

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EFFET DES POLITIQUES GOUVERNEMENTALES SUR LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ DU SECTEUR
FORESTIER AU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

RAUL MAURICIO CENTENO DIAZ

SEPTEMBRE 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers mon directeur de mémoire, M. Charles Séguin, professeur d'Économie à l'Université du Québec à Montréal. Sa patience, sa disponibilité et ses conseils précieux ont non seulement nourri ma réflexion mais aussi guidé mes recherches et écrits avec une grande finesse.

Je remercie ensuite chaleureusement toute l'équipe pédagogique de l'Université, ainsi que les intervenants professionnels qui ont enrichi ma formation. Leur expertise et leur dévouement ont été essentiels à l'acquisition des connaissances théoriques nécessaires à la rédaction de ce mémoire.

Un merci spécial à mes parents, qui m'ont soutenu sans faille tout au long de ce parcours académique. Leur encouragement constant et leur confiance en mes capacités ont été des piliers dans ma réussite.

Enfin, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à ma conjointe, Soyeon, pour son soutien inconditionnel et son encouragement continu. Sa présence et sa compréhension ont été des sources de confort et de motivation dans les moments les plus exigeants de ce projet.

Ces remerciements s'adressent également à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué au succès de mon apprentissage académique et à la réalisation de ce mémoire. Votre aide a été inestimable.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	xiii
ACRONYMES	xiv
RÉSUMÉ	xv
CHAPITRE 1 CONTEXTE ET REVUE DE LITTÉRATURE	3
1.1 La forêt comme instrument d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques	3
1.2 La forêt du Québec et les politiques environnementales	6
1.3 Industrie forestière québécoise	8
1.4 Portrait énergétique du secteur forestier au Québec	9
CHAPITRE 2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE	12
2.1 Description des données.....	12
2.1.1 Données relatives à la consommation d'électricité	15
2.1.2 Données relatives à la valeur ajoutée brute.....	19
2.1.3 Données relatives à la commercialisation du bois	22
2.2 Préparation et intégration des données pour le modèle VAR.....	24
2.3 Modélisation multivariée de la consommation d'électricité	26
2.3.1 Spécification du modèle VAR	27
2.3.2 Estimateur des projections locales	29
2.3.3 Limites du modèle vectoriel autorégressif (VAR)	30
2.3.4 Test Kruskal-Wallis et désaisonnalisation.....	31
2.3.5 Stationnarité et Test Dickey-Fuller Augmenté (ADF)	35
2.3.6 Détermination du nombre optimal de retards	38

2.3.7	Test de causalité au sens de Granger et l'ordre des variables	40
CHAPITRE 3	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS ÉCONOMIQUES	49
3.1	La foresterie et l'exploitation forestière	50
3.2	La fabrication de produits en bois	53
3.3	La fabrication de pâtes et papiers	56
3.4	La fabrication de meubles et autres produits connexes	59
3.5	Discussion économique	62
ANNEXE A	IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SEC- TEUR DE LA FORESTERIE	66
ANNEXE B	IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SEC- TEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS EN BOIS	95
ANNEXE C	IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SEC- TEUR DE LA FABRICATION DE PAPIER	118
ANNEXE D	IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SEC- TEUR DE LA FABRICATION DE MEUBLES ET PRODUITS CONNEXES	141
BIBLIOGRAPHIE		164

TABLE DES FIGURES

Figure 2.1 Évolution Temporelle des Variables Économiques et Énergétiques du Secteur Forestier Québécois (2010-2019)	48
Figure 3.1 Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la première transformation du bois, Volume de récolte, Exportations de bois, Prix du bois, Demande d'électricité forestière (log-différences) .	50
Figure 3.2 Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la première transformation du bois, Volume de récolte, Exportations de bois, Prix du bois, Demande d'électricité forestière (log-différences)	51
Figure 3.3 Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Prix du bois, Demande d'électricité de l'industrie, Exportations de bois, Valeur ajoutée de la première transformation, Volume de récolte (log-différences)	54
Figure 3.4 Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Prix du bois, Demande d'électricité de l'industrie, Exportations de bois, Valeur ajoutée de la première transformation, Volume de récolte (log-différences)	55
Figure 3.5 Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Exportations de bois, Volume de récolte, Valeur ajoutée de la deuxième transformation, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)	56
Figure 3.6 Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Exportations de bois, Volume de récolte, Valeur ajoutée de l'industrie, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)	57
Figure 3.7 Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la fabrication de meubles, Exportations de bois, Volume de récolte, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences).....	59
Figure 3.8 Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la fabrication de meubles, Exportations de bois, Volume de récolte, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)	60
Figure A.1 Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh113,12) d(lvrecolte,12)	67
Figure A.2 Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh113,12) d(lvrecolte,12)	68

Figure A.3	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, adjusted data : d(lprixb.s11,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois.s11,12) d(lkwh113.s11,12) d(lvrecolte.s11,12)	69
Figure A.4	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, adjusted data : d(lprixb.s11,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois.s11,12) d(lkwh113.s11,12) d(lvrecolte.s11,12)	70
Figure A.5	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh113,12) lvrecolte	71
Figure A.6	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh113,12) lvrecolte	72
Figure A.7	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois.s11,12) d(lkwh113.s11,12) lvrecolte.s11	73
Figure A.8	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois.s11,12) d(lkwh113.s11,12) lvrecolte.s11	74
Figure A.9	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh113,6) d(lvrecolte,6)	75
Figure A.10	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh113,6) d(lvrecolte,6)	76
Figure A.11	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois.s11,6) d(lkwh113.s11,6) d(lvrecolte.s11,6)	77
Figure A.12	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois.s11,6) d(lkwh113.s11,6) d(lvrecolte.s11,6)	78
Figure A.13	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh113,6) lvrecolte	79
Figure A.14	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh113,6) lvrecolte	80
Figure A.15	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113) d(lvrecolte)	81
Figure A.16	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113) d(lvrecolte)	82

Figure A.17 Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113) lvrecolte	83
Figure A.18 Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113) lvrecolte	84
Figure A.19 Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc321 lvoexpbois lkwh113.s11 lvrecolte.s11	85
Figure A.20 Projections locales, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc321 lvoexpbois lkwh113.s11 lvrecolte.s11	86
Figure A.21 Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	87
Figure A.22 Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	88
Figure A.23 Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	89
Figure A.24 Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvoexpbois) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	90
Figure A.25 Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvoexpbois.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	91
Figure A.26 Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvoexpbois.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	92
Figure A.27 Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvoexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	93
Figure A.28 Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvoexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	94
Figure B.1 Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvoexpbois,12) d(lkwh321,12) d(lvrecolte,12)	96
Figure B.2 Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvoexpbois,12) d(lkwh321,12) d(lvrecolte,12)	97

Figure B.3	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh321,12) lvrecolte	98
Figure B.4	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh321,12) lvrecolte	99
Figure B.5	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh321,6) d(lvrecolte,6)	100
Figure B.6	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh321,6) d(lvrecolte,6)	101
Figure B.7	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh321,6) lvrecolte	102
Figure B.8	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh321,6) lvrecolte	103
Figure B.9	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh321) d(lvrecolte)	104
Figure B.10	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh321) d(lvrecolte)	105
Figure B.11	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh321) lvrecolte	106
Figure B.12	Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh321) lvrecolte	107
Figure B.13	Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc321 lvolexpbois lkwh321.s11 lvrecolte.s11.....	108
Figure B.14	Projections locales, en log, Constan and trendt, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc321 lvolexpbois lkwh321.s11 lvrecolte.s11	109
Figure B.15	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	110
Figure B.16	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	111

Figure B.17	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11.....	112
Figure B.18	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	113
Figure B.19	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	114
Figure B.20	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)	115
Figure B.21	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	116
Figure B.22	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11	117
Figure C.1	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc322,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh322,12) d(lvrecolte,12)	119
Figure C.2	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc322,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh322,12) d(lvrecolte,12)	120
Figure C.3	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc322,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh322,12) lvrecolte	121
Figure C.4	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc322,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh322,12) lvrecolte	122
Figure C.5	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc322,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh322,6) d(lvrecolte,6)	123
Figure C.6	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc322,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh322,6) d(lvrecolte,6)	124
Figure C.7	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc322,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh322,6) lvrecolte	125
Figure C.8	Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc322,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh322,6) lvrecolte	126

Figure C.9	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322) d(lvrecolte)	127
Figure C.10	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322) d(lvrecolte)	128
Figure C.11	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322) lvrecolte	129
Figure C.12	Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322) lvrecolte.....	130
Figure C.13	Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc322 lvolexpbois lkwh322.s11 lvrecolte.s11	131
Figure C.14	Projections locales, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc322 lvolexpbois lkwh322.s11 lvrecolte.s11.....	132
Figure C.15	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322.s11) d(lvrecolte.s11)	133
Figure C.16	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322.s11) d(lvrecolte.s11)	134
Figure C.17	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11	135
Figure C.18	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc322) d(lvolexpbois) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11	136
Figure C.19	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc322) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh322.s11) d(lvrecolte.s11)	137
Figure C.20	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc322) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh322.s11) d(lvrecolte.s11).....	138
Figure C.21	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc322) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11	139
Figure C.22	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc322) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11	140

Figure D.1	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc337,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh337,12) d(lvrecolte,12)	142
Figure D.2	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc337,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh337,12) d(lvrecolte,12)	143
Figure D.3	Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc337,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh337,12) lvrecolte.....	144
Figure D.4	Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc337,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh337,12) lvrecolte	145
Figure D.5	Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc337,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh337,6) d(lvrecolte,6)	146
Figure D.6	Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc337,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh337,6) d(lvrecolte,6)	147
Figure D.7	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc337,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh337,6) lvrecolte.....	148
Figure D.8	Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc337,6) d(lvolexpbois,6) d(lkwh337,6) lvrecolte	149
Figure D.9	Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337) d(lvrecolte).....	150
Figure D.10	Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337) d(lvrecolte)	151
Figure D.11	Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337) lvrecolte.....	152
Figure D.12	Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337) lvrecolte	153
Figure D.13	Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc337 lvolexpbois lkwh337.s11 lvrecolte.s11	154
Figure D.14	Projections locales, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprixb lsc337 lvolexpbois lkwh337.s11 lvrecolte.s11	155

Figure D.15 Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) d(lvrecolte.s11)	156
Figure D.16 Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) d(lvrecolte.s11)	157
Figure D.17 Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11	158
Figure D.18 Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11	159
Figure D.19 Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh337.s11) d(lvrecolte.s11)	160
Figure D.20 Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh337.s11) d(lvrecolte.s11)	161
Figure D.21 Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11	162
Figure D.22 Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvolexpbois.s11) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11	163

LISTE DES TABLEAUX

Table 2.1	Statistiques descriptives de la consommation d'électricité dans les secteurs liés au bois (Twh).....	16
Table 2.2	Tableau de correlations de la consommation d'électricité entre les différents secteurs liés à l'industrie forestière.....	18
Table 2.3	Statistiques descriptives de la valeur ajoutée brute dans les secteurs liés au bois (en millions de dollars enchaînés de 2012)	20
Table 2.4	Tableau de correlations de la valeur ajoutée brute entre les différents secteurs liés à l'industrie forestière	21
Table 2.5	Statistiques descriptives des variables relatives à la commercialisation de bois (en millions de dollars et en m ³)	23
Table 2.6	Résultats du test Kruskal-Wallis	33
Table 2.7	Résultats du test Kruskal-Wallis après désaisonnalisation	34
Table 2.8	Résultats des tests ADF pour la consommation d'électricité (statistique-T et valeur-P)	36
Table 2.9	Résultats des tests ADF pour la valeur ajoutée brute (statistique-T et valeur-P)	37
Table 2.10	Résultats des tests ADF pour la commercialisation du bois (statistique-T et valeur-P)	37
Table 2.11	Valeurs d'AIC pour différents nombres de retards dans les modèles VAR relatifs à la foresterie, à la production de bois, de papier et de meubles.....	39
Table 2.12	Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour la foresterie	41
Table 2.13	Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de bois.....	43
Table 2.14	Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de papier	44
Table 2.15	Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de meubles et produits connexes	46

ACRONYMES

ADF Dickey-Fuller augmenté.

AIC Critère d'Information d'Akaike.

BIC Critère d'Information Bayésien.

GIEC Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

MFFP Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

MRNF Ministère des Ressources naturelles et des Forêts.

PwC PricewaterhouseCoopers.

SCIAN Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

UQAM Université du Québec à Montréal.

VAB Valeur ajoutée brute.

VAR Vecteur autoregressif.

RÉSUMÉ

Ce mémoire explore le rôle potentiel du secteur forestier dans la lutte contre les changements climatiques, en mettant l'accent sur son aptitude à agir comme puits de carbone. Au Québec, cette problématique soulève une question cruciale : l'approvisionnement énergétique sera-t-il suffisant pour soutenir un secteur forestier perçu comme un levier stratégique dans la transition énergétique ? Pour répondre à cette interrogation, cette étude analyse des données de consommation d'électricité en utilisant un modèle de vecteurs autorégressifs (VAR). Ce modèle examine les relations entre des variables économiques clés, telles que le volume de coupe, la valeur et le volume du bois exporté, la valeur ajoutée brute (VAB) des différents sous-secteurs de transformation, et l'électricité consommée par le secteur forestier. Les résultats montrent une absence de liens causaux significatifs entre ces variables, suggérant une résilience énergétique du secteur forestier et des mécanismes d'adaptation qui limitent les interactions directes entre les chocs économiques et la consommation énergétique. Bien que ces conclusions n'indiquent pas une augmentation prévisible de la demande énergétique, elles fournissent un cadre d'analyse utile pour comprendre les dynamiques sous-jacentes et guider les politiques forestières et énergétiques du Québec. En éclairant ces enjeux, ce mémoire contribue au débat sur la capacité du secteur forestier à optimiser sa consommation d'électricité tout en jouant un rôle clé dans la transition énergétique et climatique.

INTRODUCTION

La contribution des forêts et du secteur forestier à la lutte contre les changements climatiques suscite des débats importants, tant au niveau local qu'international. Si certains considèrent les forêts comme des puits essentiels de carbone capables de séquestrer d'importantes quantités de gaz à effet de serre (Joshi et Singh, 2020) (Sedjo et Sohngen, 2012), d'autres soulignent leur potentiel en tant que sources d'émissions, notamment en raison des pratiques d'exploitation et des impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers (MacCarthy *et al.*, 2024). Au Québec, cet enjeu est encore plus complexe, car il s'accompagne d'une question cruciale : disposons-nous d'une capacité énergétique suffisante pour soutenir l'essor du secteur forestier si celui-ci devait devenir un levier majeur dans la transition énergétique et climatique ?

Dans ce contexte, ce mémoire s'intéresse à la consommation d'électricité dans le secteur forestier québécois, en examinant les liens entre son activité économique et la demande énergétique. À l'aide d'un modèle de vecteurs autorégressifs (VAR), cette étude analyse les relations entre des variables clés, telles que le volume de coupe, la valeur et le volume de bois exporté, la valeur ajoutée brute (VAB) dans les différents sous-secteurs de transformation, et l'électricité consommée par le secteur. L'objectif principal est de comprendre si des dynamiques causales significatives peuvent être identifiées entre ces facteurs et de fournir une perspective éclairée sur la capacité du secteur forestier à contribuer efficacement à la lutte contre les changements climatiques, tout en répondant à ses besoins énergétiques.

Les résultats obtenus révèlent l'absence de liens causaux significatifs entre les variables analysées. En d'autres termes, les volumes de coupe, la valeur et le volume de bois exporté, la VAB dans les différents secteurs de transformation et la consommation d'électricité ne semblent pas interagir de manière prévisible ou cohérente sur une base statistique. Cette absence d'effets clairs atténue les inquiétudes sur la résilience du secteur forestier face aux chocs économiques et énergétiques, ainsi que sur les mécanismes d'adaptation qui pourraient expliquer ces observations. Ces constats, bien qu'ils ne permettent pas de tirer des conclusions définitives, apportent néanmoins des indices précieux pour orienter des recherches futures et des stratégies industrielles.

Ce mémoire s'inscrit dans un contexte où le Québec cherche à maximiser l'utilisation durable de ses ressources naturelles tout en répondant à la double exigence d'une économie bas carbone et d'une gestion énergétique efficiente. La Stratégie provinciale de production de bois, qui vise à doubler la récolte fores-

tière d'ici 2080, représente une initiative clé. Toutefois, sa mise en œuvre soulève des défis complexes, notamment la disponibilité d'électricité suffisante pour soutenir une augmentation significative des activités forestières. L'étude des dynamiques énergétiques au sein du secteur forestier s'avère donc essentielle pour évaluer la viabilité et les implications de cette stratégie.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre expose le cadre théorique et les enjeux contextuels liés à la consommation d'électricité dans le secteur forestier, en mettant l'accent sur les politiques environnementales et économiques qui façonnent ce secteur au Québec. Le deuxième chapitre décrit le cadre méthodologique, incluant les données utilisées, les techniques de préparation des séries chronologiques et le modèle économétrique appliqué. Le troisième chapitre présente les résultats de l'analyse, discute leurs implications dans le contexte des politiques gouvernementales et des stratégies industrielles, et propose des pistes pour approfondir la recherche dans ce domaine.

Ce mémoire contribue à la compréhension des interactions entre les activités économiques du secteur forestier et la demande d'électricité, tout en mettant en lumière les défis et opportunités liés à l'utilisation des ressources forestières dans un contexte de transition énergétique. Ces réflexions visent à alimenter le débat sur le rôle du secteur forestier dans la lutte contre les changements climatiques et à fournir des outils pour une prise de décision éclairée.

