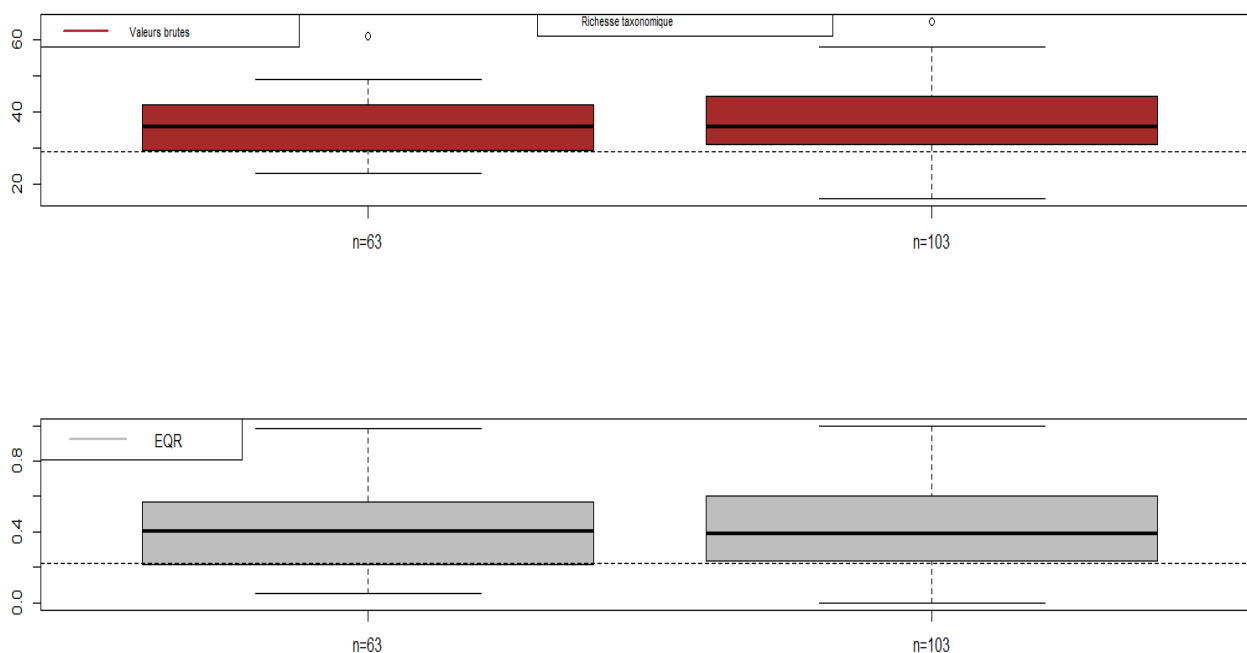
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les Hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les Hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

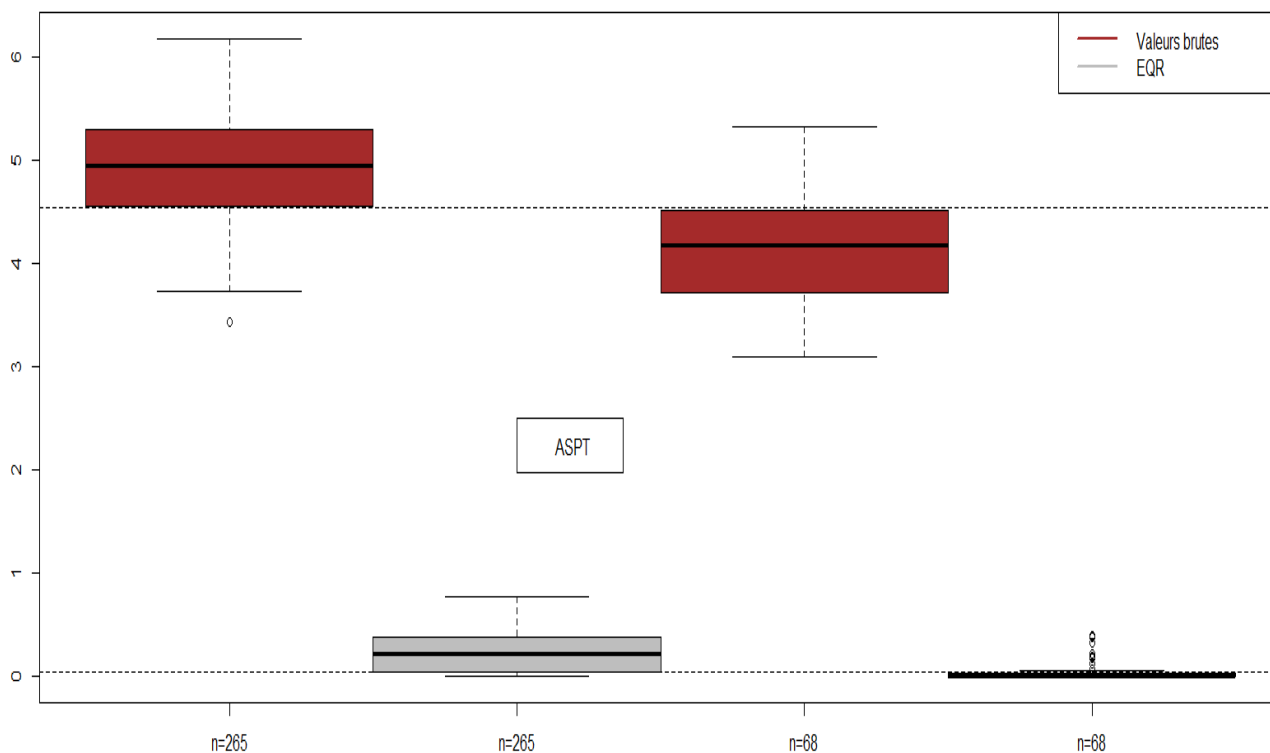


Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les Hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

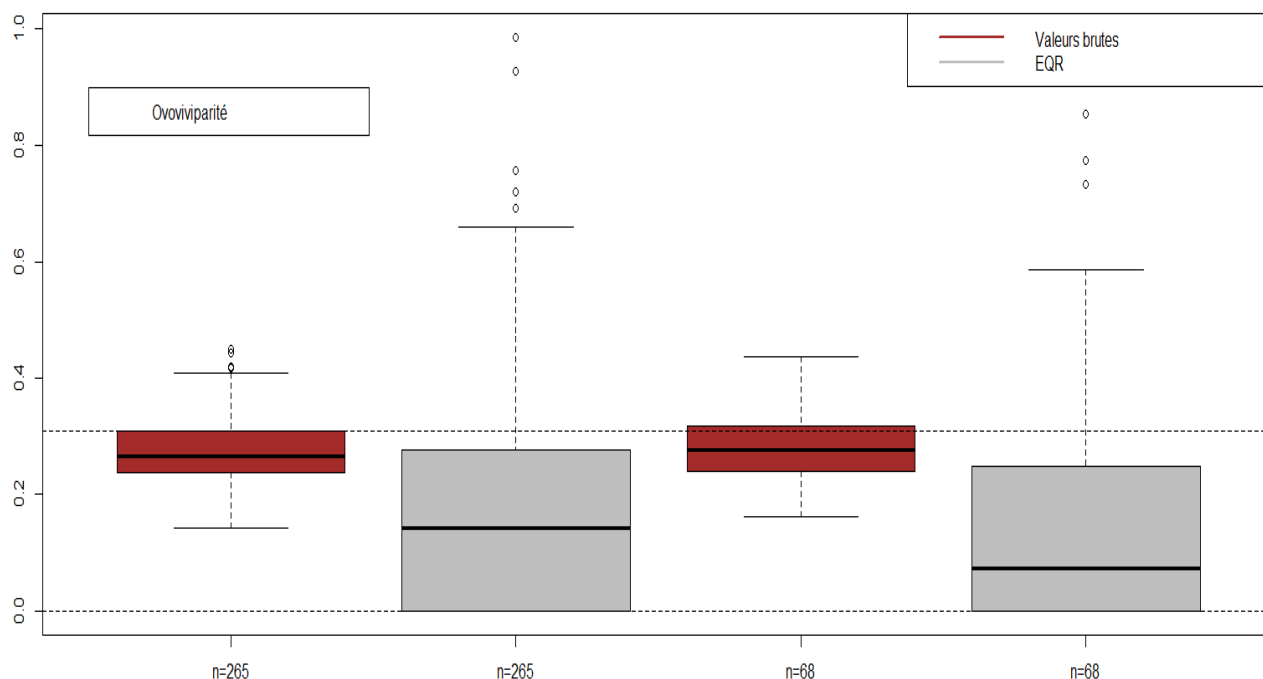


✓ *Altération SEQ-Eau Matières azotées indice moyen 6 mois*

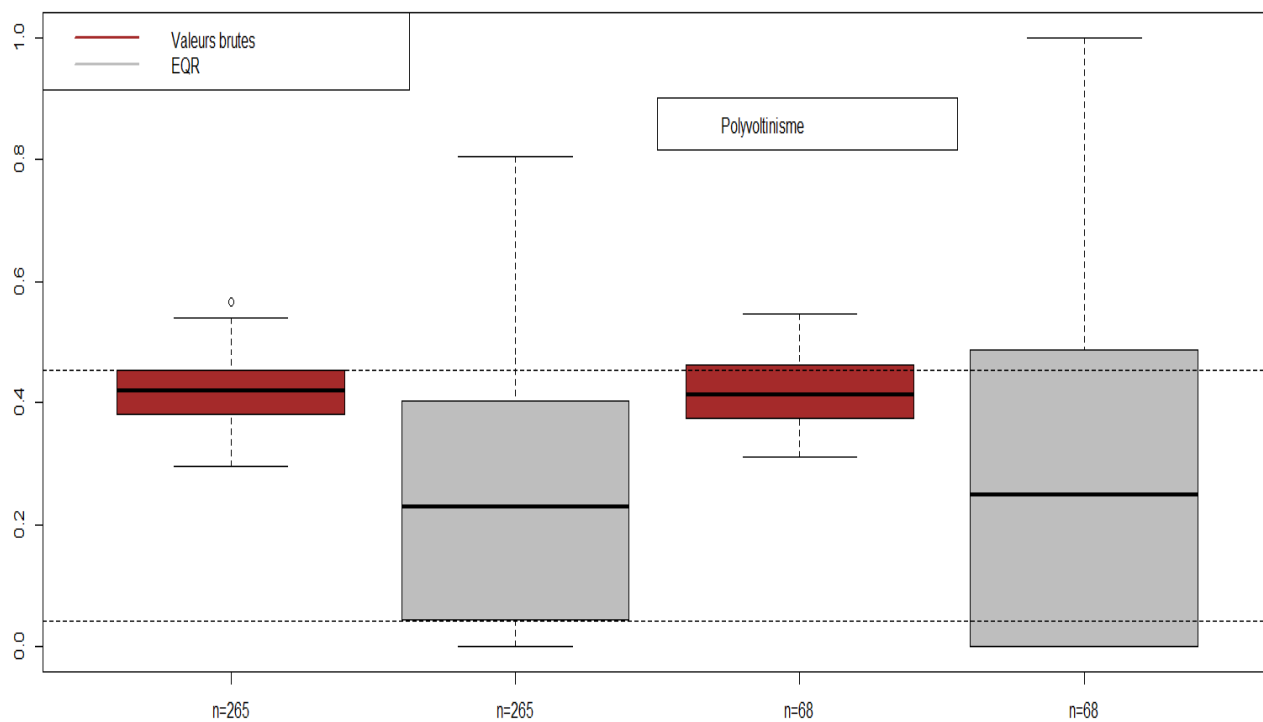
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



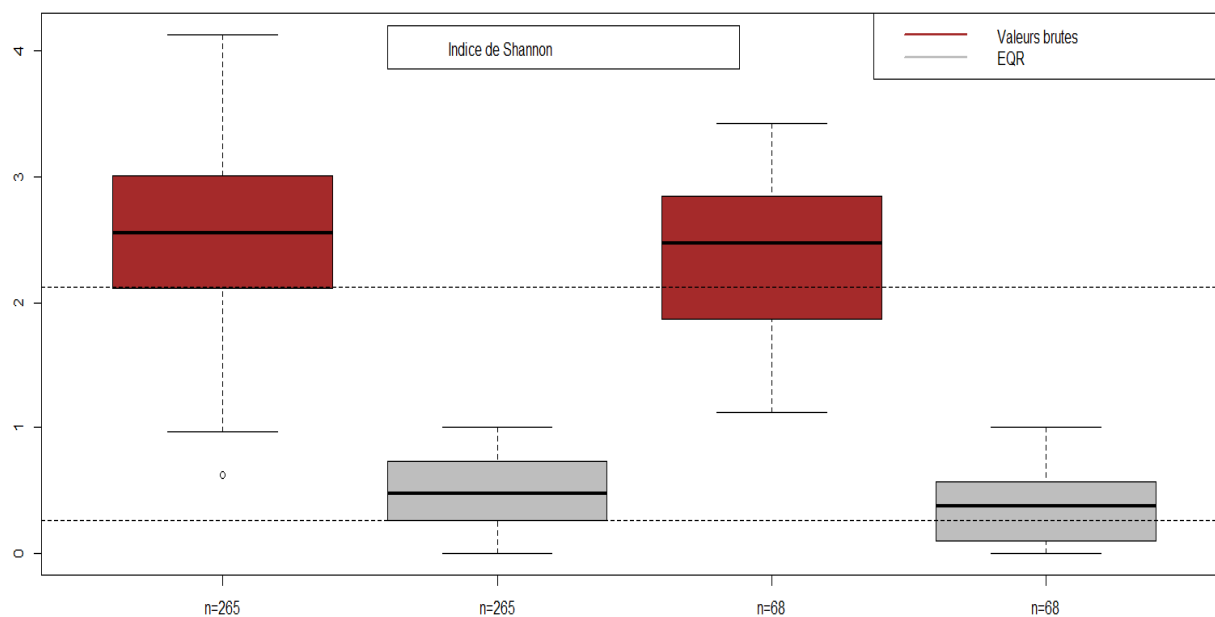
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



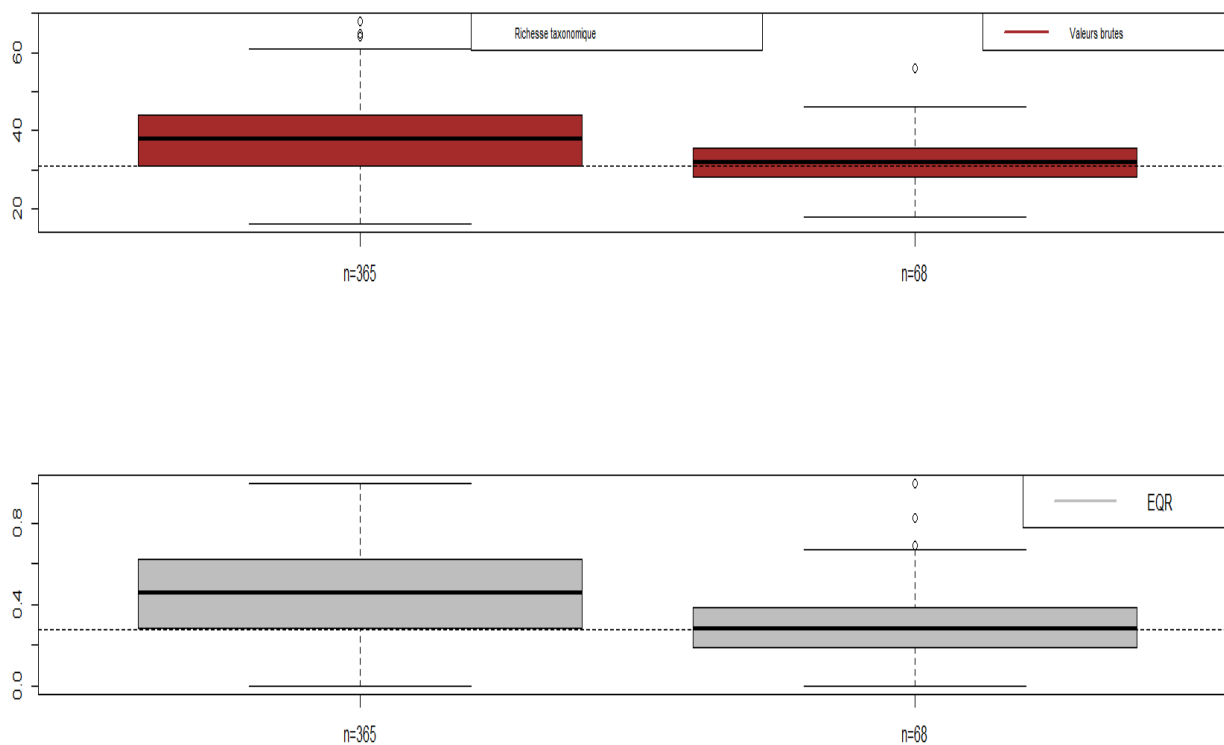
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

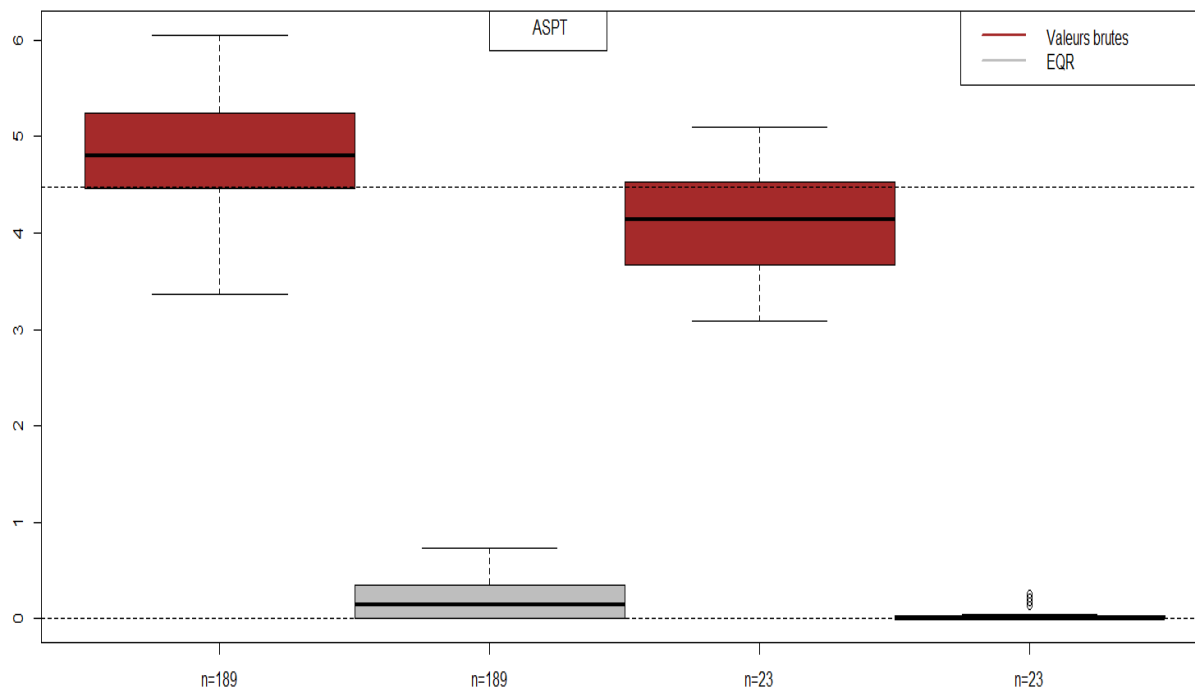


Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières azotées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

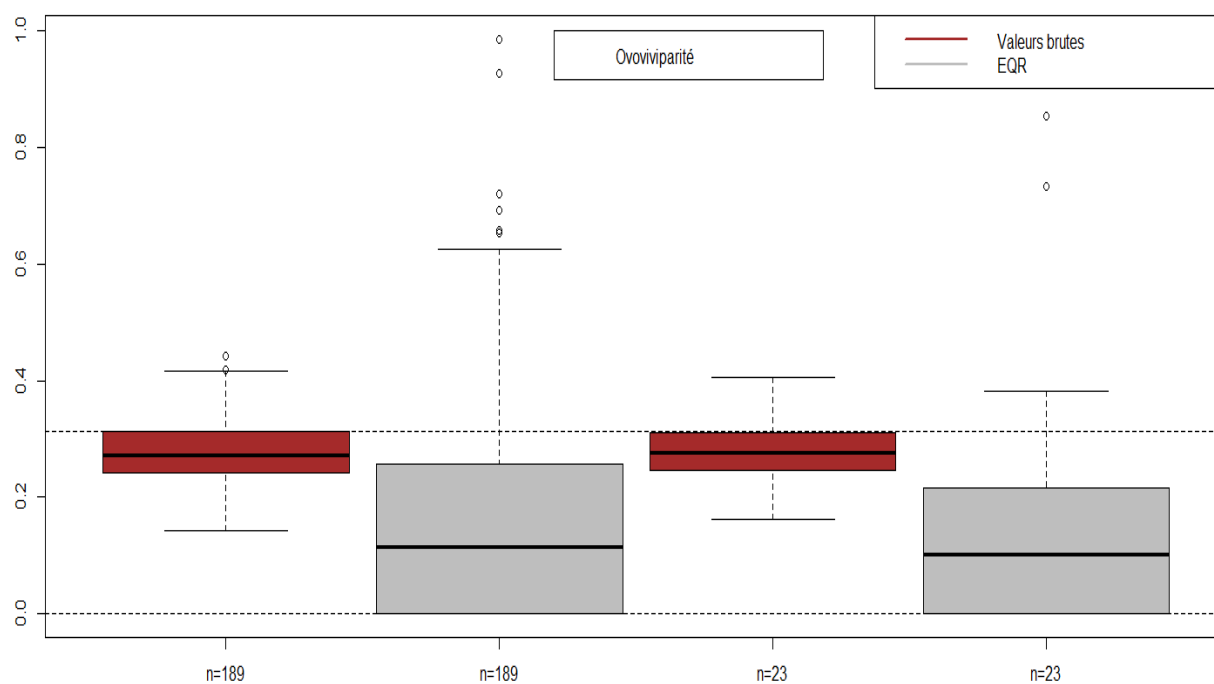


✓ Altération SEQ-Eau MOOX indice moyen 6 mois

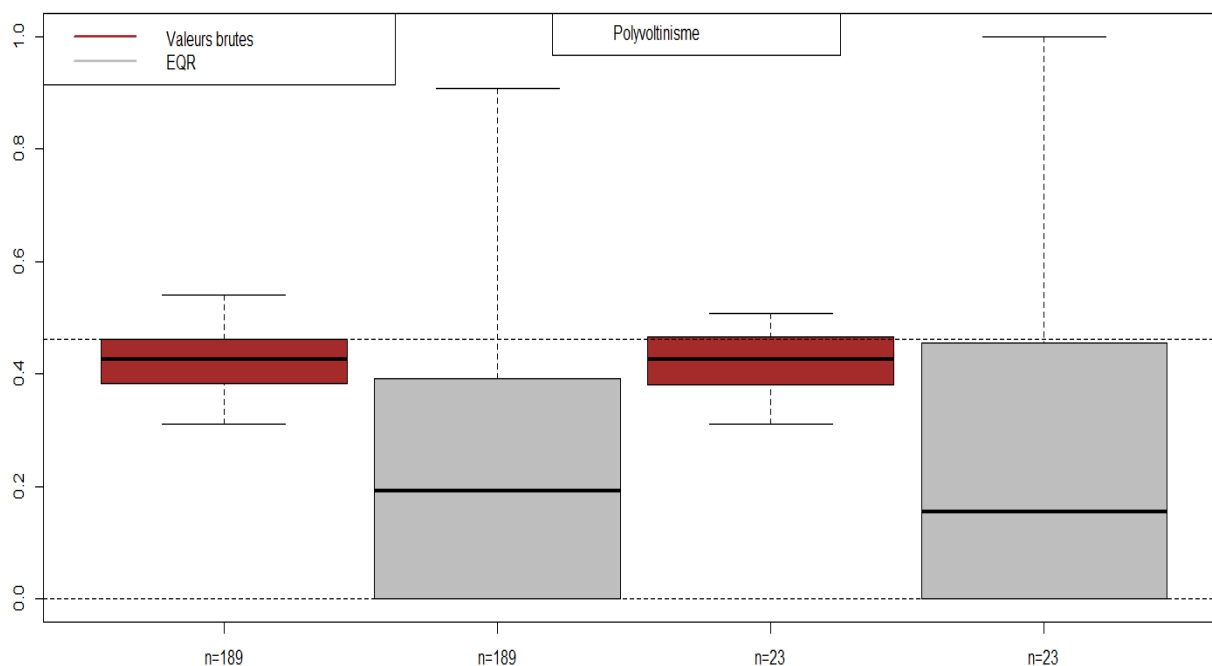
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



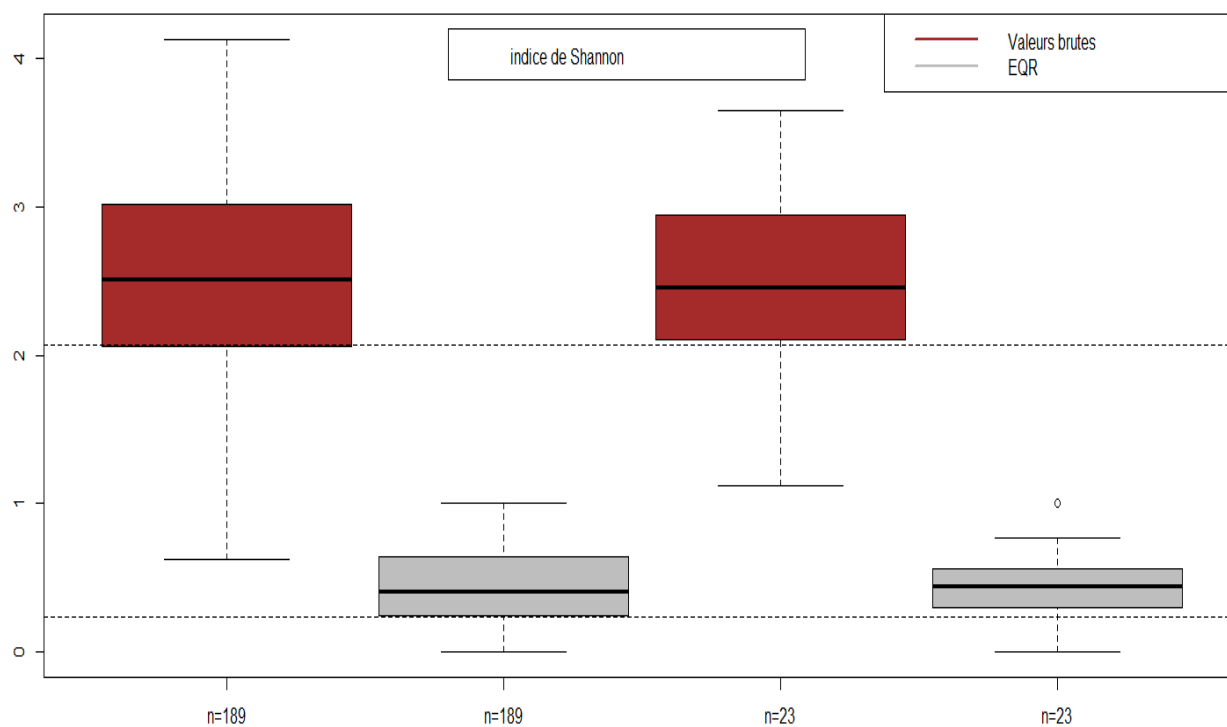
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



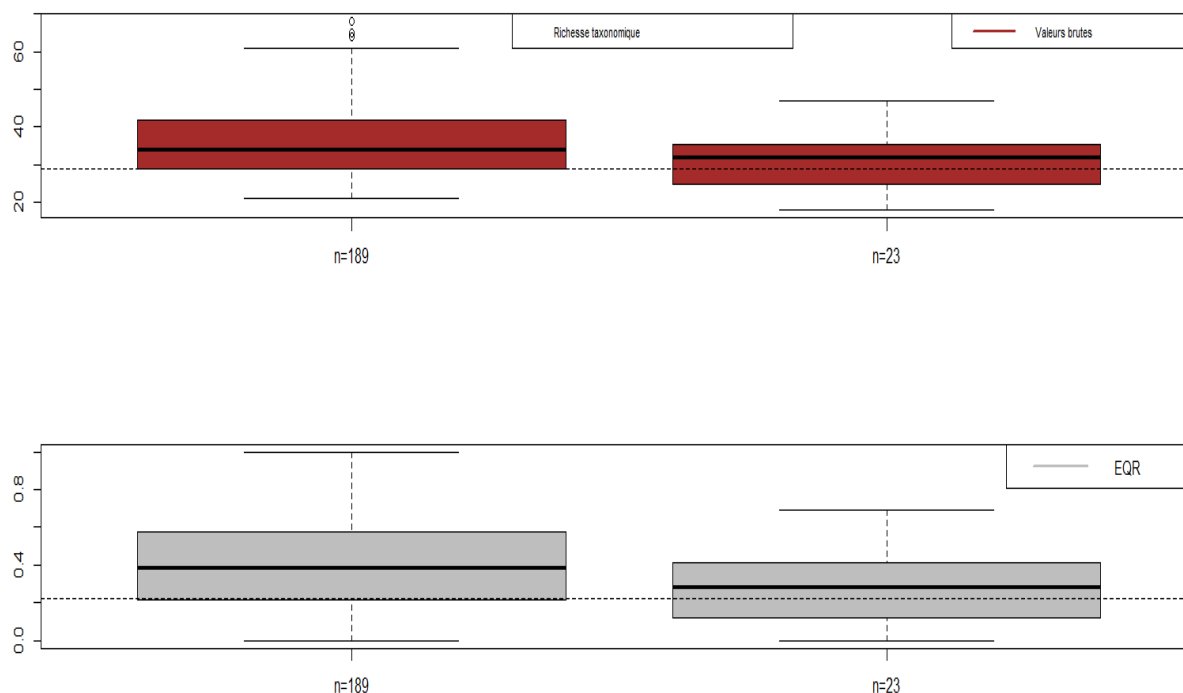
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

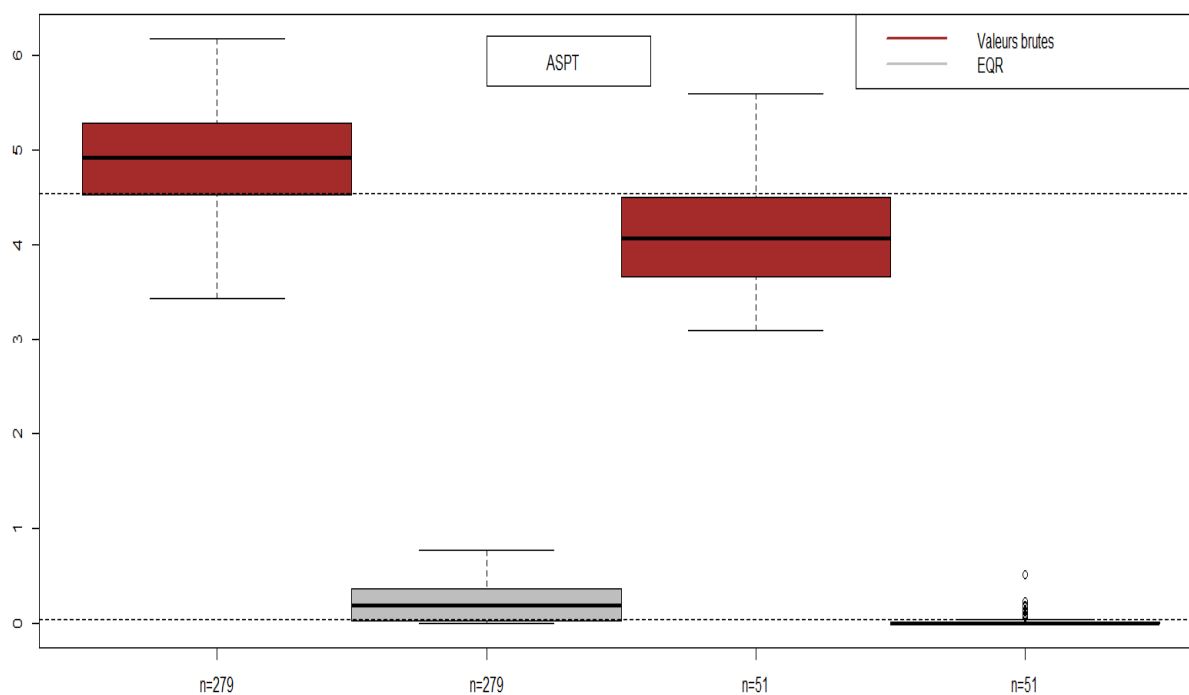


Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les MOOX
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