CHAPITRE 1

CONTEXTE ET REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre présente un cadre contextuel et une revue de littérature qui mettent en lumière les rôles essentiels des forêts dans les efforts d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques, ainsi que leur importance économique et énergétique au Québec. La première section explore les contributions des forêts à la lutte contre les bouleversements climatiques en tant que puits de carbone et leurs bénéfices écosystémiques pour les sociétés humaines. La deuxième section examine spécifiquement la forêt québécoise, sa biodiversité, et son rôle central dans les politiques environnementales et économiques de la province, notamment à travers des initiatives de gestion durable. La troisième section dresse un portrait de l'industrie forestière québécoise, en analysant les différents sous-secteurs selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), et en soulignant leur rôle dans l'économie régionale et nationale. Enfin, la dernière section se concentre sur le portrait énergétique du secteur forestier, en détaillant les sources d'énergie utilisées, les initiatives pour réduire la dépendance aux combustibles fossiles, et les défis et opportunités liés à la transition énergétique dans ce secteur stratégique. Ensemble, ces sections offrent une compréhension globale de l'importance des forêts dans un contexte de développement durable et de transition vers une économie sobre en carbone, et mettent la table à notre sujet d'intérêt : L'effet des politiques gouvernementales sur la consommation d'électricité du secteur forestier au Québec.

1.1 La forêt comme instrument d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques

Les changements climatiques sont une préoccupation majeure de notre époque en raison de leur impact dévastateur sur l'environnement et la société. Les phénomènes tels que l'augmentation des températures, les événements météorologiques extrêmes, la fonte des glaciers et l'élévation du niveau de la mer sont autant de signes alarmants du changement climatique en cours. Ces bouleversements entraînent des répercussions directes sur la biodiversité, les ressources naturelles, l'agriculture, la santé publique et l'économie mondiale.

Face à cette problématique pressante, il est impératif de mettre en place des politiques d'atténuation et d'adaptation efficaces. L'atténuation vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique, en adoptant des mesures telles que la transition vers des sources d'énergie renouvelable, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la promotion de pratiques agricoles durables. D'autre

part, l'adaptation consiste à s'ajuster aux impacts inévitables du changement climatique, en renforçant la résilience des communautés, des infrastructures et des écosystèmes face aux événements climatiques extrêmes et aux modifications environnementales (Plantinga et Richards, 2008).

En combinant des stratégies d'atténuation et d'adaptation, il est possible de limiter les effets néfastes du changement climatique et de préparer les sociétés à faire face à un avenir climatique incertain (Guariguata *et al.*, 2008). Ces politiques doivent être soutenues par des actions concertées à l'échelle mondiale, impliquant la collaboration entre les gouvernements, les entreprises, la société civile et les citoyens pour relever ce défi complexe et urgent.

Dans ce contexte, il est essentiel d'explorer des solutions novatrices et durables pour lutter contre les bouleversements des températures et préserver la santé de notre planète pour les générations futures. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), relevant du Programme des Nations Unies pour l'environnement et de l'Organisation météorologique mondiale, reconnaît le rôle essentiel des forêts dans la mitigation des émissions de gaz à effet de serre et dans l'adaptation aux impacts du changement climatique (GIEC et Pachauri, 2014). Les actions visant à promouvoir la conservation des forêts, la gestion durable des ressources forestières et la restauration des écosystèmes forestiers sont indispensables pour relever les défis climatiques actuels et futurs.

En effet, les forêts apportent de grands avantages tant au niveau personnel, pour les individus, qu'au niveau public, pour la société dans son ensemble. Elles offrent des bienfaits tels que la fourniture de bois, la régulation du climat, la préservation de la biodiversité, la protection des sols, la purification de l'air et de l'eau, la création d'habitats pour la faune, ainsi que des opportunités de loisirs et de détente pour les individus. Ces avantages sont bénéfiques à la fois pour les personnes qui interagissent avec les forêts directement et pour la société dans son ensemble en termes de services écosystémiques fournis. Elles offrent des solutions naturelles essentielles pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre (Catanzaro et D'Amato, 2019).

Les mécanismes par lesquels les forêts contribuent à cet effort comprennent la séquestration du carbone par le biais de la photosynthèse, où les arbres absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère et le stockent dans leur biomasse, notamment les troncs, les branches, les feuilles et les racines (Catanzaro et D'Amato, 2019). Cette capacité des forêts à agir comme des puits de carbone joue un rôle crucial dans la réduction de la concentration de CO₂ atmosphérique, contribuant ainsi à atténuer l'effet de serre et le

réchauffement climatique.

En plus de la séquestration du carbone, les forêts agissent comme des réservoirs de carbone en stockant des quantités significatives de carbone dans leur végétation et leurs sols. Les arbres continuent de capturer et de stocker du carbone tout au long de leur cycle de vie, avec une proportion importante du poids total d'un arbre étant constituée de carbone stocké. La préservation des forêts et la prévention de la déforestation sont des stratégies essentielles pour maintenir cette capacité de stockage du carbone et éviter sa libération dans l'atmosphère par le biais de changements d'utilisation des terres.

De plus, les produits du bois issus des forêts contribuent également au stockage du carbone, offrant une alternative durable à des matériaux plus émissifs en carbone comme l'acier et le béton. L'utilisation de produits du bois provenant de récoltes durables permet de maintenir le carbone stocké dans ces matériaux sur des périodes prolongées, renforçant ainsi l'impact positif des forêts sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Miner *et al.*, 2007).

Les efforts d'afforestation, consistant à reconvertir des terres non forestières en zones boisées, représentent également une stratégie efficace pour accroître la capacité de séquestration et de stockage du carbone des écosystèmes (Lewandowski *et al.*, 2014). En augmentant la couverture forestière, ces initiatives renforcent la capacité des forêts à capturer et à retenir le carbone, contribuant ainsi de manière significative aux objectifs de lutte contre le changement climatique.

En outre, la mise en œuvre de pratiques actives de gestion forestière, impliquant l'adoption de pratiques telles que la récolte sélective et la diversification des espèces, améliore la résilience des écosystèmes forestiers face aux impacts du changement climatique. Bien que ces pratiques puissent entraîner une réduction temporaire du stockage du carbone dans les forêts, elles jouent un rôle crucial dans la prévention de pertes de carbone plus importantes dues à des perturbations telles que les incendies de forêt et les éclosions d'insectes.

En favorisant la diversité des espèces et des structures forestières, la gestion active contribue à renforcer la capacité des forêts à faire face à des événements perturbateurs, tels que les tempêtes ou les épidémies d'insectes, qui pourraient entraîner des pertes massives de carbone si les forêts étaient moins résilientes. Les forêts gérées de manière active présentent une meilleure capacité à se rétablir après de telles perturbations, ce qui permet de maintenir des niveaux de stockage de carbone plus stables sur le long terme.

(Plantinga et Richards, 2008).

En somme, la gestion active des forêts, bien qu'elle puisse entraîner une diminution temporaire du stockage du carbone (Keith *et al.*, 2015), s'avère être une stratégie essentielle pour renforcer la résilience des forêts face aux défis du changement climatique et pour prévenir des pertes de carbone plus importantes qui pourraient résulter de perturbations naturelles.

1.2 La forêt du Québec et les politiques environnementales

La forêt québécoise occupe une place centrale dans les dimensions économique, sociale et environnementale de la province, grâce à sa grande diversité et son vaste territoire. S'étendant sur un territoire qui englobe sept degrés de latitude, elle se divise en trois zones bioclimatiques principales : la zone tempérée nordique, la zone boréale et la zone arctique. Chaque zone supporte des espèces végétales adaptées à des conditions environnementales spécifiques, contribuant ainsi à une biodiversité riche et variée. Par exemple, la zone tempérée nordique est peuplée de forêts feuillues et mixtes, la zone boréale est principalement composée de conifères sempervirents, et la zone arctique est caractérisée par une végétation arbustive et herbacée adaptée aux conditions extrêmes (MRNF, 2023a).

Cette diversité bioclimatique permet de créer un habitat unique pour de nombreuses espèces animales et végétales et renforce la résilience écologique, c'est-à-dire la capacité des écosystèmes à absorber les perturbations, à s'adapter et à se rétablir. En hébergeant une variété d'espèces et de niches écologiques, notre forêt peut plus efficacement répondre aux changements environnementaux, permettant aux espèces les mieux adaptées de prospérer et de soutenir les fonctions et les services écologiques essentiels.

La forêt joue également un rôle crucial dans la décarbonisation de l'économie québécoise et la lutte contre les changements climatiques. Elle agit comme un puits de carbone significatif en absorbant le dioxyde de carbone de l'atmosphère pendant la croissance des arbres, ce qui aide à réduire les niveaux de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique (MFFP, 2019). En favorisant une gestion forestière durable et en utilisant des produits forestiers, il est possible de stocker du carbone à long terme (ForetCompétences, 2022). Cette pratique permet non seulement de prolonger le stockage du carbone mais aussi de renforcer l'impact positif des forêts sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'utilisation de matériaux forestiers, tels que le bois dans la construction, est promue comme une stratégie efficace pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et favoriser une économie plus durable, comme le démontre la Politique

d'intégration du bois en construction du gouvernement du Québec (MFFP, 2020) ainsi que la Stratégie de développement de l'industrie des produits forestiers 2018-2023 (MFFP, 2018).

Sur le plan économique et social, la forêt est une source importante de prospérité pour le Québec. En 2021, l'industrie forestière a généré une production de 27,6 milliards de dollars et ses exportations ont atteint un record de 12 milliards de dollars, reflétant son influence sur les marchés internationaux. Cette industrie a également contribué à hauteur de 17,8 milliards de dollars au PIB provincial, et a soutenu environ 130 000 emplois, générant ainsi 7,5 milliards de dollars de revenus, majoritairement sous forme de salaires (PwC | QWEB, 2022). Le secteur forestier québécois est par ailleurs le plus grand employeur du secteur forestier canadien, regroupant environ un travailleur sur trois. Cela souligne l'importance économique de ce secteur à l'échelle nationale (MFFP, 2021a). De plus, l'activité économique liée à la forêt a eu un impact financier significatif sur les gouvernements, avec des recettes estimées à 6,8 milliards de dollars (MFFP, 2021b). En outre, les activités liées à la foresterie jouent un rôle vital dans plus de 900 municipalités québécoises, c'est à dire dans près de 83 % des municipalités de la province, avec certaines zones mono-industrielles dépendant presque exclusivement de l'industrie forestière (MRNF, 2024).

Ces données illustrent non seulement l'importance de la forêt dans la transition vers une économie durable mais aussi son rôle indispensable dans la mitigation des changements climatiques et le soutien de l'économie régionale.

Par ailleurs, le gouvernement du Québec a déployé une Stratégie nationale de production de bois en 2020, visant à doubler la récolte forestière à l'horizon 2080, avec une projection de passer de 29 millions de mètres cubes en 2025 à 52,9 millions (MFFP, 2020). Cette stratégie repose sur l'intensification des travaux sylvicoles pour produire un bois de qualité supérieure et mieux adapté aux besoins industriels, l'augmentation du taux de récolte au-delà des 68 % du volume permis actuellement, et l'encouragement à une plus grande participation des forêts privées (MFFP, 2020). En outre, elle envisage d'utiliser les forêts comme puits de carbone pour contrer les changements climatiques, grâce à une meilleure gestion de la séquestration du carbone dans les arbres et les sols forestiers. Elle promeut également l'innovation et l'accroissement de la productivité dans le secteur forestier pour stimuler l'économie et réduire l'empreinte carbone des constructions par une utilisation accrue du bois. Ces efforts sont dirigés vers une augmentation du PIB généré par l'industrie forestière, visant à atteindre 12 milliards de dollars annuels d'ici 2080 (MFFP, 2020). Cependant, récemment, certains objectifs de cette stratégie ont été remis en question en raison de feux

de forêt et de perturbations climatiques qui pourraient affecter la viabilité des objectifs de production à long terme (MFFP, 2020). Il est alors crucial de continuer à évaluer l'impact de ces stratégies face aux défis posés par les changements climatiques et autres facteurs environnementaux.

1.3 Industrie forestière québécoise

L'industrie forestière du Québec, avec sa riche tradition et son importance vitale pour l'économie régionale, représente un secteur clé de l'économie canadienne. Cette section détaille la structure et les segments de cette industrie en se basant sur le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), offrant ainsi une vue d'ensemble complète des divers aspects de la production forestière et de sa transformation (PwC | QWEB, 2022).

Selon le SCIAN, l'industrie forestière au Québec se segmente en divers domaines. En passant par les produits de première transformation comme les produits liés à la foresterie, jusqu'aux produits de consommation finale. Les produits de première et deuxième transformation sont regroupés sous la catégorie « produits du bois », qui comprend le bois d'œuvre, les panneaux et d'autres produits à valeur ajoutée en bois. Le domaine des pâtes et papiers englobe la fabrication de pâte commerciale, de papier journal, de carton, ainsi que la transformation de ces produits et la production de meubles en bois et autres produits connexes comprend les établissements dont l'activité principale consiste à fabriquer des meubles et d'articles similaires.

Le SCIAN, élaboré par les agences statistiques du Canada, du Mexique et des États-Unis, a été conçu pour uniformiser les classifications industrielles des trois pays dans le contexte de l'Accord de libre-échange nord-américain. Il vise à établir des définitions et des cadres communs pour l'analyse économique, en se basant sur le concept de production. Chaque industrie est identifiée par un code spécifique. Selon ce système, quatre sous-secteurs exploitent le bois dans leurs processus de production.

Le premier sous-secteur, la foresterie et l'exploitation forestière (SCIAN113), appartient à la catégorie plus large de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de la chasse. Il inclut les entreprises qui se consacrent principalement à la production et à la récolte de bois, nécessitant des cycles de croissance longs et ne requérant pas d'interventions horticoles majeures avant la récolte. Ce sous-secteur nécessite des pépinières spécialisées pour la reforestation et dépend des conditions naturelles et climatiques ainsi que de l'utilisation finale du bois.

Le deuxième, la fabrication de produits en bois (SCIAN321), fait partie du secteur manufacturier et comprend trois sous-groupes : les scieries et la préservation du bois, la fabrication de placages, contreplaqués et produits en bois reconstitué, et la production d'autres articles en bois, comme la menuiserie préfabriquée. Ces établissements transforment le bois brut en produits finis ou semi-finis.

Le troisième sous-secteur concerne la fabrication de pâtes, papiers, et produits papetiers (SCIAN322), divisé en deux groupes : les usines produisant la pâte à papier, le papier et le carton, et ceux transformant ces matériaux en produits finis.

Enfin, bien que parfois considéré à part, le sous-secteur de la fabrication de meubles et autres produits connexes (SCIAN337) est inclus dans cette analyse, soulignant l'importance de cette industrie dans l'utilisation du bois et l'impact de la production forestière sur les structures économiques régionales et nationales.

En conclusion, l'industrie forestière au Québec, structurée autour des normes SCIAN, joue un rôle crucial non seulement dans l'économie locale mais également dans celle de la région nord-américaine. En englobant divers sous-secteurs allant de la récolte à la transformation avancée du bois, ce secteur démontre sa capacité à innover et à s'adapter aux défis modernes, y compris les impératifs de développement durable et de gestion environnementale. Cette industrie continue donc de façonner les dynamiques économiques et sociales de la province, tout en répondant aux besoins de conservation et d'utilisation rationnelle des ressources forestières. Ainsi, elle incarne un exemple notable de l'évolution d'une industrie traditionnelle vers une gestion intégrée et respectueuse de l'environnement.

1.4 Portrait énergétique du secteur forestier au Québec

Le secteur forestier québécois repose sur une diversité de sources d'énergie pour ses activités, notamment l'électricité, qui joue un rôle crucial dans les sous-secteurs des pâtes et papiers et des produits du bois (Chaire en gestion du secteur de l'énergie - HEC Montréal, 2024). L'électricité, principalement issue de l'hydroélectricité, est utilisée dans des procédés industriels tels que le séchage, le broyage et le traitement chimique, contribuant ainsi à limiter l'empreinte carbone des activités industrielles (Ressources naturelles Canada (RNC), 2019). En 2019, le secteur des pâtes et papiers du Québec a consommé environ 152 pétajoules (PJ) d'énergie, une légère diminution à 131 PJ en 2020, probablement due à des fluctuations opérationnelles ou des améliorations en efficacité énergétique (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP), 2019). Cependant, d'autres segments, comme l'exploitation forestière, restent forte-

ment dépendants des combustibles fossiles, principalement le diesel, utilisé pour alimenter la machinerie lourde et les véhicules de transport. Cette dépendance constitue un défi majeur dans un contexte où la décarbonisation est une priorité (Commission de l'énergie et des ressources naturelles du Canada (CER), 2020).

Une évolution notable dans le secteur est l'utilisation croissante de la biomasse forestière comme source d'énergie (Thiffault *et al.*, 2016). L'industrie de la transformation du bois nécessite une grande quantité d'énergie pour ses opérations. La récolte de biomasse forestière, destinée à répondre aux besoins énergétiques de ce secteur, représente une opportunité à explorer et à développer (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), 2024). Les résidus de bois issus des activités de coupe et de transformation, tels que les copeaux, les écorces et les sciures, sont de plus en plus valorisés pour produire de la chaleur et de l'électricité. Cette approche circulaire permet non seulement de réduire les déchets, mais aussi de diminuer l'utilisation des énergies fossiles, contribuant à un modèle énergétique plus durable. En effet, la biomasse représente une alternative essentielle, notamment pour la production de chaleur dans des processus industriels, tout en s'intégrant aux efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Québec Science, 2022).

Le Québec soutient cette transition énergétique par diverses initiatives, telles que le Programme bioénergies, qui finance l'adoption de technologies utilisant les résidus forestiers comme source d'énergie. Ce programme vise à réduire la dépendance aux combustibles fossiles tout en favorisant une gestion plus efficace des sous-produits forestiers (Transition énergétique Québec, 2020). Parallèlement, la Stratégie québécoise de développement durable encourage l'intégration de pratiques énergétiques innovantes, comme la cogénération à partir de biomasse, et l'investissement dans des infrastructures modernes et économes en énergie (Gouvernement du Québec, 2023). Ces efforts sont appuyés par des mesures fiscales et des subventions, notamment celles proposées dans le cadre du Plan d'action pour la valorisation de la biomasse forestière, qui visent à réduire les coûts initiaux pour les entreprises et à stimuler l'adoption de technologies propres (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2009).

Malgré les progrès réalisés, certains défis subsistent. La dépendance aux énergies fossiles dans l'exploitation forestière demeure un obstacle important à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. De plus, les coûts initiaux élevés des technologies propres peuvent freiner leur adoption par certaines entreprises, en particulier les plus petites. Cependant, ces défis s'accompagnent d'opportunités significatives. La transi-

tion énergétique permettrait au secteur forestier québécois de renforcer sa compétitivité sur les marchés internationaux, où les produits à faible empreinte carbone sont de plus en plus recherchés. Par ailleurs, l'innovation dans les technologies de transformation et d'utilisation de la biomasse pourrait positionner le Québec comme un leader mondial en matière de foresterie durable et de solutions énergétiques (Hydro-Québec, 2014).

Dans un contexte où la lutte contre les changements climatiques est une priorité mondiale, le secteur forestier québécois joue un rôle clé dans la transition vers une économie sobre en carbone. Les initiatives en cours, combinées à une adoption accrue des énergies renouvelables et des technologies innovantes, permettront non seulement de réduire l'impact environnemental du secteur, mais aussi d'assurer sa pérennité économique. Par exemple, le développement de technologies électrifiées pour remplacer les carburants fossiles dans les équipements de récolte pourrait représenter une avancée significative. La collaboration entre les différents paliers gouvernementaux, les entreprises et autres parties prenantes sera essentielle pour relever les défis énergétiques et environnementaux de ce secteur stratégique.

CHAPITRE 2

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Ce chapitre présente le cadre méthodologique de notre analyse en trois sections principales. La première section, dédiée à la description des données, expose en détail les sources, les variables sélectionnées et leur pertinence pour modéliser la demande d'électricité dans le secteur forestier québécois. Elle inclut une analyse statistique descriptive et une exploration des corrélations entre les principales variables économiques et énergétiques. La deuxième section, intitulée préparation et intégration des données pour le modèle VAR, décrit les étapes préliminaires nécessaires à la mise en œuvre du modèle, notamment le traitement des données, l'ajustement des séries temporelles pour éliminer les effets saisonniers et la vérification de leur stationnarité. Enfin, la troisième section, consacrée à la modélisation multivariée de la consommation d'électricité du secteur, explique la méthodologie employée pour développer et analyser un modèle de vecteurs autorégressifs (VAR). Cette section explore les interactions dynamiques entre les différentes variables étudiées afin de mieux comprendre les facteurs influençant la consommation énergétique des sous-secteurs du secteur forestier québécois. Cette étude permet d'éclairer les relations complexes et les tendances sous-jacentes qui pourraient passer inaperçues. Ce cadre méthodologique établit ainsi les bases rigoureuses pour répondre aux objectifs de recherche et fournir des analyses robustes.

2.1 Description des données

Dans le cadre de ce mémoire, nous adoptons un modèle de vecteurs autorégressif (VAR) pour analyser et prévoir la demande d'électricité du secteur du bois au Québec. Cette première section du chapitre méthodologique est consacrée à la présentation détaillée des données utilisées pour l'analyse.

Les données sélectionnées pour notre étude sont de nature provinciale et collectées sur une base mensuelle. Cette fréquence permet de saisir les variations saisonnières et d'observer les tendances de moyen terme. Les variables incluses dans notre modèle VAR sont principalement économiques et reflètent différents aspects du secteur forestier et de son interaction avec la demande d'électricité. Parmi ces variables, nous considérons :

- La consommation d'électricité : Mesure directe de la demande énergétique dans le secteur, fournie par Hydro-Québec, appelées dans notre modèle KWH113 KWH321 KWH322 KWH337 ;

- La valeur ajoutée brute : Indicateur de la contribution économique du secteur du bois, extrait des rapports de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ), appelées dans notre modèle SC321 SC322 SC337;
- La valeur du bois exporté : Données de prix fournies par Bloomberg, qui reflètent les fluctuations du marché qui peuvent influencer la production et donc la consommation d'énergie, appelée prixb;
- Le volume du bois exporté : Représente un facteur clé de la demande de production, affectant ainsi indirectement la consommation d'énergie, également issu des données de la plateforme Bloomberg, ayant par nom volexpbois;
- La récolte de bois : Quantités de bois récolté, indiquant l'activité du secteur, données obtenues du Bureau de mise en marché du bois (BMMB), intitulée vrecolte.

Ces variables ont été choisies en fonction de leur pertinence pour capturer les dynamiques économiques et environnementales influençant l'industrie forestière québécoise. Les fluctuations des prix du bois, les volumes d'exportation et de récolte, ainsi que la consommation d'énergie sont des indicateurs clés affectés par diverses politiques et contextes globaux.

Les politiques commerciales, telles que l'Accord États-Unis-Mexique-Canada (AEUMC), jouent un rôle déterminant dans les tarifs douaniers et les quotas d'exportation du bois canadien (Banque du Canada, 2019). Ces réglementations peuvent entraîner des variations significatives dans les volumes de bois exporté, comme observé dans les fluctuations des données sur le volume exporté (volexpbois) et le prix du bois (prixb). Les négociations commerciales et les accords bilatéraux ont le potentiel de stimuler ou de freiner la demande pour les produits forestiers québécois, influençant ainsi les prix et les volumes sur le marché international.

Parallèlement, Les politiques environnementales, tant au niveau provincial que fédéral, sont également déterminantes pour les pratiques de récolte et de consommation d'énergie dans l'industrie forestière. La Stratégie nationale de production de bois du Québec, mise en place en 2020, vise à augmenter significativement la récolte de bois tout en promouvant des pratiques de gestion durable (MFFP, 2020). Cette stratégie inclut des mesures pour utiliser les forêts comme puits de carbone, ce qui peut avoir des impacts sur les volumes de bois récolté (vrecolte) en raison des efforts accrus de reforestation et de gestion durable des forêts.

De plus, les initiatives provinciales pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, telles que le marché

du carbone, influencent les décisions des entreprises en matière de consommation énergétique. Les politiques de tarification du carbone et les subventions pour les énergies renouvelables peuvent encourager les industries à adopter des pratiques plus économes en énergie (Parlement Européen, 2024), affectant ainsi les données sur la consommation d'électricité (kwh113, kwh321, kwh322, kwh337).

Les variations économiques globales, telles que les récessions ou les booms économiques, influencent également la demande pour les produits forestiers (Banque du Canada, 2019). Les fluctuations du PIB mondial et les cycles économiques impactent directement la valeur ajoutée brute (VAB) des différents secteurs de l'industrie forestière (SC321, SC322, SC337). Par exemple, une récession économique mondiale pourrait réduire la demande de bois et de produits connexes, entraînant une diminution des prix et des volumes exportés.

Les changements climatiques ont un impact de plus en plus marqué sur l'industrie forestière (Gouvernement du Canada, 2019). Les événements météorologiques extrêmes, comme les incendies de forêt et les tempêtes, peuvent perturber la production et la récolte de bois, affectant ainsi les données sur le volume récolté (vrecolte). Les politiques de mitigation des changements climatiques, telles que la promotion de l'utilisation du bois dans la construction pour remplacer des matériaux plus émetteurs de carbone comme le béton et l'acier, influencent les pratiques de récolte et la demande pour les produits en bois.

Comprendre ces facteurs est déterminant pour interpréter les données et analyser les tendances observées dans les variables étudiées. Les politiques commerciales et environnementales, les fluctuations économiques mondiales et les impacts des changements climatiques forment un cadre complexe influençant directement et indirectement l'industrie forestière québécoise. La corrélation entre ces éléments et les variables telles que les prix du bois, les volumes d'exportation, la récolte de bois et la consommation d'électricité permet d'élaborer des modèles économétriques pertinents. En intégrant ces aspects multidimensionnels, nous tenterons de mieux anticiper les variations futures et proposer des stratégies de gestion durable adaptées aux défis économiques et environnementaux actuels. La prise en compte de ces interactions a comme objectif d'améliorer la précision des prévisions et, éventuellement, de formuler des recommandations politiques et industrielles fondées sur des analyses robustes et contextualisées.

Ces variables seront intégrées dans un modèle vectoriel autorégressif pour exploiter leurs interdépendances et prédire les dynamiques futures de la demande d'électricité. Cette approche permet non seulement d'iso-

ler les impacts de variables spécifiques mais aussi de comprendre les effets conjugués des fluctuations économiques sur la demande énergétique du secteur.

Pour bien interpréter les dynamiques complexes de la demande d'électricité dans le secteur forestier québécois, il est essentiel d'examiner en détail chaque variable économique et environnementale identifiée. Dans les sous-sections suivantes, nous analyserons successivement les données relatives à la consommation d'électricité, la valeur ajoutée brute et la commercialisation du bois. Cette analyse nous permettra de mieux saisir l'impact individuel et combiné de ces variables sur la demande énergétique, tout en prenant en compte les fluctuations saisonnières et les tendances historiques qui pourraient influencer les prévisions du modèle VAR.

2.1.1 Données relatives à la consommation d'électricité

Pour une analyse détaillée et à long terme de la demande d'électricité, nous avons recours à une ventilation détaillée de l'utilisation de l'énergie électrique à travers différentes branches d'activité. À cet effet, nous avons acquis des séries de données mensuelles sur la consommation d'électricité de divers sous-secteurs au sein du secteur industriel québécois, grâce à la collaboration avec Hydro-Québec.

La base de données exhaustive que nous exploitons couvre l'ensemble de la consommation électrique du secteur industriel de la province. Initialement, ces données sont segmentées entre les secteurs des biens et des services. Par la suite, nous procédons à une désagrégation plus fine au sein du secteur des biens, en utilisant la classification du SCIAN. Cela nous permet d'isoler les données concernant les industries particulièrement grandes consommatrices d'énergie. Nous avons spécifiquement extrait les séries de données relatives au secteur forestier, car notre intérêt se porte sur les sous-secteurs tels que la foresterie, la fabrication de produits en bois, la production de papier, ainsi que la fabrication de meubles et d'autres produits connexes.

Notre étude vise à évaluer l'impact potentiel des politiques environnementales sur la consommation d'électricité des industries concernées. Les variations climatiques prévues sont susceptibles d'exercer des influences significatives sur ce secteur dans les années à venir, et la précision de nos prévisions sera validée par le biais de notre modélisation. En outre, les stratégies de séquestration du carbone mises en avant par le gouvernement provincial pourraient revitaliser ce secteur clé. En promouvant une gestion durable de l'environnement, ces politiques ont le potentiel de réduire la consommation énergétique globale tout en

augmentant la demande en électricité du secteur forestier, notamment si la récolte de bois tend à doubler dans les prochaines années. Cela pourrait se traduire par une intensification des opérations forestières nécessitant une consommation accrue d'électricité pour soutenir l'augmentation des activités de production et de transformation. Ces dynamiques mettent en évidence l'importance d'une approche intégrée pour anticiper et gérer les impacts futurs sur le secteur énergétique et forestier.¹

La table 2.1 présente les statistiques descriptives de la consommation d'électricité exprimée en térawatt-heures (TWh) pour quatre secteurs clés de l'industrie du bois, couvrant une période de 139 mois, de janvier 2009 à juillet 2020. Les variables examinées incluent la moyenne, la médiane, l'écart-type, les valeurs minimales et maximales, l'asymétrie et l'aplatissement pour chaque secteur :

variable	N	moyenne	médiane	écart type	min	max	asymétrie	aplatissement
foresterie	139	0,001	0,001	0,0005	0,0009	0,003	1,54	6,25
fabrication de produits en bois	139	0,17	0,16	0,03	0,12	0,27	1,25	5,21
fabrication de papier	139	1,14	1,14	0,11	0,67	1,34	1,37	7,25
fabrication de meubles et prod. connexes	139	0,02	0,02	0,006	0,01	0,05	2,49	9,38

Table 2.1 – Statistiques descriptives de la consommation d'électricité dans les secteurs liés au bois (TWh)

Foresterie (SCIAN 113) : La consommation d'électricité varie de 0,0009 à 0,003 TWh, avec une moyenne de 0,001 TWh et une médiane de 0,001 TWh. Cette distribution présente une asymétrie positive de 1,54 et un coefficient d'aplatissement de 6,25, indiquant une queue lourde à droite.

Fabrication de produits en bois (SCIAN 321) : La consommation fluctue entre 0,12 et 0,27 TWh, avec une moyenne de 0,17 TWh et une médiane proche à 0,16 TWh. Cette distribution montre également une légère asymétrie et un coefficient d'aplatissement élevé (5,21), révélant une concentration des valeurs autour de la médiane.

Fabrication de papier (SCIAN 322) : Les valeurs s'étendent de 0,67 à 1,34 TWh, avec une moyenne de 1,14

1. Au cours des prochaines années, le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) entend concentrer ses efforts en misant sur des ressources forestières en vue d'atténuer les effets des changements climatiques par, d'une part, la hausse de l'utilisation du bois dans la construction non résidentielle de quatre étages et moins et, d'une autre part, l'exécution de travaux sylvicoles supplémentaires qui permettront une plus grande séquestration du CO₂ par les forêts, un gaz à effet de serre qui contribue au réchauffement climatique. Plan stratégique 2019-2023 du MFFP.

TwH et une médiane de 1,14 TwH, signifiant une distribution relativement symétrique avec un coefficient d'aplatissement de 7,25.

Fabrication de meubles et produits connexes (SCIAN 337) : La consommation varie de 0,01 à 0,05 TwH, avec une moyenne de 0,02 TwH et une médiane de 0,02 TwH. Ce secteur montre la plus forte asymétrie (2,49) et un coefficient d'aplatissement très élevé de 9,38, indiquant des extrêmes plus fréquents que dans une distribution normale.

Ces données témoignent que, bien que les médianes soient proches des moyennes dans tous les secteurs, indiquant une certaine symétrie des distributions, les fortes valeurs du coefficient d'aplatissement suggèrent une prévalence de valeurs extrêmes, particulièrement dans les secteurs de la foresterie et de la fabrication de meubles.

Les statistiques descriptives présentées révèlent plusieurs aspects cruciaux pour l'analyse de la consommation d'électricité dans les secteurs de l'industrie du bois. Les fortes valeurs de kurtosis, notamment dans les secteurs de la foresterie (6,25) et de la fabrication de meubles (9,38), indiquent la présence de valeurs extrêmes ou d'outliers fréquents. Cela suggère que ces secteurs peuvent connaître des variations significatives et soudaines de la consommation d'électricité, ce qui pourrait compliquer les prévisions à long terme.

De plus, les asymétries observées, particulièrement élevées dans le secteur de la fabrication de meubles (2,49), indiquent que la distribution des données n'est pas symétrique. Une asymétrie positive signifie que la consommation d'électricité a tendance à se concentrer vers des valeurs plus élevées, avec des pics occasionnels. Cela peut indiquer des périodes de forte activité industrielle ou des événements spécifiques influençant la consommation énergétique. Pour les analyses futures, il sera important d'identifier les facteurs sous-jacents à ces asymétries et d'examiner comment les politiques environnementales ou économiques peuvent moduler ces effets. L'intégration de variables explicatives supplémentaires dans le modèle pourrait permettre de mieux comprendre et anticiper les fluctuations asymétriques de la consommation d'électricité.

Une analyse corrélationnelle entre les variables a également été effectué. Il montre des liens étroits entre la foresterie, la fabrication de produits en bois et de meubles, tandis que le secteur de la fabrication de papier présente des dynamiques distinctes. Le tableau suivant (2.2) fournit une analyse des corrélations entre la consommation d'électricité de différents secteurs liés à l'industrie forestière. Les valeurs présentées sont

des coefficients de corrélation qui mesurent le degré de relation linéaire entre les secteurs. Ces coefficients varient entre -1 (corrélation négative parfaite) et +1 (corrélation positive parfaite), où 0 indique l'absence de corrélation.

	TwH 113	TwH 321	TwH 322	TwH 337
Foresterie (113)	1,00			
Fabrication de produits en bois (321)	0,94	1,00		
Fabrication de papier (322)	-0,09	-0,11	1,00	
Fabrication de meubles et prod. connexes (337)	0,91	0,90	0,01	1,00

Table 2.2 – Tableau de correlations de la consommation d'électricité entre les différents secteurs liés à l'industrie forestière

Foresterie (113) montre une forte corrélation positive avec la Fabrication de produits en bois (321) et la Fabrication de meubles et produits connexes (337), avec des coefficients de 0,94 et 0,91 respectivement. Cela suggère que les fluctuations dans la consommation d'électricité dans la foresterie sont étroitement liées à ces deux secteurs.

En revanche, la Fabrication de papier (322) présente des dynamiques distinctes, comme indiqué par les corrélations négatives très faibles avec les autres secteurs (-0,09 avec la Foresterie, -0,11 avec la Fabrication de produits en bois et 0,01 avec la Fabrication de meubles et autres produits connexes), ce qui implique une indépendance relative dans la consommation d'électricité par rapport aux autres secteurs de l'industrie du bois.

Cette analyse corrélationnelle révèle que, si la majorité des secteurs de l'industrie forestière sont interdépendants en termes de consommation d'électricité, le secteur de la fabrication de papier opère selon des dynamiques énergétiques qui lui sont propres. Les dynamiques uniques de la fabrication de papier dévoile la nécessité d'une modélisation spécifique pour capter correctement ses variations énergétiques. Nous créons alors des modèles VAR pour chaque sous-secteur du secteur forestier.