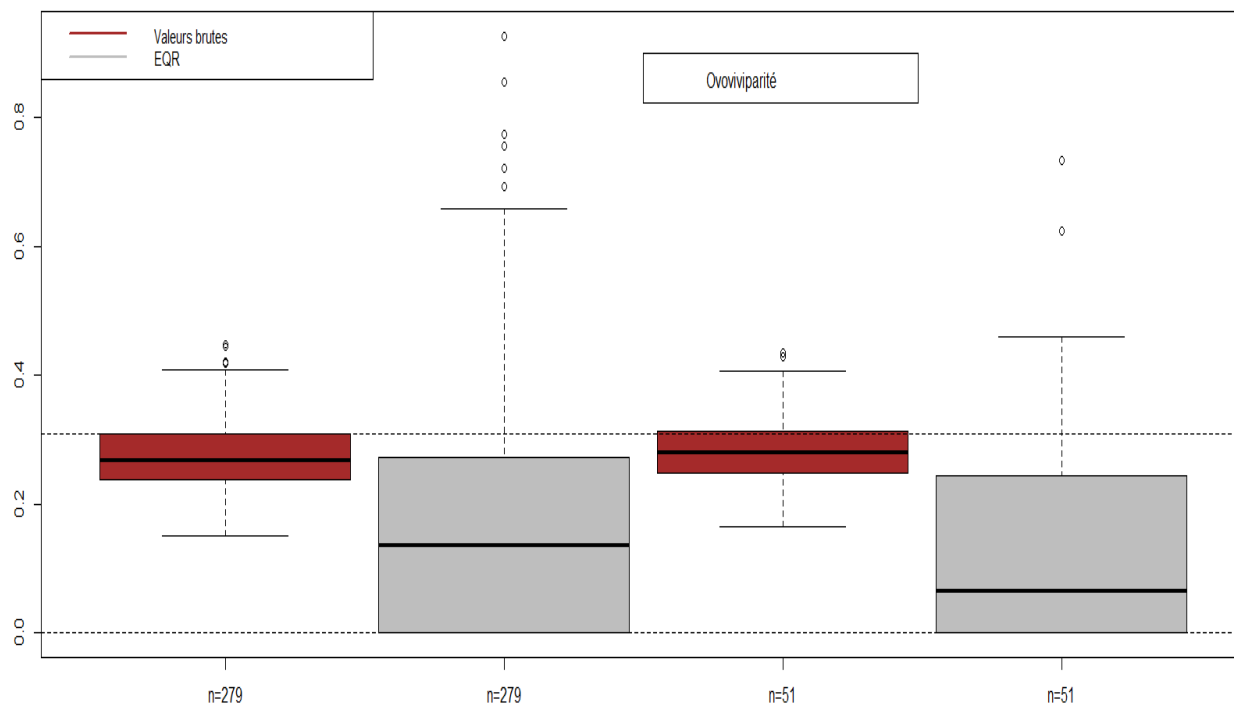


✓ Altération SEQ-Eau Matières phosphorées indice moyen 6 mois

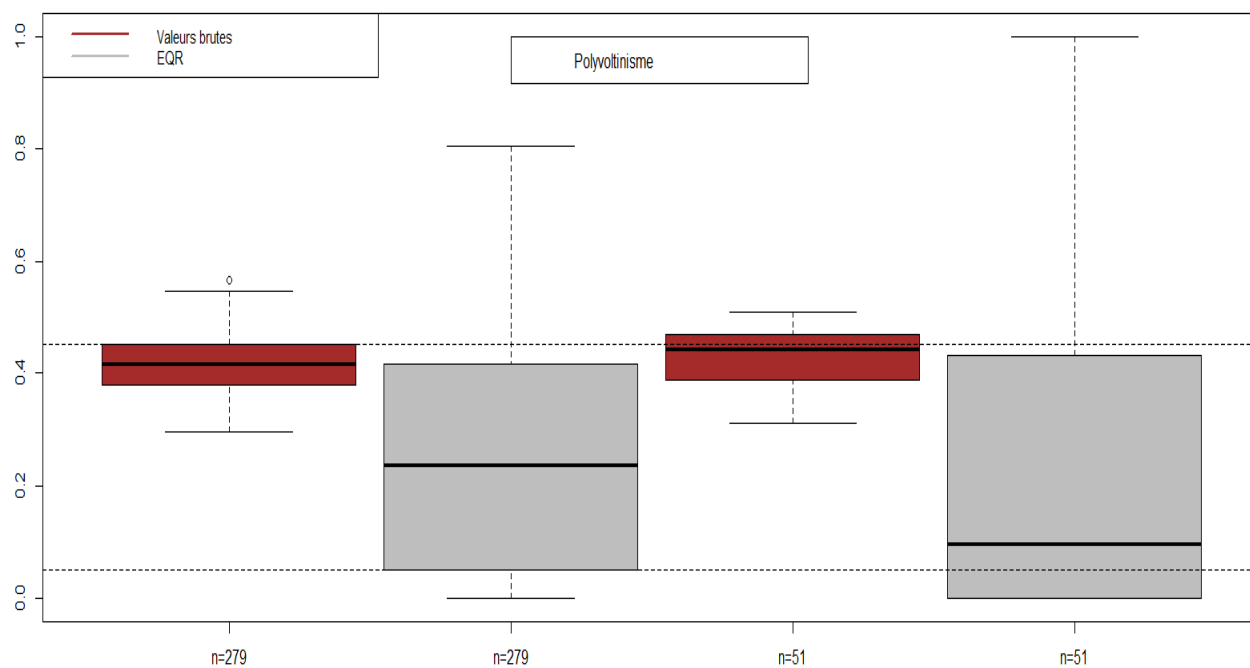
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



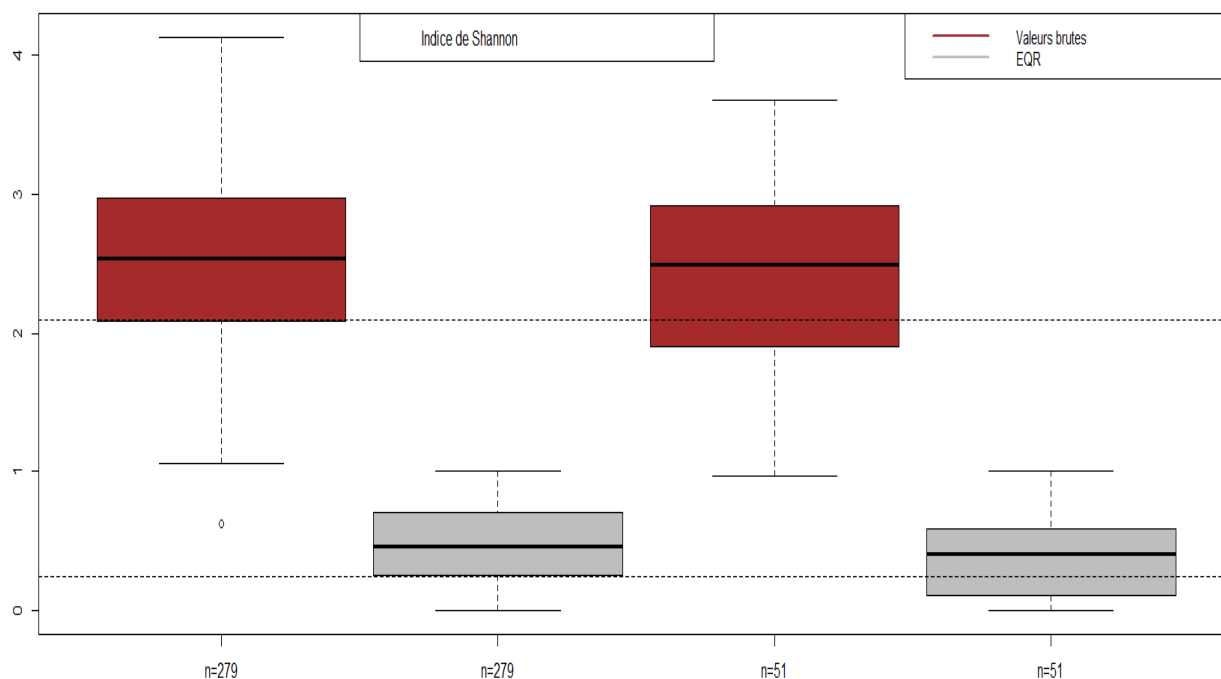
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



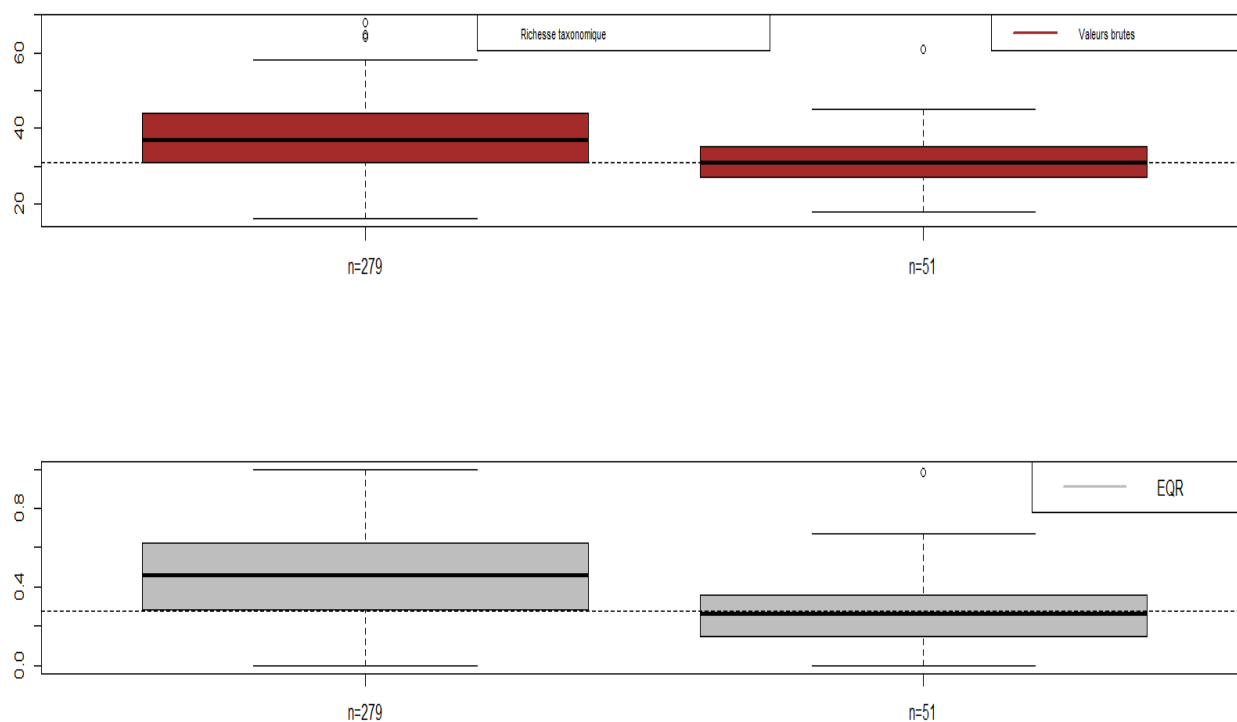
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



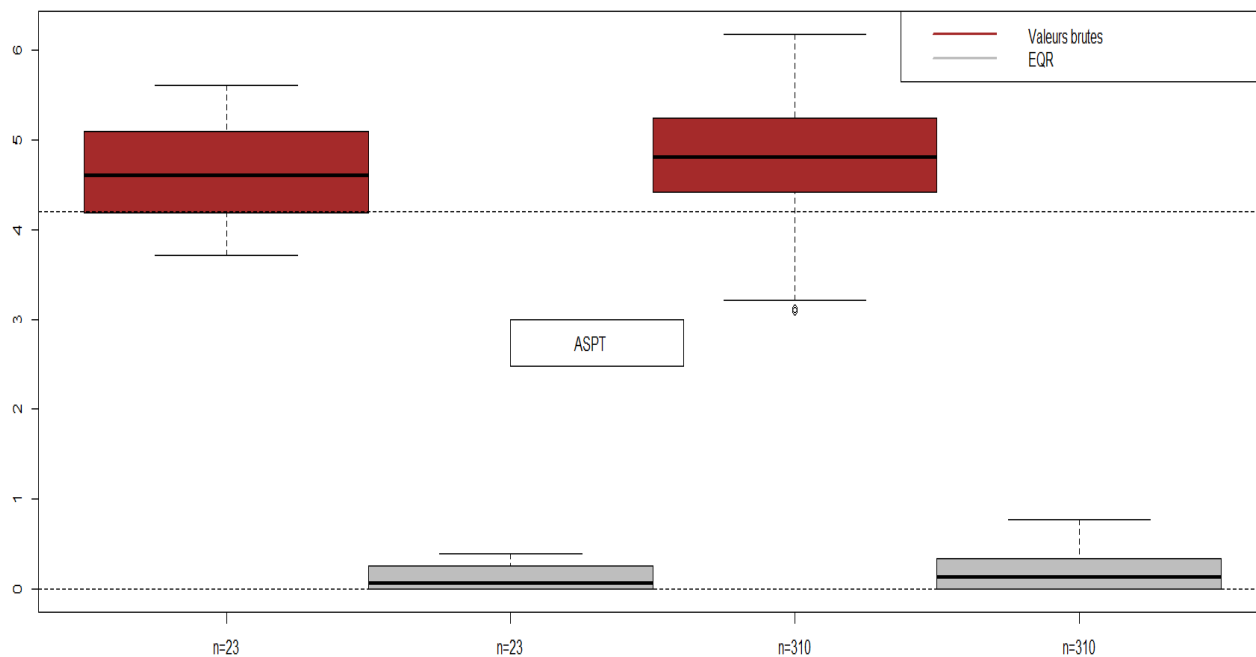
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



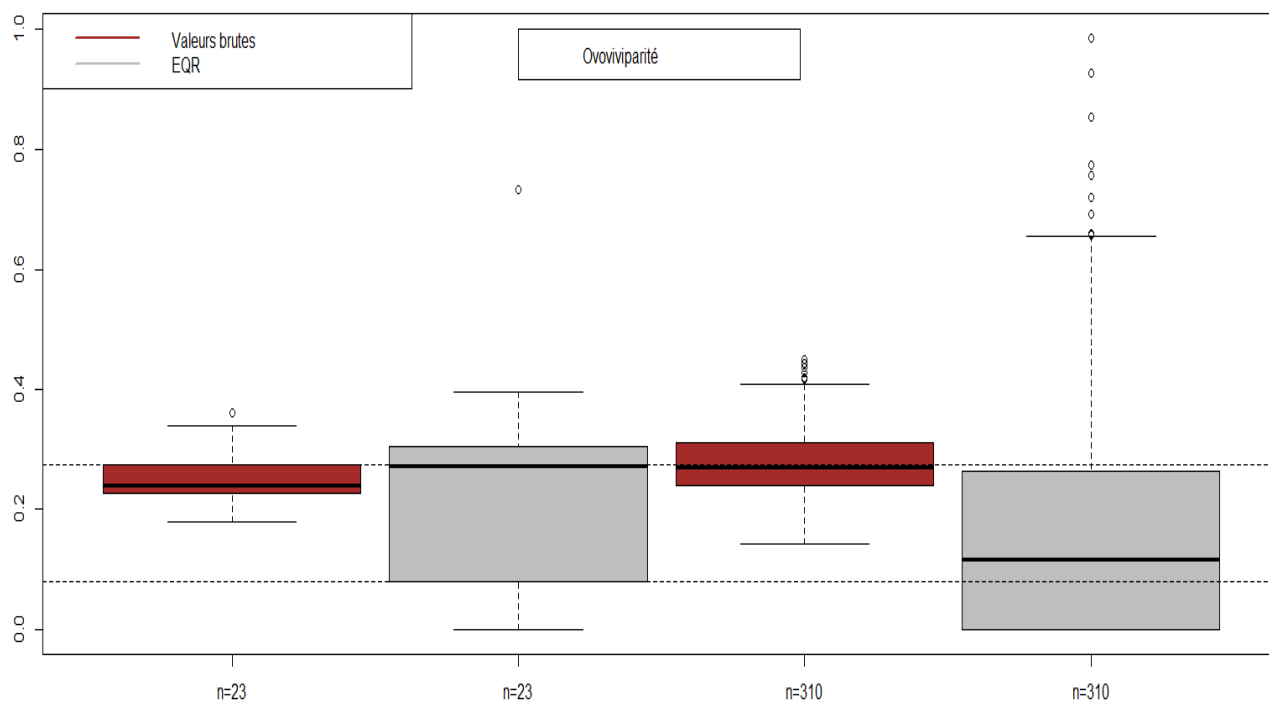


Altération SEQ-Eau Nitrates indice moyen 6 mois

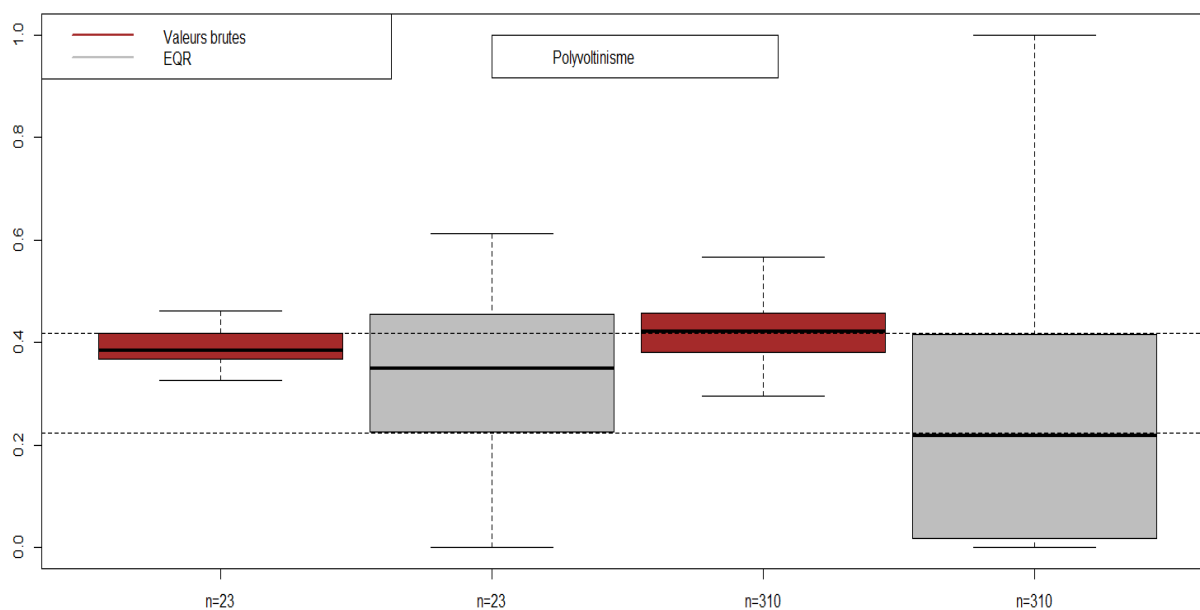
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



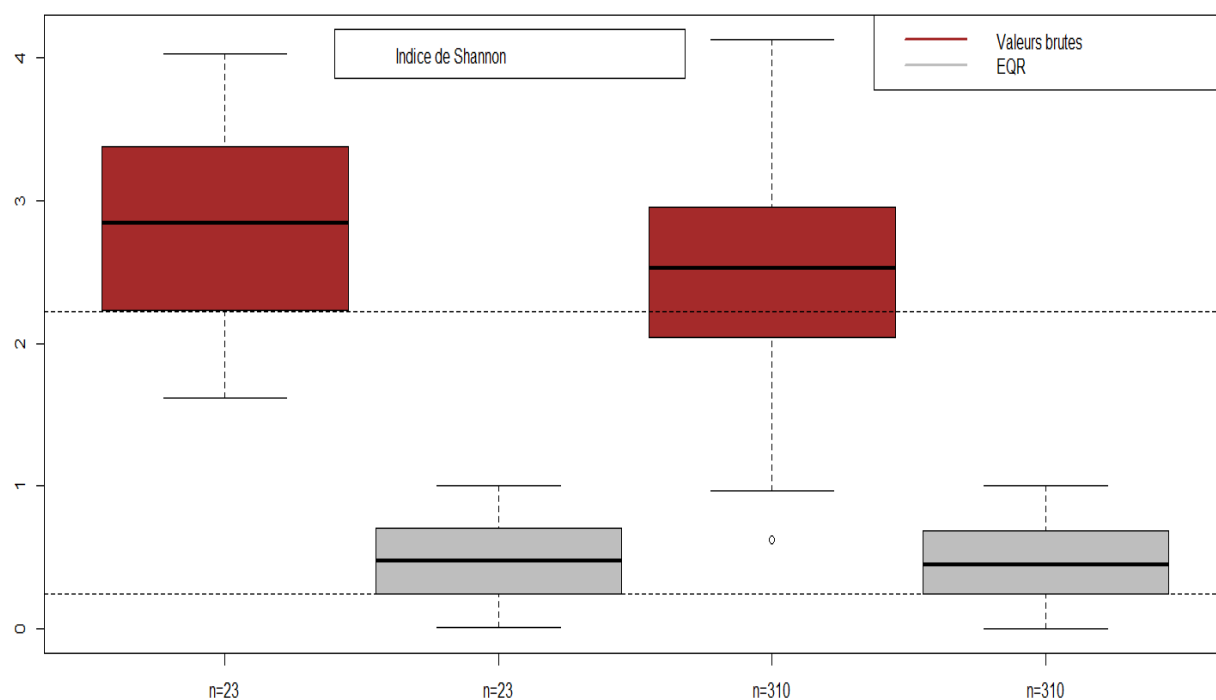
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



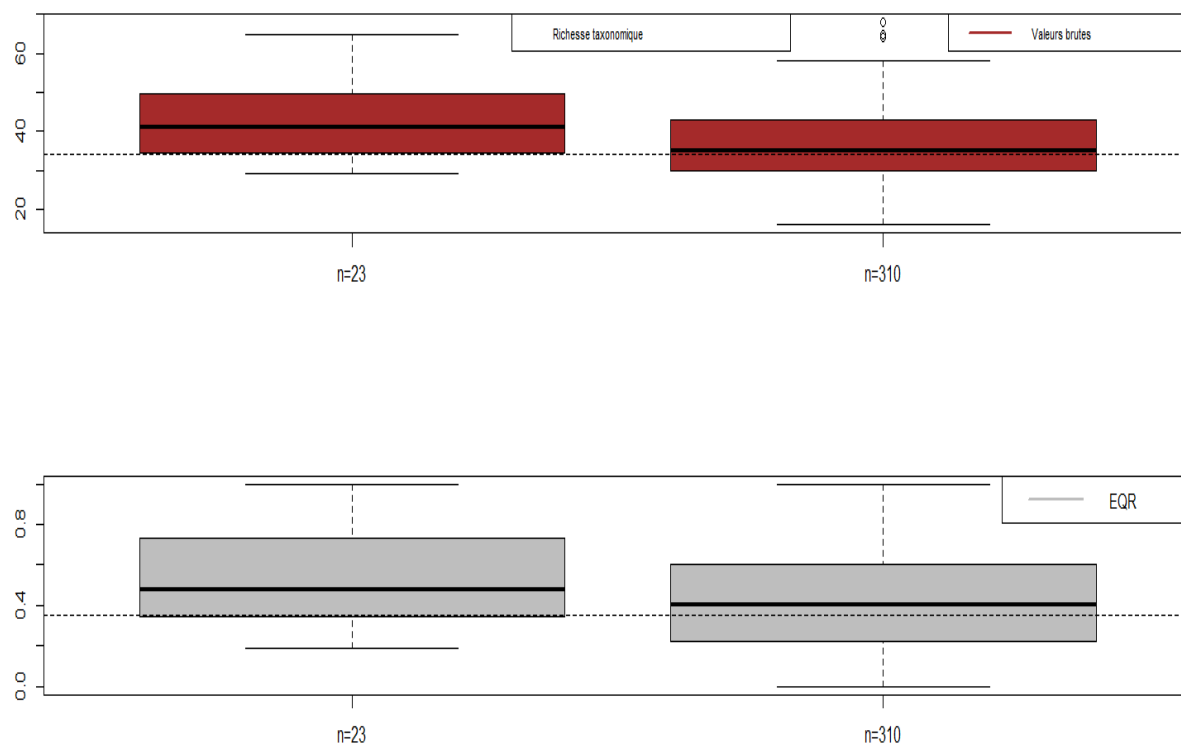
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

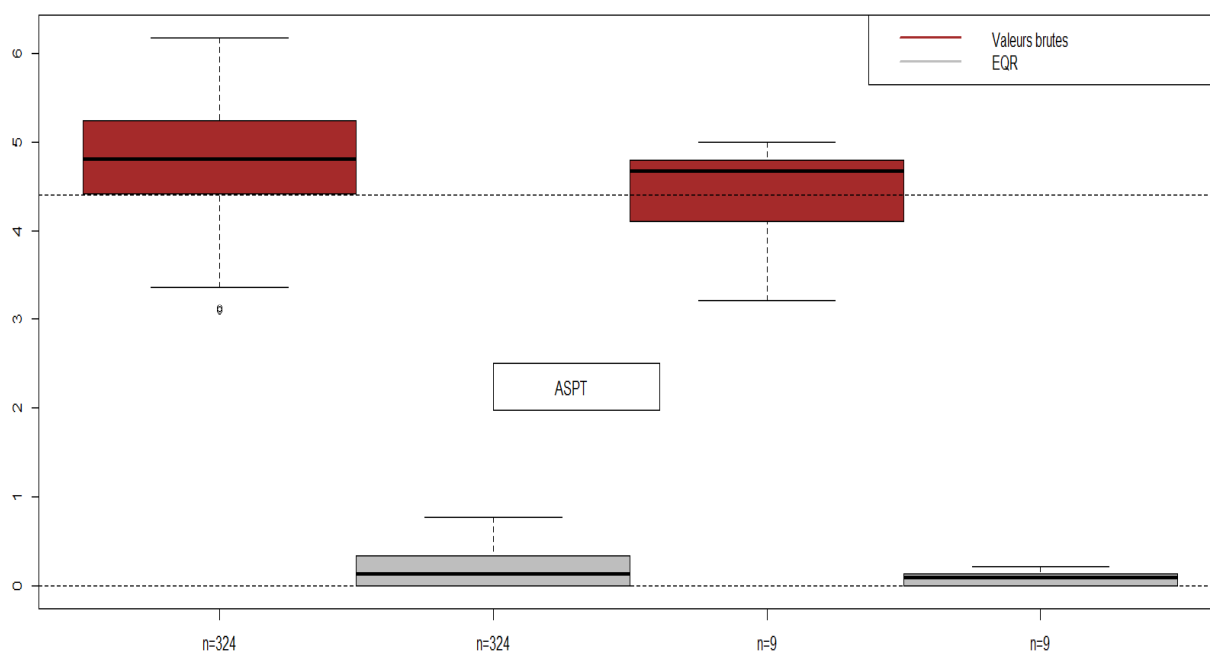


Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les nitrates
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

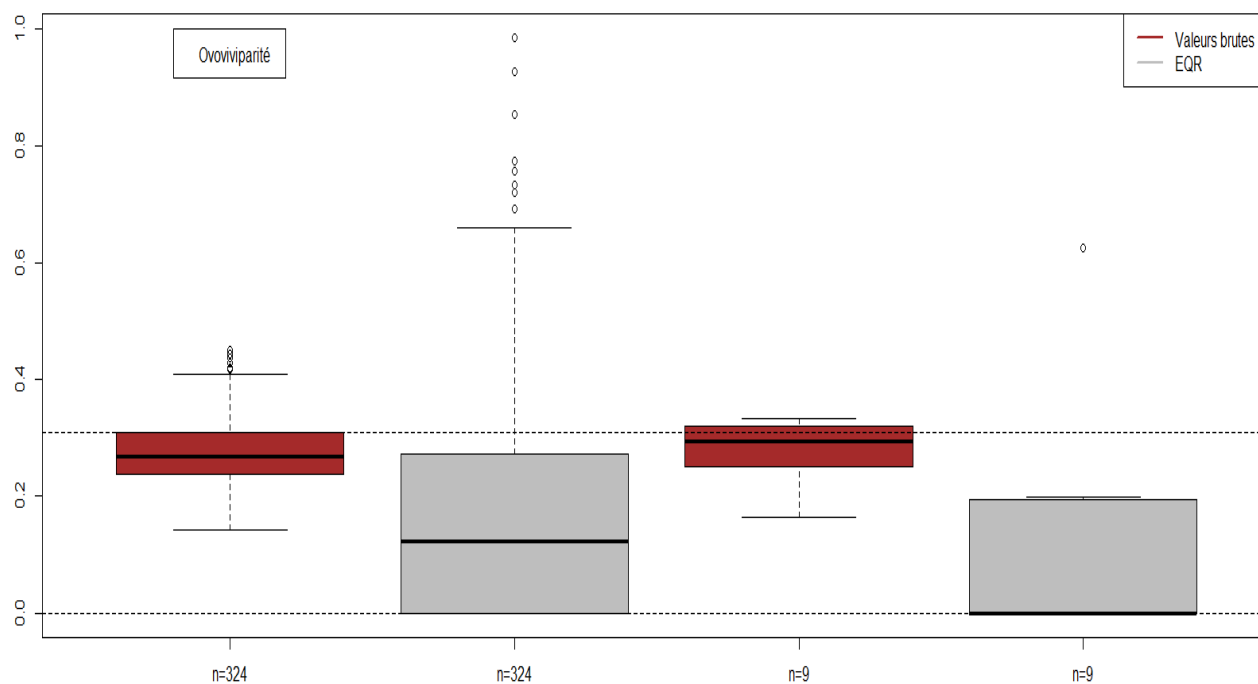


✓ *Altération SEQ-Eau Particules en suspension indice moyen 6 mois*

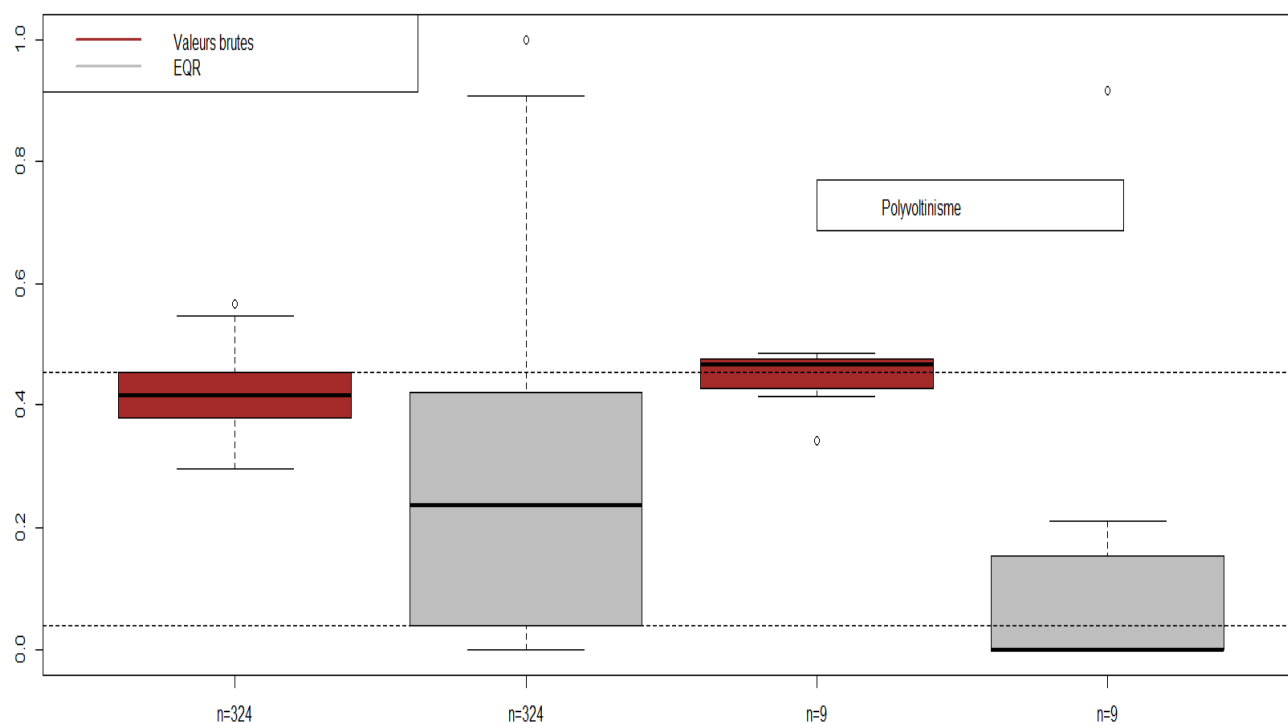
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



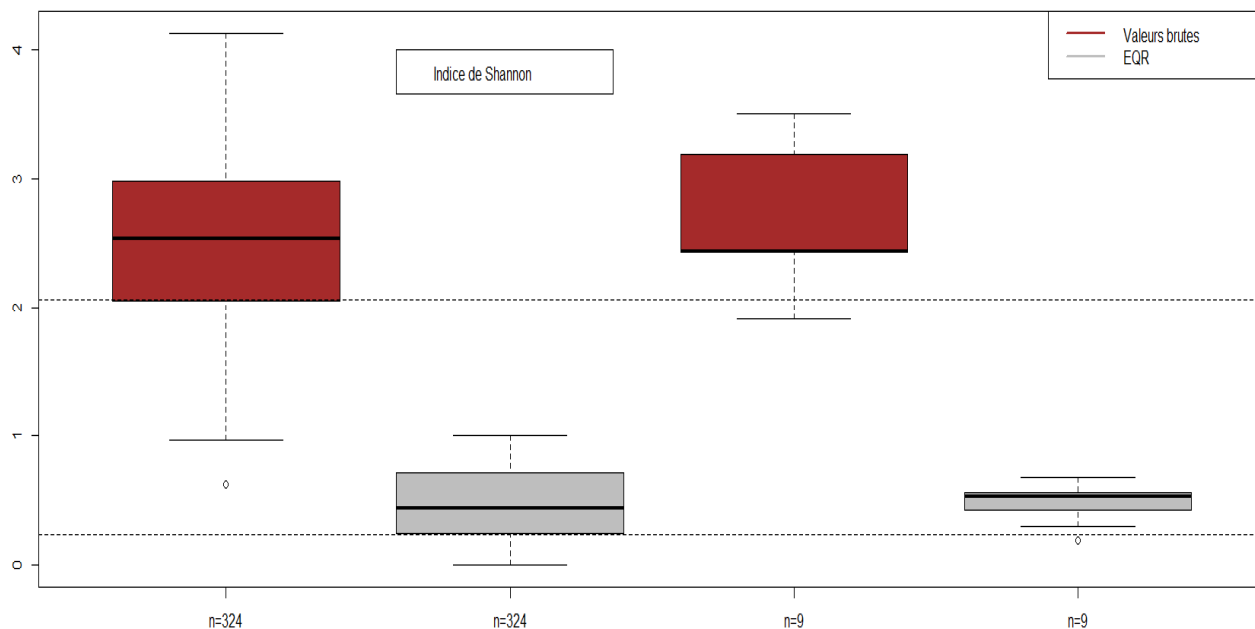
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



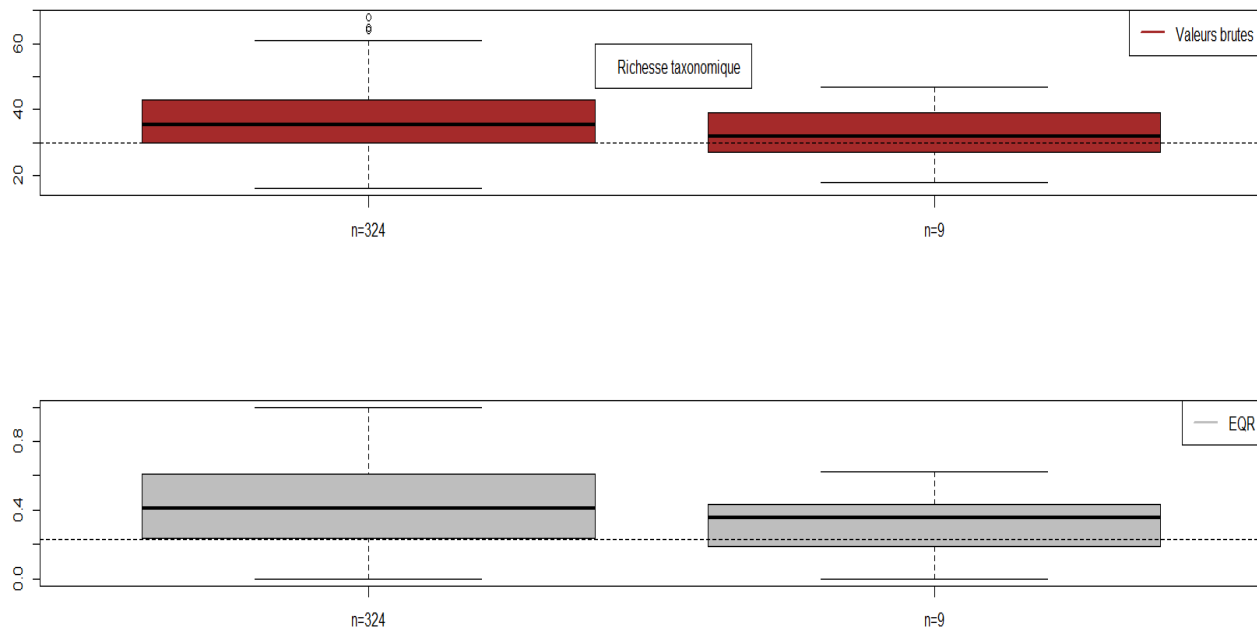
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