2.1.2 Données relatives à la valeur ajoutée brute

Dans cette section, nous abordons les données relatives à la valeur ajoutée brute (VAB) du secteur industriel, fournies par l'Institut de la statistique du Québec (ISQ). Les données sont issues d'une série chronologique détaillant le Produit Intérieur Brut (PIB), segmenté par industrie pour le Québec, et incluent des mesures mensuelles illustrant la contribution de chaque branche d'activité au PIB aux prix de base. La VAB par industrie représente la contribution de la main-d'œuvre et du capital de chaque secteur industriel producteur de biens et services. Les chiffres rapportés sont ajustés pour tenir compte des variations saisonnières et sont exprimés en valeurs annualisées, basées sur l'année de référence 2012.

Les classifications industrielles sont organisées selon le Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord (SCIAN 2012), ce qui assure une correspondance directe avec les données sur la consommation d'électricité déjà mentionnées. Le calcul du PIB mensuel s'aligne sur les méthodes employées au niveau national, notamment celles du tableau 36-10-0434-01 de Statistique Canada. Le processus d'estimation consiste principalement à convertir les mesures annuelles du PIB provincial, découpé par secteur industriel (comme indiqué dans le tableau 36-10-0402-01 de Statistique Canada), en mesures mensuelles en utilisant divers indicateurs de la valeur ajoutée tels que les données de production brute et d'emploi². Il est important de noter que les données spécifiques à l'industrie de la foresterie et de l'exploitation forestière, correspondant au code SCIAN 113, n'ont pas pu être isolées dans les statistiques du PIB industriel de l'ISQ. Néanmoins, nous avons sollicité Hydro-Québec pour obtenir des données désagrégées sur la consommation d'électricité pour ce secteur.

Pour illustrer, le tableau 2.3 présente les statistiques descriptives de la valeur ajoutée du secteur forestier, exprimée en millions de dollars enchaînés de 2012, couvrant une période de 278 mois, soit de janvier 1997 à février 2020. Ces données incluent la moyenne, la médiane, l'écart-type, les valeurs minimales et maximales, ainsi que les mesures d'asymétrie et de kurtosis pour chaque segment industriel analysé.

Secteur de la fabrication de produits en bois (SCIAN 321) : La moyenne de la valeur ajoutée brute pour ce secteur s'élève à 2 190 millions de dollars (année de référence 2012), avec une médiane de 2 204 millions

2. Institut de la statistique du Québec : Produit intérieur brut par industrie au Québec, mai 2019. Les données les plus récentes sont consultables sur le site Web de l'Institut de la statistique du Québec à l'adresse suivante : www.stat.gouv.qc.ca. Une mise à jour des données est faite une fois par moi, à la fin de chaque mois, et elles sont présentées un trimestre plus tard.

variable	N	moyenne	médiane	écart type	min	max	asymétrie	aplatissement
fabrication de produits en bois	278	2189,81	2203,50	253,62	1715	2760	0,19	2,04
fabrication de papier	278	3250,50	3441,50	568,64	2301	4428	0,08	1,55
fabrication de meubles et prod. connexes	278	1584,74	1553,50	292,02	1130	2268	0,49	2,06

Table 2.3 – Statistiques descriptives de la valeur ajoutée brute dans les secteurs liés au bois (en millions de dollars enchaînés de 2012)

de dollars, indiquant une distribution assez symétrique autour de la moyenne. L'écart-type est de 253,62 millions de dollars, montrant une variabilité modérée. La distribution, ayant une asymétrie de 0,19 et un coefficient d'aplatissement de 2,04, suggère que les données ne présentent pas une forte prévalence de valeurs extrêmes et sont légèrement penchées vers la droite.

Secteur de la fabrication de papier (SCIAN 322) : Ce secteur affiche une moyenne de 3 251 millions de dollars, avec une médiane de 3 442 millions de dollars, ce qui implique une distribution légèrement asymétrique puisque la médiane est supérieure à la moyenne. Avec un écart-type de 568,64 millions de dollars, ce secteur montre une plus grande variabilité des valeurs. L'asymétrie est très faible à 0,08 et le coefficient d'aplatissement est à 1,55, indiquant une distribution relativement plate avec peu de valeurs extrêmes.

Secteur de la fabrication de meubles et produits connexes (SCIAN 337) : La moyenne pour ce secteur est la plus basse des trois, à 1 585 millions de dollars, avec une médiane de 1 554 millions de dollars. Cela indique également une distribution symétrique. L'écart-type est de 292,02 millions de dollars, avec une légère asymétrie vers la droite (0,49) et un coefficient d'aplatissement de 2,06, suggérant que la distribution est moins concentrée autour de la moyenne par rapport à une distribution normale.

Les statistiques descriptives des données relatives à la valeur ajoutée brute (VAB) fournissent des indications précieuses sur la distribution des valeurs dans chaque secteur de l'industrie forestière. Les faibles valeurs du coefficient d'aplatissement (inférieures à 3) dans tous les secteurs suggèrent une prévalence réduite de valeurs extrêmes par rapport à une distribution normale, ce qui indique une certaine stabilité dans la VAB au fil du temps. Cependant, les secteurs de la fabrication de produits en bois et de la fabrication de meubles et produits connexes présentent une légère asymétrie positive, signalant que ces secteurs peuvent connaître des périodes de croissance plus marquées que des périodes de déclin. Cela peut être dû à des facteurs économiques spécifiques, comme des augmentations saisonnières de la demande.

Par ailleurs, le tableau 2.4 illustre les corrélations entre la valeur ajoutée brute (VAB) des différents secteurs liés à l'industrie forestière, donnant un aperçu des interdépendances économiques entre ces secteurs. Comprendre ces corrélations est important afin d'anticiper les changements dans les conditions du marché et ajuster les stratégies de production et d'investissement. Par exemple, une augmentation de l'investissement dans la technologie de fabrication de bois pourrait bénéficier au secteur de la fabrication de meubles, renforçant ainsi l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie forestière. Le résultat de cette analyse corrélationnelle peut être interprété de la manière suivante :

	SC 321	SC 322	SC 337
Fabrication de produits en bois (321)	1,00		
Fabrication de papier (322)	0,43	1,00	
Fabrication de meubles et prod. connexes (337)	0,75	0,66	1,00

Table 2.4 – Tableau de corrélations de la valeur ajoutée brute entre les différents secteurs liés à l'industrie forestière

Fabrication de produits en bois (SC 321) et Fabrication de papier (SC 322) : Le coefficient de 0,43 indique une corrélation modérée. Cela suggère que, bien que ces deux secteurs soient liés, les variations de la valeur ajoutée dans la production de bois ne sont pas fortement prédites par les variations dans la production de papier. Ce lien modéré peut être attribué aux différences dans les processus de production et les dépendances de marché.

Fabrication de produits en bois (SC 321) et Fabrication de meubles et produits connexes (SC 337) : Avec un coefficient de 0,75, cette forte corrélation montre que les fluctuations dans la valeur ajoutée de la fabrication de bois sont assez bien reflétées dans la fabrication de meubles. Cela peut être dû à l'utilisation de matières premières similaires et à des chaînes d'approvisionnement intégrées, où la performance d'un secteur impacte directement l'autre.

Fabrication de papier (SC 322) et Fabrication de meubles et produits connexes (SC 337) : Le coefficient de 0,66 indique une relation positive assez forte, suggérant que malgré leurs processus de production distincts, ces secteurs partagent peut-être des déterminants économiques communs comme les politiques environnementales ou les fluctuations des coûts des matières premières.

Ces corrélations révèlent l'interconnectivité des secteurs de l'industrie forestière et mettent en évidence comment des facteurs extérieurs comme les changements dans les politiques environnementales ou les conditions économiques globales peuvent affecter de manière diverse ces secteurs. Une forte corrélation positive entre la fabrication de produits en bois et la fabrication de meubles (0,75) peut suggérer, par exemple, que les stratégies d'amélioration de la production dans un secteur peuvent avoir des retombées bénéfiques sur l'autre. Cela souligne l'importance d'adopter une approche intégrée dans la planification industrielle et la formulation des politiques. En comprenant ces interdépendances, les décideurs peuvent mieux anticiper les impacts des fluctuations économiques et des politiques environnementales, et ainsi élaborer des stratégies de développement plus résilientes et durables pour l'industrie forestière québécoise.

2.1.3 Données relatives à la commercialisation du bois

Cette sous-section du chapitre sur le cadre méthodologique aborde les données relatives à la commercialisation du bois, essentielles pour comprendre les dynamiques du marché forestier. Les informations proviennent principalement de deux sources distinctes : les données d'exportation du bois d'œuvre du Québec vers les États-Unis, fournies par le terminal Bloomberg, et les données sur la récolte de bois au Québec, disponibles via le Bureau de mise en marché du bois (BMMB). Ces sources permettent d'analyser de manière détaillée et actuelle les tendances de marché et de suivre l'évolution des activités forestières dans la région. Contrairement aux données sur la consommation d'électricité et sur la valeur ajoutée du secteur forestier, ces données ne sont pas segmentées par sous-secteurs en fonction de la codification SCIAN.

La table 2.5 présente des statistiques descriptives cruciales pour l'évaluation de ces activités commerciales. Elle inclut les données sur le prix moyen du bois ($prixb$), le volume exporté ($volexpbois$) et le volume récolté ($vrecolte$). Chaque variable est décomposée en termes de nombre d'observations (N), moyenne ($mean$), médiane ($p50$), écart-type (sd), valeur minimale (min), valeur maximale (max), asymétrie et aplatissement. Ces mesures fournissent une vue d'ensemble quantitative et permettent une compréhension approfondie de la distribution et de la variabilité des valeurs associées à chaque aspect de la commercialisation du bois.

Les séries chronologiques fournies par Bloomberg présentent des données périodiques détaillant le volume et la valeur des exportations de bois, mesurées mensuellement de janvier 1990 à décembre 2019. Parallèlement, les données sur le volume de bois récolté sont disponibles d'août 1998 à février 2020, offrant un aperçu complet de l'activité sur cette période.

variable	N	moyenne	médiane	écart type	min	max	asymétrie	aplatissement
prixb	360	96,36	94,50	49,54	16,82	215,95	0,36	2,27
volexpbois	360	532975,80	531497,50	199585	165287	981993	0,11	2,01
vrecolte	257	2034417	2020613	1013067	-139937,10	5383663	0,17	3,10

Table 2.5 – Statistiques descriptives des variables relatives à la commercialisation de bois (en millions de dollars et en m³)

On observe également un aspect saisonnier marqué dans la récolte de bois, reflété par les données brutes et des fluctuations significatives à long terme dans les séries chronologiques. Les données fournies par le Bureau de mise en marché du bois (BMMB) ne sont pas présentées avec une fréquence mensuelle régulière, mais plutôt selon des périodes de facturation variées. En effet, les dates de facturation du bois peuvent être bimensuelles ou mensuelles et ne coïncident pas nécessairement avec le début ou la fin du mois. Cependant, ces données sont systématiquement organisées de manière chronologique. Cette configuration nous a permis de générer des ensembles de données mensuelles en supposant une constance du taux de récolte quotidien tout au long de chaque période de facturation donnée.

Les statistiques descriptives des trois variables relatives à la commercialisation du bois — prixb, volexpbois et vrecolte — illustrent des caractéristiques distinctes qui reflètent la dynamique du marché du bois :

Prix du bois exporté (Prixb) : Cette variable montre une distribution modérément étalée avec un écart-type relativement élevé par rapport à la moyenne, indiquant une variabilité significative des prix du bois. La médiane proche de la moyenne suggère une distribution légèrement asymétrique, et les valeurs de skewness et kurtosis confirment cette légère asymétrie et un aplatissement modéré. La variation des prix de 16,82 à 215,95 dollars par mètre cube témoigne de fluctuations potentiellement influencées par des facteurs externes comme les politiques commerciales ou les conditions de marché.

Volume de bois exporté (Volexpbois) : Cette variable présente une variabilité moins prononcée que le prix du bois, comme l'indique son écart-type. La distribution est relativement plus stable, ce qui peut refléter une demande plus ou moins constante ou des contrôles réglementaires effectifs sur les exportations. La faible asymétrie et l'aplatissement proche de deux suggèrent une distribution qui tend vers la normalité mais reste légèrement pointue, indiquant quelques valeurs extrêmes.

Volume récolté de bois (Vrecolte) : La distribution de cette variable est la plus étendue et la plus variée, comme le montre son écart-type très élevé. Les valeurs négatives pourraient indiquer des erreurs de saisie ou des ajustements dans les données. Une médiane moins élevée que la moyenne et un aplatissement élevé indiquent une distribution avec des pics prononcés et des valeurs extrêmes significatives, reflétant peut-être des variations saisonnières ou des réponses aux incitations économiques.

Ces statistiques fournissent une fenêtre sur les multiples forces qui modèlent le marché du bois, depuis les influences économiques jusqu'aux régulations gouvernementales et aux conditions naturelles qui affectent la récolte.

En conclusion, les statistiques descriptives des différentes variables étudiées révèlent des dynamiques essentielles du secteur forestier au Québec. La consommation d'électricité, la valeur ajoutée brute et la commercialisation du bois montrent des distributions variées avec des asymétries et des kurtosis significatifs, indiquant des comportements spécifiques de chaque secteur. Les corrélations observées entre les différents secteurs soulignent l'interdépendance des activités industrielles et l'importance de prendre en compte les politiques environnementales et commerciales, ainsi que les variations économiques et climatiques, pour comprendre et prévoir la demande d'électricité.

2.2 Préparation et intégration des données pour le modèle VAR

Dans cette section, nous nous concentrerons sur la préparation et l'intégration des données nécessaires à notre modèle de vecteurs autorégressifs (VAR). Une analyse préliminaire des données sera effectuée pour identifier les tendances générales, les anomalies et la saisonnalité. Cette étape critique implique la détection et la correction des valeurs manquantes, la standardisation des séries chronologiques, ainsi que l'alignement des périodes d'observation pour garantir la cohérence et la précision des prévisions. Nous présenterons des graphiques des séries temporelles allant de janvier 2010 à décembre 2019 pour illustrer ces caractéristiques avant de procéder à des analyses plus complexes. Cette préparation rigoureuse des données est essentielle pour obtenir des résultats fiables dans notre étude économétrique.

L'analyse préliminaire des séries chronologiques des différentes variables utilisées dans notre modèle révèle plusieurs caractéristiques importantes qui influenceront les étapes suivantes de notre étude économétrique. Les séries des demandes d'électricité (kwh113, kwh321, kwh322, kwh337) présentent toutes une saisonnalité marquée, avec des variations régulières et prévisibles chaque année, ce qui est particulière-

ment évident dans les secteurs de la foresterie et de la fabrication de meubles. Cette saisonnalité peut être attribuée à des cycles de production et de récolte inhérents à ces industries. Ainsi, la désaisonnalisation est nécessaire pour isoler les tendances de long terme et faciliter l'analyse.

La consommation d'électricité dans la fabrication de papier (kwh322) montre une tendance à la baisse, ce qui peut indiquer des transformations structurelles dans ce secteur, telles que des améliorations en efficacité énergétique ou des changements dans la demande du marché. Nous appliquerons le test Dickey-Fuller augmenté (ADF) pour vérifier la stationnarité de ces séries et nous assurer si des transformations supplémentaires sont nécessaires pour les intégrer dans notre modèle vectoriel auroregressif.

Les données relatives à la valeur ajoutée brute (VAB) des secteurs des produits en bois et des meubles montrent des tendances à la hausse, indiquant une croissance économique dans ces secteurs. En revanche, la VAB de la fabrication de papier décline, reflétant peut-être les mêmes défis identifiés dans la consommation d'électricité. Pour ces séries, nous procéderons également à des tests de stationnarité et déterminerons le nombre optimal de retards à utiliser dans notre modèle VAR pour capturer efficacement les dynamiques intersectorielles. Ces variables ont été ajustées pour éliminer les effets saisonniers par l'Institut de la statistique du Québec (ISQ).

Les séries sur les prix et volumes du bois exporté (prixb, volexpbois) illustrent une augmentation générale des exportations, suggérant une demande croissante pour le bois québécois sur les marchés internationaux. Les fluctuations observées nécessitent une analyse plus approfondie pour déterminer les effets des politiques commerciales et des conditions du marché global.

Le graphique du prix du bois (prixb) montre une tendance générale à la hausse sur la période étudiée, avec des fluctuations saisonnières notables. Cette augmentation pourrait être attribuée à divers facteurs, tels que la demande accrue sur le marché international, les coûts de production, ou encore les politiques commerciales influençant les tarifs et les quotas d'exportation. En parallèle, le graphique du volexpbois présente également une tendance croissante, bien que cette augmentation semble être plus modérée et ponctuée par des variations plus irrégulières.

Le graphique de la variable vrecolte (volume de bois récolté) illustre des fluctuations notables tout au long de la période étudiée, de janvier 2010 à décembre 2019. On observe une tendance générale à la stabilité, bien que des variations saisonnières soient visibles. Les pics de récolte semblent coïncider avec des périodes

spécifiques de l'année, probablement liées aux saisons propices pour l'exploitation forestière, ce qui est typique dans le secteur où les conditions climatiques influencent fortement les activités de récolte. Vers le milieu de la période, on remarque quelques variations abruptes, suggérant des réponses à des facteurs exogènes tels que les changements dans les politiques forestières ou les conditions du marché international. L'augmentation significative du volume de récolte en certaines années pourrait être associée à une hausse de la demande mondiale pour le bois ou à des initiatives provinciales visant à accroître la production. Cependant, ces périodes de forte activité sont souvent suivies de baisses, ce qui peut indiquer un ajustement à une surexploitation ou une gestion prudente des ressources forestières. Ces observations nous incitent à examiner plus en détail les politiques environnementales et commerciales en vigueur pour comprendre leurs impacts sur la dynamique de récolte, en utilisant des outils économétriques pour modéliser ces influences.

Les résultats de cette analyse préliminaire guideront la mise en œuvre de notre modèle VAR, nous permettant d'anticiper et de modéliser les interactions complexes entre la demande énergétique et les dynamiques économiques au sein du secteur forestier québécois.

2.3 Modélisation multivariée de la consommation d'électricité

Dans cette section, nous abordons la modélisation multivariée de la consommation d'électricité du secteur forestier québécois en utilisant un modèle de vecteurs autorégressifs (VAR). Le modèle VAR est choisi pour sa capacité à capturer les interdépendances dynamiques entre plusieurs variables économiques et énergétiques, en prenant en compte les effets de rétroaction et les chocs exogènes qui peuvent influencer le secteur.

L'objectif principal de cette analyse est de comprendre comment divers facteurs économiques, tels que la valeur ajoutée brute, le volume de bois exporté et la récolte de bois, interagissent entre eux sur une base mensuelle. Nous concentrerons notre attention sur la consommation d'électricité dans les différents sous-secteurs de l'industrie forestière, en développant quatre modèles VAR distincts : l'un pour la foresterie (KwH113), un autre pour la production de bois (KwH321), un troisième pour la production de papier (KwH322), et un dernier pour la fabrication de meubles et produits connexes (KwH337).

Ainsi, cette démarche vise à mieux comprendre les interactions complexes entre les facteurs économiques et la demande d'électricité au sein du secteur forestier québécois. En particulier, cette modélisation permet

d'analyser dans quelle mesure les politiques de séquestration du carbone, qui encouragent une augmentation de la récolte de bois pour des raisons environnementales, pourraient influencer les besoins énergétiques de l'industrie forestière. L'approche multivariée du modèle VAR permet non seulement d'évaluer l'impact spécifique de chaque variable, mais aussi d'explorer les effets conjoints et les rétroactions potentielles entre elles. Cette analyse devrait contribuer à une meilleure compréhension des dynamiques énergétiques et économiques du secteur, et fournir des pistes de réflexion pertinentes pour orienter les décisions stratégiques des acteurs publics et privés.

2.3.1 Spécification du modèle VAR

Le modèle vectoriel autorégressif (VAR) est un outil statistique avancé utilisé pour l'analyse des séries temporelles multivariées. Ce modèle est crucial pour comprendre comment plusieurs variables économiques interagissent sur le temps. Chaque variable dans un système VAR est exprimée en fonction de ses valeurs antérieures ainsi que des valeurs antérieures des autres variables du système, ce qui permet de capturer les dynamiques complexes entre ces variables.

L'une des forces du modèle VAR réside dans sa capacité à modéliser les interactions entre variables de manière à refléter les influences réciproques et mutuelles. Cette caractéristique est particulièrement utile pour analyser les réponses des variables à des chocs économiques ou politiques et observer comment ces réponses se propagent à travers le système économique. Par exemple, les fonctions de réponse à l'impulsion, un outil analytique dérivé des modèles VAR, permettent de visualiser et d'analyser l'effet d'un choc sur l'ensemble des variables du modèle au fil du temps.

L'utilisation de ce modèle est répandue dans les analyses économiques car elle permet non seulement de prévoir le comportement futur des variables, mais aussi de tester des théories économiques spécifiques sur les interactions entre variables. En intégrant des données historiques, le modèle VAR aide à prédire comment les variables pourraient répondre à des conditions similaires à l'avenir, offrant ainsi une base solide pour la prise de décisions économiques et politiques informées.

Nous utilisons le modèle de Vecteurs Autorégressifs (VAR) qui est formalisé, dans sa forme réduite, par l'équation suivante :

$$Y_t = A + BY_{t-L} + u_t \quad (2.1)$$

où Y_t est un vecteur de variables, en log, qui capture les dynamiques économiques spécifiques à chaque industrie, comprenant la consommation d'électricité, la valeur ajoutée brute (VAB), le volume de bois récolté, le prix du bois exporté, et le volume de bois exporté. A est un vecteur de constantes qui capte les tendances fixes ou les effets qui ne sont pas expliqués par les variables du modèle. Il sert de point de référence pour évaluer les déviations causées par les variables. B est une matrice polynomiale d'opérateurs de retard L , qui détermine comment les valeurs passées des variables influencent leur évolution actuelle et future. Ces retards permettent de modéliser les délais dans l'impact des changements de variables sur le système. u_t est un vecteur de termes d'erreur, considérés comme du bruit blanc, indépendant et identiquement distribué (i.i.d.), avec une moyenne nulle et une variance constante, capturant ainsi les variations imprévues non expliquées par le modèle.

Dans sa formulation structurelle, le modèle VAR peut être exprimé de la manière suivante :

$$A_0 Y_t = \alpha + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.2)$$

où A_0 est une matrice carrée non singulière qui capture les relations contemporaines entre les variables du système. Contrairement à la forme réduite, cette spécification structurelle distingue explicitement les effets immédiats (simultanés) des variables entre elles, permettant d'identifier les mécanismes causaux sous-jacents. Le vecteur α représente les constantes structurelles, tandis que A_i ($i = 1, \dots, p$) sont les matrices de coefficients qui décrivent l'influence des retards successifs des variables sur leur dynamique présente. Enfin, ε_t est un vecteur de chocs structurels, supposés mutuellement indépendants, de moyenne nulle et de variance constante.

Pour chaque sous-secteur, nous développons un modèle VAR distinct, en utilisant les séries chronologiques spécifiques à chacun (consommation d'électricité et VAB), afin d'analyser les interactions particulières entre les variables économiques et énergétiques. Cette approche permet de capturer les dynamiques propres à chaque industrie et de prévoir comment elles réagissent à divers chocs économiques ou politiques. En mettant en place ces modèles, nous espérons fournir des perspectives utiles qui peuvent éclairer les décisions stratégiques dans le secteur forestier.

Dans l'optique de garantir la précision et la pertinence des modèles VAR, plusieurs étapes pratiques sont

nécessaires. Tout d'abord, la sélection du nombre optimal de retards est cruciale et peut être déterminée à l'aide de critères d'information tels que le Critère d'Information d'Akaike (AIC) ou le Critère d'Information Bayésien (BIC). Ces critères aident à équilibrer la complexité du modèle et son pouvoir explicatif. Ensuite, des tests de diagnostic sont essentiels pour vérifier l'adéquation du modèle. Le Test Dickey-Fuller augmenté (ADF) est utilisé pour s'assurer de la stationnarité des séries temporelles, une condition préalable à l'application des modèles VAR. Enfin, le Test Kruskal-Wallis peut être employé pour évaluer la présence de différences significatives entre les distributions des données. Cela aide à déterminer si les variables d'intérêt montrent une saisonnalité nécessitant un filtrage par des méthodes comme le X13-ARIMA-SEATS. Ces étapes assurent que le modèle VAR est robuste et fiable pour l'analyse des interactions complexes dans le secteur forestier.

Afin de compléter cette approche structurelle et de vérifier la robustesse des résultats obtenus, nous recourons également à une méthode alternative d'estimation dynamique, les projections locales, qui permettent d'analyser les réponses des variables à des chocs économiques sans imposer de structure paramétrique globale au système.

2.3.2 Estimateur des projections locales

L'estimateur des projections locales, proposé par (Jordà, 2005), constitue une méthode flexible et robuste pour analyser la dynamique de réponses des variables économiques à des chocs exogènes. Contrairement à la méthodologie traditionnelle des fonctions de réponse impulsionnelle dérivées des modèles VAR, qui repose sur l'itération d'un système dynamique pour obtenir les réponses à chaque horizon, les projections locales permettent d'estimer directement l'effet d'un choc à différents horizons temporels, à l'aide d'un ensemble de régressions indépendantes.

Plus précisément, cette approche repose sur une spécification dans laquelle chaque horizon temporel h est associé à une régression distincte, de la forme générale suivante :

$$Y_{t+h} = \alpha_h + \beta_h s_t + \delta_h X_{t-1} + u_{t+h} \quad (2.3)$$

où Y_{t+h} représente la valeur future de la variable d'intérêt à l'horizon h , s_t correspond à un choc exogène identifié au temps t (par exemple un choc sur la récolte de bois ou sur le prix du bois exporté), X_{t-1} est

un vecteur de variables de contrôle incluant les valeurs retardées des variables du système, et u_{t+h} est un terme d'erreur. Le paramètre β_h mesure l'effet du choc à l'horizon h , constituant ainsi une estimation directe de la réponse impulsionnelle à cet horizon.

L'un des principaux avantages de cette méthode est sa souplesse : elle ne repose pas sur une structure réursive ni sur l'inversion de matrices associées à la dynamique du système complet. Cette indépendance structurelle permet de s'affranchir des erreurs de spécification potentielles dans le modèle VAR, tout en offrant une robustesse accrue dans les échantillons de taille modérée ou lorsque les dynamiques sous-jacentes sont susceptibles d'évoluer dans le temps.

En outre, les projections locales facilitent l'intégration d'incertitudes hétéroscédastiques et la modélisation d'intervalles de confiance robustes pour chaque horizon. Cela est particulièrement utile dans le contexte de notre étude, où les réponses à des chocs économiques ou environnementaux peuvent varier significativement entre sous-secteurs du secteur forestier québécois. Cette méthode permet ainsi une analyse fine et détaillée des trajectoires de réponse, adaptée à la complexité des interactions entre la consommation d'électricité, la production, la récolte de bois et les conditions de marché.

En complément du modèle VAR, les projections locales sont mobilisées dans notre analyse pour estimer les fonctions de réponse à l'impulsion sans faire d'hypothèse forte sur la structure dynamique du système. Cette double approche permet de valider la robustesse des résultats et d'offrir une meilleure compréhension des mécanismes de transmission sectoriels à l'œuvre dans l'économie forestière québécoise.

2.3.3 Limites du modèle vectoriel autorégressif (VAR)

Bien que le modèle vectoriel autorégressif (VAR) soit un outil puissant pour analyser les dynamiques temporelles multivariées, il présente certaines limites qui doivent être prises en compte lors de son utilisation. Tout d'abord, le modèle VAR requiert une grande quantité de données, ce qui peut être un défi lorsque les séries temporelles disponibles sont courtes ou lorsque les données sont manquantes. La fiabilité des résultats du modèle dépend fortement de la qualité et de la quantité des données utilisées.

De plus, la sélection du nombre de retards dans le modèle est cruciale, mais peut être complexe. Un nombre trop faible de retards peut omettre des dynamiques importantes, tandis qu'un nombre trop élevé peut entraîner une sur-spécification du modèle, rendant les estimations moins précises et augmentant la variance

des prédictions. Cette complexité est exacerbée par le fait que les critères de sélection des retards, tels que le Critère d'Information d'Akaike (AIC) ou le Critère d'Information Bayésien (BIC), peuvent parfois donner des résultats contradictoires.

Une autre limite importante du modèle VAR est son incapacité à traiter directement les non-linéarités dans les données. Le modèle repose sur l'hypothèse que les relations entre les variables sont linéaires, ce qui peut ne pas être le cas dans des contextes économiques ou énergétiques complexes.

Enfin, les modèles VAR peuvent être sensibles à la présence de variables non stationnaires, ce qui peut biaiser les résultats et mener à des inférences incorrectes. Bien que des tests de stationnarité, comme le Test Dickey-Fuller augmenté (ADF), soient souvent utilisés pour atténuer ce problème, ils ne garantissent pas que toutes les dynamiques non stationnaires soient correctement prises en compte.

En résumé, bien que le modèle VAR soit un outil utile pour l'analyse des séries temporelles multivariées, il est essentiel de prendre en compte ces limites lors de son application et de s'assurer que des précautions appropriées sont prises pour garantir la validité des résultats obtenus.

2.3.4 Test Kruskal-Wallis et désaisonnalisation

Le test de Kruskal-Wallis est une méthode statistique non paramétrique utilisée pour déterminer si deux ou plusieurs groupes de données indépendants proviennent de la même distribution. Il est particulièrement utile lorsque les hypothèses de normalité des données ne peuvent être satisfaites, ce qui est souvent le cas avec les séries temporelles économiques où les distributions peuvent être asymétriques ou présenter des valeurs extrêmes.

Le test repose sur le classement des données dans chaque groupe, puis sur l'analyse des rangs pour vérifier les différences significatives entre les groupes. La statistique de test de Kruskal-Wallis, notée H , est calculée comme suit :

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k n_i (\bar{R}_i - \bar{R})^2$$

où :

- N est le nombre total d'observations dans toutes les séries.
- n_i est le nombre d'observations dans le groupe i .
- $\bar{R}_i$ est la moyenne des rangs pour le groupe i .
- $\bar{R}$ est la moyenne des rangs pour l'ensemble des données.
- k est le nombre de groupes comparés.

Cette statistique suit approximativement une distribution du chi-carré (χ^2) avec $k - 1$ degrés de liberté, permettant de déterminer si les différences observées entre les groupes sont statistiquement significatives.

Dans le contexte de notre modèle VAR appliqué à l'industrie forestière, le test de Kruskal-Wallis nous permet d'évaluer la présence de différences significatives dans la saisonnalité des données, comme les fluctuations saisonnières dans la consommation d'électricité ou dans les autres variables.

Hypothèse nulle et alternative :

- Hypothèse nulle (H_0) : Les échantillons proviennent de populations identiques (Il n'y a pas de différence significative entre les groupes).
- Hypothèse alternative (H_1) : Au moins un échantillon provient d'une population différente.

Les données sont d'abord classées par rangs, puis les rangs sont utilisés pour calculer la statistique H . Le calcul des rangs implique d'ordonner les observations de toutes les séries combinées et de leur attribuer un rang. Ensuite, la moyenne des rangs pour chaque groupe (mois) est calculée. Si les moyennes des rangs diffèrent de manière significative entre les groupes, cela indique une différence statistiquement significative.

Une valeur de H élevée, associée à une p -valeur faible (généralement $p \leq 0,05$), permet de rejeter H_0 et de conclure que des différences significatives existent entre les échantillons. En cas de rejet de l'hypothèse nulle, cela signifierait que les groupes comparés présentent des distributions différentes, nécessitant une analyse plus approfondie pour comprendre les facteurs sous-jacents. Dans le contexte de notre modèle VAR, cela pourrait suggérer des variations saisonnières significatives dans nos variables d'intérêt, justifiant ainsi la désaisonnalisation des séries temporelles.

Cette désaisonnalisation des données, souvent réalisée à l'aide de méthodes telles que X13-ARIMA-SEATS, est cruciale pour garantir que les modèles VAR capturent les véritables relations dynamiques entre les variables, plutôt que des variations saisonnières prévisibles. Cette étape est essentielle pour améliorer la précision des prévisions et permettre une analyse plus précise des interactions économiques complexes au

sein du secteur forestier québécois.

Nom de variable	Test Kruskal-Wallis Chi_2 ajusté	Valeur-P
lkwh113	100,54	0,01
lkwh321	77,19	0,01
lkwh322	14,18	0,22
lkwh337	100,99	0,01
lsc321	0,58	1
lsc322	1,25	1
lsc337	1,62	1
lprixb	5,70	0,89
lvrecolte	90,31	0,01
lvolexpbois	10,18	0,51

Table 2.6 – Résultats du test Kruskal-Wallis

Le tableau des résultats du test de Kruskal-Wallis (2.6) montre que certaines variables, telles que la consommation d'électricité dans les secteurs de la foresterie, de la fabrication de produits en bois et de la fabrication de meubles et produits connexes, ainsi que le volume de recolte de bois (**lkwh113**, **lkwh321**, **lkwh337**, et **lvrecolte**), présentent des différences significatives entre les groupes, comme en témoignent leurs valeurs χ^2 ajustées élevées et leurs valeurs-p très faibles ($p = 0,0001$). Ces résultats suggèrent que ces variables sont fortement influencées par des facteurs saisonniers ou d'autres variations systématiques, ce qui pourrait justifier une désaisonnalisation pour améliorer la précision des prévisions dans le modèle VAR.

À contrario, d'autres variables, telles que la consommation d'électricité dans la fabrication de papier, le prix du bois et le volume d'exportation de bois (**lkwh322**, **lprixb**, et **lvolexpbois**), n'affichent pas de différences significatives entre les groupes, ce qui indique leur relative stabilité au fil du temps. Cela suggère qu'elles ne nécessitent pas forcément de désaisonnalisation ou de traitement supplémentaire avant leur intégration dans le modèle.

Les variables relatives à la valeur ajoutée brute (**lsc321**, **lsc322**, et **lsc337**) avaient déjà été désaisonnalisées par l'Institut de la Statistique du Québec. Leur stabilité apparente renforce l'idée que les ajustements saisonniers précédents étaient appropriés.

L'absence de significativité pour ces dernières variables peut également indiquer qu'elles ne sont pas affectées par des facteurs saisonniers, ou que leurs distributions entre les groupes comparés sont suffisamment homogènes pour ne pas nécessiter de distinctions particulières dans l'analyse.

En conclusion, nous avons décidé de désaisonnaliser toutes les variables, à l'exception de celles relatives à la Valeur ajoutée brute, car ces dernières semblent déjà avoir été traitées de manière adéquate et ne montrent pas de variabilité significative liée à la saisonnalité.