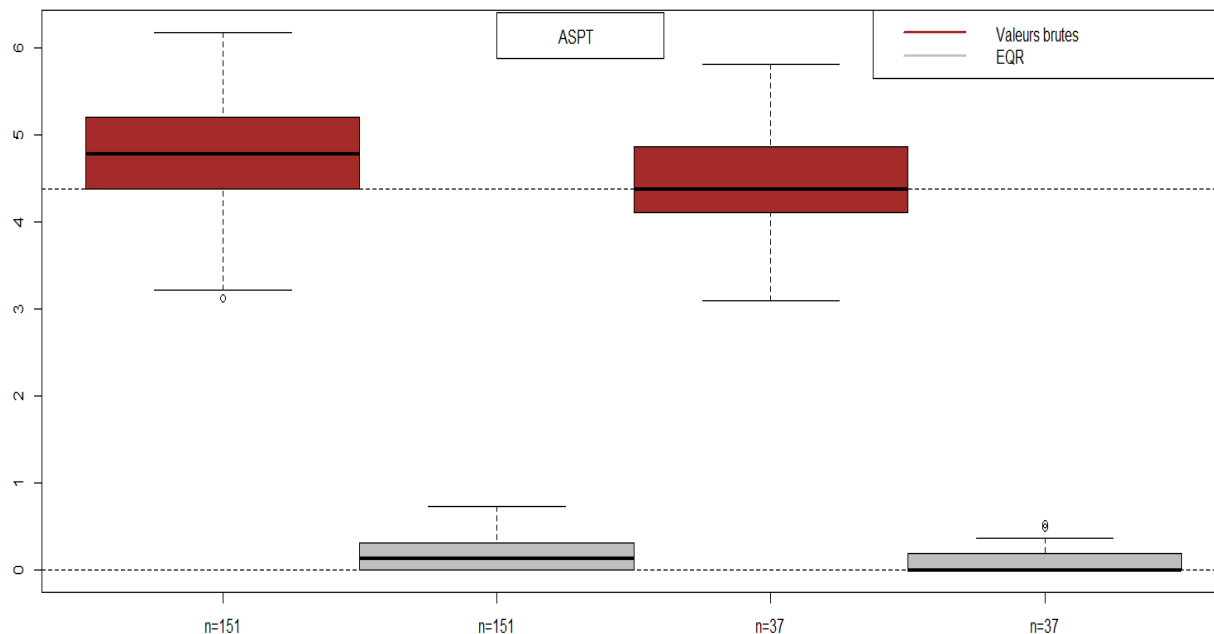


Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)

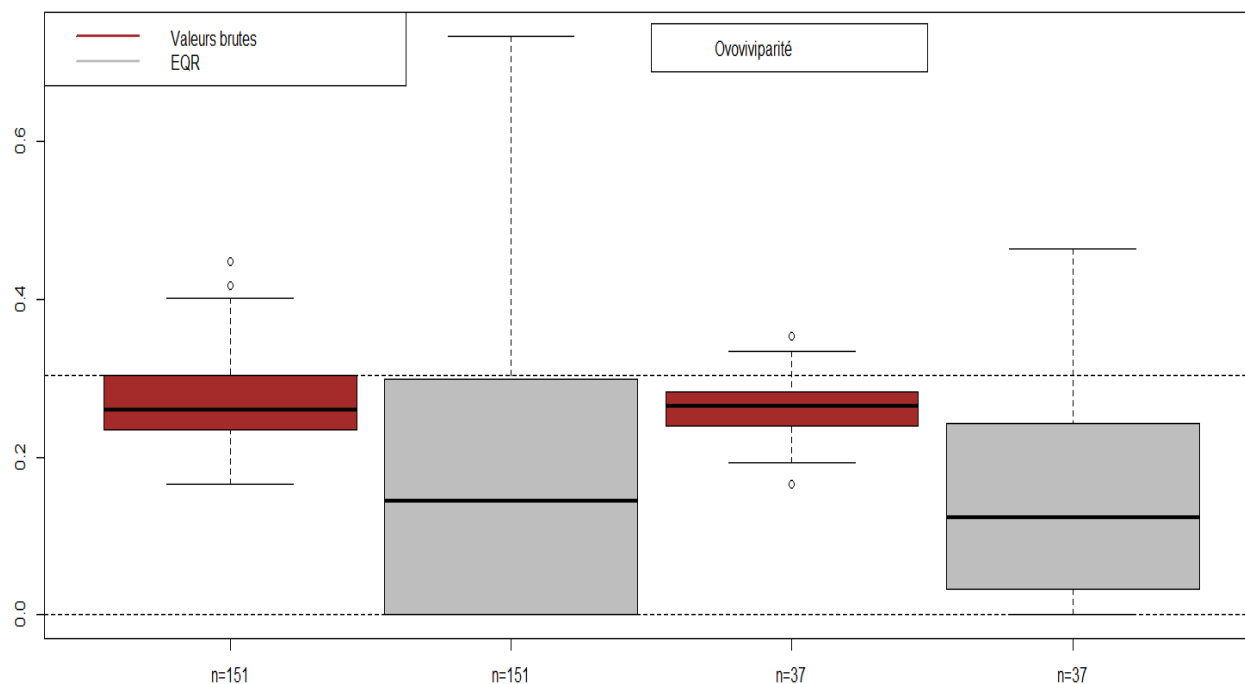


✓ Altération SEQ-Eau Pesticides indice moyen 6 mois

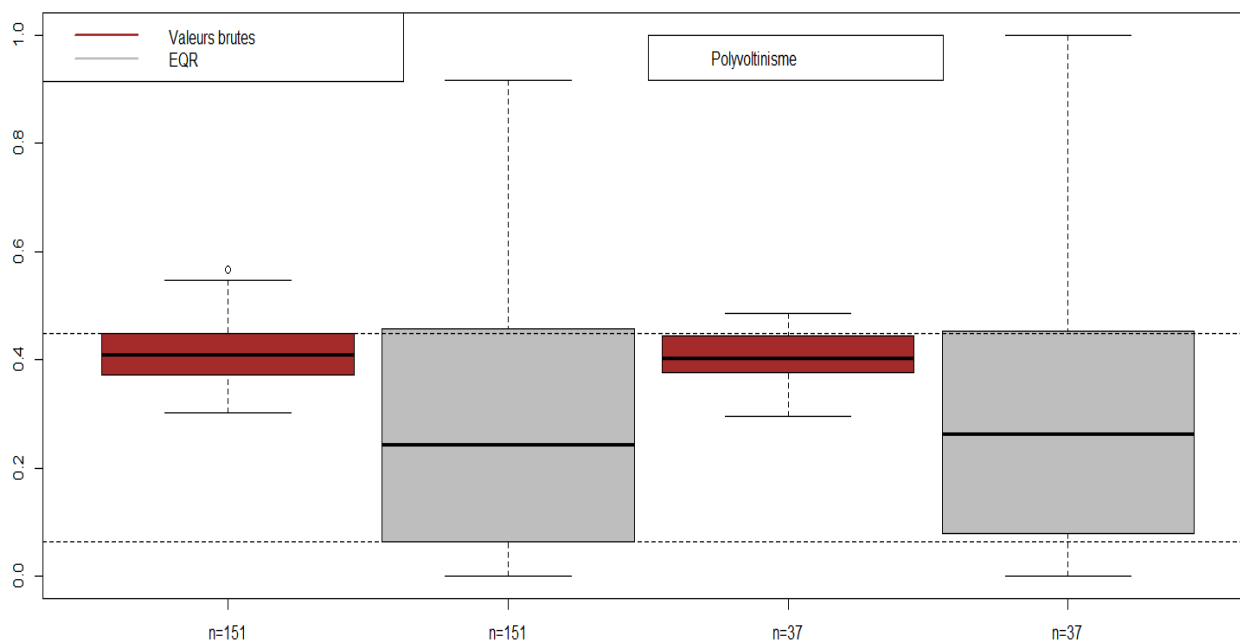
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



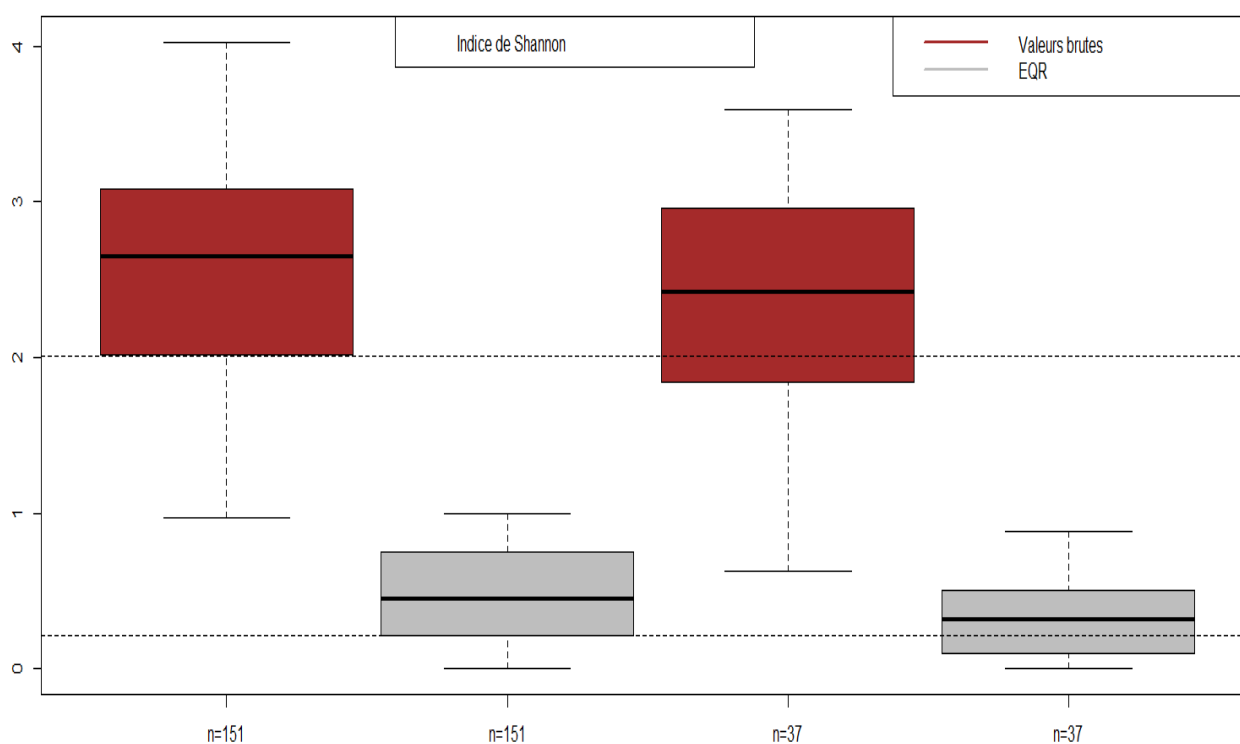
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



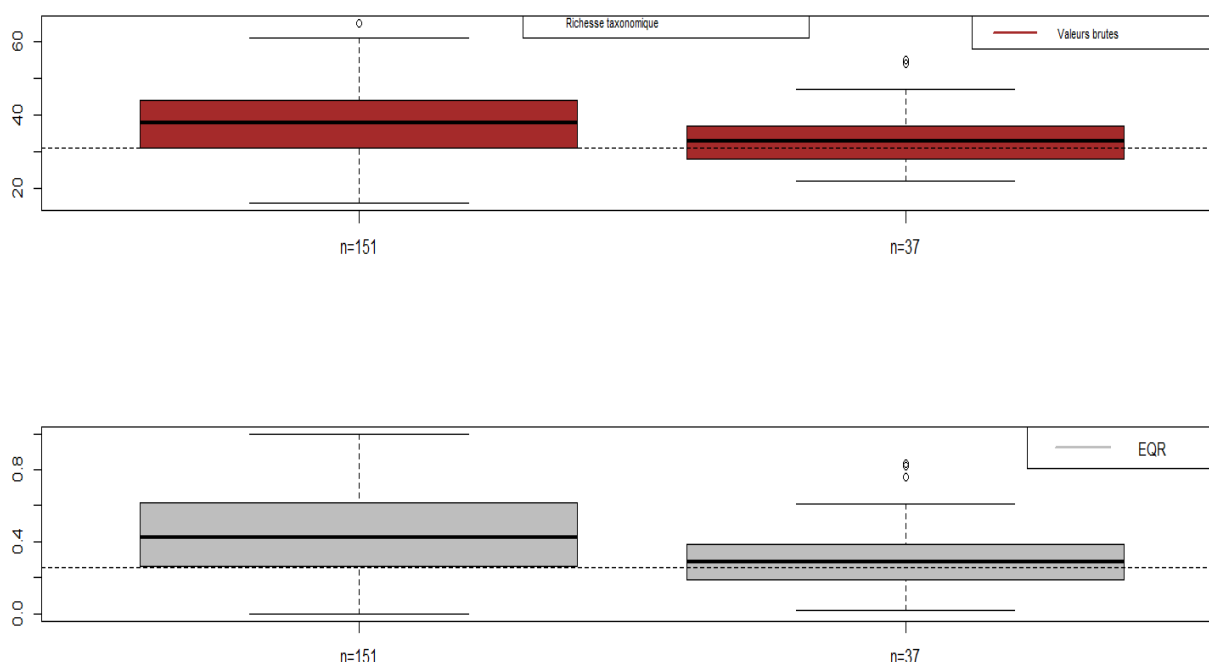
Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



Distribution des valeurs des métriques de l'I2M2 dans des sites en bon état (boîtes de gauche) et dans des sites perturbés (boîtes de droite) par les pesticides
(Données Artois-Picardie, 2007-2012)



4.3.4.4. Calcul de l'efficacité de discrimination (DE)

Le tableau ci-dessous récapitule la proportion de données dans des sites perturbés (altération SEQ-eau 6 mois moyenne en classes 3, 4 ou 5) présentant une valeur inférieure au Q25 de la distribution des données dans des sites de bonne qualité (classe 1 ou 2).

HER confondues	Efficacité de discrimination DE							
	Proportion de la variable en sites perturbés < Q25 de la variable en sites de bonne qualité							
Indices d'altérations SEQ-eau moyens 6 mois 2007-2012	HAP	MAZOT	MOOX	MPHOS	NO3	PAES	PEST	moyenne
I2M2	31%	44%	34%	49%	39%	44%	27	38%
ASPT valeur brute	23%	80%	69%	76%	16%	44%	50%	51%
ASPT EQR	0%	82%	69%	74%	0%	0%	0%	32%
Ovoviviparité valeur brute*	31%	29%	26%	27%	46%	33%	19%	30%
Ovoviviparité EQR	0%	0%	0%	0%	45%	0%	0%	6%
Polyvoltinisme valeur brute*	20%	29%	30%	42%	52%	55%	19%	35%
Polyvoltinisme valeur EQR	20%	32%	0%	41%	60%	55%	21%	33%
Richesse taxonomique brute	20%	38%	34%	43%	45%	44%	31%	37%
Richesse taxonomique EQR	20%	48%	34%	54%	40%	44%	39%	40%
Diversité Shannon brute	25%	36%	21%	29%	32%	11%	29%	26%
Diversité Shannon EQR	24%	36%	21%	31%	24%	11%	31%	26%
IBG équivalent	26%	43%	30%	46%	15%	25%	33%	31%

*proportions en sites perturbés > Q75 en sites de bonne qualité, puisque ces métriques augmentent avec la pollution

En répartissant les données par HER2, les effectifs sont les suivants :

Nombre de données	Altérations SEQ-eau indices moyens 6 mois						
HER2	HAP	MAZOT	MOOX	MPHOS	NO3	PAES	PEST
Haute Normandie Picardie • Site en bon état • Sites perturbés	22 34	152 22	102 9	157 14	3 171	170 4	62 3
Boulonnais • Site en bon état • Sites perturbés	6 4	13 4	8 3	16 1	0 17	14 3	10 2
Auréole crétacé • Site en bon état • Sites perturbés	13 23	42 14	31 5	42 14	6 50	55 1	32 6
Douai Condé • Site en bon état • Sites perturbés	2 3	0 5	2 1	1 4	0 5	5 0	2 3
Flandres intérieures • Site en bon état • Sites perturbés	6 7	0 17	7 4	4 13	0 17	16 1	7 10
Moères • Site en bon état • Sites perturbés	2 1	3 0	2 0	3 0	0 3	3 0	3 0
Thiérache • Site en bon état • Sites perturbés	7 14	21 4	15 1	20 5	9 16	25 0	14 8
Ardennes • Site en bon état • Sites perturbés	5 17	34 2	22 0	36 0	5 3	36 0	21 5

Les nombres de données par catégories n'étant pas suffisants, nous les avons regroupées pour calculer l'efficacité de discrimination par HER1 :

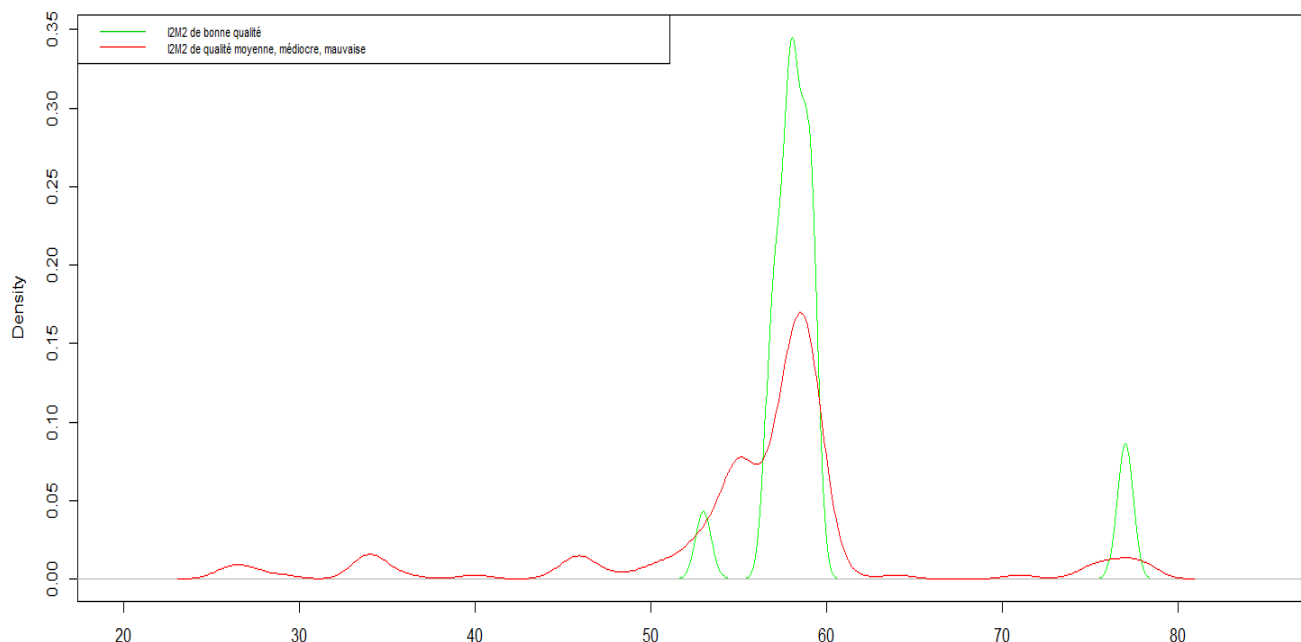
Nombre de données	Altérations SEQ-eau indices moyens 6 mois						
HER1	HAP	MAZOT	MOOX	MPHOS	NO3	PAES	PEST
Tables calcaires = Haute Normandie Picardie Boulonnais Auréole crétacé • Site en bon état • Sites perturbés	41 61	207 40	141 17	215 29	9 238	239 8	104 11
Dépôts argilo-sableux = Douai Condé Flandres intérieures Moères Thiérache • Site en bon état • Sites perturbés	17 25	21 26	26 6	28 19	9 41	49 1	26 21
Ardennes • Site en bon état • Sites perturbés	5 17	34 2	22 0	36 0	5 3	36 0	21 5

HER 1 tables calcaires	Efficacité de discrimination DE Proportion de la variable en sites perturbés < Q25 de la variable en sites de bonne qualité							
Indices d'altérations SEQ-eau moyens 6 mois 2007-2012	HAP	MAZOT	MOOX	MPHOS	NO3	PAES	PEST	Moyenne
I2M2	33%	45%	41%	58%	43%	50%	27%	42%
ASPT valeur brute	28%	82%	65%	80%	5%	38%	64%	51%
ASPT EQR	0%	85%	71%	79%	0%	38%	0%	39%
Ovoviviparité valeur brute*	34%	35%	18%	31%	34%	25%	27%	29%
Ovoviviparité EQR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Polyvoltinisme valeur brute*	27%	35%	35%	62%	63%	41%	36%	42%
Polyvoltinisme valeur EQR	27%	35%	0%	62%	58%	62%	36%	40%
Richesse taxonomique brute	18%	32%	23%	41%	15%	37%	27%	27%
Richesse taxonomique EQR	26%	30%	23%	44%	33%	37%	36%	32%
Diversité Shannon brute	14%	20%	17%	13%	76%	12%	18%	24%
Diversité Shannon EQR	16%	22%	17%	13%	48%	12%	9%	19%
IBG équivalent	23%	37%	35%	41%	7%	25%	9%	25%

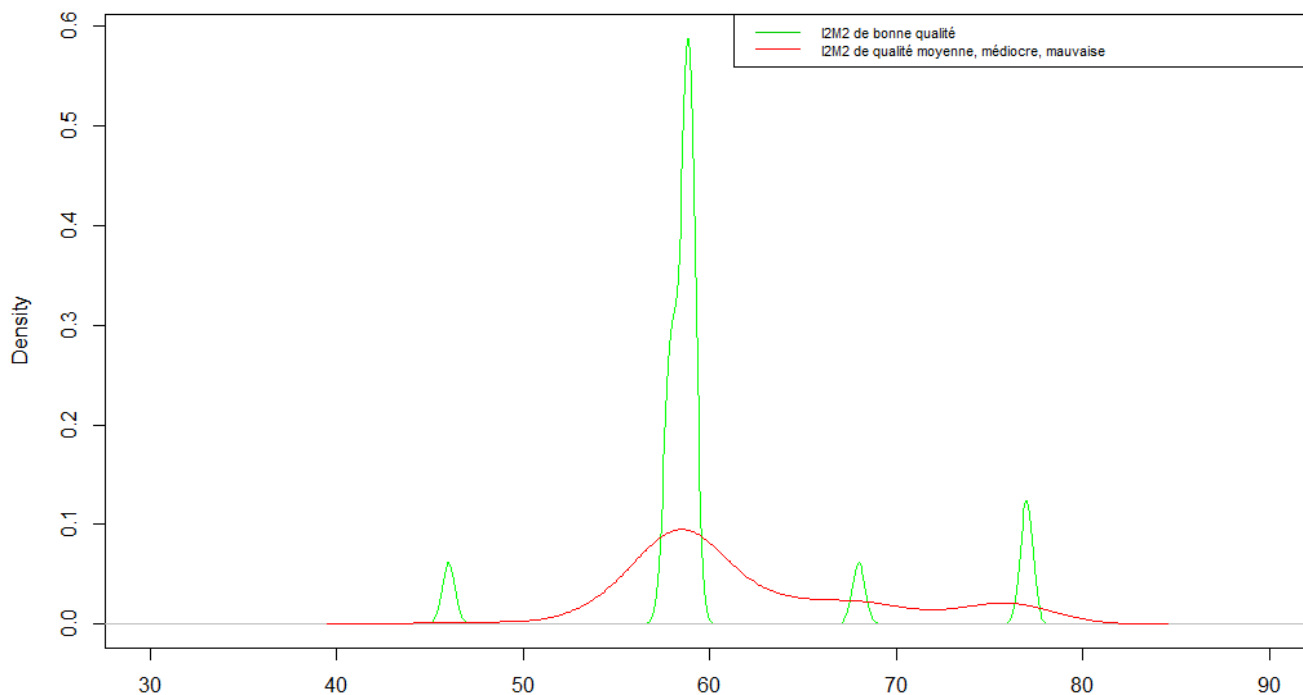
HER 1 Dépôts argilo-sableux	Efficacité de discrimination DE Proportion de la variable en sites perturbés < Q25 de la variable en sites de bonne qualité							
Indices d'altérations SEQ-eau moyens 6 mois 2007-2012	HAP	MAZOT	MOOX	MPHOS	NO3	PAES	PEST	Moyenne
I2M2	44%	46%	16%	45%	36%	0%	47%	33%
ASPT valeur brute	34%	73%	83%	68%	53%	100%	61%	67%
ASPT EQR	0%	73%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
Ovoviviparité valeur brute*	36%	30%	33%	22%	68%	100%	9%	42%
Ovoviviparité EQR	0%	0%	0%	0%	68%	0%	0%	9%
Polyvoltinisme valeur brute*	4%	11%	16%	22%	24%	0%	28%	15%
Polyvoltinisme valeur EQR	4%	7%	16%	22%	24%	0%	28%	14%
Richesse taxonomique brute	24%	34%	66%	36%	46%	100%	36%	48%
Richesse taxonomique EQR	24%	34%	66%	36%	46%	100%	42%	49%
Diversité Shannon brute	44%	50%	33%	45%	36%	0%	45%	36%
Diversité Shannon EQR	40%	50%	33%	50%	34%	0%	52%	37%
IBG équivalent	30%	30%	33%	43%	25%	0%	55%	30%

4.3.4.5. Distributions des altérations SEQ-eau (density plot) selon le niveau de qualité de l'I2M2

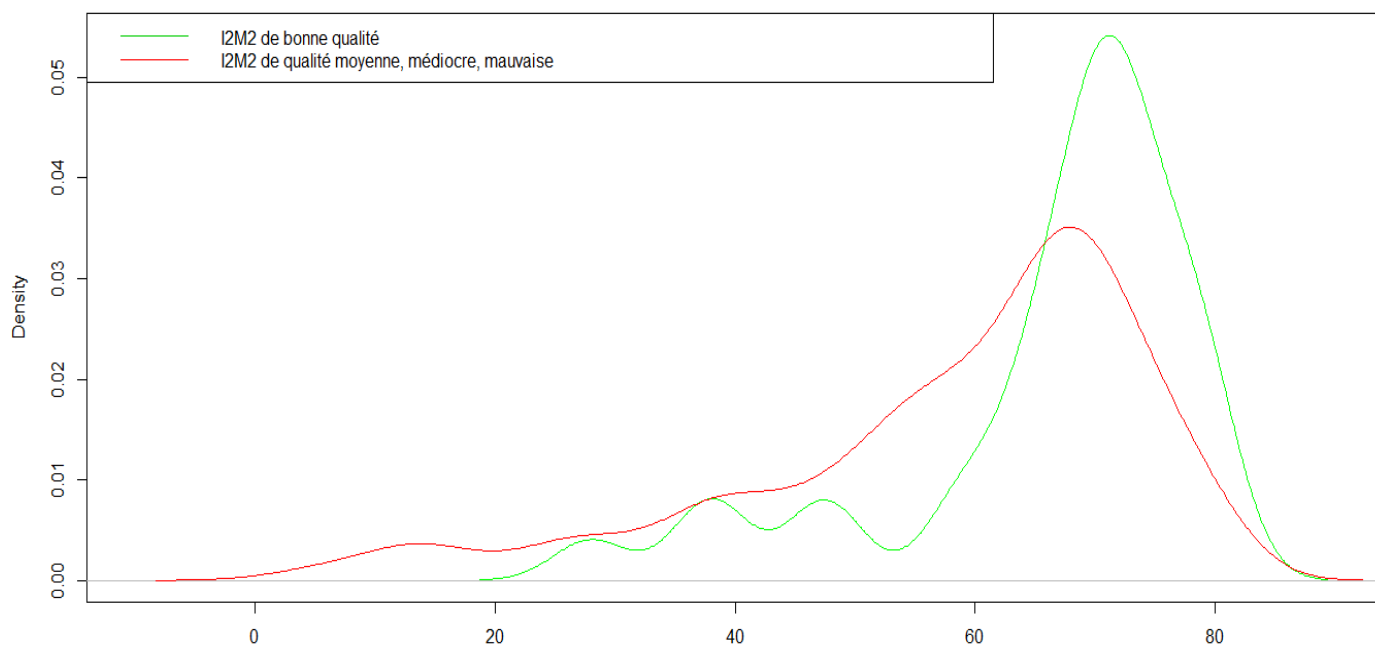
Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 176 données, 2007-2012)



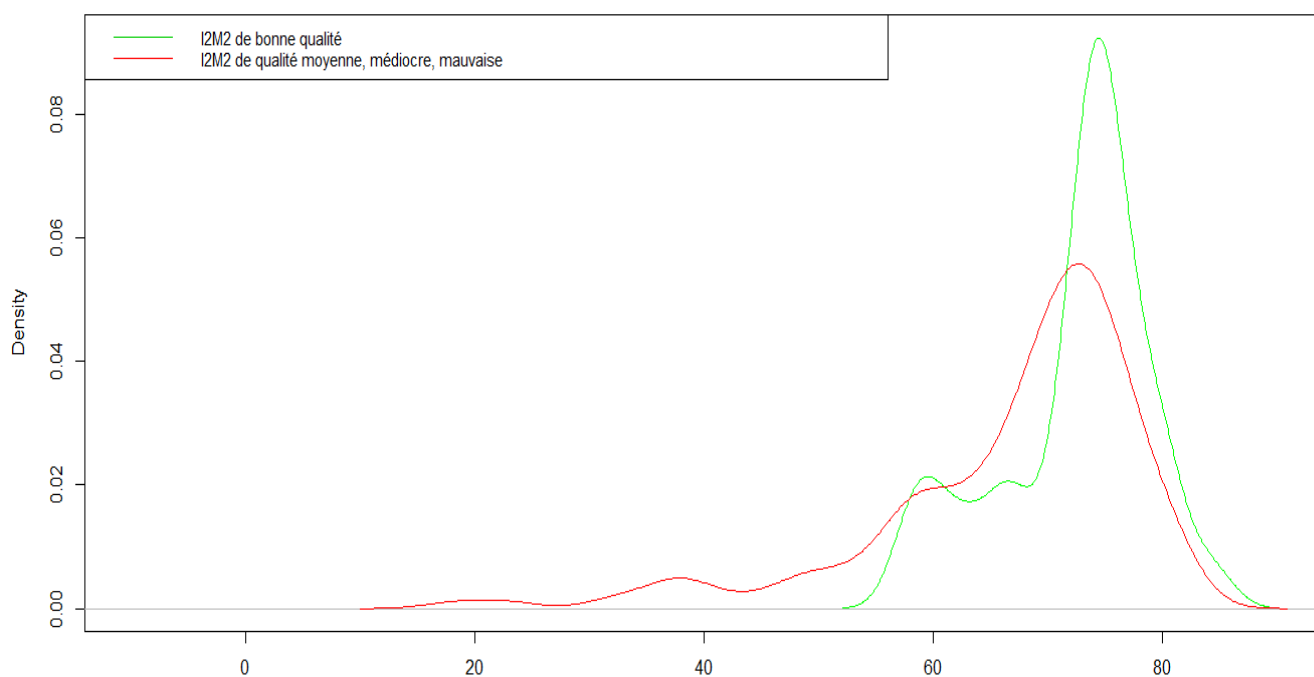
Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération hydrocarbures
(Données Artois-Picardie, 166 données, 2007-2012)



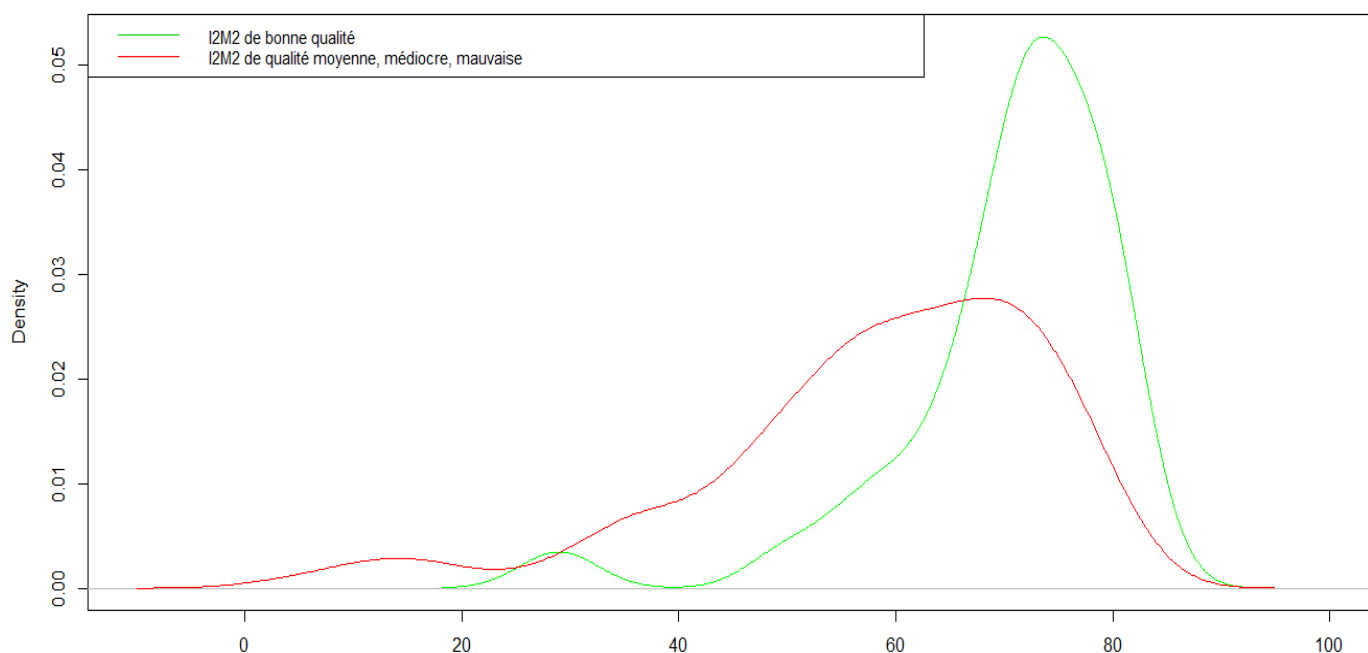
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération matières azotées
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