Nom de variable	Test Kruskal-Wallis Chi_2 ajusté	Valeur-P
lkwh113_s11	0,34	1
lkwh321_s11	0,90	1
lkwh322_s11	1,16	1
lkwh337_s11	0,67	1
lsc321_s11	0,58	1
lsc322_s11	1,25	1
lsc337_s11	1,62	1
lprixb_s11	1,48	1
lvrecolte_s11	10,64	0,47
lvolexpbois_s11	1,02	1

Table 2.7 – Résultats du test Kruskal-Wallis après désaisonnalisation

Le tableau d'interprétation des résultats après la désaisonnalisation des données avec X13-ARIMA-SEATS (voir 2.7) montre une nette réduction des valeurs du test Kruskal-Wallis Chi_2 ajusté pour toutes les variables par rapport aux résultats initiaux. Cela indique que l'effet saisonnier, qui était précédemment significatif pour certaines variables, a été correctement ajusté.

Les valeurs-p associées sont désormais très élevées, atteignant ou s'approchant de 1, ce qui suggère que, après désaisonnalisation, aucune des variables n'affiche de différences statistiquement significatives entre les groupes analysés. Cela confirme que les variations observées dans les séries initiales étaient principalement dues à des effets saisonniers, qui ont été éliminés par le processus de désaisonnalisation.

Plus spécifiquement, la variable relative à la récolte de bois (lvrecolte_s11) qui avait précédemment montré

une valeur-p très faible, indique désormais une valeur-p de 0,47, ce qui n'est pas statistiquement significatif. Cela suggère que les variations saisonnières représentaient une grande partie des fluctuations de cette variable, et qu'après ajustement, il n'existe plus de différence significative entre les groupes.

En résumé, ces résultats post-désaisonnalisation indiquent que les variables analysées ne présentent plus de différences significatives entre les groupes, ce qui implique que les séries temporelles peuvent désormais être utilisées de manière plus fiable dans le modèle VAR sans les biais introduits par les effets saisonniers.

2.3.5 Stationnarité et Test Dickey-Fuller Augmenté (ADF)

La stationnarité est une propriété fondamentale des séries temporelles où les statistiques telles que la moyenne, la variance et l'autocorrélation restent constantes au fil du temps. En d'autres termes, une série temporelle stationnaire ne présente pas de tendances ou de variations saisonnières systématiques. La stationnarité est cruciale pour l'analyse économétrique, car elle garantit que les relations entre les variables ne changent pas au cours du temps, facilitant ainsi l'interprétation des modèles.

Le Test Dickey-Fuller Augmenté (ADF) est une méthode statistique utilisée pour vérifier la stationnarité d'une série temporelle. Le test ADF est une extension du test Dickey-Fuller (DF) qui prend en compte la possibilité d'autocorrélations dans les erreurs en ajoutant des termes de retard de la variable dépendante.

L'équation du test ADF est la suivante :

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t$$

où :

- Δy_t est la première différence de la série y_t (i.e., $y_t - y_{t-1}$),
- α est une constante,
- βt représente une tendance temporelle,
- γ est le coefficient de la variable y_{t-1} ,
- p est le nombre de termes de retard,
- δ_i sont les coefficients des termes de retard des premières différences Δy_{t-i} ,

— ϵ_t est le terme d'erreur.

Le test ADF examine l'hypothèse nulle $H_0 : \gamma = 0$ (la série a une racine unitaire, donc elle n'est pas stationnaire) contre l'hypothèse alternative $H_1 : \gamma < 0$ (la série est stationnaire).

Les modèles de vecteurs autorégressifs (VAR) supposent que les séries temporelles utilisées sont stationnaires. Cette condition est essentielle car les modèles VAR reposent sur l'hypothèse que les relations entre les variables restent constantes au fil du temps. Si les séries temporelles ne sont pas stationnaires, les estimations des paramètres du modèle VAR peuvent être biaisées et inefficaces, conduisant à des prévisions inexactes.

Dans le contexte de notre modèle VAR appliqué à l'industrie forestière québécoise, il est impératif de s'assurer que toutes les séries temporelles sont stationnaires. Pour ce faire, nous appliquerons le test Dickey-Fuller Augmenté (ADF) à chaque série temporelle. Si une série n'est pas stationnaire, nous procéderons à des transformations appropriées, telles que la différenciation, pour atteindre la stationnarité.

L'application du test ADF garantit que notre modèle VAR capture précisément les dynamiques économiques sous-jacentes sans être affecté par des tendances ou des fluctuations saisonnières. En s'assurant que les données sont stationnaires, nous pouvons améliorer la fiabilité de nos prévisions et fournir des analyses robustes pour la prise de décision dans le secteur forestier.

Nom variable	En niveau avec constante	En niveau (constante et tend.)	1ère diff. (Avec constante)
Lkwh113_s11	-2,29 (0,18)	-4,88 (0,00***)	-11,43 (0,00***)
Lkwh321_s11	-1,33 (0,61)	-3,45 (0,03**)	-11,66 (0,00***)
Lkwh322_s11	-1,41 (0,57)	-3,65 (0,03**)	-11,82 (0,00***)
Lkwh337_s11	-1,71 (0,42)	-1,98 (0,61)	-9,23 (0,00***)

Table 2.8 – Résultats des tests ADF pour la consommation d'électricité (statistique-T et valeur-P)

Les résultats du test Dickey-Fuller Augmenté (voir les tables 2.8, 2.9 et 2.10) appliqués aux séries temporelles en niveaux montrent que la plupart des variables ne sont pas stationnaires, à l'exception de certaines lorsque la tendance et la constante sont prises en compte. En effet, les valeurs-p obtenues pour les tests en niveau avec constante sont généralement supérieures au seuil de 5 %, indiquant l'acceptation de l'hypothèse nulle de non-stationnarité. Par exemple, pour la variable *Lkwh113_s11*, la valeur-p est de 0,1764 en

Nom variable	En niveau avec constante	En niveau (constante et tend.)	1ère diff. (Avec constante)
Lsc321_s11	-1,18 (0,68)	-2,34 (0,41)	-12,09 (0,00***)
Lsc322_s11	-1,77 (0,39)	-2,06 (0,56)	-11,69 (0,00***)
Lsc337_s11	-1,45 (0,55)	-3,28 (0,08*)	-9,05 (0,00***)

Table 2.9 – Résultats des tests ADF pour la valeur ajoutée brute (statistique-T et valeur-P)

Nom variable	En niveau avec constante	En niveau (constante et tend.)	1ère diff. (Avec constante)
Lvolexpbois_s11	-1,78 (0,39)	-1,80 (0,70)	-7,15 (0,00***)
Lprixb_s11	-2,11 (0,24)	-2,69 (0,24)	-11,78 (0,00***)
Lvrecolte_s11	-8,18 (0,00***)	-8,23 (0,00***)	-9,89 (0,00***)

Table 2.10 – Résultats des tests ADF pour la commercialisation du bois (statistique-T et valeur-P)

niveau avec constante, confirmant la non-stationnarité de la série dans cette configuration.

Cependant, après avoir appliqué les premières différences des logarithmes, toutes les séries temporelles deviennent stationnaires, comme l'indiquent les valeurs-p très faibles ($p < 0,01$) dans cette configuration. Cela justifie l'utilisation de la transformation en première différence des logarithmes pour éliminer la non-stationnarité des données. Cette méthode permet non seulement de stabiliser la variance, mais aussi de convertir les tendances exponentielles en séries stationnaires, ce qui est crucial pour l'application d'un modèle VAR.

L'utilisation d'un modèle VAR en Log-Différence est justifiée pour plusieurs raisons. Premièrement, les séries doivent être stationnaires pour obtenir des estimations fiables et éviter les problèmes de fausses corrélations. Deuxièmement, le logarithme des données permet de capturer les variations relatives, ce qui est particulièrement pertinent dans les contextes où les variables économiques peuvent avoir des croissances exponentielles ou des fluctuations proportionnelles importantes. Enfin, cette approche permet d'interpréter les coefficients du modèle en termes d'élasticités, offrant ainsi une perspective claire sur les impacts proportionnels des chocs économiques.

En résumé, l'analyse de la stationnarité des séries temporelles est une étape cruciale pour garantir la validité des modèles économétriques tels que le modèle VAR. Le Test Dickey-Fuller Augmenté (ADF) est un

outil essentiel pour évaluer la présence de racines unitaires et, par conséquent, pour déterminer si une série est stationnaire ou non. Les résultats montrent que la plupart des séries temporelles considérées dans cette étude ne sont pas stationnaires en niveau, mais qu'elles le deviennent après application de la première différence des logarithmes. Cette transformation permet de stabiliser la variance et de neutraliser les tendances, rendant ainsi les données appropriées pour une modélisation VAR fiable. En finalité, cette approche renforce la robustesse des prévisions et des analyses économiques, particulièrement dans des secteurs aussi dynamiques que l'industrie forestière québécoise.

2.3.6 Détermination du nombre optimal de retards

La détermination du nombre optimal de retards (*lags*) dans un modèle vectoriel autorégressif (VAR) est une étape cruciale pour garantir la précision et la robustesse des résultats. Un nombre de retards approprié permet de capturer correctement les dynamiques temporelles entre les variables tout en évitant la surparamétrisation du modèle, ce qui pourrait entraîner une perte de puissance statistique et des estimations inefficaces.

Pour sélectionner le nombre optimal de retards dans notre modèle VAR, nous utilisons le Critère d'Information d'Akaike (AIC), l'un des critères de sélection de modèles les plus couramment utilisés en économétrie. Le critère AIC est défini par la formule suivante :

$$AIC = -2\ln(\hat{L}) + 2k$$

où :

- $\ln(\hat{L})$ représente le logarithme de la vraisemblance maximale du modèle;
- k est le nombre total de paramètres estimés dans le modèle, incluant les retards et les constantes.

L'objectif est de minimiser la valeur de l'AIC, car une valeur plus faible de ce critère indique un meilleur équilibre entre l'ajustement du modèle aux données et la complexité du modèle. En d'autres termes, l'AIC pénalise les modèles ayant un trop grand nombre de paramètres tout en récompensant ceux qui s'ajustent bien aux données.

Le processus de sélection du nombre optimal de retards commence par l'estimation du modèle VAR avec différents nombres de retards, en calculant l'AIC pour chaque spécification. Ensuite, le modèle qui présente la plus faible valeur d'AIC est choisi comme modèle optimal. Ce modèle est celui qui capture le mieux les relations dynamiques entre les variables tout en évitant une complexité excessive.

Pour notre analyse, nous avons testé plusieurs spécifications de modèle VAR avec des retards variant de 1 à 6 mois, correspondant au nombre de retards qui minimise le critère d'information Akaike dans la plupart des modèles (ce qui représente également une demi-année). Les tableaux 2.11 présentent les valeurs d'AIC calculées pour chaque modèle, permettant de comparer les performances de chaque spécification.

Nombre de retards (p)	Foresterie	Production de bois	Production de papier	Production de meubles
1	-11,17	-13,03	-13,05	-14,16
2	-12,03	-13,28	-13,20	-14,33
3	-12,08 *	-13,34 *	-13,22 *	-14,48 *
4	-11,99	-13,22	-13,02	-14,46
5	-11,89	-13,08	-12,85	-14,21
6	-11,80	-13,03	-12,80	-14,08

Table 2.11 – Valeurs d'AIC pour différents nombres de retards dans les modèles VAR relatifs à la foresterie, à la production de bois, de papier et de meubles

L'interprétation des valeurs d'AIC présentées dans le tableau 2.11 pour les différents modèles VAR permet de déterminer le nombre de retards qui offre le meilleur compromis entre la complexité du modèle et la qualité de l'ajustement.

Le modèle avec 3 retards présente la plus faible valeur d'AIC pour les quatre secteurs analysés : la foresterie (-12,08), la production de bois (-13,34), la production de papier (-13,22), et la production de meubles et produits connexes (-14,48). Ce résultat indique que la spécification avec 3 retards est la plus efficace pour capturer les dynamiques temporelles dans ces secteurs, tout en évitant la sur-paramétrisation. L'ajout de retards supplémentaires n'améliore pas significativement l'ajustement du modèle, comme en témoignent les augmentations des valeurs d'AIC pour 4, 5, et 6 retards.

En somme, le modèle VAR avec 3 retards apparaît comme le plus approprié pour l'analyse des quatre secteurs étudiés. Il parvient à saisir les dynamiques temporelles complexes sans introduire une sur-paramétrisation,

ce qui assure des estimations fiables et robustes. Cette cohérence à travers les différents secteurs témoigne de la pertinence de cette spécification pour modéliser les interactions économiques et énergétiques au sein de ces industries, tout en permettant une meilleure compréhension des facteurs influençant la demande d'électricité.

2.3.7 Test de causalité au sens de Granger et l'ordre des variables

Après avoir déterminé le nombre optimal de retards pour nos modèles VAR, il est essentiel d'examiner les relations causales entre les variables, ce qui peut être efficacement réalisé à l'aide du test de causalité au sens de Granger.

Ce test statistique permet de vérifier si une variable temporelle contribue à prévoir une autre variable. Son intérêt, dans le cadre d'un modèle VAR, est de mettre en évidence les relations dynamiques potentielles entre les variables. L'idée centrale est la suivante : si une variable X « cause » une variable Y au sens de Granger, alors les valeurs passées de X contiennent des informations utiles pour prédire Y , au-delà de celles déjà incluses dans les valeurs passées de Y . Le test repose sur une hypothèse nulle stipulant que X n'apporte aucune information prédictive supplémentaire ; si cette hypothèse est rejetée, on conclut que X cause Y au sens de Granger.

Il convient toutefois de rappeler que cette causalité n'est pas causale au sens strict : elle exprime seulement une relation prédictive conditionnelle, et non un lien de cause à effet au sens économique absolu.

L'analyse des résultats des tests réalisés pour nos quatre sous-modèles suggère que chaque secteur se caractérise par un ordonnancement spécifique des variables, allant des plus exogènes vers les plus endogènes.

Pour le modèle relatif à la foresterie (voir table 2.12) la production de bois (LSC321) semble être la plus exogène, car elle cause la consommation d'électricité (LKWH113_S11) sans être influencée en retour. Ensuite, le volume de récolte (LVRECOLTE_S11) influence le prix du bois (LPRIXB_S11) et montre une causalité envers la consommation d'électricité, ce qui le place comme une autre variable relativement exogène. Le volume exporté de bois (LVOLEXPBOIS_S11) montre également des signes d'exogénéité en influençant les prix du bois (LPRIXB_S11). Finalement, la consommation d'électricité (LKWH113_S11) serait placée comme la variable la plus endogène puisqu'elle est influencée par plusieurs autres variables. L'ordre proposé pour le modèle VAR de la foresterie est le suivant : LSC321, LVRECOLTE_S11, LVOLEXPBOIS_S11, LPRIXB_S11,

Tests de causalité Granger par paires

Date : 05/03/24 Time : 17 :02

Échantillon : 2010M01 2019M12

Retards : 3

Hypothèses nulles :	Obs	Statistique F	Prob.
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LKWH113_S11	117	2,02	0,12
LKWH113_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11		2,08	0,11
LSC321 ne cause pas à la Granger LKWH113_S11	117	4,90	0,00
LKWH113_S11 ne cause pas à la Granger LSC321		1,37	0,26
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LKWH113_S11	117	2,55	0,06
LKWH113_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		2,60	0,06
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LKWH113_S11	117	2,17	0,10
LKWH113_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		0,22	0,88
LSC321 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	0,32	0,81
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LSC321		1,29	0,28
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,00	0,03
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,79	0,50
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,63	0,02
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		2,00	0,12
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LSC321	117	1,58	0,20
LSC321 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,28	0,84
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LSC321	117	1,93	0,13
LSC321 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,33	0,27
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11	117	1,66	0,18
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,85	0,14

Table 2.12 – Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour la foresterie

LKWH113_S11.

Cet ordonnancement s'inscrit dans la logique de la chaîne de production : la production et la récolte conditionnent l'offre, suivies des exportations qui reflètent la demande extérieure, puis du prix qui résulte de l'équilibre de marché, avant la consommation énergétique qui traduit l'intensité de l'activité.

Le tableau de causalité de Granger pour le modèle VAR sur la fabrication de produits en bois (voir table 2.13) offre des perspectives sur les relations entre les variables. Une analyse détaillée révèle que le prix du bois (LPRIXB_S11) semble être une variable exogène importante, car elle cause au sens de Granger la consommation d'électricité (LKWH321_S11) avec une statistique F significative (3,28) et une p-valeur de 0,02. Cela signifie que les variations passées du prix du bois aident à prédire les variations futures de la consommation d'électricité. En revanche, la consommation d'électricité (LKWH321_S11) ne cause pas à la Granger le prix du bois (LPRIXB_S11), indiquant une directionnalité unidirectionnelle de cette relation. De plus, la consommation d'électricité (LKWH321_S11) semble également jouer un rôle causal significatif envers le volume exporté de bois (LVOLEXPBOIS_S11) avec une p-valeur de 0,03, tandis que l'inverse n'est pas vrai, ce qui renforce l'idée que la consommation d'électricité a une influence exogène sur le modèle. Concernant la variable du volume de bois récolté (LVRECOLTE_S11), elle est causée par le prix du bois (LPRIXB_S11) au sens de Granger, mais ne cause aucune des autres variables, ce qui suggère qu'elle pourrait être considérée comme plus endogène par rapport aux autres variables. Enfin, la production de produits en bois (LSC321) n'apparaît pas comme étant causée ni causale au sens de Granger pour aucune des autres variables, ce qui pourrait indiquer un rôle plus exogène par rapport au volume de bois récolté (LVRECOLTE_S11). L'ordre proposé pour les variables du modèle de l'industrie de la production de bois est donc : LPRIXB_S11, LKWH321_S11, LVOLEXPBOIS_S11, LSC321 et LVRECOLTE_S11.

Cet ordonnancement met en évidence le rôle pivot des prix, qui orientent à la fois la production et la consommation d'énergie, tandis que la récolte s'ajuste en dernier ressort aux besoins industriels.