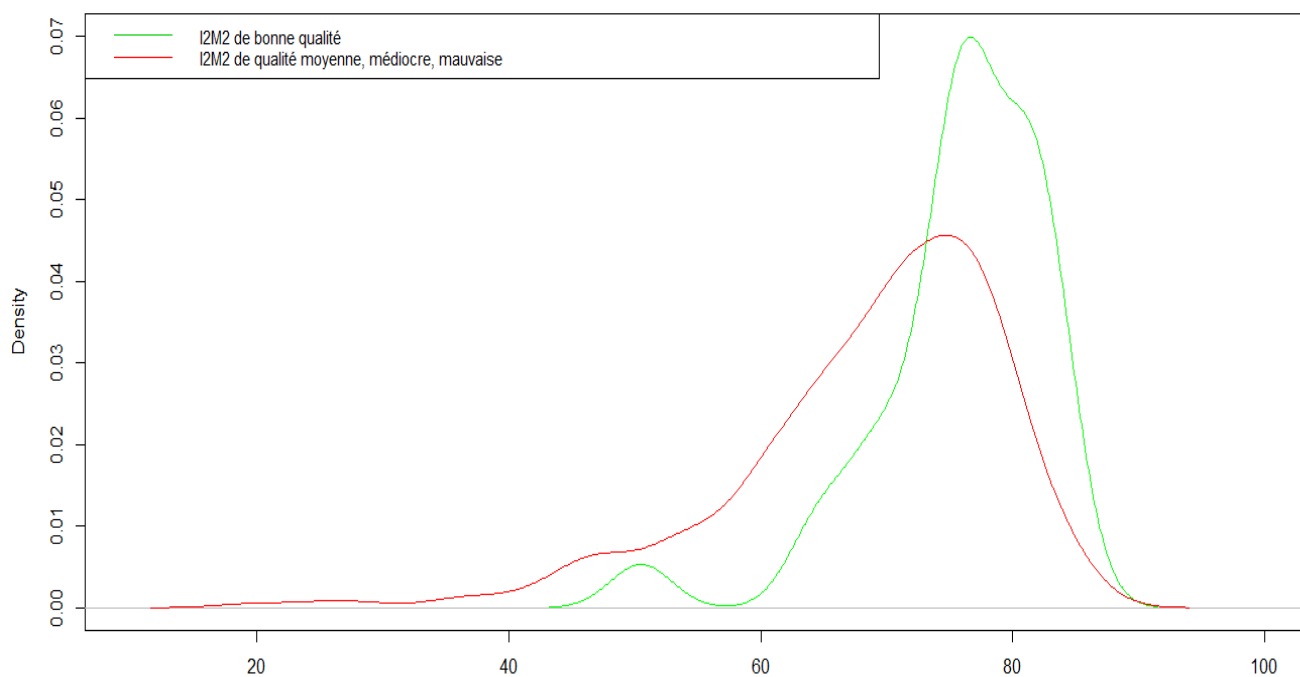
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération matières azotées
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



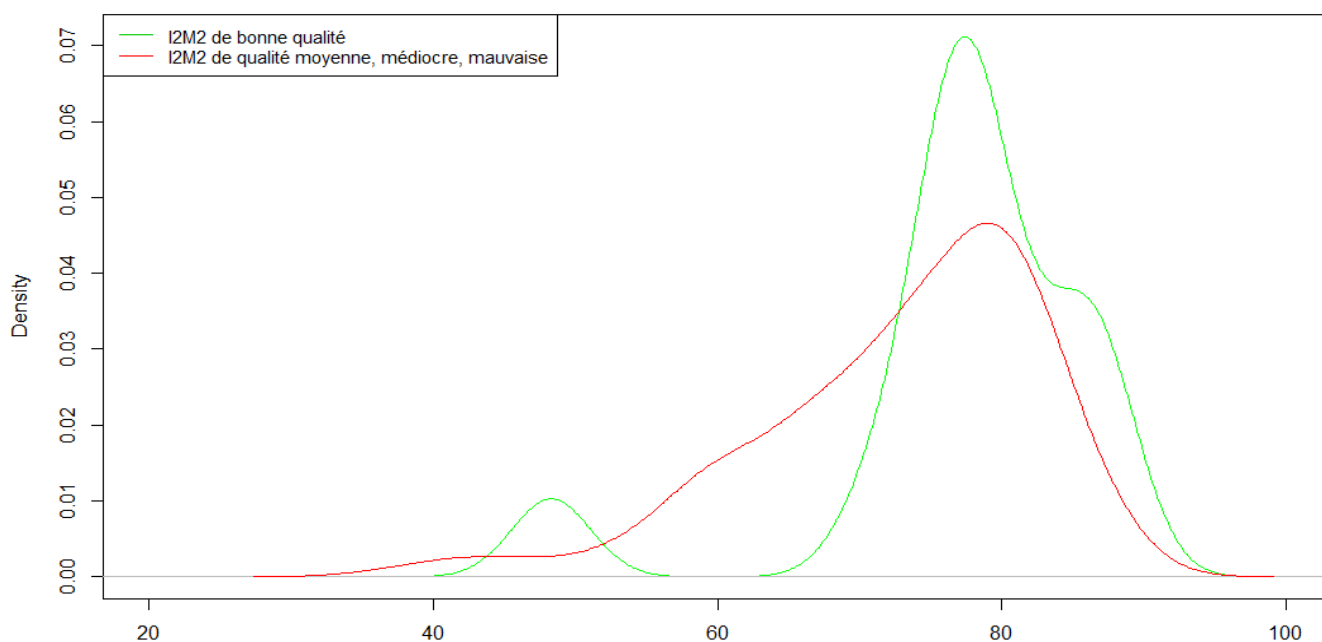
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 332 données, 2007-2012)**



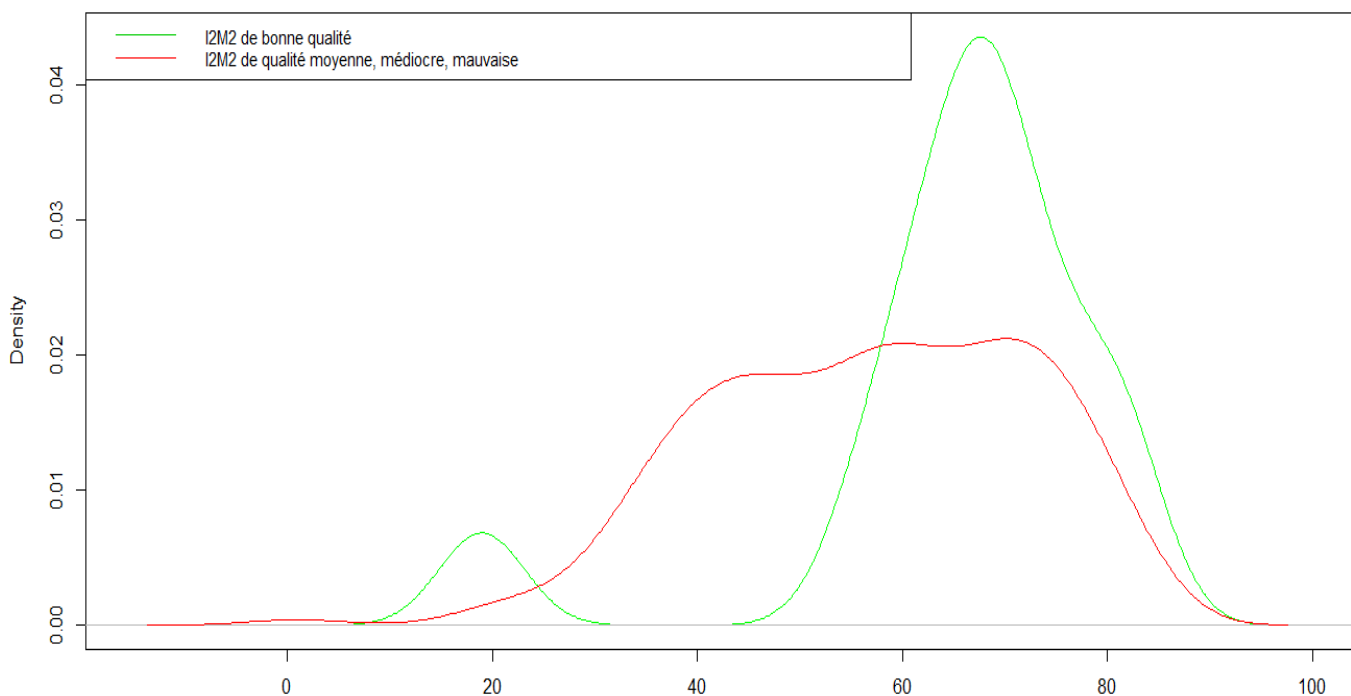
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération matières phosphorées
(Données Artois-Picardie, 330 données, 2007-2012)**



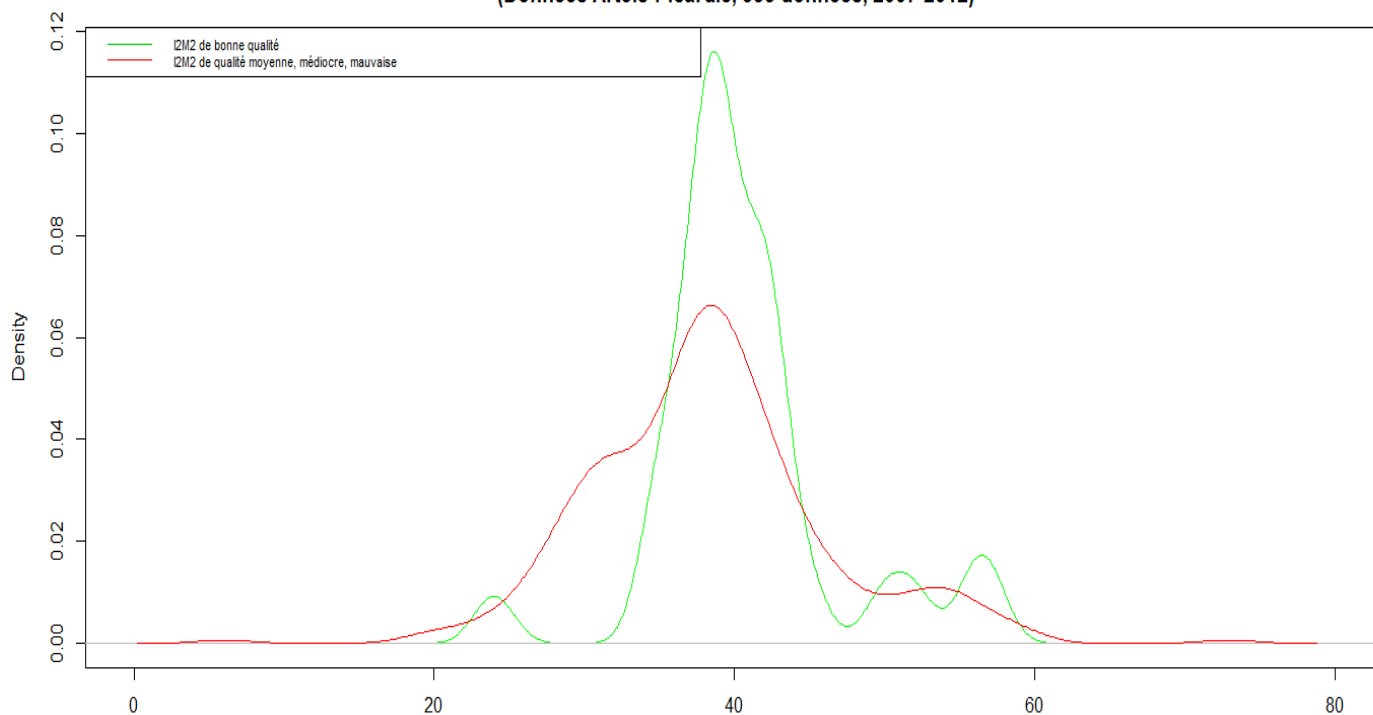
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération MOOX
(Données Artois-Picardie, 212 données, 2007-2012)**



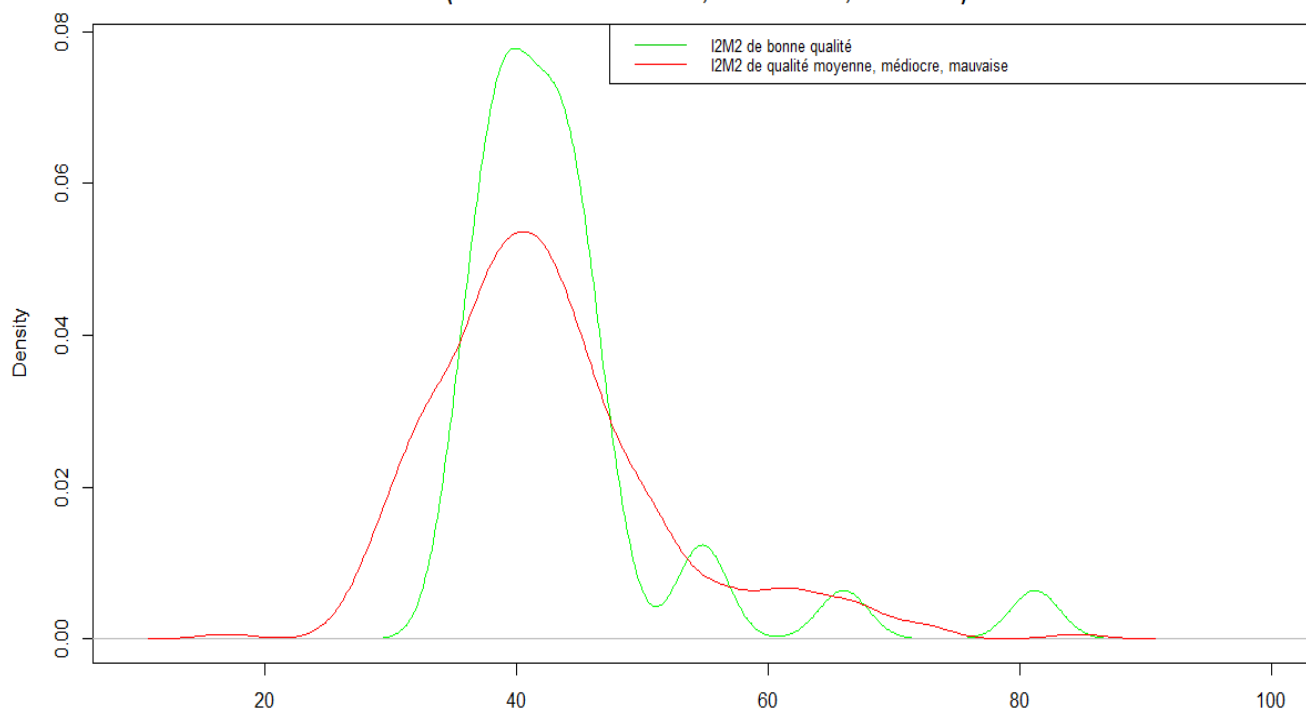
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération MOOX
(Données Artois-Picardie, 212 données, 2007-2012)**



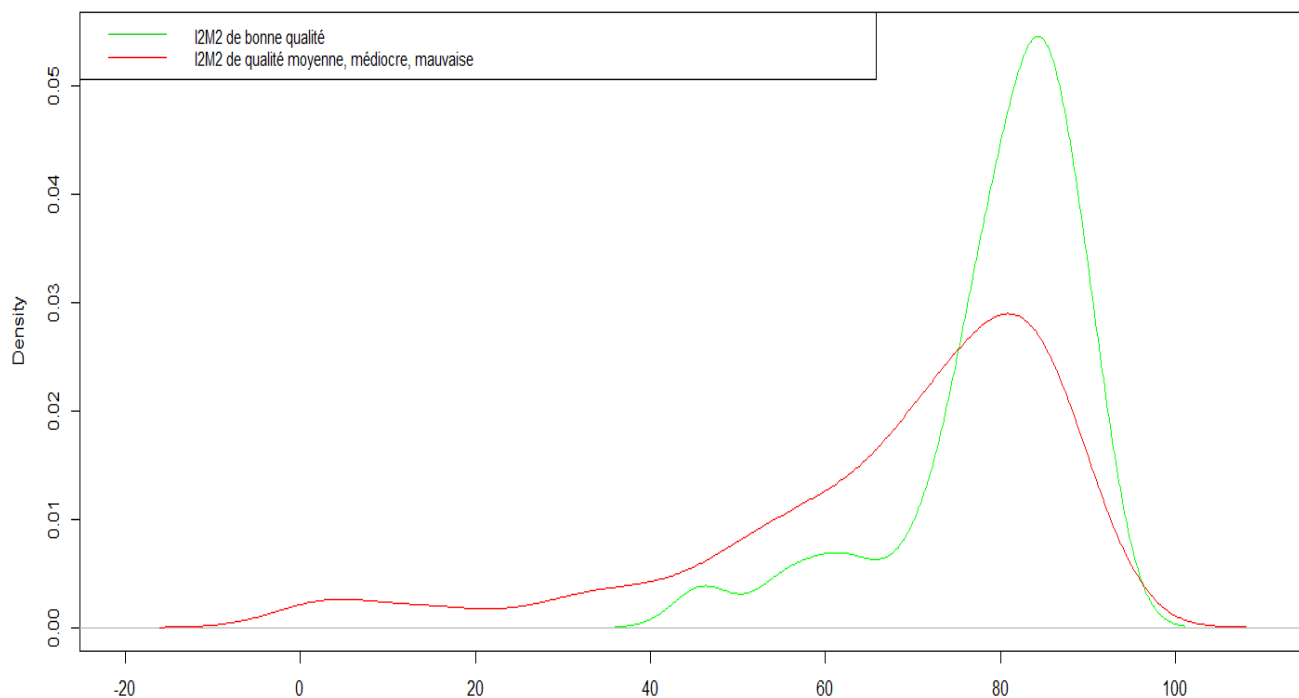
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération nitrates
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



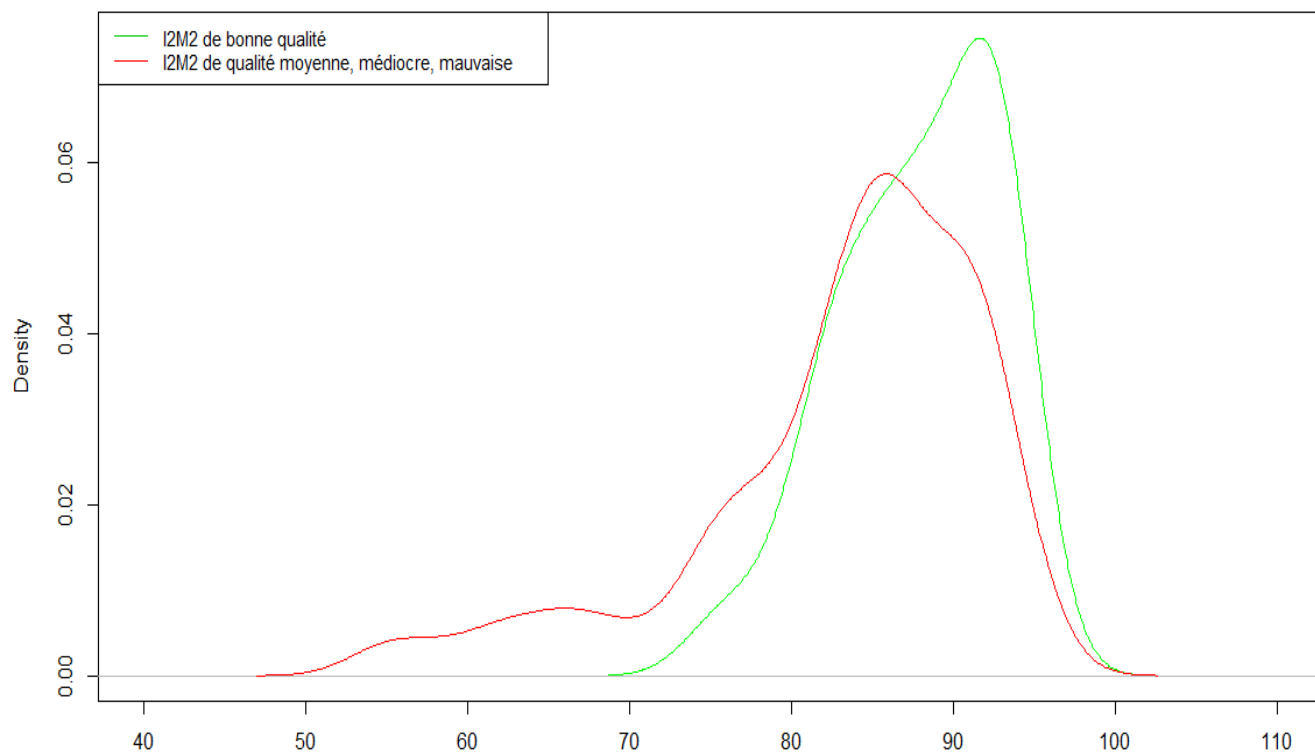
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération nitrates
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



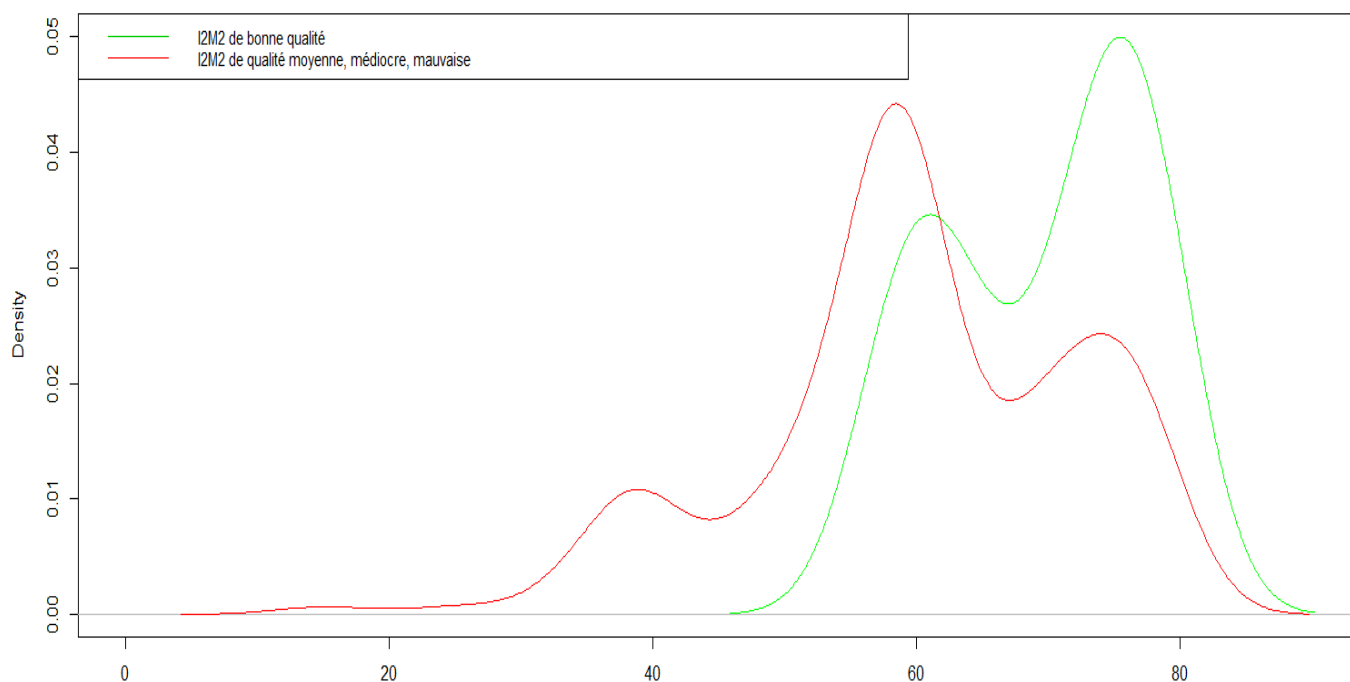
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération PAES
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



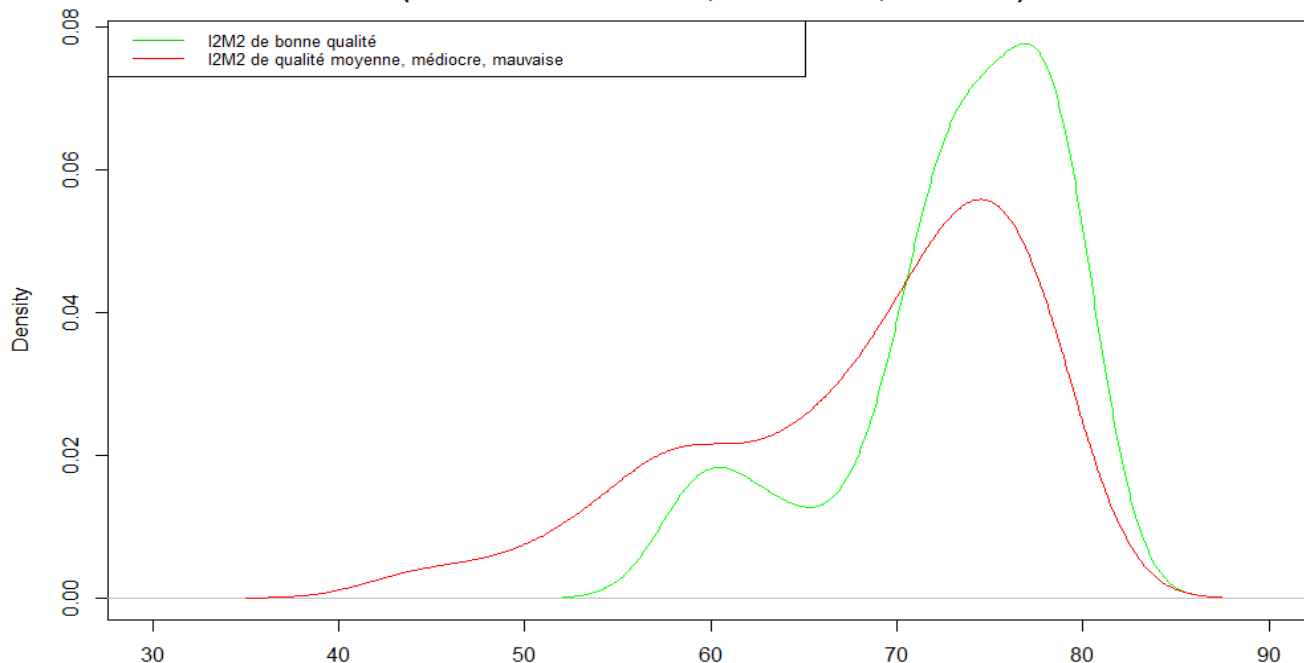
**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération particules en suspension
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau annuels de l'altération pesticides
(Données Artois-Picardie, 193 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des indices SEQ-eau moyens 6 mois de l'altération pesticides
(Données Artois-Picardie, 188 données, 2007-2012)**



Des tests de comparaison des moyennes (test de Mann-Whitney-Wilcoxon) des indices annuels de chaque altération SEQ-Eau en fonction des qualités de l'I2M2 donnent les résultats dans le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, la seule différence (de moyennes) non significative, en vert, porte sur les HAP : les courbes coïncident.

Indices d'altérations SEQ-eau annuels 2007-2012	Moyenne indice altération quand I2M2 bons	Moyenne indice altération quand I2M2 moyens, médiocres, mauvais	Nb de données	P-value
HAP	59,75	55,66	176	0,06
MAZOT	66,09	57,78	333	0,00
MOOX	65,42	56,91	212	0,02
MPHOS	70,25	58,17	332	0,00
NO3	40,71	38,28	333	0,03
PAES	79,46	67,25	333	0,00
PEST	69,54	59,85	193	0,00

Des tests de comparaison des moyennes (test de Mann-Whitney-Wilcoxon) des indices moyens 6 mois de chaque altération SEQ-Eau en fonction des qualités de l'I2M2 donnent les résultats dans le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, les différences (de moyenne) non significatives sont en vert.

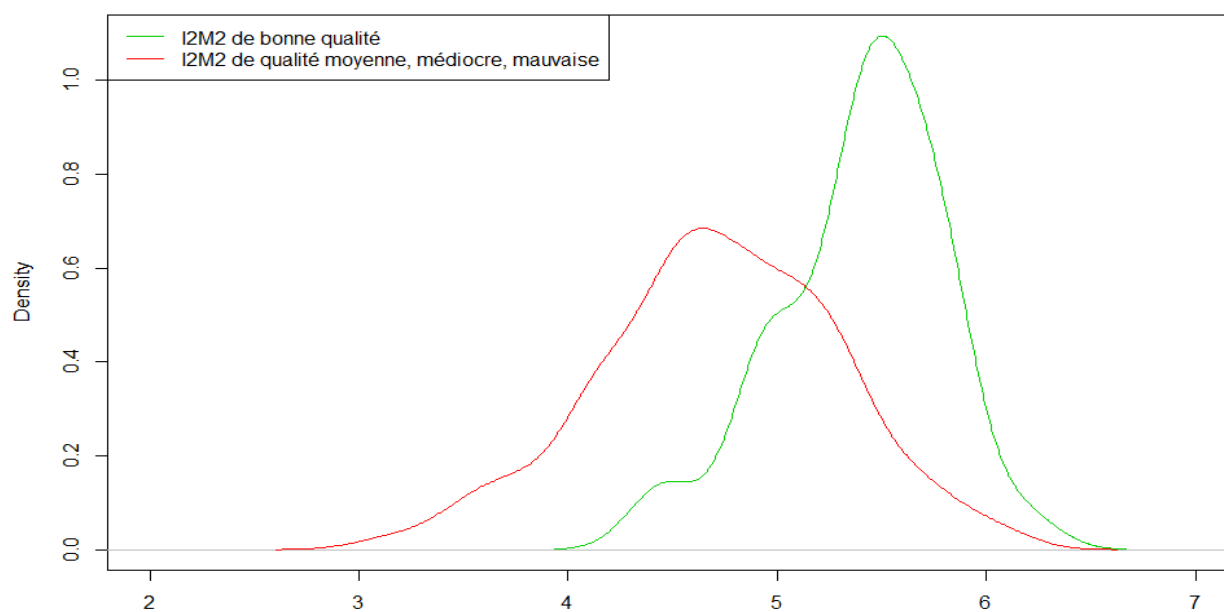
Indices d'altérations SEQ-eau moyens 6 mois 2007-2012	Moyenne indice altération quand I2M2 bons	Moyenne indice altération quand I2M2 moyens, médiocres, mauvais	Nb de données	P-value
HAP	60,33	62,20	166	0,2
MAZOT	72,40	66,77	333	0,00
MOOX	77,27	72,83	212	0,06
MPHOS	75,77	68,60	330	0,00
NO3	44	42,58	333	0,4
PAES	87,83	83,06	333	0,00
PEST	73,12	68,31	188	0,01

Les distributions des indices 6 mois (moyenne) des altérations HAP, nitrates et moox coïncident, ce qui n'était pas le cas des deux dernières avec les indices annuels (percentile 90) : alors que les HAP ne diffèrent pas lorsque les I2M2 sont bons ou moins bons, les minimums des nitrates et moox sont plus faibles lorsque les I2M2 ne sont pas bons (ce qui ne préjuge ni des modes, ni des médianes).