L'analyse du tableau de causalité à la Granger pour le modèle VAR sur la production de papier (voir table 2.14) montre que le volume d'exportation de bois (LVOLEXPBOIS_S11) est la variable la plus exogène, car elle a une influence sur la consommation d'électricité (LKWH322_S11) et le prix du bois (LPRIXB_S11) avec des p-valeurs respectives de 0,02 et 0,03, indiquant ainsi des relations statistiquement significatives. De plus, le volume de bois récolté (LVRECOLTE_S11) suit en termes d'exogénéité, puisqu'elle cause le prix du bois

Tests de causalité Granger par paires

Date : 05/04/24 Time : 21 :57

Échantillon : 2010M01 2019M12

Retards : 3

Hypothèses nulles :	Obs	Statistique F	Prob.
LPRIXB_S11 ne cause pas à la Granger LKWH321_S11	117	3,28	0,02
LKWH321_S11 ne cause pas à la Granger LPRIXB_S11		1,94	0,13
LSC321 ne cause pas à la Granger LKWH321_S11	117	1,00	0,39
LKWH321_S11 ne cause pas à la Granger LSC321		1,60	0,19
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LKWH321_S11	117	0,73	0,54
LKWH321_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		3,12	0,03
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LKWH321_S11	117	2,02	0,12
LKWH321_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		0,49	0,69
LSC321 ne cause pas à la Granger LPRIXB_S11	117	0,32	0,81
LPRIXB_S11 ne cause pas à la Granger LSC321		1,29	0,28
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LPRIXB_S11	117	3,00	0,03
LPRIXB_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,79	0,50
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LPRIXB_S11	117	3,63	0,02
LPRIXB_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		2,00	0,12
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LSC321	117	1,58	0,20
LSC321 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,28	0,84
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LSC321	117	1,93	0,13
LSC321 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,33	0,27
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11	117	1,66	0,18
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,85	0,14

Table 2.13 – Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de bois

Tests de causalité Granger par paires

Date : 05/05/24 Time : 11 :06

Échantillon : 2010M01 2019M12

Retards : 3

Hypothèses nulles :	Obs	Statistique F	Prob.
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LKWH322_S11	117	2,34	0,08
LKWH322_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11		0,49	0,69
LSC322 ne cause pas à la Granger LKWH322_S11	117	0,06	0,98
LKWH322_S11 ne cause pas à la Granger LSC322		1,24	0,30
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LKWH322_S11	117	3,26	0,02
LKWH322_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,50	0,68
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LKWH322_S11	117	0,39	0,76
LKWH322_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,17	0,33
LSC322 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	1,55	0,21
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LSC322		0,78	0,51
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,00	0,03
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,79	0,50
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,63	0,02
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		2,00	0,12
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LSC322	117	0,69	0,56
LSC322 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		1,43	0,24
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LSC322	117	0,58	0,63
LSC322 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,95	0,13
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11	117	1,66	0,18
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,85	0,14

Table 2.14 – Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de papier

(LPRIXB_S11), au sens de Granger, avec une p -valeur de 0,02, mais n'exerce cependant pas d'influence significative sur d'autres variables. En revanche, la production de papier (LSC322) ne présente pas de relations causales significatives, ce qui suggère un rôle légèrement plus exogène que le prix du bois et la consommation d'électricité. Par ailleurs, le prix du bois (LPRIXB_S11) montre une faible influence avec une p -valeur de 0,08 lorsqu'elle est comparée à la consommation d'électricité (LKWH322_S11), ce qui la classe comme étant plus exogène que cette dernière. Enfin, la consommation d'électricité (LKWH322_S11) apparaît comme la plus endogène, n'exerçant aucune influence significative sur les autres variables. L'ordre d'endogénéité des variables, de la plus exogène à la plus endogène, est donc : LVOLEXPBOIS_S11, LVRECOLTE_S11, LSC322, LPRIXB_S11, LKWH322_S11.

Sur le plan économique, cela traduit le rôle moteur des marchés extérieurs, qui conditionnent la disponibilité en intrants et influencent les prix, tandis que la consommation énergétique reflète l'aboutissement du processus productif.

Dans l'analyse du modèle VAR concernant la production de meubles et les produits connexes (voir table 2.15) les tests de causalité de Granger révèlent plusieurs relations importantes entre les variables. En effet, le test montre que la production de meubles (LSC337) cause significativement au sens de Granger la consommation d'électricité (LKWH337_S11) avec une p -value de 0,03, ce qui signifie que la production de meubles est relativement exogène par rapport à la consommation d'électricité, laquelle, en revanche, n'a pas un effet de retour significatif ($p=0,29$). De même, le volume exporté de bois (LVOLEXPBOIS_S11) présente une relation causale au sens de Granger avec le prix du bois (LPRIXB_S11) avec une p -value de 0,03, suggérant ainsi une exogénéité relative de LVOLEXPBOIS_S11 par rapport à LPRIXB_S11, qui, pour sa part, n'a pas d'effet retour significatif ($p=0,50$). Par ailleurs, pour le volume de récolte (LVRECOLTE_S11), la causalité envers le prix du bois (LPRIXB_S11) est confirmée avec une p -value de 0,02, consolidant ainsi la position de LVRECOLTE_S11 comme plus exogène que LPRIXB_S11. Enfin, aucune autre relation significative n'a été trouvée, ce qui laisse penser que les autres variables pourraient être plus endogènes ou que les relations causales ne sont pas unidirectionnelles. Par conséquent, l'ordre proposé des variables, en tenant compte des p -values, est donc : LSC337, LVOLEXPBOIS_S11, LVRECOLTE_S11, LPRIXB_S11, et enfin LKWH337_S11.

Ici, la logique économique est davantage centrée sur la demande intérieure, avec la production de meubles en tête, suivie des exportations qui exercent une pression sur les intrants, et enfin la consommation d'énergie en bout de chaîne.

Tests de causalité Granger par paires

Date : 05/05/24 Time : 12 :57

Échantillon : 2010M01 2019M12

Retards : 3

Hypothèses nulles :	Obs	Statistique F	Prob.
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LKWH337_S11	117	1,66	0,18
LKWH337_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11		1,94	0,13
LSC337 ne cause pas à la Granger LKWH337_S11	117	3,14	0,03
LKWH337_S11 ne cause pas à la Granger LSC337		1,26	0,29
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LKWH337_S11	117	1,78	0,16
LKWH337_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		1,15	0,33
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LKWH337_S11	117	1,98	0,12
LKWH337_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		0,44	0,73
LSC337 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	1,82	0,15
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LSC337		2,32	0,08
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,00	0,03
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		0,79	0,50
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LPRIB_S11	117	3,63	0,02
LPRIB_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		2,00	0,12
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LSC337	117	2,94	0,04
LSC337 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11		2,36	0,08
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LSC337	117	1,57	0,20
LSC337 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,40	0,25
LVRECOLTE_S11 ne cause pas à la Granger LVOLEXPBOIS_S11	117	1,66	0,18
LVOLEXPBOIS_S11 ne cause pas à la Granger LVRECOLTE_S11		1,85	0,14

Table 2.15 – Résultat du test de causalité à la Granger - Modèle VAR pour l'industrie de production de meubles et produits connexes

Dans l'ensemble, les résultats des tests de causalité de Granger, combinés à une lecture économique des chaînes de valeur, permettent de proposer un ordonnancement cohérent des variables pour chacun des sous-secteurs. Celui-ci reflète une logique commune : des intrants physiques et signaux de marché placés en amont, et la consommation énergétique en aval, traduisant l'intensité finale de l'activité industrielle. Cette étape constitue un fondement essentiel pour la spécification des modèles VAR et prépare l'analyse des dynamiques via les fonctions de réponse impulsionnelle qui seront présentées dans le chapitre suivant.

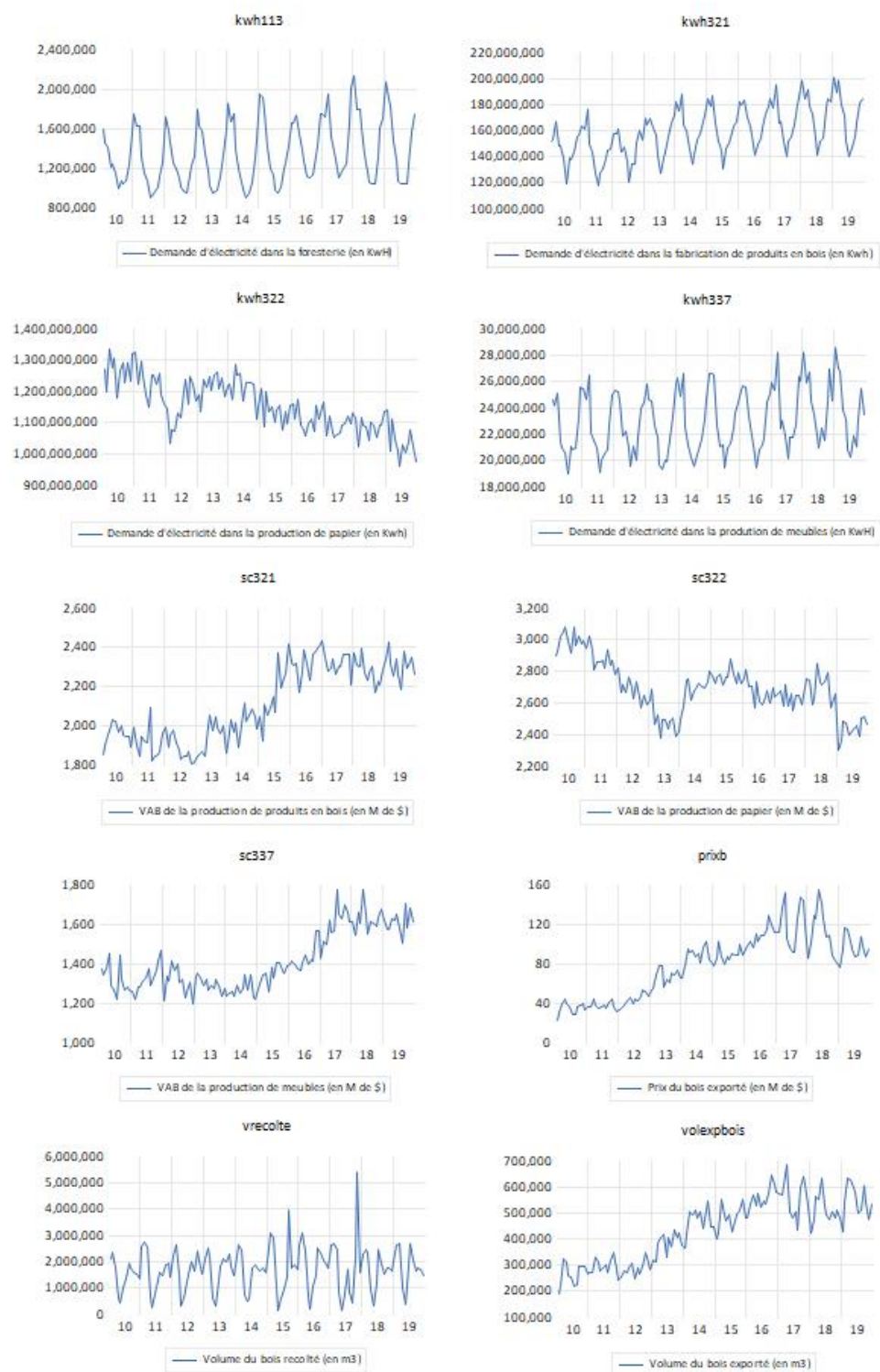


Figure 2.1 – Évolution Temporelle des Variables Économiques et Énergétiques du Secteur Forestier Québécois (2010-2019)

CHAPITRE 3

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS ÉCONOMIQUES

Ce chapitre est dédié à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus au cours de cette recherche. Il est important de souligner dès le départ que les résultats issus des réponses impulsionnelles et des projections locales ne présentent pas de significativité statistique sur des longues périodes. Malgré cela, ces résultats seront présentés en détail dans la première section de ce chapitre afin de fournir un aperçu complet des observations réalisées. Ensuite, nous procéderons à une discussion économique approfondie, où nous explorerons les implications potentielles de ces résultats dans un contexte plus large, en tenant compte des limitations statistiques identifiées.

Une réponse impulsionnelle est une méthode d'analyse utilisée dans les modèles de vecteurs autorégressifs (VAR) pour examiner la réaction d'une variable endogène à un choc soudain ou à une « impulsion » sur une autre variable du modèle. En termes simples, elle permet de tracer comment un choc appliqué à une variable affecte les autres variables du système au fil du temps. Par exemple, dans une analyse économique, un choc pourrait être une variation soudaine du prix du bois, et la réponse impulsionnelle permettrait de visualiser comment cette variation affecte la consommation d'électricité dans le secteur forestier sur plusieurs périodes. Les réponses impulsionnelles sont particulièrement utiles pour comprendre la dynamique à court et à long terme entre les variables d'un modèle. Elles permettent aux chercheurs de prévoir la trajectoire des variables après un choc initial, en tenant compte des interactions complexes entre elles.

Une projection locale, quant à elle, est une technique utilisée pour estimer l'effet dynamique d'un choc sur une variable cible, mais avec une approche différente de celle des réponses impulsionnelles traditionnelles. Les projections locales reposent sur une série d'équations de régression simples, chacune estimant l'impact du choc à un horizon temporel spécifique. Contrairement aux réponses impulsionnelles, qui se basent sur une chaîne d'interactions entre les variables, les projections locales fournissent une estimation directe et "locale" de l'effet du choc à chaque point temporel, ce qui peut offrir une vision plus intuitive des impacts à différents horizons.

Ces deux approches – les réponses impulsionnelles et les projections locales – sont mobilisées de manière complémentaire dans cette étude afin d'explorer la dynamique des relations économiques entre les variables considérées. Plus précisément, elles permettent d'examiner comment des variations dans des dé-

terminants clés — tels que les prix du bois, les volumes de récolte ou les exportations de bois — peuvent affecter la consommation d'électricité au sein des différentes industries du secteur forestier au Québec.

Les résultats empiriques issus de ces analyses sont présentés de manière sectorielle, selon les quatre grandes industries étudiées : i) la foresterie et l'exploitation forestière, ii) la fabrication de produits en bois, iii) la fabrication de pâtes et papiers, et iv) la fabrication de meubles et autres produits connexes. Pour chaque secteur, les graphiques des réponses impulsionnelles et des projections locales sont présentés et interprétés afin de mettre en évidence les principaux résultats observés.

3.1 La foresterie et l'exploitation forestière

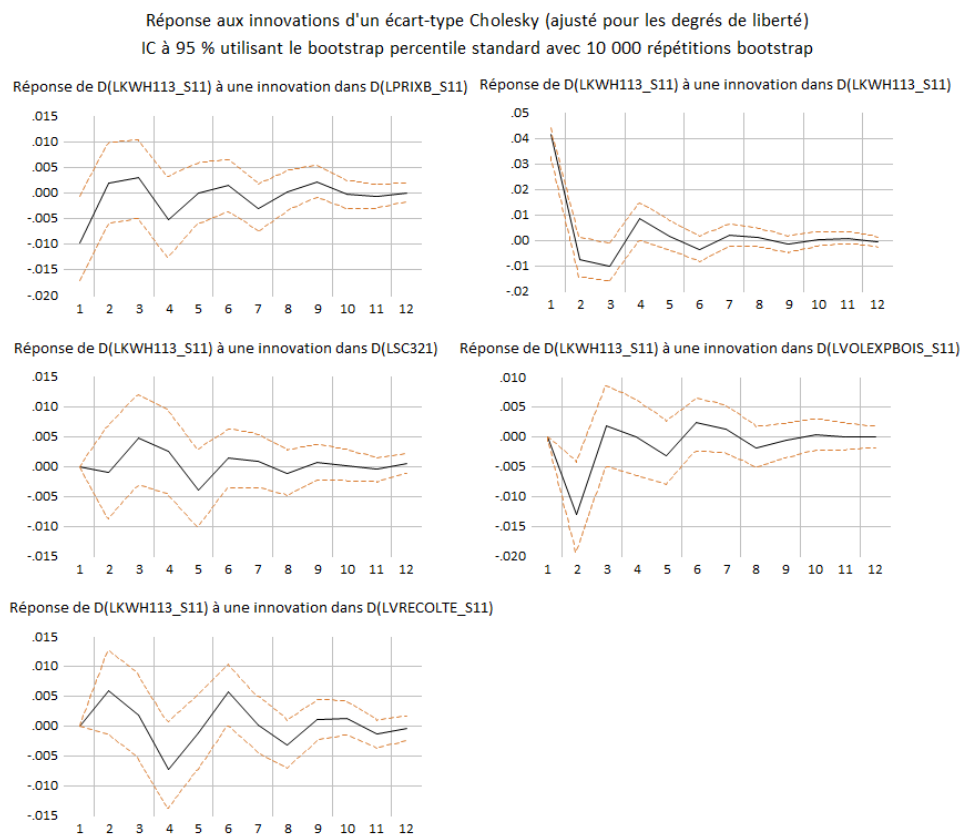


Figure 3.1 – Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la première transformation du bois, Volume de récolte, Exportations de bois, Prix du bois, Demande d'électricité forestière (log-différences)



Figure 3.2 – Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la première transformation du bois, Volume de récolte, Exportations de bois, Prix du bois, Demande d'électricité forestière (log-différences)

Le premier graphique 3.1 présente les réponses impulsionnelles générées par le modèle VAR pour différents chocs appliqués aux variables clés du secteur de la foresterie et de l'exploitation forestière. Voici les interprétations principales pour chaque sous-graphique :

- **Réponse à une innovation dans la demande d'électricité du secteur de la foresterie (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH113_S11** : La réponse de cette variable à son propre choc montre un effet immédiat positif au premier mois, suivi d'une décroissance rapide, se stabilisant autour de zéro après environ cinq mois. Cela indique que les chocs énergétiques dans le secteur ont des impacts à court

terme mais que l'effet se dissipe rapidement.