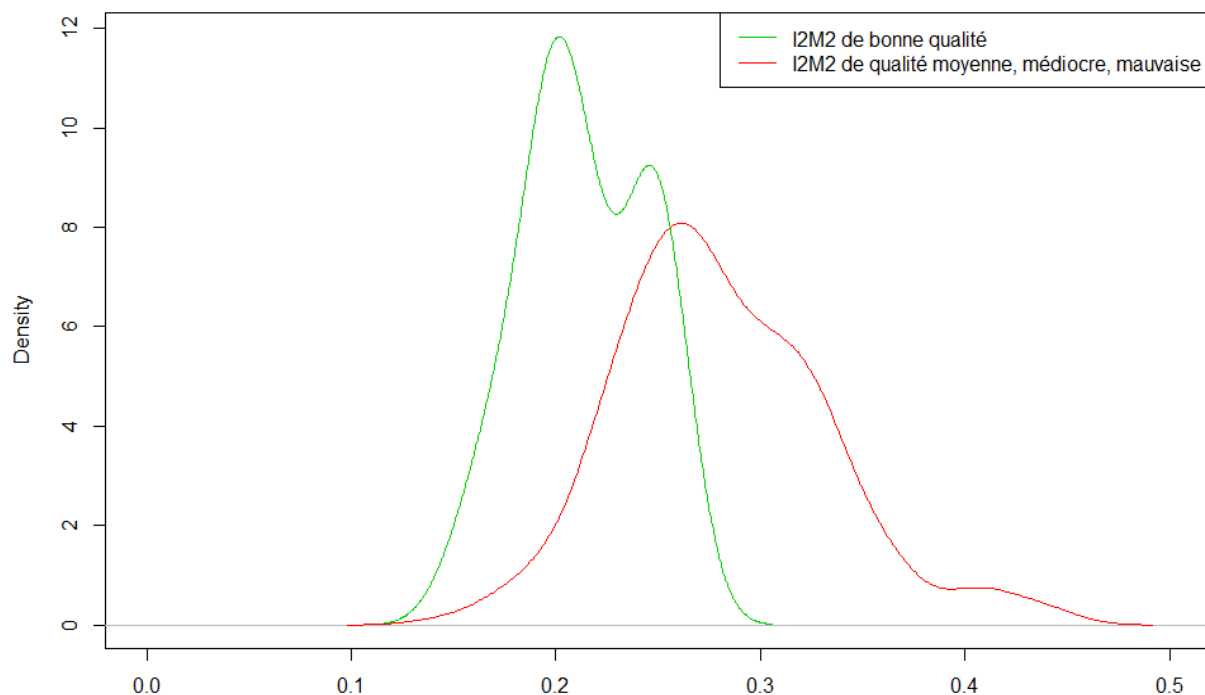
4.3.4.6. Distributions des métriques de l'I2M2 selon le niveau de qualité de l'I2M2

- ✓ Avec les valeurs brutes des métriques

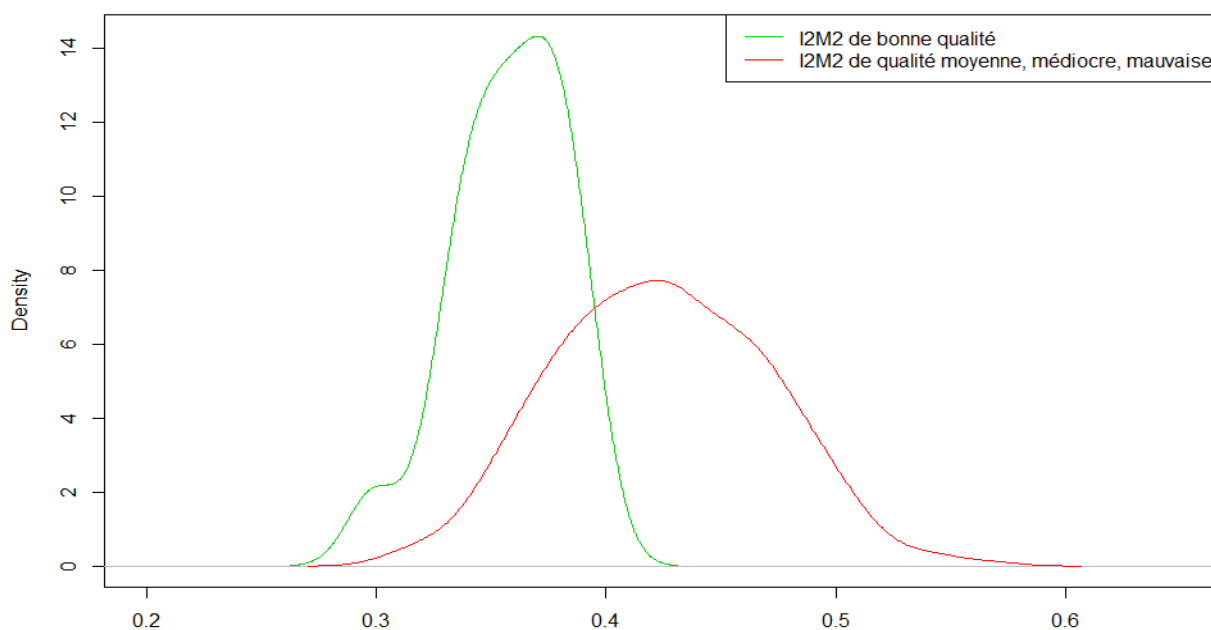
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs brutes du métrique ASPT de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



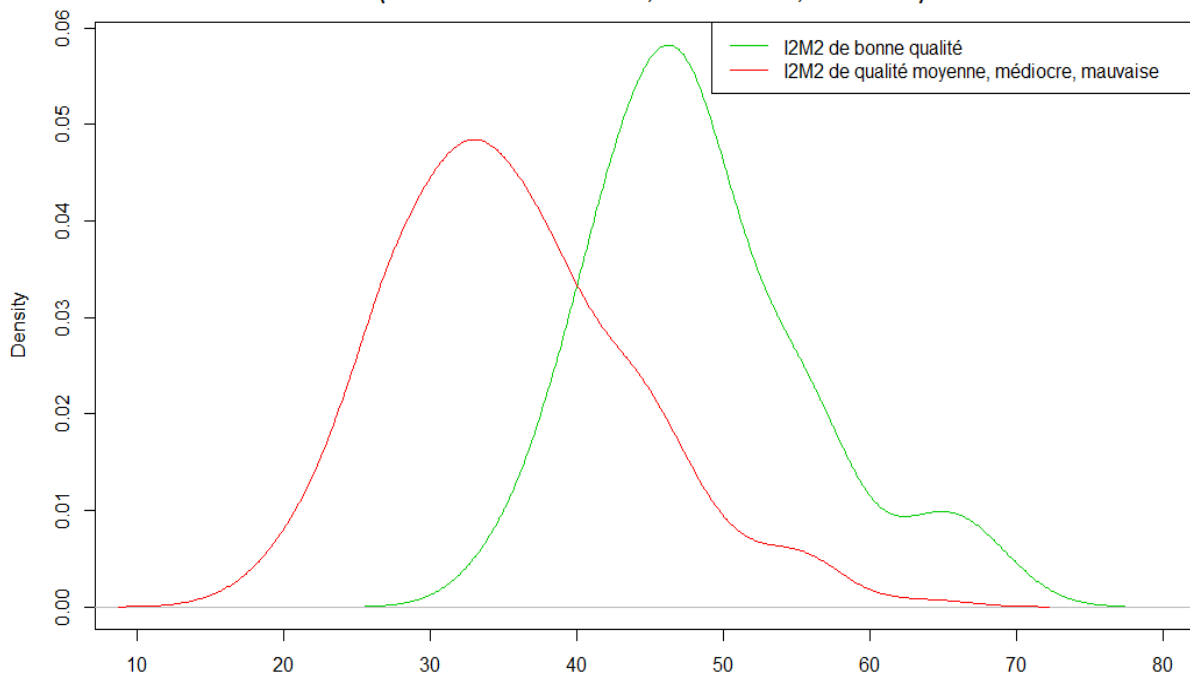
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs brutes du métrique Ovoviviparité de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



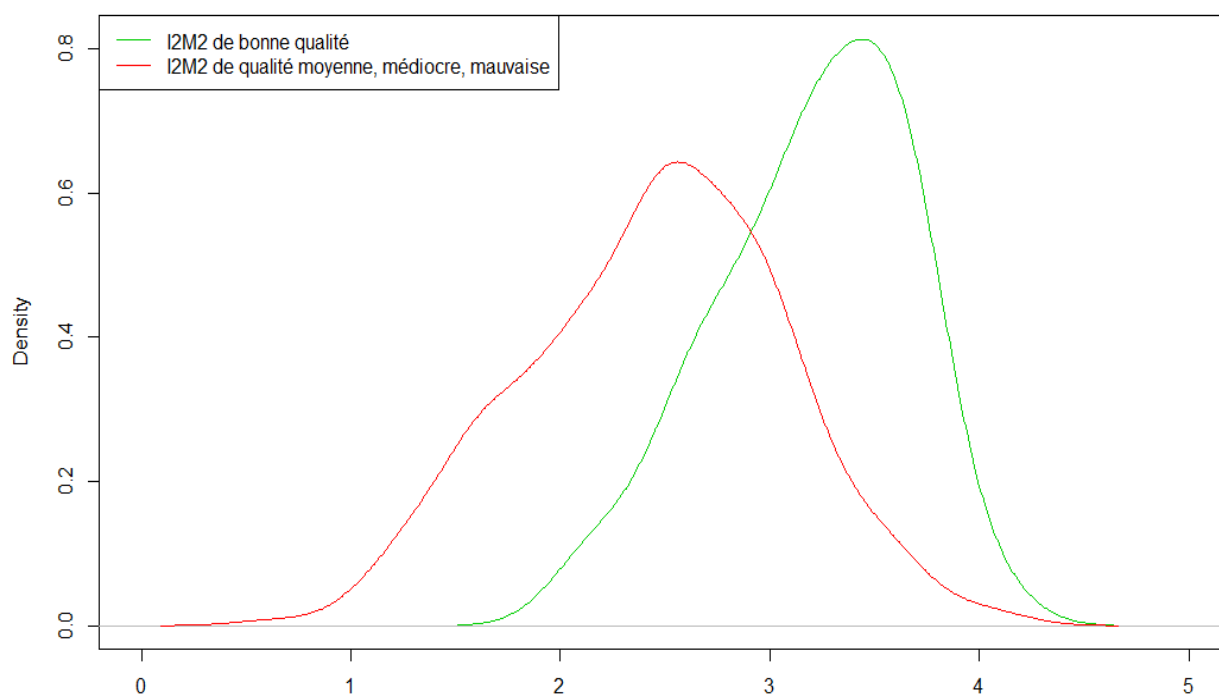
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs brutes du métrique Polyvoltinisme de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des valeurs brutes du métrique Richesse taxonomique de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des valeurs brutes du métrique Indice de Shannon de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**

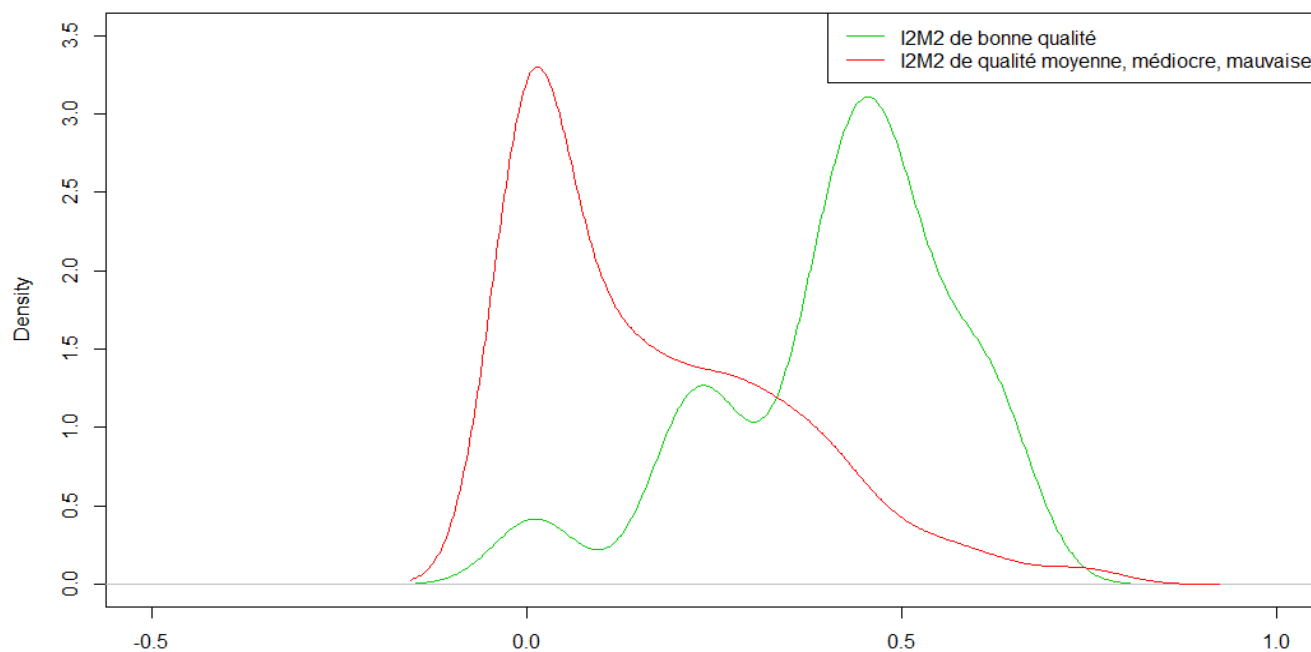


Des tests de comparaison des moyennes (test de Mann-Whitney-Wilcoxon) des valeurs brutes des métriques en fonction des qualités de l'I2M2 donnent les résultats dans le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, les différences de moyenne sont toutes significatives.

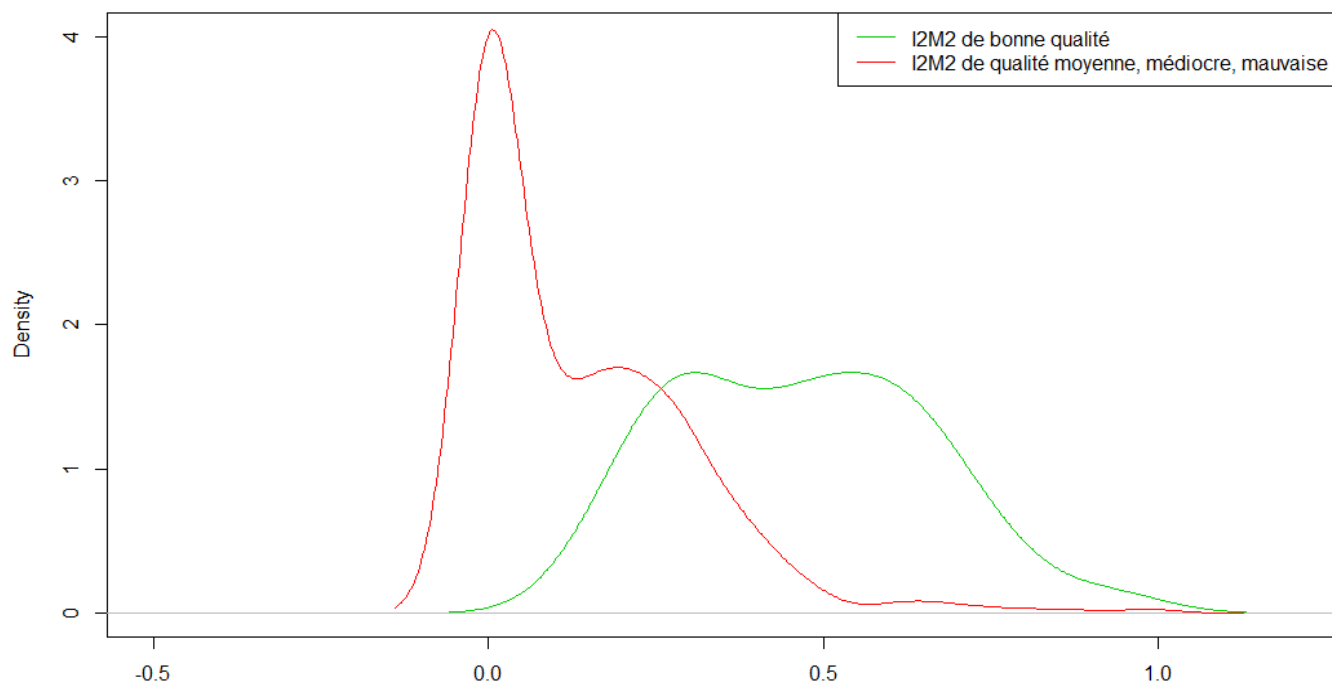
Métriques I2M2 2007-2012	Moyenne métriques I2M2 quand I2M2 bons	Moyenne métriques I2M2 quand I2M2 moyens, médiocres, mauvais	Nb de données	P-value
ASPT	5,39	4,71	345	0,00
Ovoviviparité	0,21	0,28	345	0,00
Polyvoltinisme	0,35	0,42	345	0,00
Richesse taxonomique	48,54	35,48	345	0,00
Indice de Shannon	3,19	2,45	345	0,00

- ✓ Avec les valeurs EQR des métriques

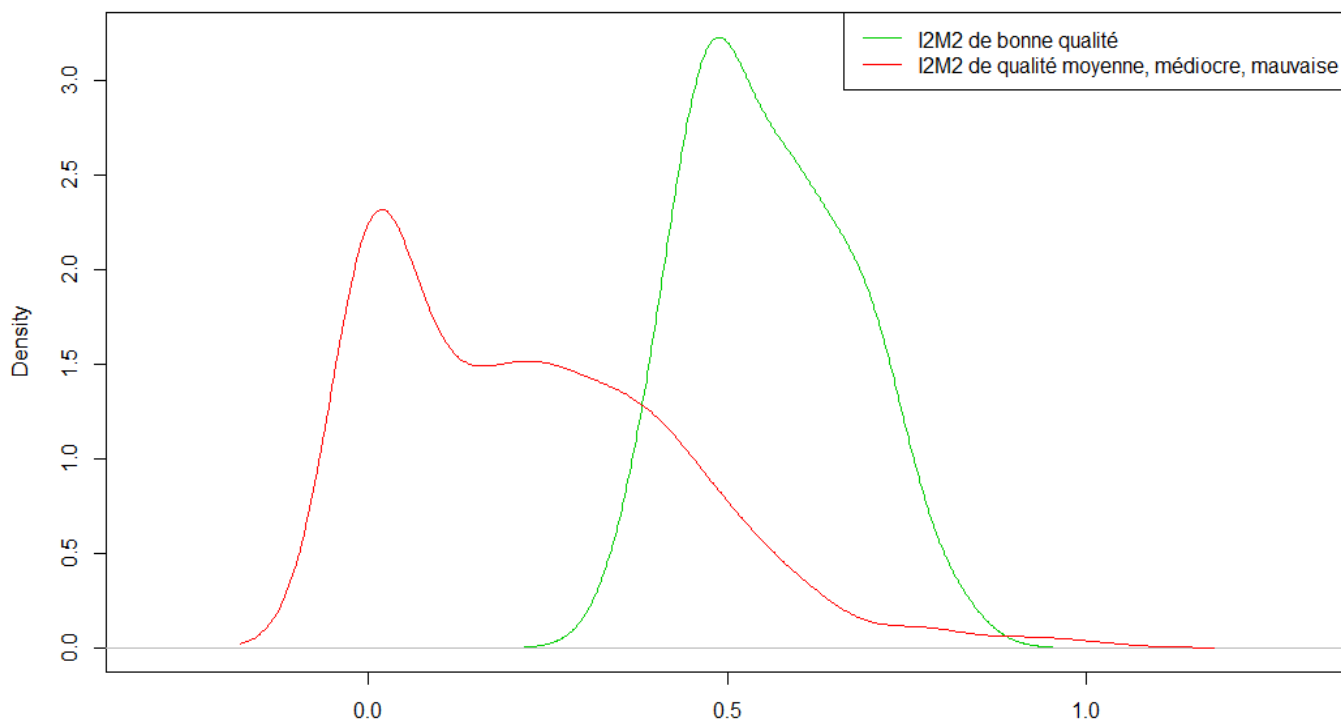
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs EQR du métrique ASPT de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



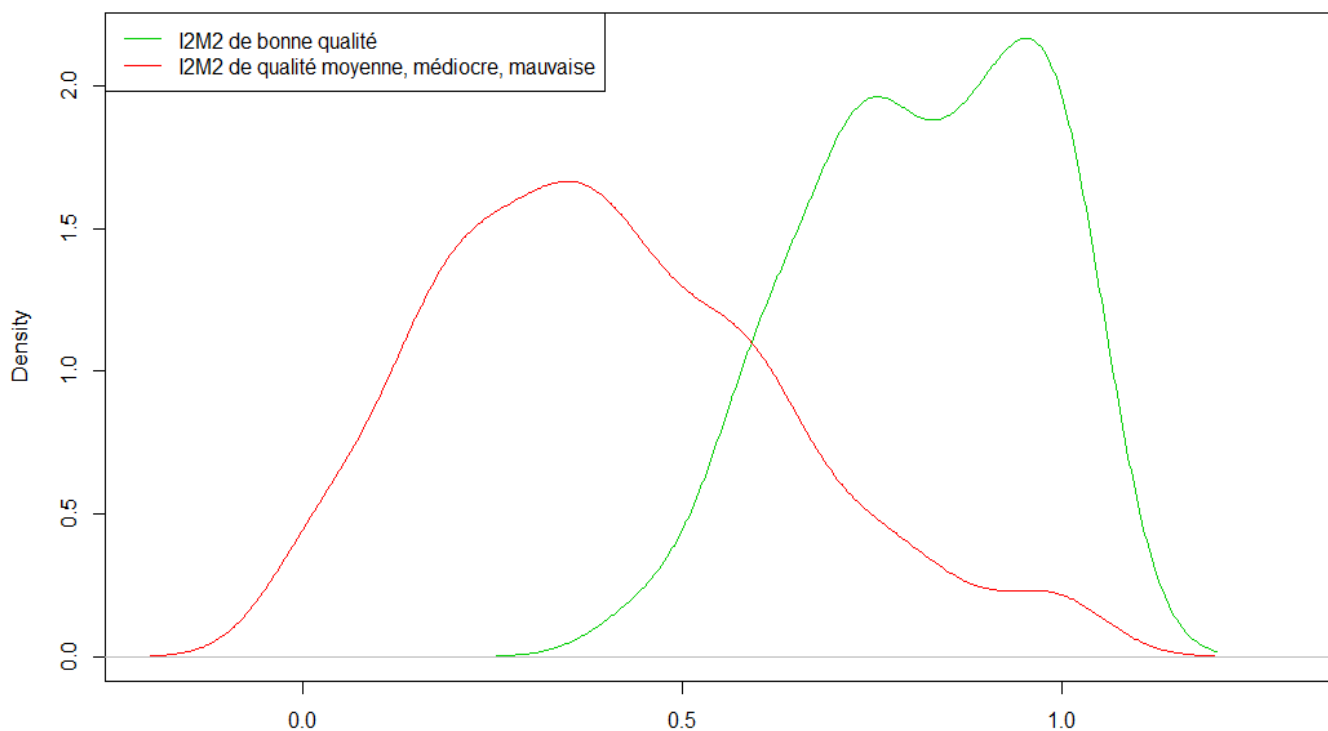
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs EQR du métrique Ovoviviparité de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



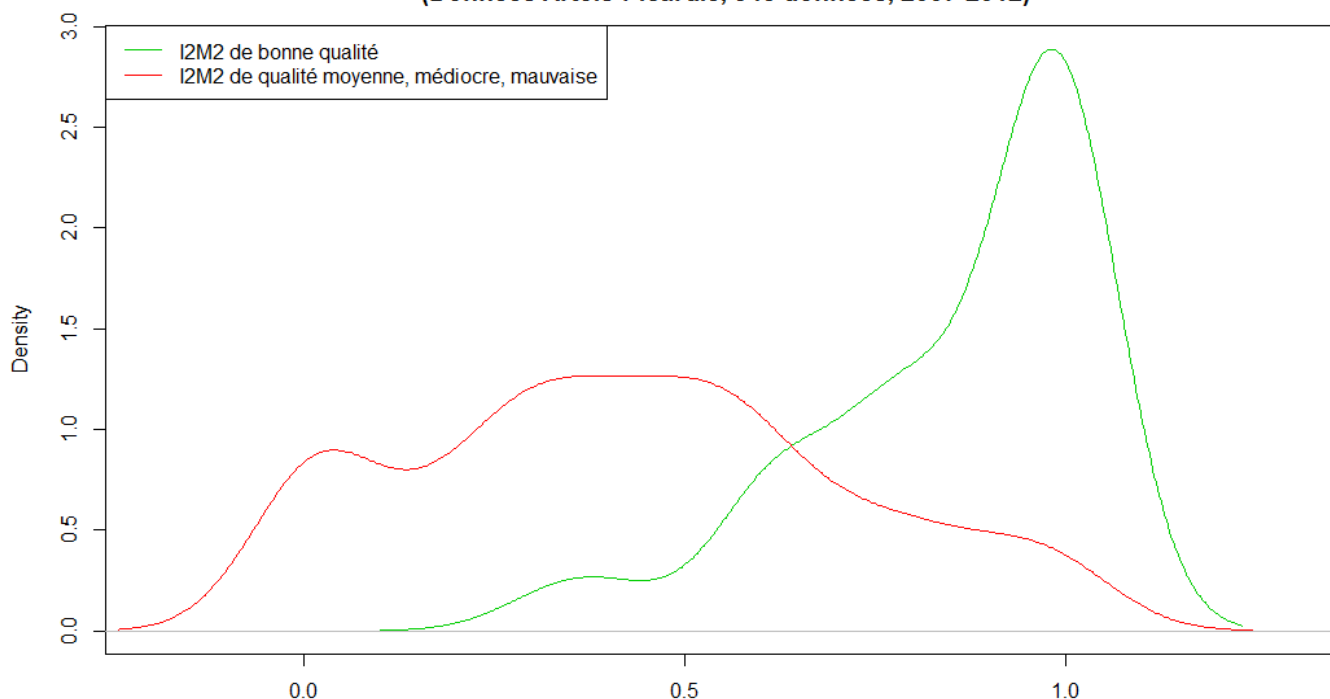
**Comparaison de la distribution estimée des valeurs EQR du métrique Polyvoltinisme de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des valeurs EQR du métrique Richesse taxonomique de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



**Comparaison de la distribution estimée des valeurs EQR du métrique Indice de Shannon de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données, 2007-2012)**



Des tests de comparaison des moyennes (test de Mann-Whitney-Wilcoxon) des valeurs EQR des métriques en fonction des qualités de l'I2M2 donnent les résultats dans le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, les différences de moyenne sont toutes significatives.

Métriques I2M2 2007-2012	Moyenne métriques I2M2 quand I2M2 bons	Moyenne métriques I2M2 quand I2M2 moyens, médiocres, mauvais	Nb de données	P-value
ASPT	0,41	0,16	345	0,00
Ovoviviparité	0,46	0,13	345	0,00
Polyvoltinisme	0,55	0,22	345	0,00
Richesse taxonomique	0,81	0,40	345	0,00
Indice de Shannon	0,85	0,42	345	0,00

4.4. CORRELATIONS INDICES SEQ-PHYSIQUE ET INDICES BIOLOGIQUES

4.4.1. Objectifs et données

Nous disposons à la fois d'indices morphologiques du SEQ-Physique et des indices biologiques, I2M2 et IBG équivalent, ainsi que de leurs sous variables constitutives, mais pas à la même fréquence : 6 indices biologiques (I2M2 et IBG équivalent) ont été établis chaque année pour un seul indice morphologique au cours de la période (2007-2012). Nous avons donc calculé un indice biologique moyen sur la période et recherché la corrélation avec les indices morphologiques correspondants. Nous avons aussi procédé de la même manière avec les sous variables constitutives de ces indices biologiques.

L'indice hydrologie du SEQ-Physique n'est pas pris en compte car il est noté en 2 classes seulement.

4.4.2. Corrélations entre indices

Les coefficients de corrélation (r) entre indices sont les suivants ; les corrélations significatives et dans le même sens sont indiquées **en vert** ; **en jaune**, les corrélations significatives, mais inverses.

● Valeurs brutes

Indices SEQ-Physique	Nb données	Coefficient de corrélation entre les variables					
		I2M2 moyen 2007-2012	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Indice Global	47	0,17	0,30	-0,13	-0,20	0,21	0,03
Indice Lit Majeur	47	0,20	0,32	-0,14	-0,22	0,27	0,17
Indice Lit Mineur	47	0,02	-0,01	0,02	-0,09	-0,01	-0,09
Indice Berge	47	0,14	0,28	-0,16	-0,09	0,20	0
Indice Ripisylve	47	0,10	0,18	-0,06	-0,09	-0,01	-0,18
Diversité ripisylve	45	0,31	0,19	-0,19	-0,24	0,16	-0,02
Continuité ripisylve	45	0,02	0,03	0,07	0,006	-0,11	-0,19
Répartition ripisylve	45	-0,02	0,14	0,09	0,11	-0,11	-0,36
Epaisseur ripisylve	45	0,23	0,31	-0,07	-0,15	0,12	-0,07
Etat ripisylve	45	-0,007	0,21	0,04	0,08	-0,08	-0,41
Seuils	45	-0,09	-0,16	-0,13	0,03	0,06	0,02
Débit solide	45	-0,07	-0,10	0,11	0,11	-0,04	-0,12
Sinuosité	45	0,07	0,25	-0,05	-0,05	0,25	-0,04
Ecoulements	45	0,12	0,21	-0,11	-0,17	0,07	-0,04
Nature des fonds	45	0,35	0,28	-0,07	-0,18	0,21	0,04
Variabilité profondeur	45	0,14	0,19	-0,11	-0,12	0,09	-0,05
Variabilité largeur	45	0,15	0,21	-0,02	-0,03	0,10	0,03
Dépôts	45	0,16	0,29	-0,19	-0,11	0,22	0,01
Encombres du lit	45	0,11	0,05	-0,05	0,05	0,08	-0,07
Prolifération végétale	45	-0,003	0,24	0,15	0,05	0,10	0,10
Dynamique fluviale	45	-0,13	-0,19	0,24	0,29	-0,23	-0,29

Les corrélations significatives sont rares. Il peut sembler surprenant que des corrélations significatives apparaissent entre l'I2M2 et les facteurs du milieu alors que ses sous-indices constitutifs n'en présentent pas : nous l'attribuons au fait que les corrélations des métriques sont proches du seuil, et au jeu des pondérations des métriques dans l'I2M2.

Indices SEQ-Physique	Nb données	Coefficient de corrélation entre les variables		
		IBG éq moyen 2007-2012	Groupe faunistique indicateur	Variété taxonomique
Indice Global	47	0,24	0,23	0,17
Indice Lit Majeur	47	0,28	0,23	0,23
Indice Lit Mineur	47	-0,10	- 0,08	-0,04
Indice Berge	47	0,35	0,36	0,20
Indice Ripisylve	47	0,12	0,26	-0,05

Les résultats sont encore plus limités avec l'IBG équivalent. Les corrélations sont particulièrement faibles avec le lit mineur.

● EQR

Indices SEQ-Physique	Nb données	I2M2 moyen 2007-2012	Coefficient de corrélation entre les variables					
			EQR ASPT	EQR Ovo-viviparité	EQR Poly-voltinisme	EQR Richesse taxonomique	EQR Shannon	EQR IBG éq moyen 2007-2012
Indice Global	47	0,17	0,29	0,11	0,15	0,19	0,009	0,14
Indice Lit Majeur	47	0,20	0,25	-0,007	0,10	0,20	0,11	0,09
Indice Lit Mineur	47	0,02	0,07	0,06	0,12	0,05	-0,05	0,02
Indice Berge	47	0,14	0,14	0,14	0,05	0,07	-0,05	0,15
Indice Ripisylve	47	0,10	0,19	0,13	0,21	0,04	-0,09	0,09
Diversité ripisylve	44	0,31	0,18	0,25	0,34	0,19	0,03	0,22
Continuité ripisylve	44	0,02	0,02	0,01	0,06	-0,07	-0,18	-0,06
Répartition ripisylve	44	-0,02	0,11	-0,03	-0,05	-0,03	-0,26	-0,02
Epaisseur ripisylve	44	0,23	0,27	0,06	0,14	0,16	-0,08	0,24
Etat ripisylve	44	-0,007	0,16	-0,02	-0,01	0,00	-0,29	0,00
Seuils	44	-0,09	-0,15	0,18	-0,03	-0,01	-0,11	-0,00
Débit solide	44	-0,07	-0,07	0,02	-0,09	0,01	0,03	-0,14
Sinuosité	44	0,07	0,19	-0,02	-0,02	0,24	-0,14	0,18
Ecoulements	44	0,12	0,17	0,11	0,17	0,11	-0,06	0,16
Nature des fonds	44	0,35	0,31	0,19	0,24	0,30	0,11	0,24
Variabilité profondeur	44	0,14	0,15	0,12	0,13	0,05	-0,07	0,08
Variabilité largeur	44	0,15	0,20	0,00	0,04	0,17	0,10	0,25
Dépôts	44	0,16	0,20	0,11	0,07	0,23	0,00	0,26
Encombres du lit	44	0,11	0,11	0,11	-0,00	0,14	0,06	-0,01
Prolifération végétale	44	-0,003	0,21	-0,30	-0,11	0,10	0,04	0,08
Dynamique fluviale	44	-0,13	-0,11	-0,10	-0,15	-0,10	-0,09	-0,15

Les corrélations ne sont pas meilleures avec les EQR.

4.5. RECHERCHE DE LIENS ENTRE INDICES BIOLOGIQUES ET RISQUE PROBABLE D'ALTERATION SYRAH

4.5.1. Objectifs et données

Il s'agit de voir la variation de l'indice I2M2 et de ses cinq métriques en fonction de la classe d'altération la plus probable des risques Syrah. Nous avons fait une analyse de la variance (une ANOVA à un facteur) des indices biologiques en fonction de la classe la plus probable des risques Syrah selon les paramètres HQ, PL,

SS et SR. Le paramètre HD est exclu de l'analyse car la classe d'altération la plus probable n'obtient que la valeur « très faible ».

Après avoir vérifié à chaque fois l'homogénéité des variances (par le test de Bartlett), nous avons appliqué l'ANOVA et les résultats sont dans le tableau ci-dessous. Au seuil de risque de 5%, les p-values significatives sont **en vert**.

● Valeurs brutes

Paramètres Syrah	Nb données	p-values seuil risque 5%					
		I2M2	Average Score Per Taxon (ASPT)	Ovo-viviparité	Poly-voltinisme	Richesse taxonomique	Indice de diversité de Shannon
Quantité du débit d'eau (HQ)	334	2,6e-07	2,2e-08	0,001	0,00	0,00	0,009
Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière (PL)	334	0,21	0,22	0,03	0,00	0,30	0,61
Structure et substrat du lit (SS)	334	4,9e-09	0,001	0,01	9,1e-07	1,6e-08	8,1e-07
Structure de la rive (SR)	334	0,40	0,14	0,9	0,00	0,9	0,01

Les paramètres HQ et SS ont un effet significatif sur les indices biologiques. Les paramètres PL et SR n'ont pas d'effet significatif sur l'indice I2M2, mais sur le polyvoltinisme et l'indice de diversité.

● EQR

Paramètres Syrah	Nb données	p-values seuil risque 5%					
			EQR ASPT	EQR Ovo-viviparité	EQR Poly-voltinisme	EQR Richesse taxonomique	EQR diversité Shannon
Quantité du débit d'eau (HQ)	334		2,2e-08	0,001	1,9e-05	0,0006	0,009
Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière (PL)	334		0,21	0,14	0,001	0,30	0,61
Structure et substrat du lit (SS)	334		0,000	0,01	9,1e-07	1,6e-08	8,1e-07
Structure de la rive (SR)	334		0,01	0,72	0,001	0,96	0,01

On retrouve les mêmes paramètres significatifs avec les EQR des métriques.

5. EVALUATION DE LA CAPACITE DE PREVISION DE L'I2M2

5.1. COMPARAISON DES DIAGRAMMES-RADAR WQ ET DES ALTERATIONS SEQ-EAU

5.1.1. Données et objectifs

Il s'agit de confronter les prédictions faites par l'I2M2 en terme de pressions (= pollutions + modifications morphologiques et physiques) avec les observations terrain (=altérations SEQ-eau obtenues à partir de résultats d'analyses sur échantillons d'eau et observations du milieu SEQ physique).

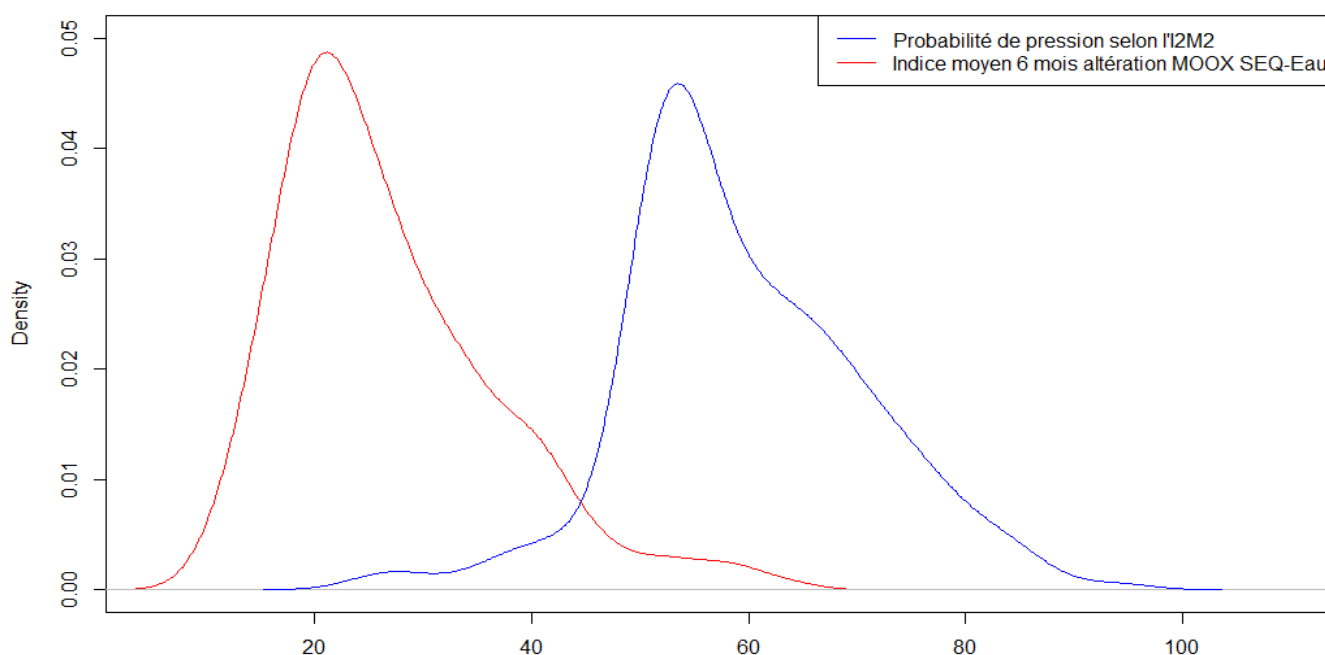
Les prédictions de pressions par l'I2M2 sont données sous forme graphique (« diagrammes radar ») et sous forme de probabilité, entre 0 et 1, concernant la qualité de l'eau (water quality) WQ1 : matière organique, WQ2 : matières azotées ; WQ3 : nitrates ; WQ4 : matières phosphorées; WQ6 : acidification ; WQ8 : pesticides. Les données SEQ-eau correspondant sont les indices d'altération moyens 6 mois avant le prélèvement MOOX, MAZOT, NO3, MPHOS, ACID et PEST.

La probabilité de pression croît avec le risque de pollution, alors que l'indice de l'altération diminue avec la pollution. Leurs variations sont donc a priori inverses.

5.1.2. Représentations graphiques

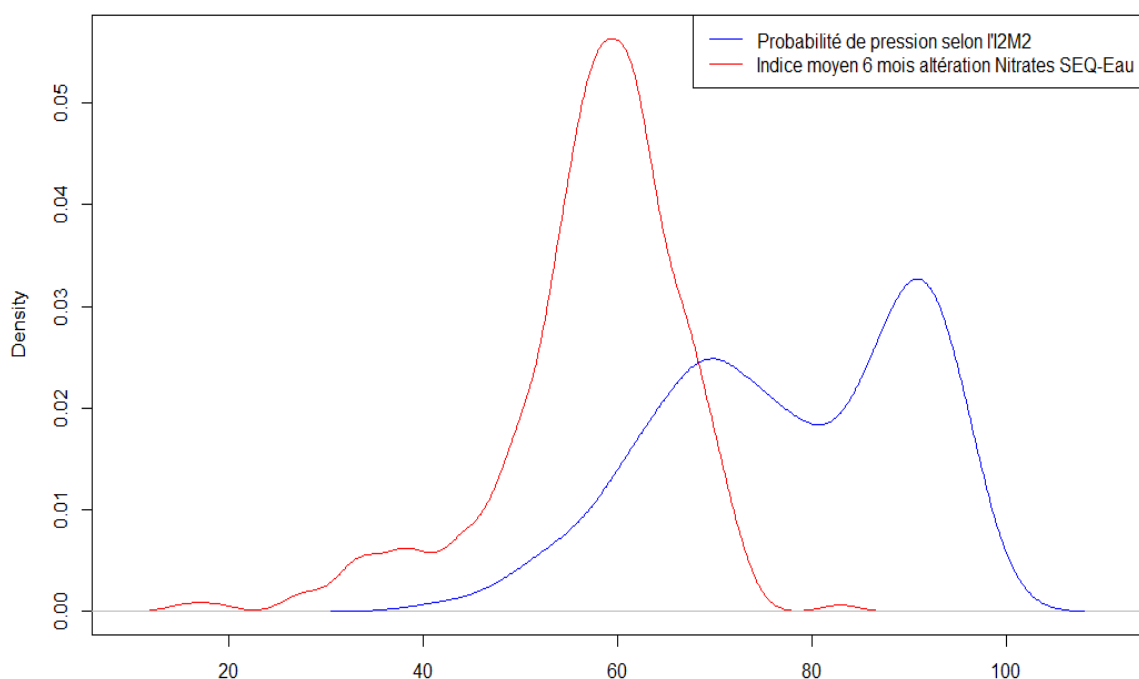
NB : Pour comparer graphiquement les distributions de ces 2 variables, nous avons calculé un indice SEQ-eau moyen 6 mois » par la formule 1 – indice de l'altération.

**Comparaison de la densité estimée des matières organiques selon l'I2M2 et l'altération SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 212 données, 2007-2012)**



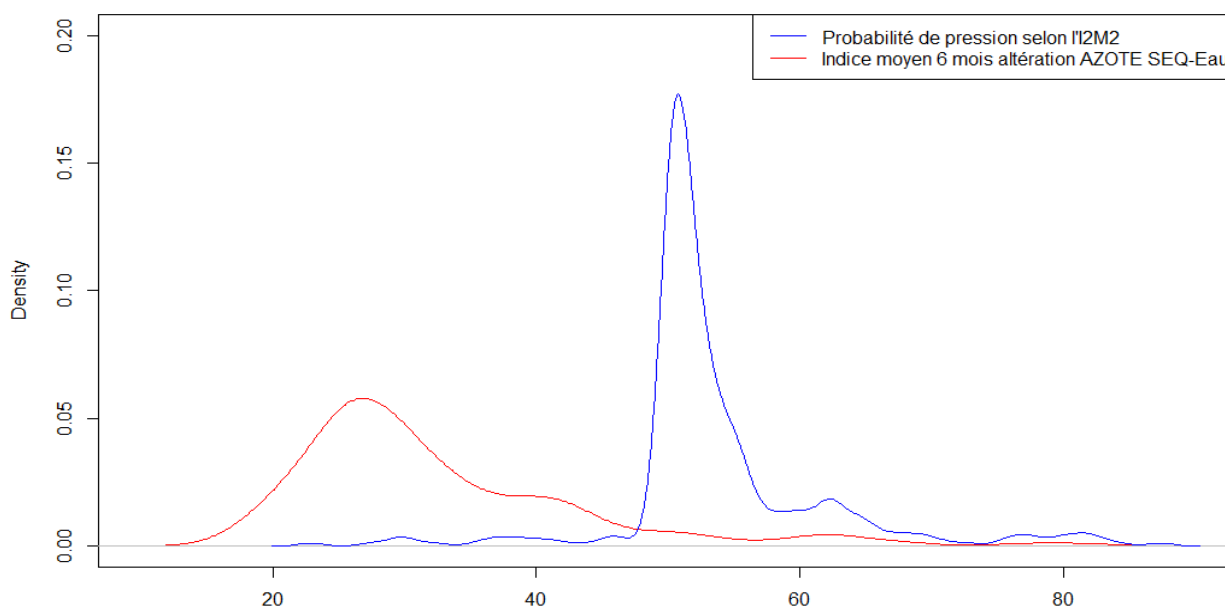
Ces 2 courbes Matières organiques ont sensiblement les mêmes caractéristiques (forme et maximum) ; elles sont en revanche très décalées. La prévision de pression (indice supérieur à 50 concerne une majorité de stations, alors que la pollution ne concerne qu'une faible proportion de stations d'après les données SEQ-eau (inversées).

**Comparaison de la densité estimée des nitrates selon l'I2M2 et l'altération SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



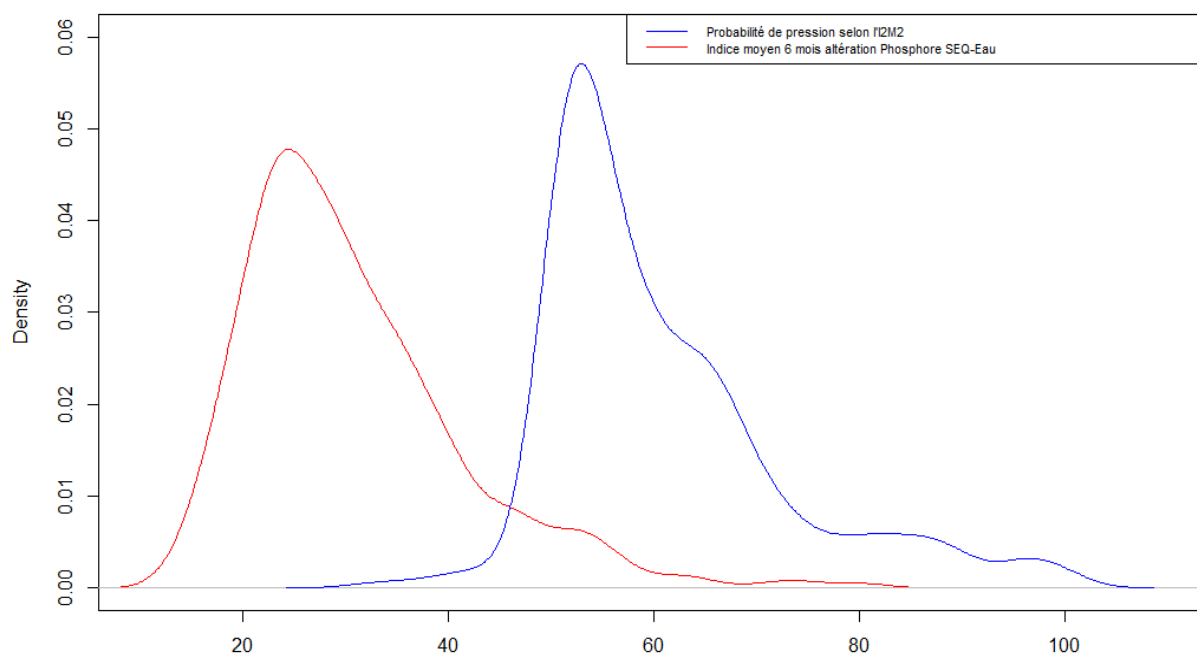
Ces 2 courbes Nitrates n'ont ni la même forme, ni le même maximum et elles sont assez décalées. La prévision de pression concerne une majorité de stations. Elle existe réellement d'après les données SEQ-eau (inversées), mais est de moindre ampleur.

**Comparaison de la densité estimée des matières azotées selon l'I2M2 et l'altération SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



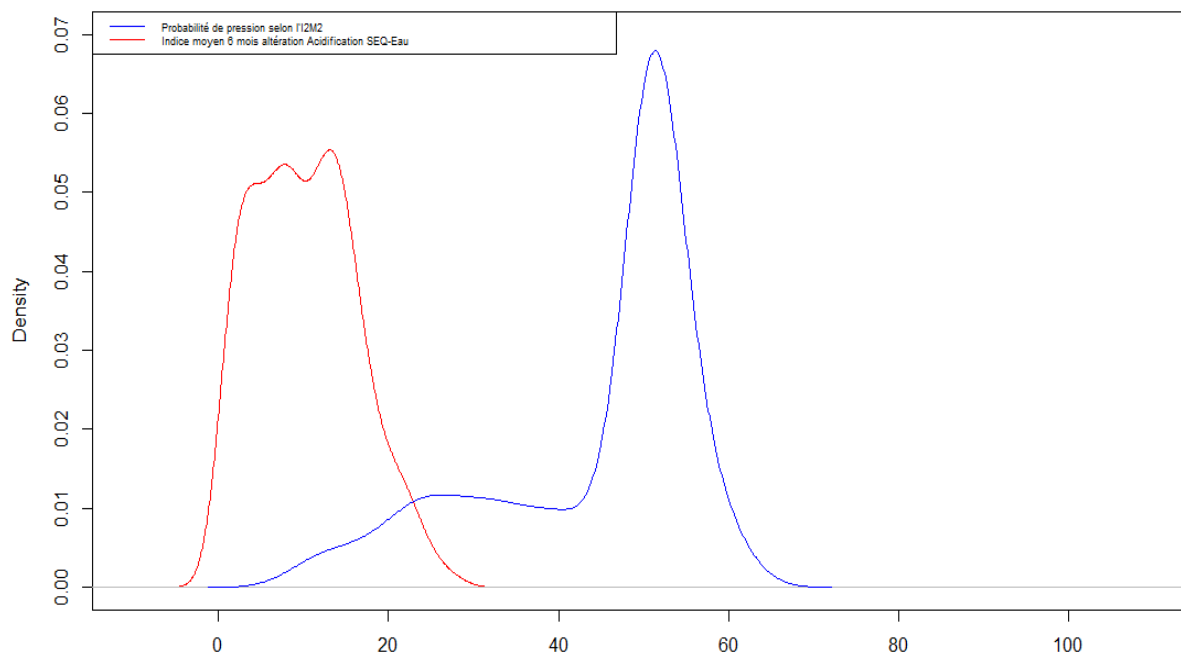
Ces 2 courbes Matières Azotées n'ont ni la même forme, ni le même maximum ; elles sont très décalées. La prévision de pression concerne une majorité de stations-date, alors que c'est l'inverse d'après les données SEQ-eau (inversées)

**Comparaison de la densité estimée des matières phosphorées selon l'I2M2 et l'altération SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 330 données, 2007-2012)**

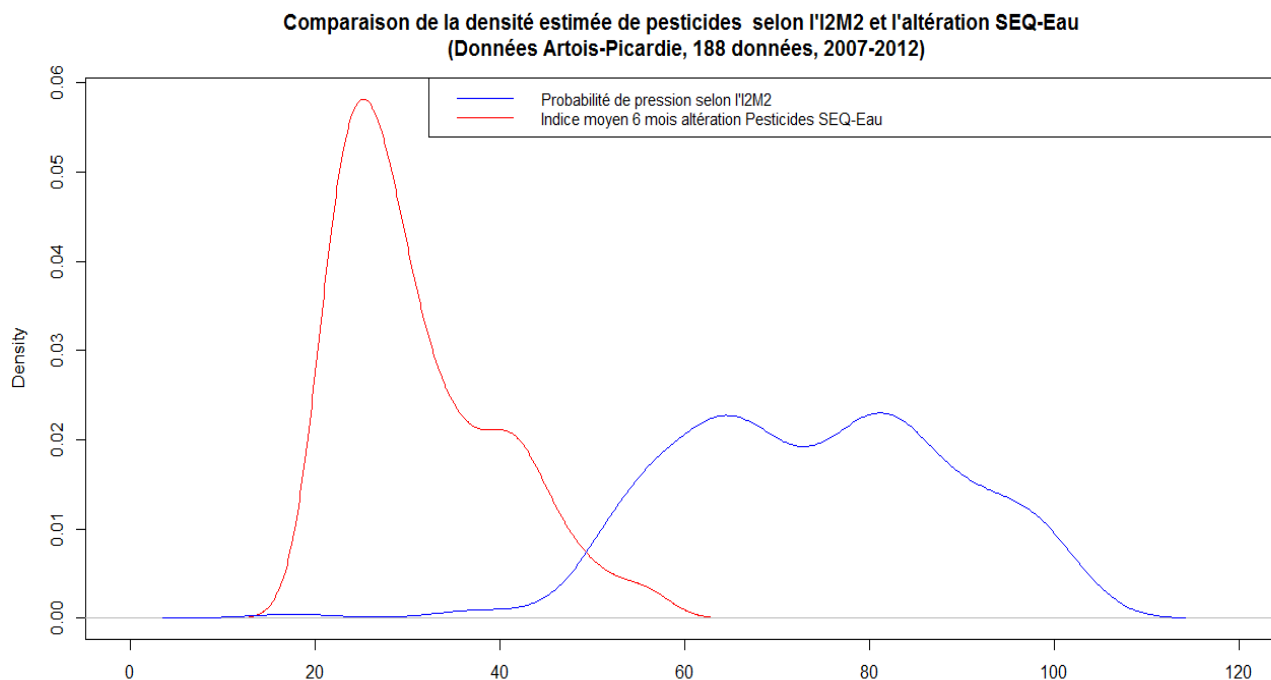


Ces 2 courbes Matières Phosphorées n'ont pas tout-à-fait la même forme, elles n'ont pas le même maximum ; elles sont très décalées. La probabilité de pression maximale concerne une majorité de stations-date, alors qu'elle n'est constatée que dans une minorité d'après les données SEQ-eau (inversées).

**Comparaison de la densité estimée de l'acidification selon l'I2M2 et l'altération SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 333 données, 2007-2012)**



Ces 2 courbes Acidification n'ont ni la même forme, ni le même maximum ; elles sont décalées. La prévision d'acidification concerne un grand nombre de stations ; les données SEQ-eau ne déterminent que des classes de qualité très bonne et bonne.



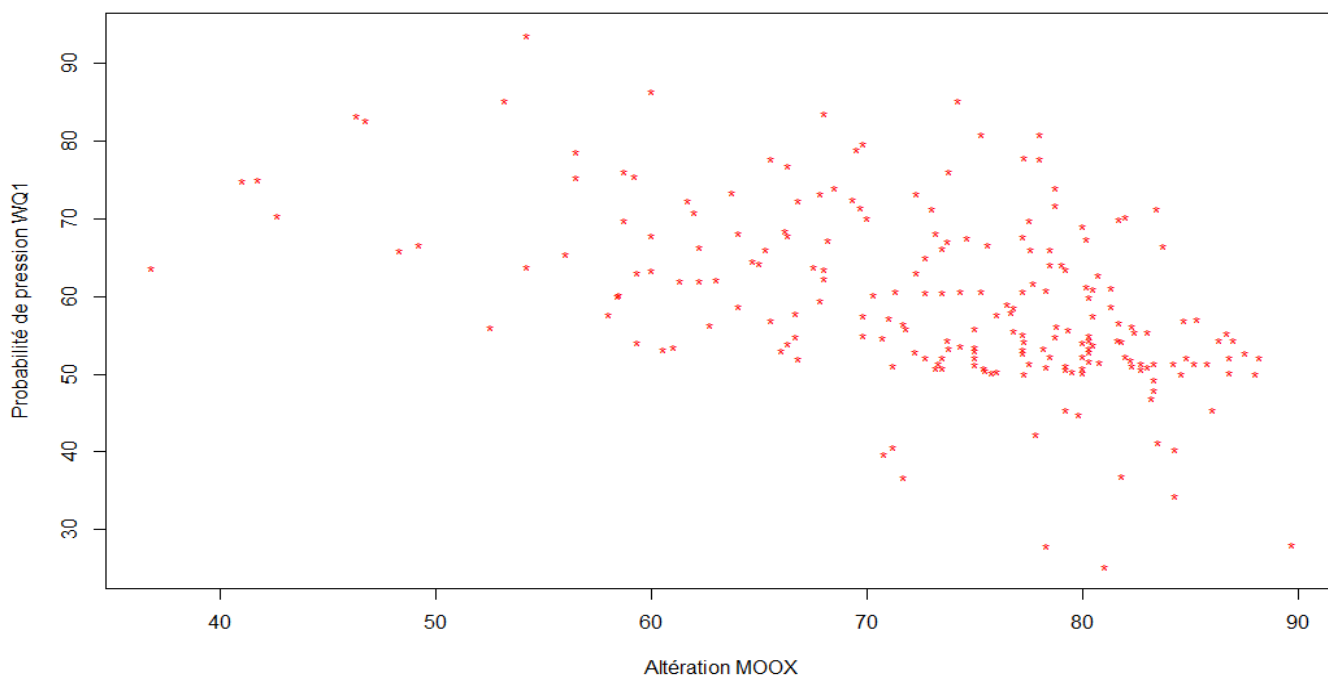
Ces 2 courbes Pesticides n'ont ni la même forme, ni le même maximum) ; elles sont très décalées. La prévision de pression concerne une majorité de stations ; alors que les données SEQ-eau (inversées) donnent une situation plus nuancée.

5.1.3. Recherche de corrélation probabilité de pressions et altérations SEQ-Eau

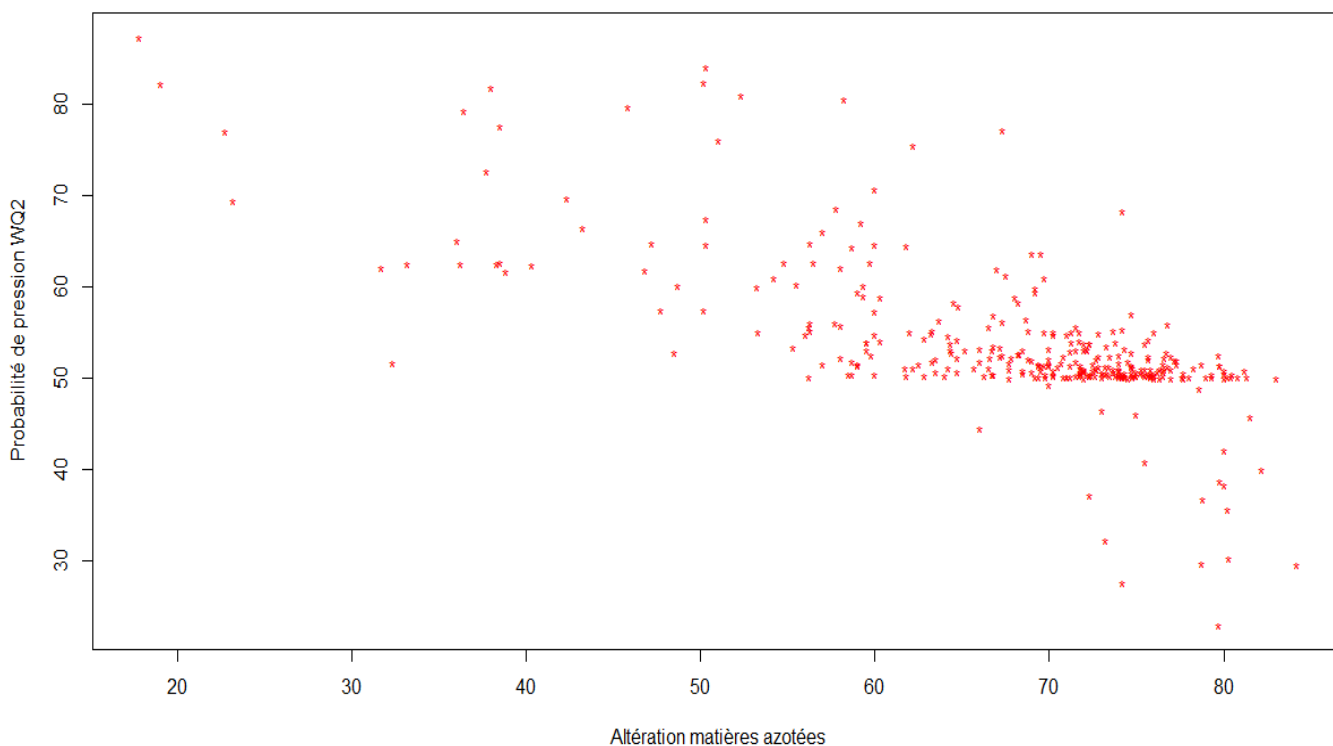
5.1.3.1. Représentations graphiques

On rappelle que les indices SEQ-eau et les probabilités de pression par l'I2M2 varient en sens inverse.

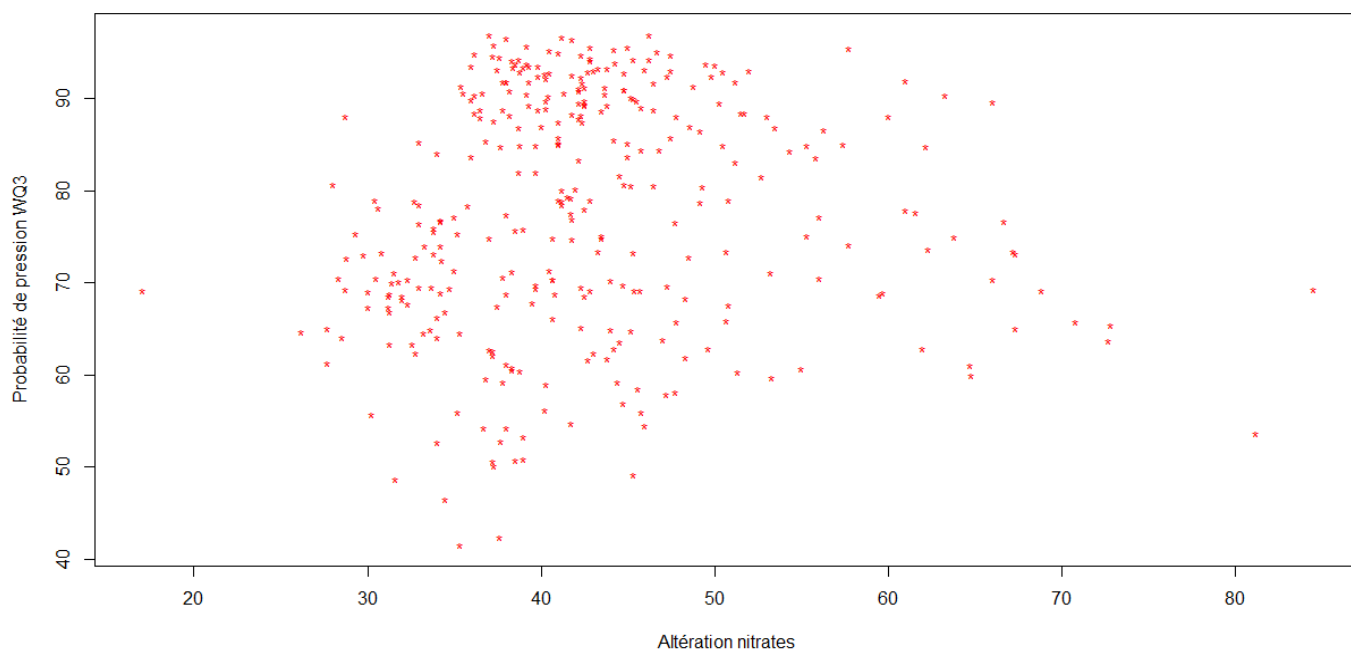
**Représentation de la probabilité de pression WQ1 selon l'I2M2 en fonction de l'altération MOOX du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 212 données, 2007-2012)**



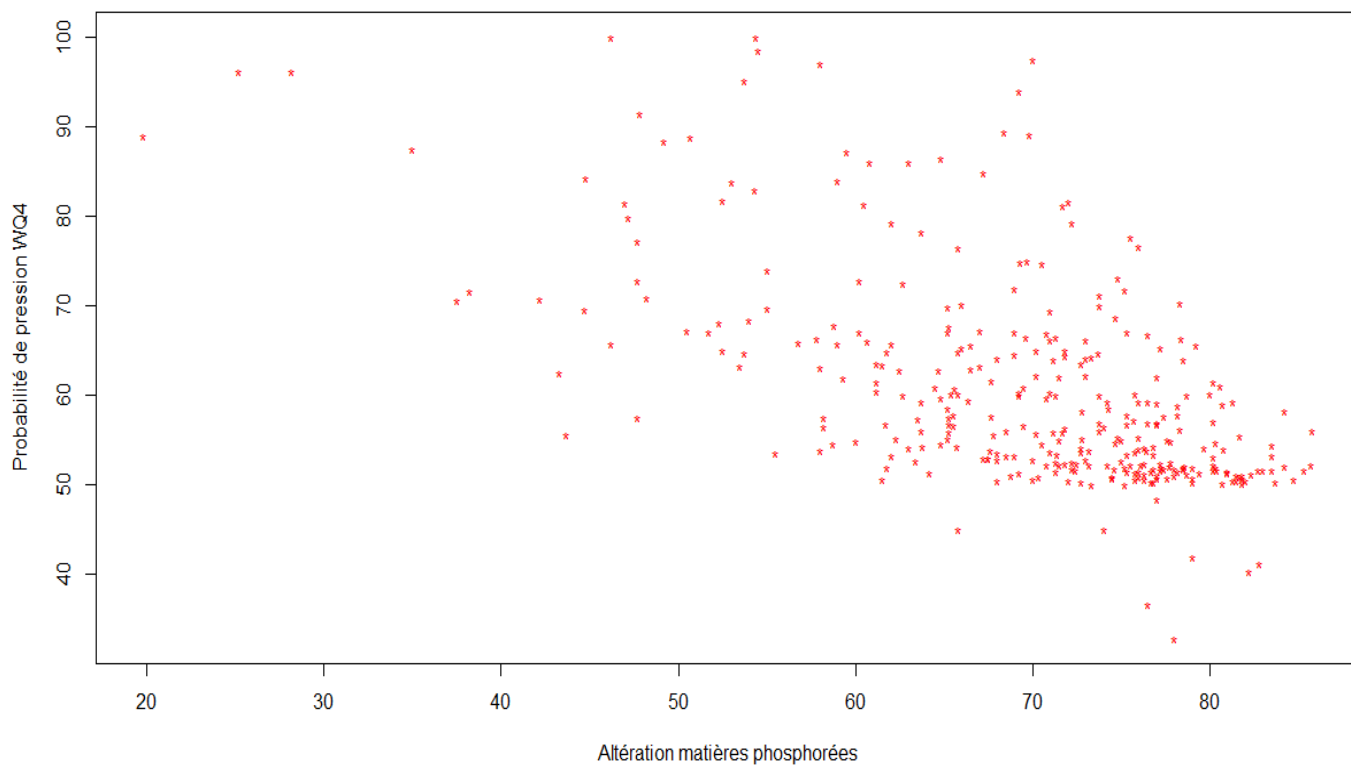
**Représentation de la probabilité de pression WQ2 selon l'I2M2 en fonction de l'altération matières azotées du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 333 données, 2007-2012)**



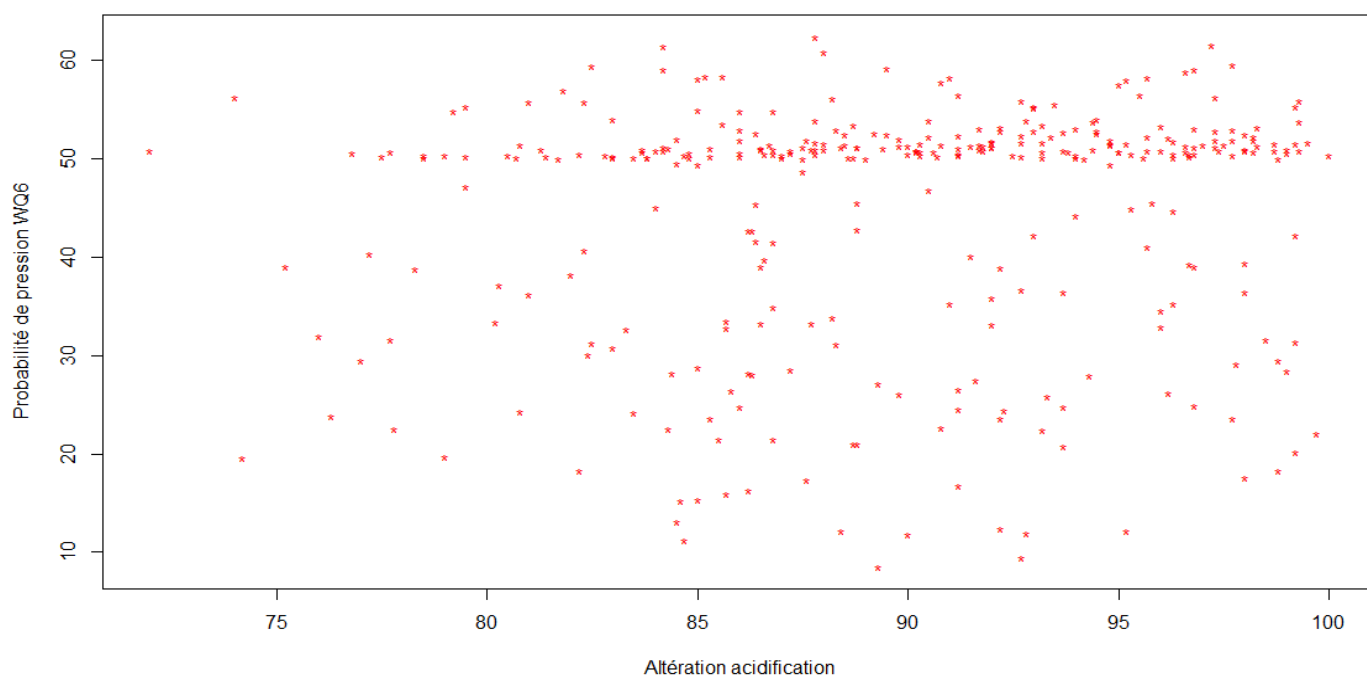
**Représentation de la probabilité de pression WQ3 selon l'I2M2 en fonction de l'altération nitrates du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 333 données, 2007-2012)**



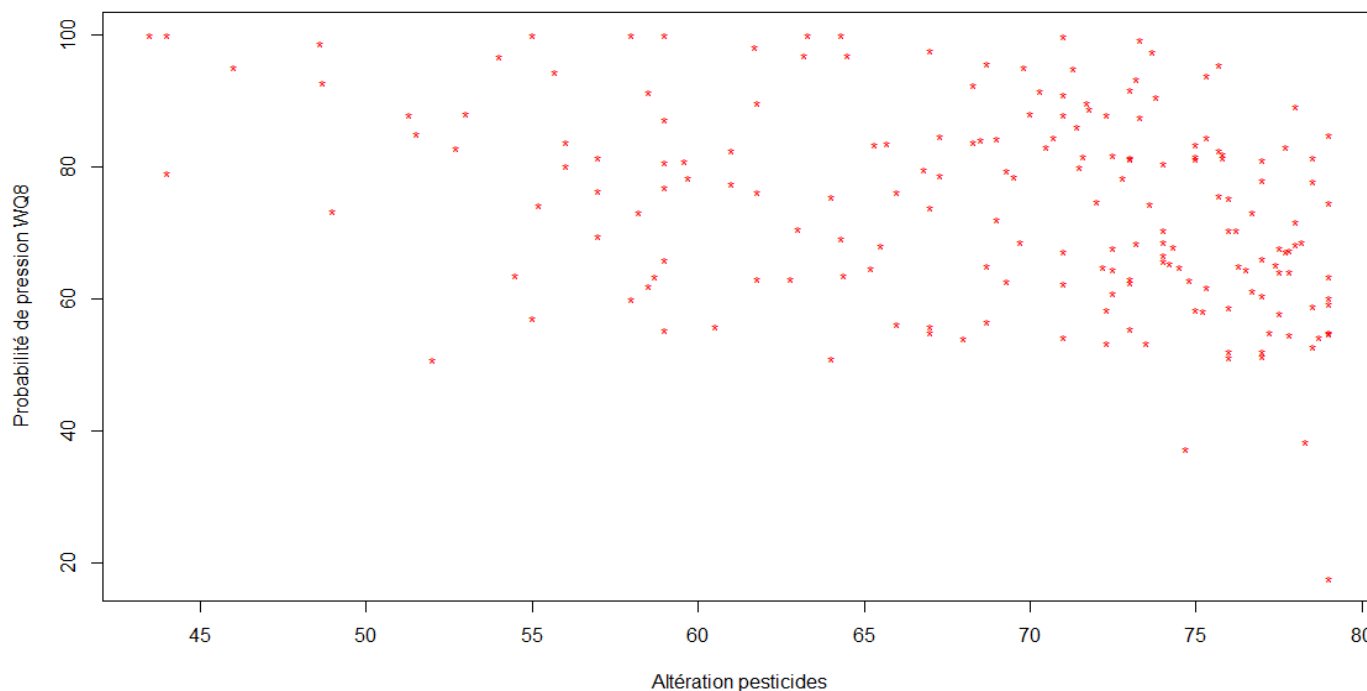
**Représentation de la probabilité de pression WQ4 selon l'I2M2 en fonction de l'altération matières phosphorées du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 330 données, 2007-2012)**



**Représentation de la probabilité de pression WQ6 selon l'I2M2 en fonction de l'altération acidification du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 333 données, 2007-2012)**



**Représentation de la probabilité de pression WQ8 selon l'I2M2 en fonction de l'altération pesticides du SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie , 188 données, 2007-2012)**



Ces graphes montrent des relations inverses entre indices SEQ-eau et probabilités de pressions I2M2.

5.1.3.2. *Corrélation linéaire*

Les coefficients de corrélation linéaire (r) entre variables sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Coefficient de corrélation r entre les variables		Probabilités de pression selon l'I2M2					
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	WQ1	WQ2	WQ3	WQ4	WQ6	WQ8
Matières organiques et oxydables	212	-0,50					
Matières azotées hors nitrates	333		-0,70				
Nitrates	333			0,05			
Matières phosphorées	330				-0,60		
Acidification	333					0,10	
Pesticides	188						-0,34

Les corrélations significatives sont négatives, puisque les probabilités de pression croissent avec la pollution, alors que les indices d'altération SEQ-eau diminuent.

5.1.3.3. Corrélation non linéaire

Les coefficients de corrélation non linéaire (rho) entre variables sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Coefficient de corrélation rho entre les variables		Probabilités de pression selon l'I2M2					
Altérations SEQ-eau V2 Indices moyens 6 mois	Nb données	WQ1	WQ2	WQ3	WQ4	WQ6	WQ8
Matières organiques et oxydables	212	-0,52					
Matières azotées hors nitrates	333		-0,66				
Nitrates	333			0,14			
Matières phosphorées	330				-0,59		
Acidification	333					0,16	
Pesticides	188						-0,35

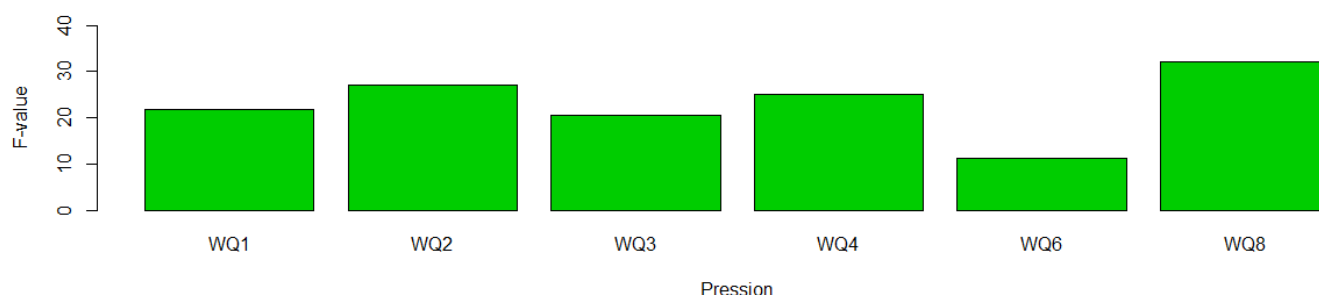
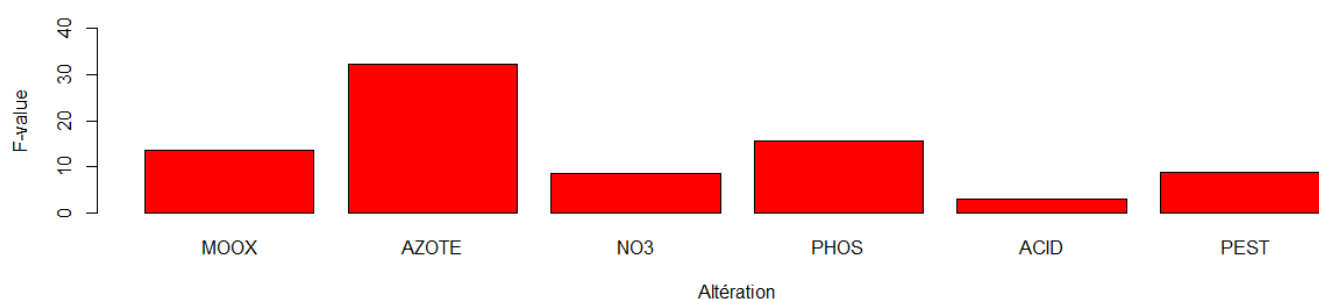
Les corrélations non linéaires apparaissent plus significatives que les corrélations linéaires. Mais il est très surprenant que des corrélations positives apparaissent avec les nitrates et l'acidification : cela voudrait dire que la prévision de pression (pollution) augmente avec l'indice d'altération (lorsque la qualité de l'eau mesurée est meilleure).

5.1.4. Pouvoir de discrimination des probabilités de pression selon l'I2M2 et de 6 altérations du SEQ-Eau

Pour déterminer le pouvoir de discrimination des variables, nous avons calculé la statistique F (F-value) de L'ANOVA (analyse de la variance) de chaque altération et de chaque probabilité de pression. Les variables les plus discriminantes sont celles qui ont la plus grande F-value. Cet indicateur permet de voir le poids de chaque variable dans la discrimination des observations.

Altérations SEQ-Eau	F-value	Probabilités de pression I2M2	F-value
MOOX	13,5	WQ1	21,7
MAZOT	32,2	WQ2	27,1
NO3	8,5	WQ3	20,5
MPHOS	15,6	Wq4	24,9
ACID	3,1	WQ6	11,3
PEST	8,8	WQ8	32,2

Le résultat est sur le graphique ci-dessous :



Selon le SEQ-Eau, la variable la plus discriminante est les matières azotées, suivie des matières phosphorées et des MOOX ; alors que pour l'I2M2 la variable la plus discriminante est les pesticides (WQ8). La hiérarchie n'est donc pas la même.

5.1.5. Capacité de prévision d'une HER2 pour une station donnée à partir des prévisions de pression selon l'I2M2 et des altérations du SEQ-Eau 6 mois

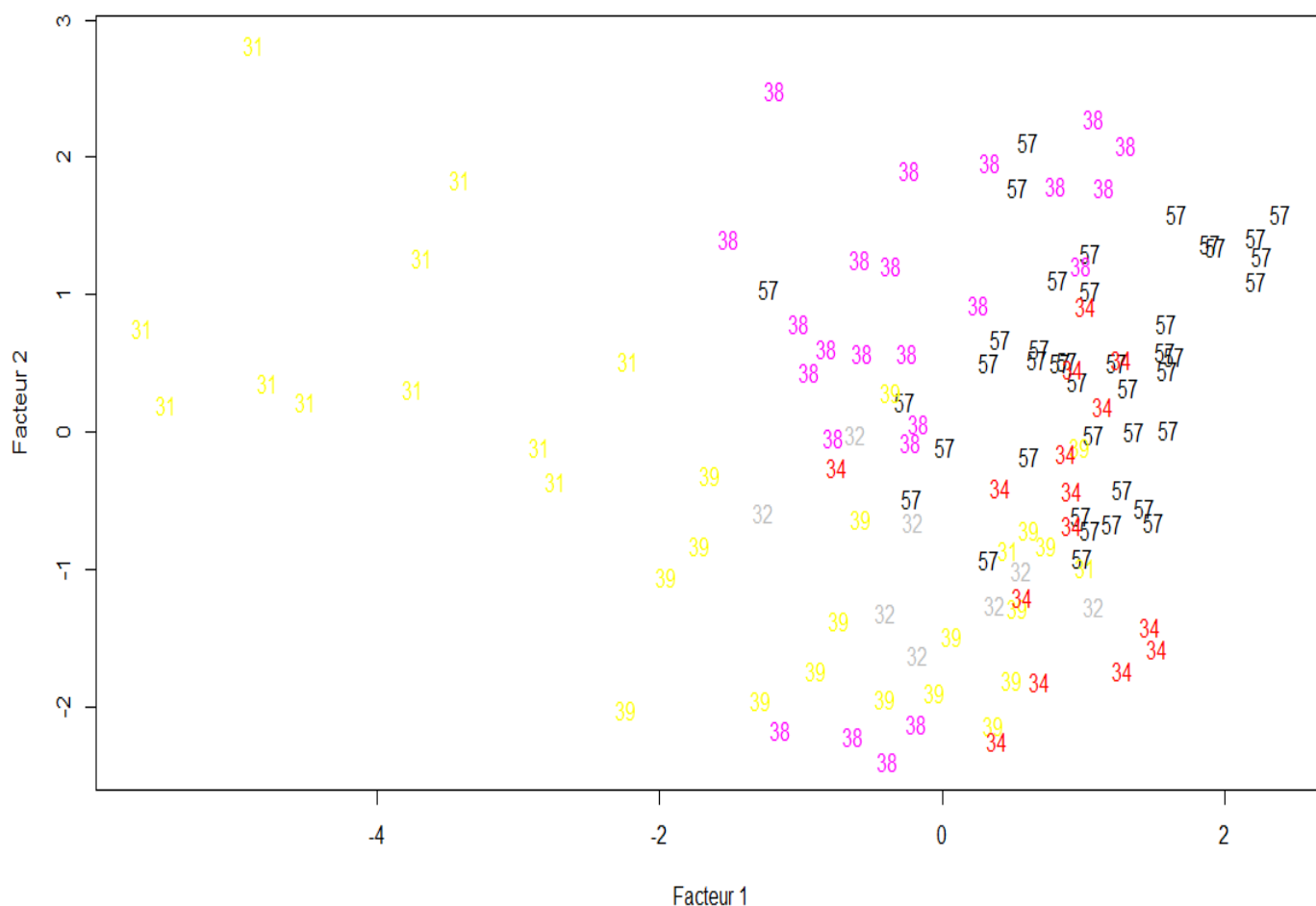
Nous avons fait deux modèles d'analyse factorielle discriminante (AFD) à partir des indices de qualité moyens 6 d'altérations SEQ-Eau et des probabilités de pressions selon l'I2M2, et calculé la capacité de chaque modèle à prédire l'HER2 d'une station donnée.

5.1.5.1. A partir des altérations SEQ-Eau

Code HER2	Nom HER2	Nombre de données
57	Haute Normandie Picardie	41
32	Boulonnais	8
38	Auréole Crétacé	24

31	Flandres intérieures+Moères	18
39	Thiérache+Douai Condé	13
34	Ardennes	15

**Représentation des stations au niveau des HER2 selon les altérations SEQ-Eau
(Données Artois-Picardie, 119 données par altération, années 2007-2012)**

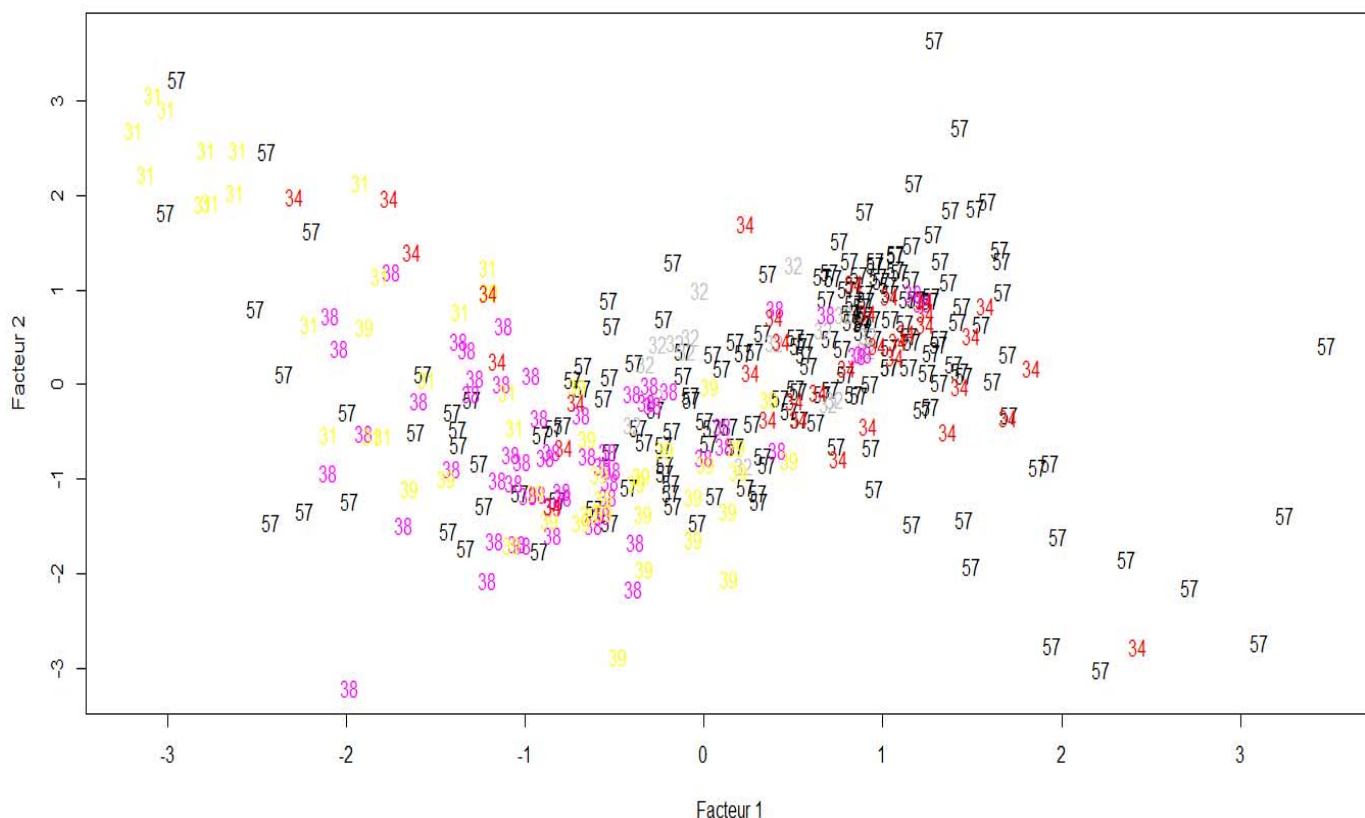


Le pourcentage d'estimation de l'appartenance d'une station à l' HER2 à partir des données d'altérations SEQ-Eau est de l'ordre de 68%, ce qui est assez bon. On voit en effet que les stations s'individualisent assez nettement les unes des autres dans les 2 premiers axes de l'analyse : la pollution de l'eau diffère selon l'HER.

5.1.5.2. A partir des probabilités de pressions selon l'I2M2

Code HER2	Nom HER2	Nombre de données
57	Haute Normandie Picardie	183
32	Boulonnais	17
38	Auréole Crétacé	59
31	Flandres intérieures+Moères	20
39	Thiérache+Douai Condé	30
34	Ardennes	36

Représentation des stations au niveau des HER2 selon les probabilités de pression de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 345 données par pression, années 2007-2012)



Nous avons aussi fait un modèle de prédiction de l'appartenance d'une station à l'HER2 à partir des probabilités de pression de l'I2M2. Le pourcentage de bonne estimation de ce modèle est de l'ordre de 60%. Cette prévision est inférieure à celle obtenue avec les altérations SEQ-eau. Par ailleurs, dans les 2 premiers axes de l'analyse, les HER apparaissent assez « mélangées » : on peut interpréter ces éléments comme le fait que la prévision de pressions par l'I2M2 est assez bonne sans être totalement fiable. Le risque d'erreur est un peu élevé (40%) et plus élevé que celui obtenu avec les altérations SEQ-eau 6 mois (30%).

5.2. COMPARAISON DES DIAGRAMMES RADAR HD ET DESCRIPTEURS SEQ-PHYSIQUE

5.2.1. Données et objectifs

Il s'agit de confronter les prédictions faites par l'I2M2 en terme de pressions (= modifications morphologiques et physiques) avec les observations terrain (=altérations SEQ-Physique).

Les prédictions de pressions par l'I2M2 sont données sous forme graphique (« diagrammes radar ») et sous forme de probabilité, entre 0 et 1, concernant la dégradation de l'habitat (habitat degradation), avec en particulier HD1 : Voies de communication, HD2 : Couverture forestière 30 m ; HD4 : risque érosion. Les données SEQ-Physique correspondant approximativement (la méthode SEQ physique étant bien antérieure à celle de l'I2M2) sont Axes de communication, Epaisseur (+ continuité et répartition) de la ripisylve, Dépôts. La probabilité de pression croît avec le risque de pollution, alors que l'indice physique diminue avec la pollution. Leurs variations sont donc a priori inverses.

Des prévisions de pression par les diagrammes radars sont disponibles chaque année aux différentes stations alors qu'il n'y a qu'une série SEQ physique : De ce fait, nous avons utilisé les valeurs HD de l'année 2008 pour les comparer aux données SEQ-Physique, collectées en 2005-2007.

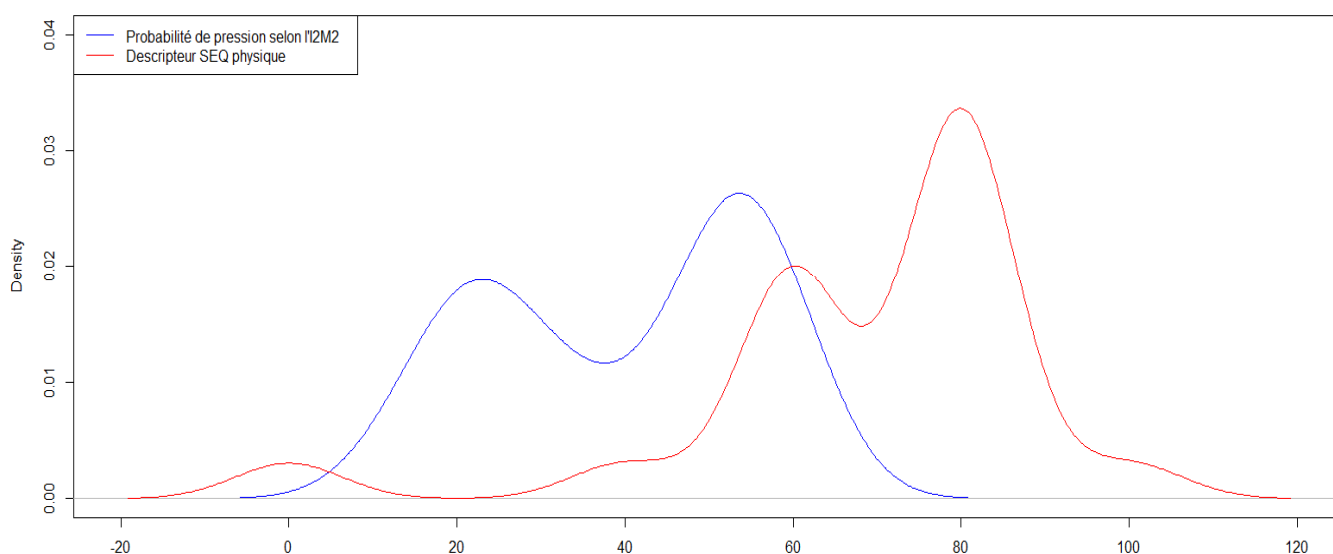
Remarque : les résultats HD aux 41 stations 2008 affectées des données SEQ-physique sont très proches ceux concernant les 351 stations-date (2007-2012) :

Prévision de pression diagramme radar	Nb données prévision significative (indice > 0,50)	% (sur 351)	Nb stations 2008 prévision significative (indice > 0,50)	% (sur 41)
HD1 : voies communication	182	52	21	51
HD2 : couverture forestière	333	95	39	95
HD4 : risque d'érosion	243	98	41	100

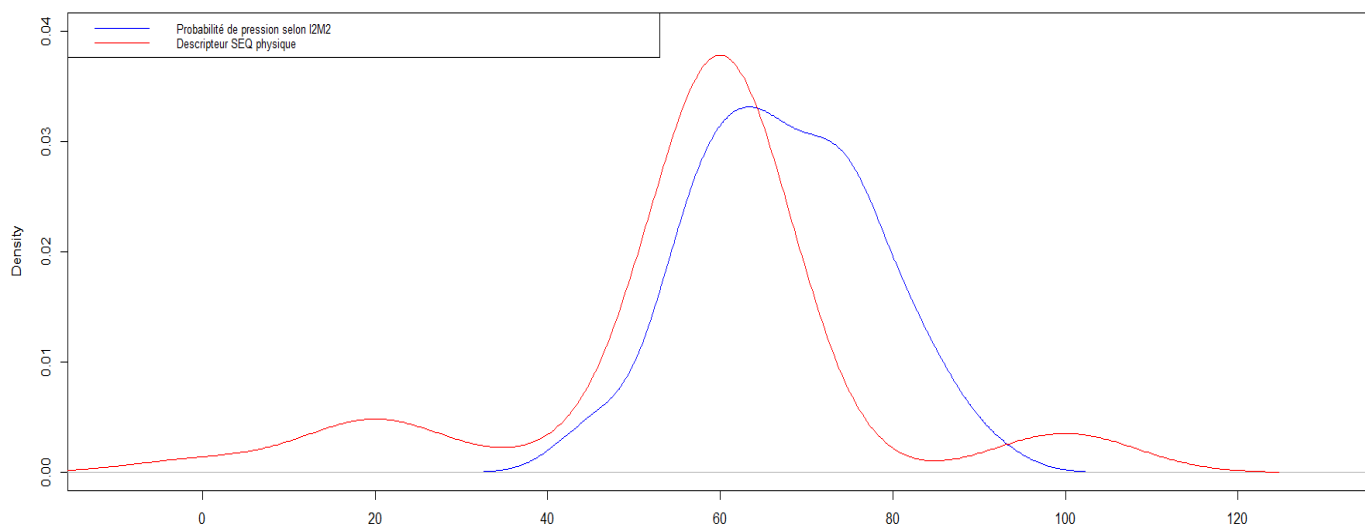
5.2.2. Représentations graphiques

NB : Pour comparer graphiquement les distributions de ces 2 variables, nous avons calculé un indice SEQ-Physique » par la formule 1 – indice SEQ-Physique.

Comparaison de la densité estimée de la prévision de pression Voies de communication (HD1) selon l'I2M2 et du descripteur Axes de communication du SEQ physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)

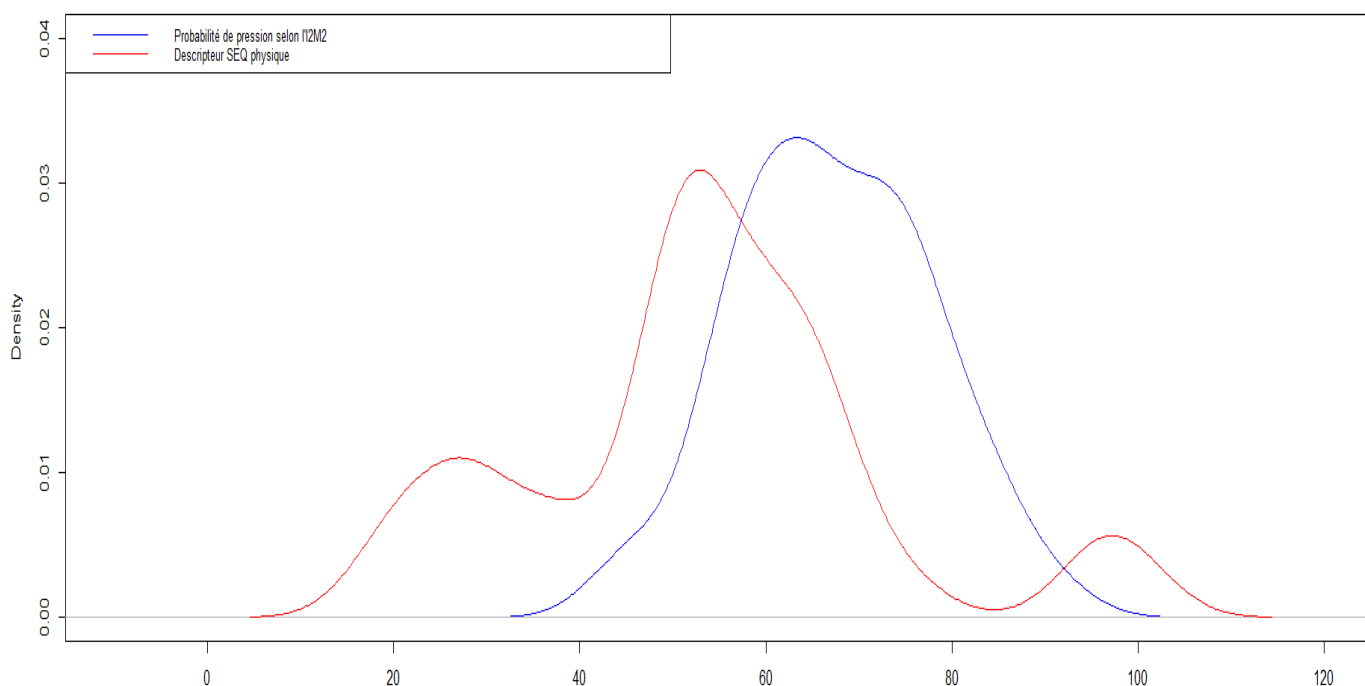


Comparaison de la densité estimée de la prévision de pression Couverture forestière 30m (HD2) selon l'I2M2 et du descripteur Epaisseur de la ripisylve du SEQ physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)

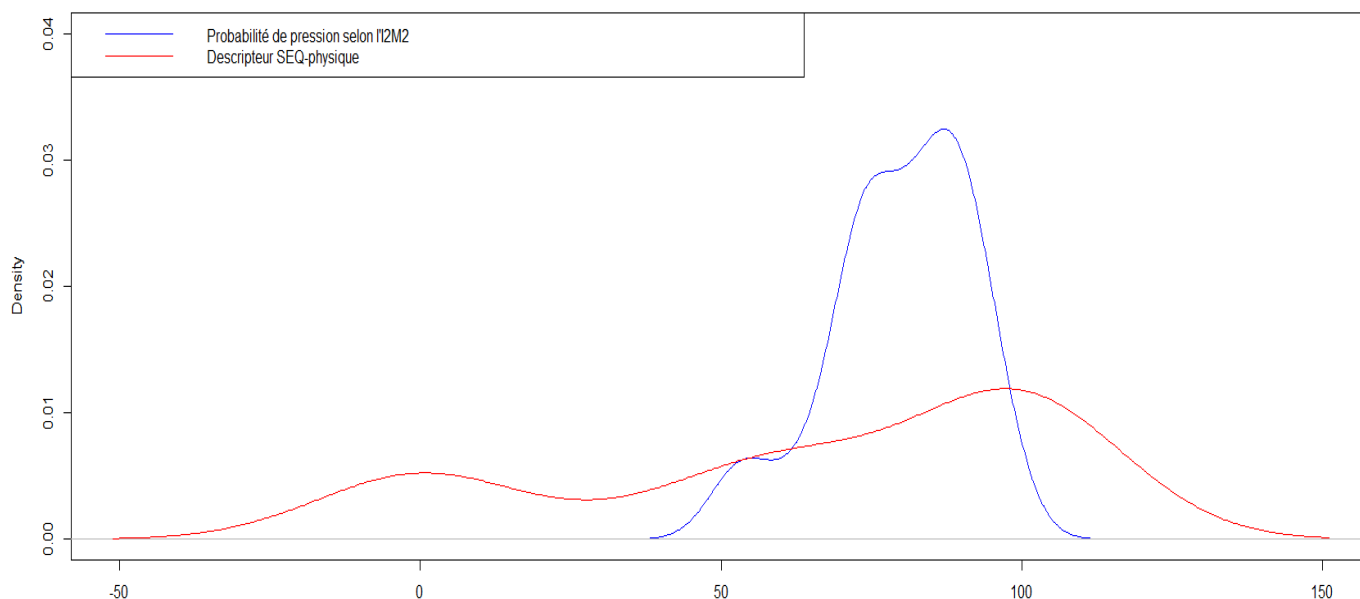


Afin de rechercher la meilleure corrélation possible entre la prévision de pression I2M2 et l'observation SEQ physique, nous avons aussi construit un indice combinant les sous descripteurs SEQ physique de la ripisylve : épaisseur, continuité et répartition.

Comparaison de la densité estimée de la prévision de pression Couverture forestière 30m (HD2) selon l'I2M2 et de la moyenne des descripteurs Epaisseur, Continuité et Répartition du SEQ physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)



Comparaison de la densité estimée de la prévision de pression Risque d'érosion selon l'I2M2 et du descripteur Dépôts du SEQ-physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)

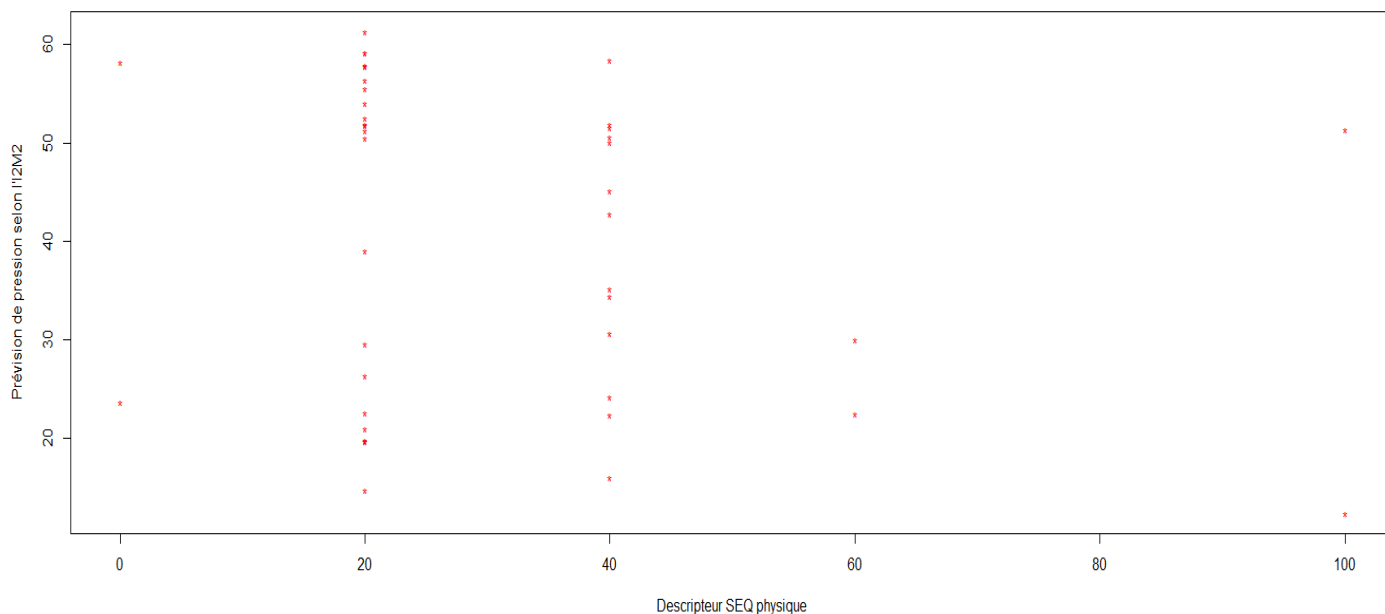


5.2.3. Recherche de corrélation probabilité de pressions et altérations SEQ-Physique

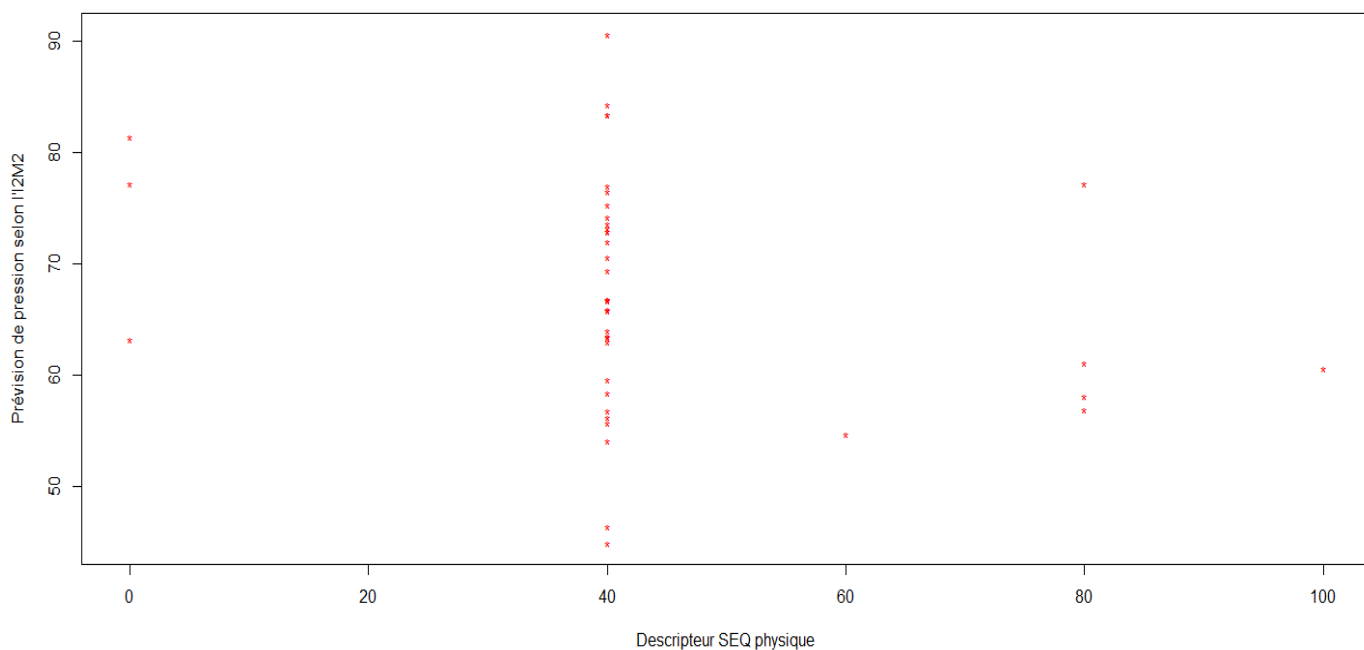
5.2.3.1. Représentations graphiques

On rappelle que les indices SEQ-Physique et les probabilités de pression par l'I2M2 varient en sens inverse. Par ailleurs, les indices SEQ ont été fournis sous forme de limite de classe.

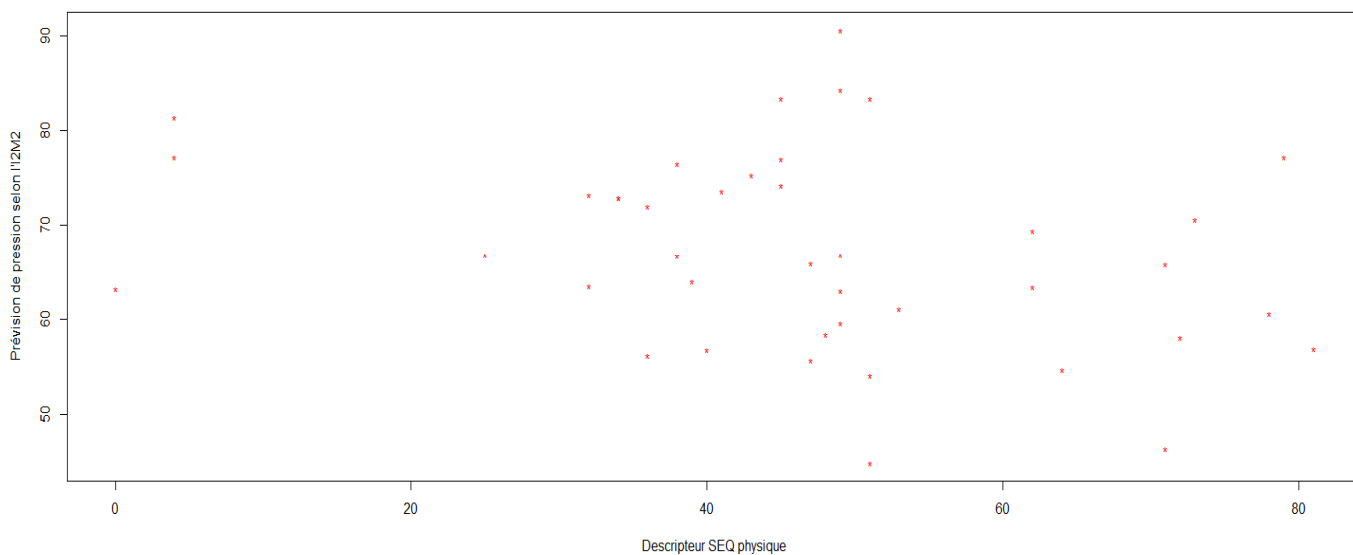
Représentation de la prévision de pression Voies de communication (HD1) selon l'I2M2 en fonction du descripteur axes de communication du SEQ-Physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)



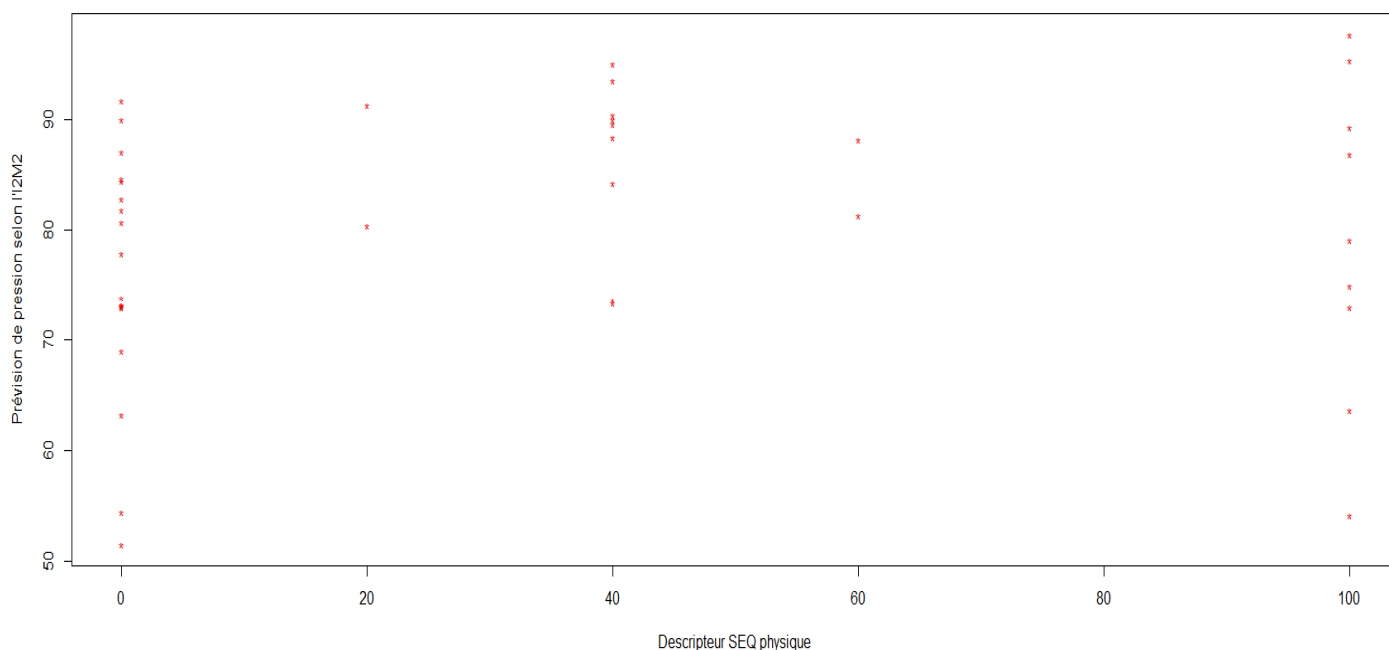
**Représentation de la prévision de pression Couverture forestière 30m (HD2) selon l'I2M2 en fonction du descripteur Epaisseur du SEQ-Physique
(Données Artois-Picardie , 41 données, 2005-2008)**



**Représentation de la prévision de pression Couverture forestière 30m (HD2) selon l'I2M2 en fonction de la moyenne des descripteurs Epaisseur, Continuité et Répartition du SEQ-Physique
(Données Artois-Picardie , 41 données, 2005-2008)**



Représentation de la prévision de pression Risque érosion (HD4) selon l'I2M2 en fonction du descripteur Dépôts du SEQ-Physique
(Données Artois-Picardie, 41 données, 2005-2008)



5.2.3.2. Corrélation linéaire

Les coefficients de corrélation linéaire (r) entre variables sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Coefficient de corrélation r entre les variables		Probabilités de pression selon l'I2M2			
		Voies de communication	Couverture forestière 30m	Couverture forestière 30m	Risque érosion
Axes de communication	41	-0,20			
Epaisseur	41		-0,25		
Epaisseur+Répartition+Continuité	41			-0,29	
Dépôts	41				0,15

Aucune corrélation linéaire significative n'apparaît entre les prévisions de l'I2M2 et les descripteurs du SEQ physique.

5.2.3.3. Corrélation non linéaire

Les coefficients de corrélation non linéaire (ρ) entre variables sont les suivants ; les corrélations significatives sont surlignées en couleur :

Coefficient de corrélation r entre les variables		Probabilités de pression selon l'I2M2			
		Voies de communication	Couverture forestière 30m	Couverture forestière 30m	Risque érosion
Axes de communication	41	-0,23			
Epaisseur	41		-0,30		

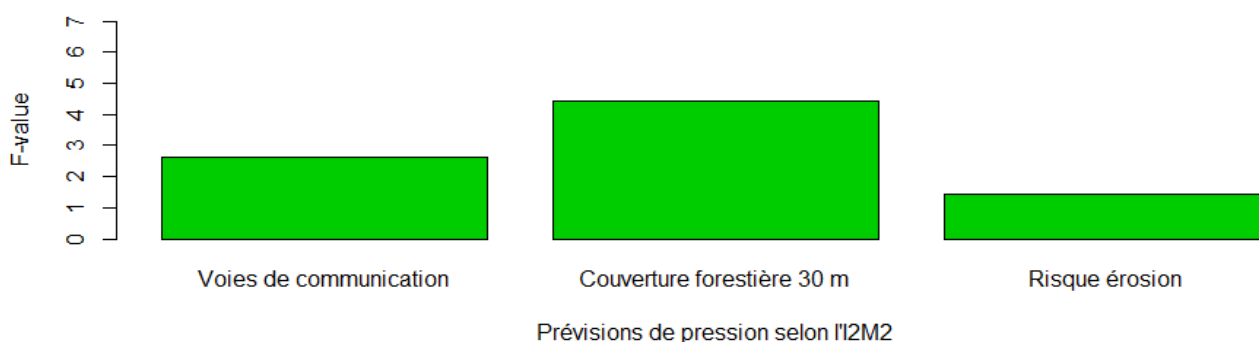
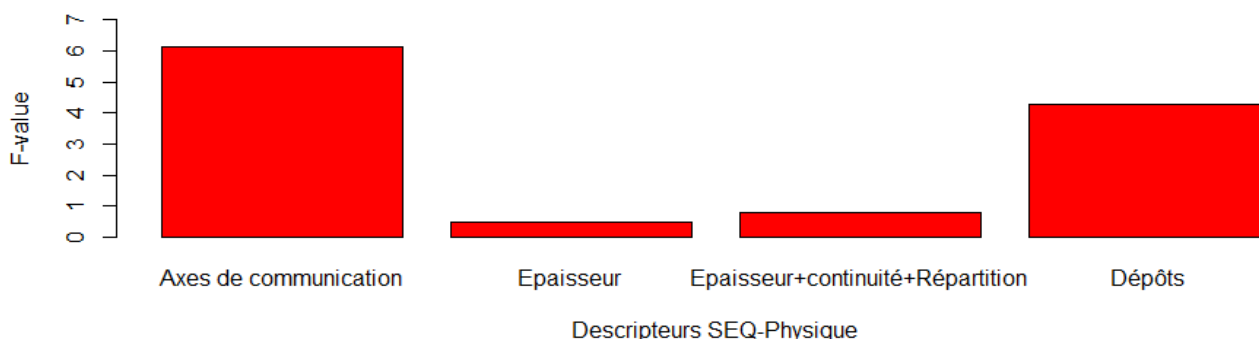
Epaisseur+Répartition+Continuité	41			-0,31	
Dépôts	41				0,26

La probabilité de pression Couverture forestière (HD2) selon l'I2M2 est liée (liaison non linéaire) avec le descripteur Epaisseur du SEQ physique et aussi avec la moyenne des descripteurs Epaisseur, Répartition et Continuité du SEQ physique.

5.2.4. Pouvoir de discrimination des probabilités de pression selon l'I2M2 et des descripteurs du SEQ-Physique en fonction de l'HER2

Pour déterminer le pouvoir de discrimination des variables, nous avons calculé la statistique F (F-value) de L'ANOVA (analyse de la variance) de chaque descripteur du SEQ physique et de chaque probabilité de pression de l'I2M2 en fonction de l'hydro-écorégion niveau 2. Les variables les plus discriminantes sont celles qui ont la plus grande F-value. Cet indicateur permet de voir le poids de chaque variable dans la discrimination des observations (ici, les HER2)

Descripteur SEQ-Physique	F-value	Probabilités de pression I2M2	F-value
Axes de communication	6,11	Voies de communication	2,62
Epaisseur	0,47	Couverture forestière 30m	4,43
Ripisylve	0,80	Couverture forestière 30m	4,43
Dépôts	4,27	Risque érosion	1,43



Selon le SEQ-Physique, le descripteur le plus discriminant est axes de communication, suivies de Dépôts ; alors que pour l'I2M2 la probabilité la plus discriminante est la couverture forestière 30m (HD2). La hiérarchie n'est donc pas la même.

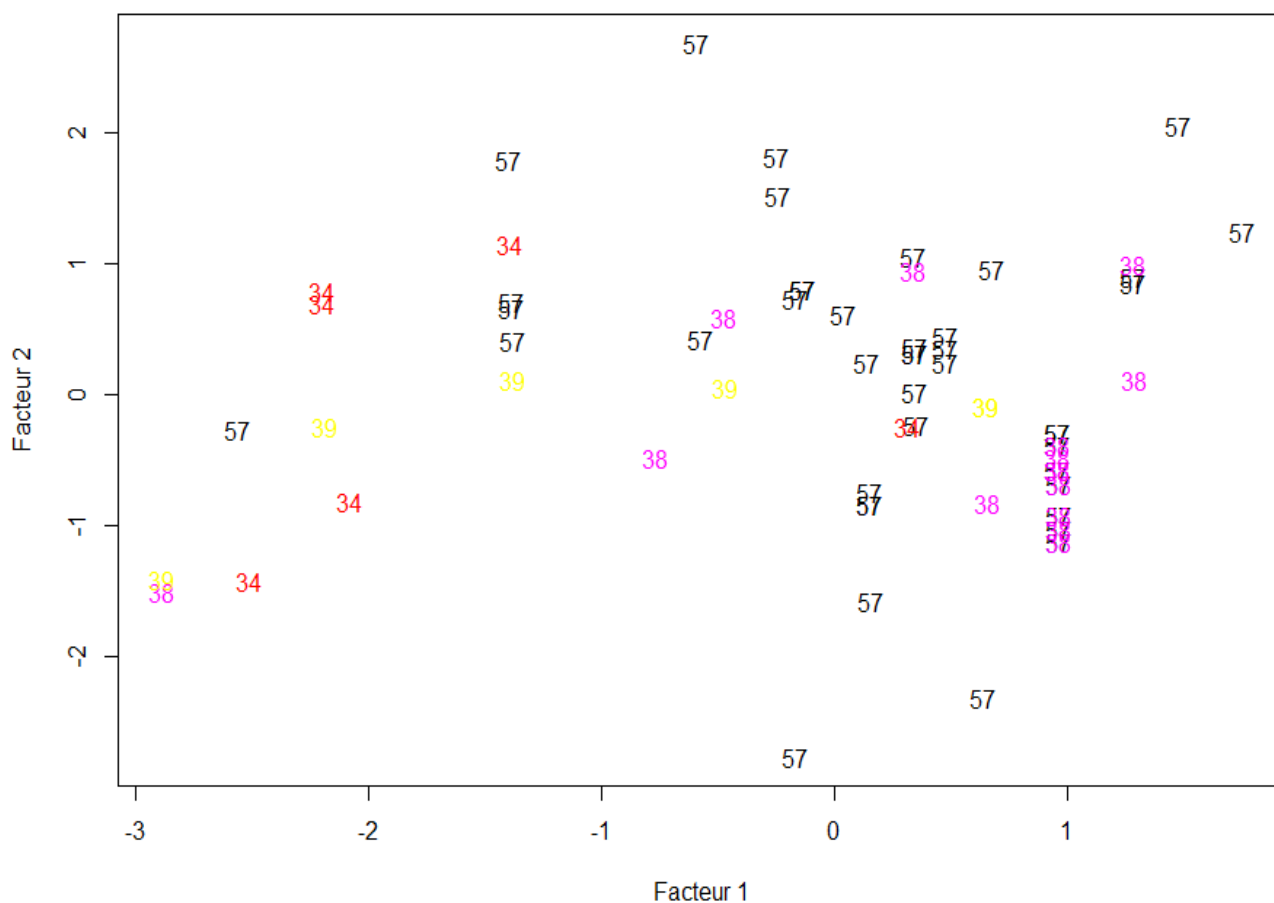
5.2.5. Capacité de prévision d'une HER2 pour une station donnée à partir des probabilités de pression selon l'I2M2 et des descripteurs du SEQ-Physique

Nous avons aussi fait deux modèles d'analyse factorielle discriminantes (AFD) à partir des descripteurs du SEQ-Physique et des probabilités de pressions de l'I2M2 pour voir la capacité de chaque modèle à prédire l'HER2 d'une station donnée.

5.2.5.1. A partir des descripteurs du SEQ-Physique

Code HER2	Nom HER2	Nombre de données
57	Haute Normandie Picardie	42
38	Auréole Crétacé+Boulonnais	15
39	Thiérache+Douai Condé	6
34	Ardennes	6

**Représentation des stations au niveau des HER2 à partir des descripteurs du SEQ-physique
(Données Artois-Picardie, 69 données par altération, années 2005-2007)**

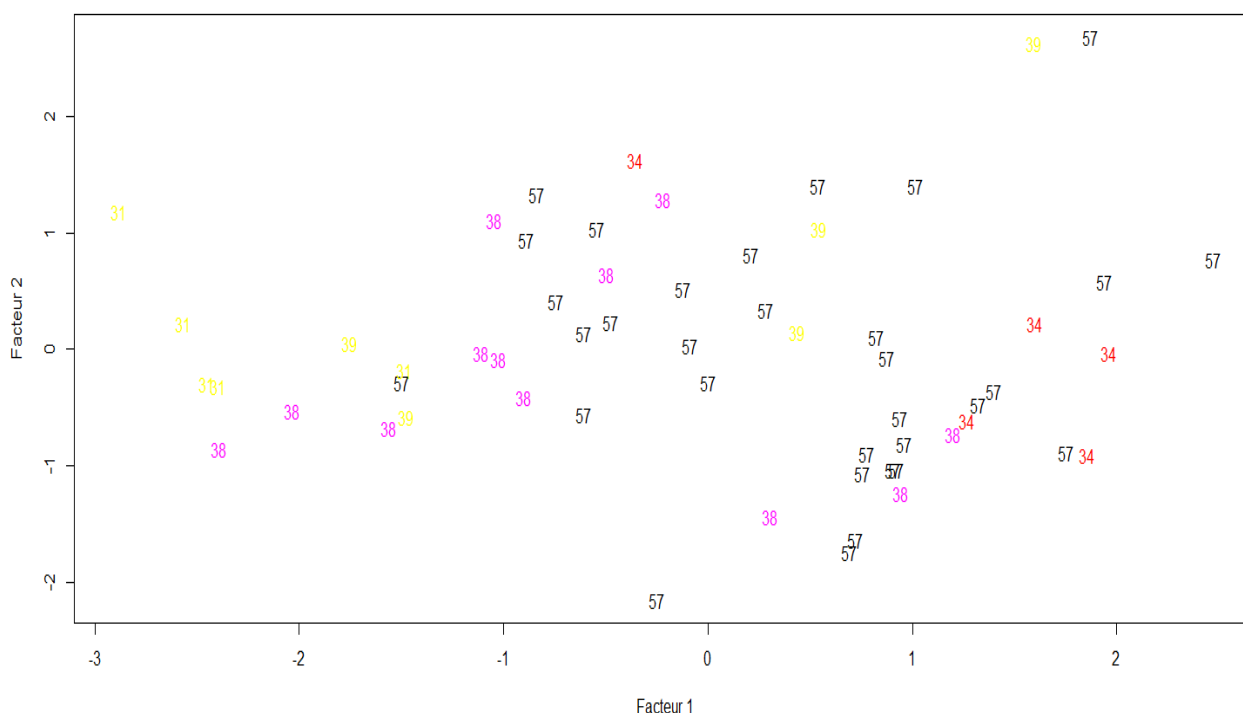


Le pourcentage d'estimation de l'appartenance d'une station dans son hydro-écocorégion, à partir des données des descripteurs du SEQ-Physique, est de l'ordre de 60%. Ce taux est assez faible et, sur le graphique, les HER 2 ne se distinguent pas clairement.

5.2.5.2. A partir des probabilités de pression selon l'I2M2

Code HER2	Nom HER2	Nombre de données
57	Haute Normandie Picardie	32
38	Auréole Crétacé+Boulonnais	12
39	Thiérache+Douai Condé	5
34	Ardennes	5

Représentation des stations au niveau des HER2 selon les probabilités de pression de l'I2M2
(Données Artois-Picardie, 59 données par pression, année 2008)



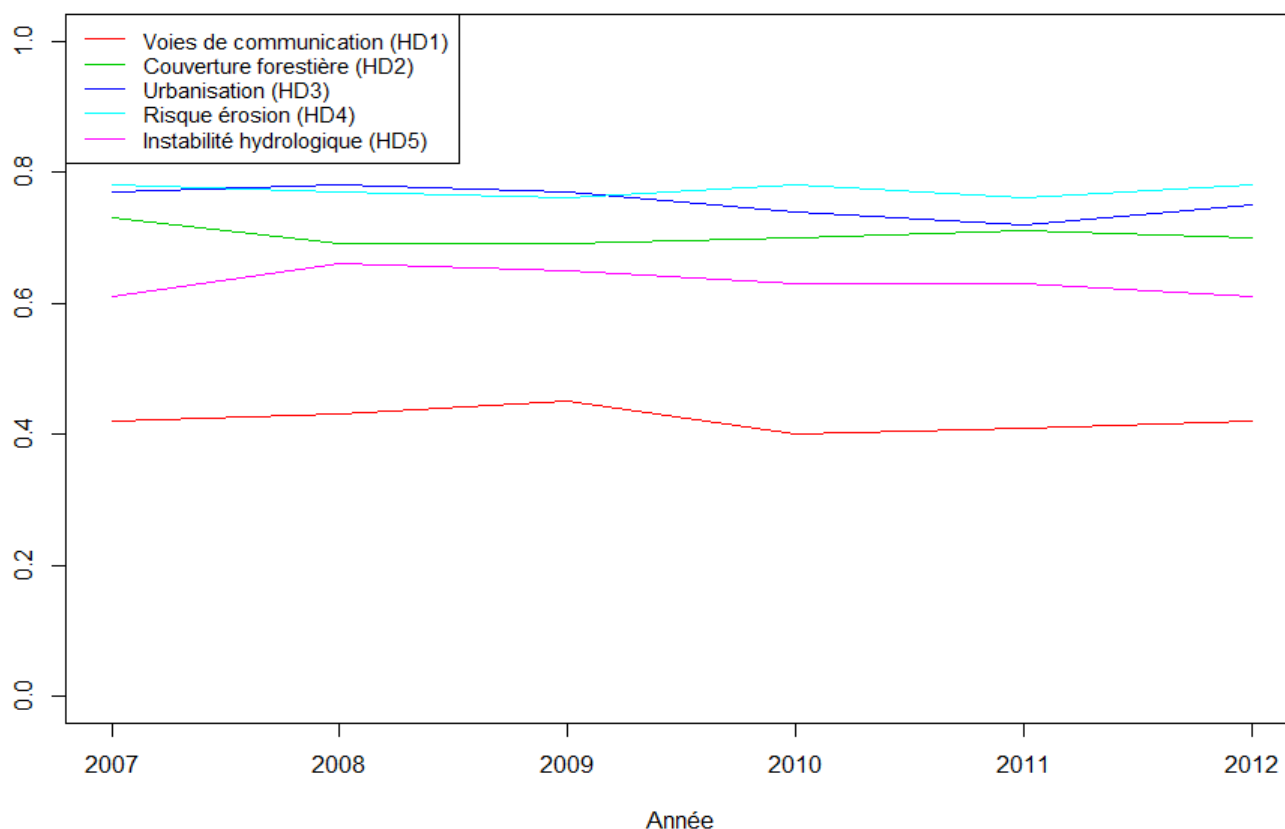
Le pourcentage de bonne estimation de ce modèle est de l'ordre de 68%. Ce taux de prévision est supérieur à celui obtenu avec les descripteurs du SEQ-Physique. Les prévisions de l'I2M2 sont meilleures que celles des descripteurs du SEQ physique.

5.3. EVOLUTION INTER-ANNUELLE DES MOYENNES DES PREVISIONS HD SELON L'I2M2

5.3.1. Données et objectifs

Les probabilités de pression HD selon l'I2M2 évoluent-elles au cours du temps ?
345 quintuplés de données sont disponibles. Les moyennes annuelles des probabilités de chaque pression sont présentées sur le graphe suivant.

Comparaison des valeurs moyennes annuelles des probabilités de pression HD selon l'I2M2 (Données Artois-Picardie, 345 données par HD, Années 2007-2012)



5.3.2. Tests de l'évolution moyenne inter-annuelle

Nous avons fait des analyses de la variance (ANOVA) pour tester l'égalité des moyennes des probabilités des pressions HD selon l'I2M2 au cours du temps. Les résultats sont sur le tableau suivant ; si la p-value est inférieure à 5%, alors on rejette l'hypothèse d'égalité des moyennes.

Analyse de la variance	Voies de communication	Couverture forestière	Urbanisation	Risque érosion	Instabilité hydrologique
P-value	0,33	0,87	0,007	0,95	0,06

Seule la probabilité de pression Urbanisation (HD3) présente des valeurs moyennes qui sont significativement différentes au cours des années. Ce qui paraît d'ailleurs surprenant sur une période aussi courte.

6. ANNEXES

6.1. DISPONIBILITE DES DONNEES INDICES INVERTEBRES

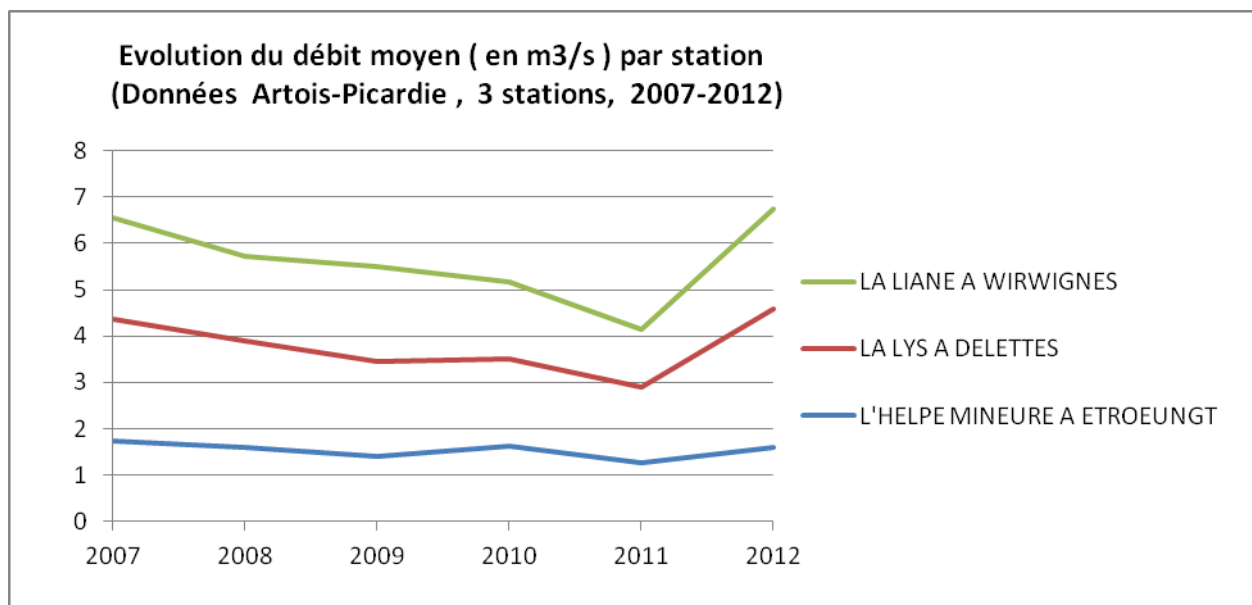
code station	année 2007	année 2008	année 2009	année 2010	année 2011	année 2012
1001122	non	oui	oui	oui	oui	oui
1001136	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1001445	non	non	oui	oui	oui	oui
1001452	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1001503	non	oui	oui	oui	oui	oui
1001785	non	oui	oui	oui	oui	oui
1006000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1008000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1009000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1009100	non	oui	oui	oui	non	oui
1009300	non	oui	oui	oui	oui	oui
1009600	non	non	oui	oui	oui	oui
1009700	non	non	oui	oui	oui	oui
1010000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1024000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1027000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1028000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1029000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1032000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1035000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1045000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1052000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1053000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1066000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1069000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1071000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1089000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1090000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1091000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1092000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1093100	non	oui	oui	oui	oui	oui
1094000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1094800	non	oui	oui	oui	oui	oui
1095000	non	non	non	oui	oui	oui
1096000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1097000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1097500	non	oui	oui	oui	oui	oui
1098000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1099000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1100000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1101000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1101100	non	oui	oui	oui	oui	oui
1115000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1116000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1117000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1119100	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1119400	non	oui	oui	oui	oui	oui
1131500	non	oui	oui	oui	oui	oui
1133000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1133300	non	oui	oui	oui	oui	oui
1134000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1134500	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1137000	non	oui	oui	oui	oui	oui
1138000	non	oui	non	non	non	non
1138100	non	oui	oui	oui	oui	oui
1138300	non	oui	oui	oui	oui	oui
1139000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1140500	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1140600	non	non	non	oui	oui	oui
1140900	non	non	oui	non	non	oui
1141000	oui	oui	oui	oui	oui	oui
1141100	oui	oui	oui	oui	oui	oui
BB232000	non	non	non	oui	oui	oui
BB233000	non	non	non	oui	oui	oui
BB234000	non	non	non	oui	oui	oui
BB235000	non	non	non	oui	oui	oui
oui	29	56	59	64	63	65
non	37	10	7	2	3	1
total	66	66	66	66	66	66

6.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

6.2.1. Données utilisées

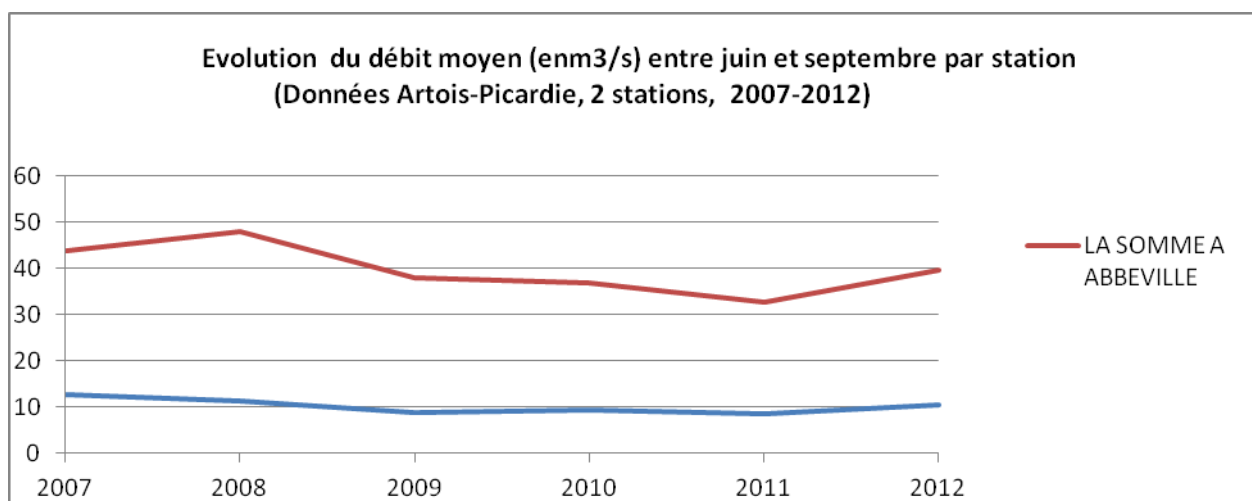
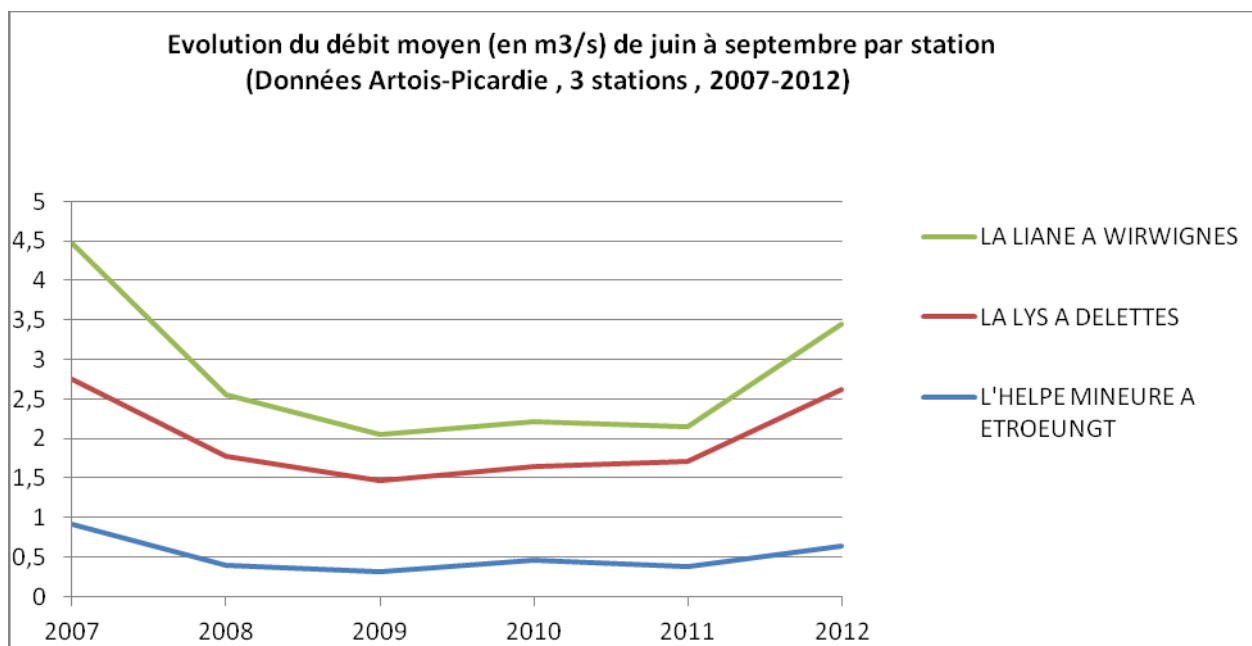
Nous avons remplacé les données manquantes de débit moyen mensuel par la médiane des valeurs des quatre mois les plus proches, puis nous avons recalculé le débit moyen annuel (données Banque Hydro).

6.2.2. Débits moyens annuels



z

6.2.3. Débits moyens juin à septembre



6.3. ANALYSE FACTORIELLE DISCRIMINANTE SUR LES ALTERATIONS DU SEQ-EAU SELON L'HER 1

Nous avons aussi fait une analyse factorielle discriminante sur les hydro-écorégions de niveau 1 en fonction des altérations du SEQ-Eau. L'idée est de voir si les hydro-écorégions se distinguent en fonction de certaines altérations.

Nom HER 1	Code HER 1
Tables calcaires	9
Dépôts argilo-sableux	20
Ardennes	22

Le graphique ci-dessous montre que les hydro-écorégions ne se distinguent qu'en partie les une des autres. Mais le modèle est plus fiable que celui obtenu avec les HER de niveau 2, du fait du plus petit nombre de variables.

Le pourcentage de bonne estimation de l'appartenance à l'HER en fonction du niveau des altérations SEQ-Eau est de l'ordre de 77%.

**Représentation des hydro-écorégions de niveau 1
(Données Artois-Picardie, 797 données par altération, années 2007,2008,2009 et 2012)**