- **Réponse à une innovation dans la valeur ajoutée brute de la fabrication de produits en bois (log-différence) - DLSC321** : Les réponses impulsionnelles montrent une légère réponse positive initiale de DLKWH113_S11, mais cet effet est faible et statistiquement non significatif au-delà des trois premiers mois. Cela suggère que les chocs dans la sous-industrie SC321 ont un impact limité sur la consommation énergétique du secteur forestier.
- **Réponse à une innovation dans le volume de récolte de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : La réponse montre une légère fluctuation positive avec un pic autour du sixième mois, mais l'effet se réduit ensuite. Ceci peut indiquer une influence modérée des récoltes sur la demande énergétique, avec des variations dues à la saisonnalité.
- **Réponse à une innovation dans le volume des exportations de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOEXPBOIS_S11** : La réponse impulsionnelle présente une influence très faible sur la consommation énergétique, soulignant que les exportations de bois n'affectent pas significativement la consommation d'énergie dans le court terme.
- **Réponse à une innovation dans le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : Il y a une réponse initiale négative importante à un choc dans les prix du bois, ce qui pourrait refléter une réduction de la demande énergétique lorsque les prix du bois augmentent. Cet effet s'atténue néanmoins au fil du temps.

Le deuxième graphique 3.2 présente les projections locales qui permettent de suivre l'évolution des réponses des mêmes variables à des chocs spécifiques sur des horizons temporels. Voici les interprétations :

- **Projections locales en réponse à la demande d'électricité du secteur de la foresterie (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH113_S11** : La projection montre une réaction initiale forte à son propre choc, similaire aux réponses impulsionnelles, avec une stabilisation rapide autour de zéro. Cette projection confirme que l'impact est principalement à court terme.
- **Projections locales en réponse à la valeur ajoutée brute de la fabrication de produits en bois (log-différence) - DLSC321** : Contrairement aux réponses impulsionnelles, les projections locales montrent des variations plus erratiques et moins cohérentes, ce qui peut être le résultat d'une instabilité dans la relation causale sur différents horizons.
- **Projections locales en réponse au volume de récolte de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : La projection montre des oscillations autour de zéro, avec des pics et des creux

correspondant à des moments spécifiques, ce qui peut indiquer une réponse décalée dans le temps mais sans tendance claire à long terme.

- **Projections locales en réponse au volume des exportations de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOLEXPBOIS_S11** : De manière similaire aux réponses impulsionnelles, les projections locales révèlent une faible réponse aux chocs dans les exportations de bois, confirmant un faible lien entre ces variables.
- **Projections locales en réponse au prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : Les projections locales mettent en évidence un effet initial négatif, suivi d'une légère récupération, en ligne avec les réponses impulsionnelles, indiquant un effet transitoire des prix du bois sur la demande énergétique.

3.2 La fabrication de produits en bois

Le graphique 3.3 présente les réponses impulsionnelles de différentes variables économiques dans le secteur de la fabrication de produits en bois. Chaque graphique montre la réponse d'une variable cible à un choc sur une autre variable au fil du temps, mesuré en mois.

- **Réponse à un choc sur les prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : La réponse initiale est légèrement positive, indiquant que suite à une augmentation des prix du bois, la production de produits en bois augmente légèrement. Cependant, cet effet se stabilise rapidement, montrant peu de persistance à long terme.
- **Réponse à un choc sur la demande d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH321_S11** : Un choc sur la production de bois entraîne une réponse initiale négative significative dans la production, suggérant que des augmentations soudaines de la production peuvent provoquer des ajustements ou des inefficacités temporaires.
- **Réponse à un choc sur le volume des exportations de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLOVEXPBOIS_S11** : L'impact initial d'un choc sur les exportations est faible, mais il devient légèrement positif à moyen terme, indiquant que les exportations stimulent la production, mais cet effet est modeste et dispersé dans le temps.
- **Réponse à un choc sur la valeur ajoutée de l'industrie (log-différence) - DLSC321** : L'impact est quelque peu volatil, avec une réponse initiale négative qui s'inverse après quelques périodes. Cela peut refléter l'ajustement des entreprises face aux coûts des intrants importés.



Figure 3.3 – Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Prix du bois, Demande d'électricité de l'industrie, Exportations de bois, Valeur ajoutée de la première transformation, Volume de récolte (log-différences)

- **Réponse à un choc sur le volume des récoltes de bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : La réponse est modérée mais négative, indiquant que des variations dans le volume des récoltes ont un impact déstabilisateur sur la production, probablement en raison des difficultés d'ajustement des processus de production aux fluctuations de l'offre.

Le graphique de projections locales 3.4 fournit une estimation des effets dynamiques des chocs économiques à différents horizons temporels, tout en tenant compte des incertitudes autour de ces estimations.

- **Réponse à un choc sur le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIB_S11** : La réponse est caractérisée par une incertitude significative, reflétée dans les bandes de confiance plus larges.

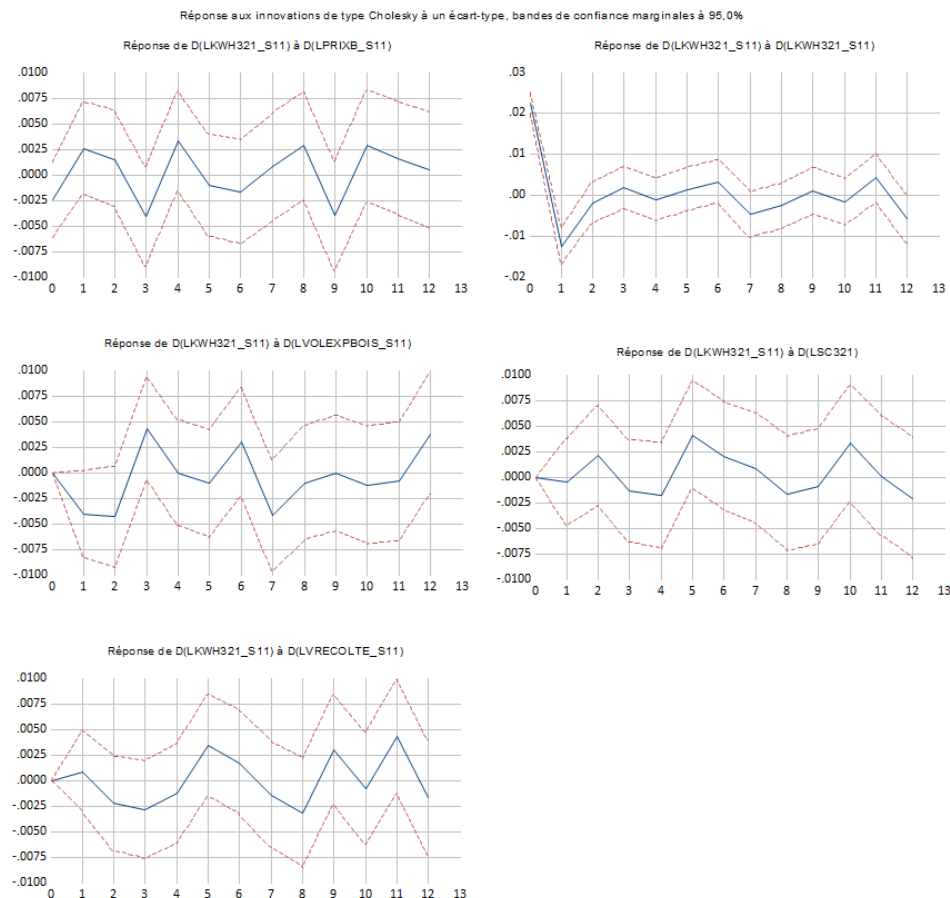


Figure 3.4 – Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Prix du bois, Demande d'électricité de l'industrie, Exportations de bois, Valeur ajoutée de la première transformation, Volume de récolte (log-différences)

L'effet du choc sur la production reste positif mais incertain à moyen et long terme.

- **Réponse à un choc sur la production intérieure de l'industrie (log-différence) - DLSC321** : Les projections locales confirment une réponse initiale négative avec une très courte persistance de l'effet (un mois). Les bandes de confiance montrent que cet impact est relativement robuste sur cette période de temps.
- **Réponse à un choc sur le volume des exportations (log-différence, désaisonnalisée) - DLOVEXP-BOIS_S11** : Les projections locales montrent une réponse avec une plus grande variabilité. Les effets semblent plus marqués à court terme mais se diluent rapidement, suggérant une faible persistance.
- **Réponse à un choc sur la consommation d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH321_S11** :

Une volatilité marquée est observée dans les réponses, ce qui pourrait être dû aux ajustements des entreprises à l'évolution des prix des intrants.

— **Réponse à un choc sur le volume des récoltes (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11 :**

Une réponse initiale négative est confirmée par les projections locales, avec un retour progressif à l'équilibre. Les bandes de confiance indiquent que cet effet est relativement bien circonscrit, malgré une incertitude notable à moyen terme.

3.3 La fabrication de pâtes et papiers

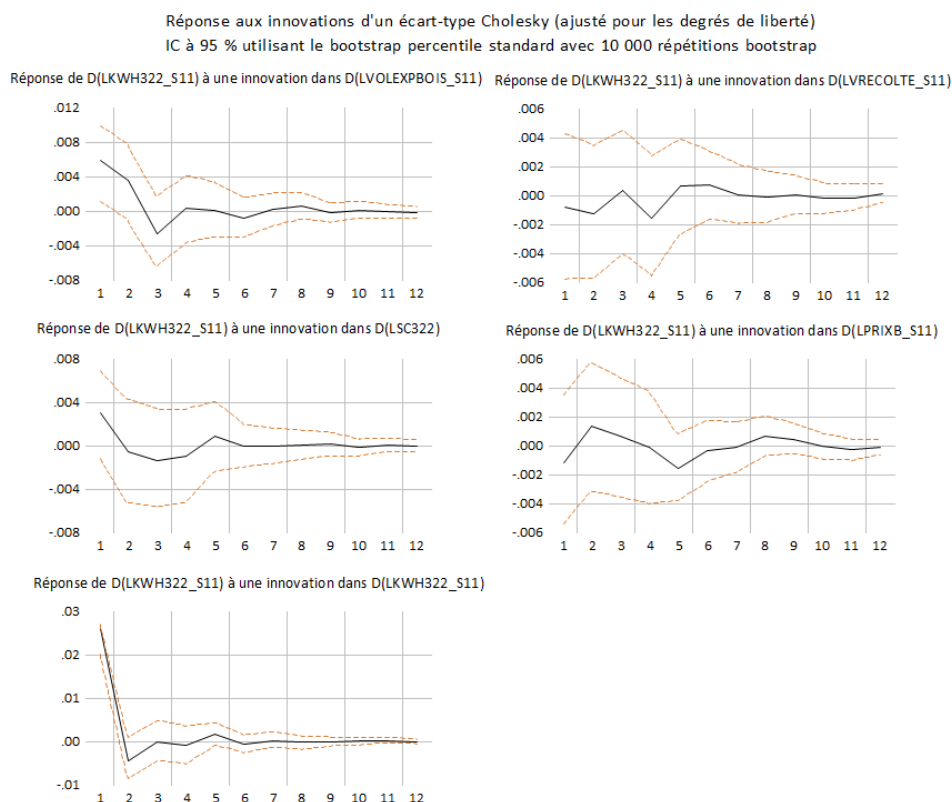


Figure 3.5 – Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Exportations de bois, Volume de récolte, Valeur ajoutée de la deuxième transformation, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)

L'ensemble de graphiques 3.5 présente les réponses impulsionnelles des variables clés du modèle VAR pour l'industrie de la fabrication de pâtes et papiers. Chaque graphique montre comment une impulsion (choc) affecte une variable cible au fil du temps. Les intervalles de confiance à 95% sont calculés en utilisant une

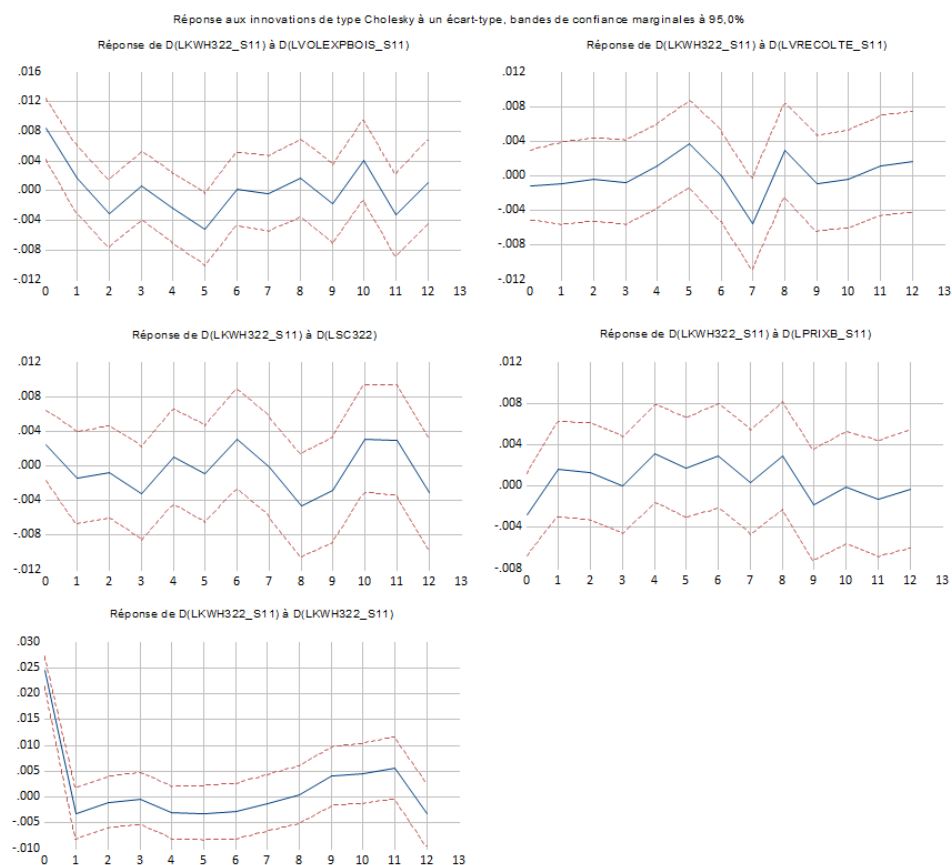


Figure 3.6 – Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Exportations de bois, Volume de récolte, Valeur ajoutée de l'industrie, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)

méthode bootstrap avec 10 000 répétitions.

- **Réponse à une innovation dans le volume des exportations (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOLEXPBOIS_S11** : La réponse initiale est négative, atteignant un minimum au deuxième mois avant de se stabiliser autour de zéro. Cela suggère que l'augmentation des exportations de bois a un effet temporairement négatif sur l'industrie de la fabrication de pâtes et papiers.
- **Réponse à une innovation dans le volume des récoltes (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : La réponse est relativement stable, avec de légères variations positives. L'effet est globalement faible, suggérant que les changements dans les volumes de récolte n'affectent que marginalement l'industrie de la fabrication de pâtes et papiers.

- **Réponse à une innovation dans la valeur ajoutée de l'industrie (log-différence) - DLCS322** : La réponse est initialement positive mais diminue progressivement au fil du temps. Cela pourrait indiquer que l'activité dans le secteur primaire (comme la coupe de bois) soutient initialement l'industrie de la pâte à papier, mais que cet effet s'atténue rapidement.
- **Réponse à une innovation dans le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : La réponse est modérément positive, montrant que les augmentations de prix ont un impact favorable sur l'industrie de la fabrication de pâtes et papiers, bien que cet effet soit relativement faible et suive une tendance décroissante.
- **Réponse à une innovation dans la consommation d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH322_S11** : Ce graphique montre l'auto-réponse de la consommation d'énergie (en kilowatt-heures). Il y a une réponse négative initiale marquée, qui diminue rapidement, ce qui suggère que des chocs dans la consommation d'énergie ont un effet immédiat mais de courte durée.

Alors que l'ensemble de graphiques 3.6 présente les projections locales des mêmes variables en réponse aux chocs observés. Les intervalles de confiance à 95% ont été tracés pour chaque point dans le temps.

- **Réponse à une innovation dans le volume des exportations (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOLEXPBOIS_S11** : Les projections locales montrent des effets oscillatoires, avec une tendance générale à la stabilisation. Cela reflète des effets à court terme fluctuants, mais sans une tendance claire à long terme.
- **Réponse à une innovation dans le volume des récoltes (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : Les projections locales sont similaires à celles des réponses impulsionnelles, avec des effets marginaux observés sur l'industrie, soulignant la stabilité du secteur face aux changements de volumes de récolte.
- **Réponse à une innovation dans la valeur ajoutée de l'industrie (log-différence) - DLCS322** : Comme pour les réponses impulsionnelles, la projection montre un effet initial positif qui s'estompe, confirmant que les impacts des chocs dans le secteur primaire s'affaiblissent avec le temps.
- **Réponse à une innovation dans le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : Une réponse initiale positive est observée, suivie de fluctuations autour de zéro, suggérant que l'impact des variations de prix est sujet à des ajustements dynamiques dans le secteur.
- **Réponse à une innovation dans la consommation d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH322_S11** : La projection locale réaffirme l'impact initial négatif, avec un effet atténué au fil du

temps, indiquant une sensibilité à court terme aux chocs énergétiques, mais une résilience à long terme.

3.4 La fabrication de meubles et autres produits connexes

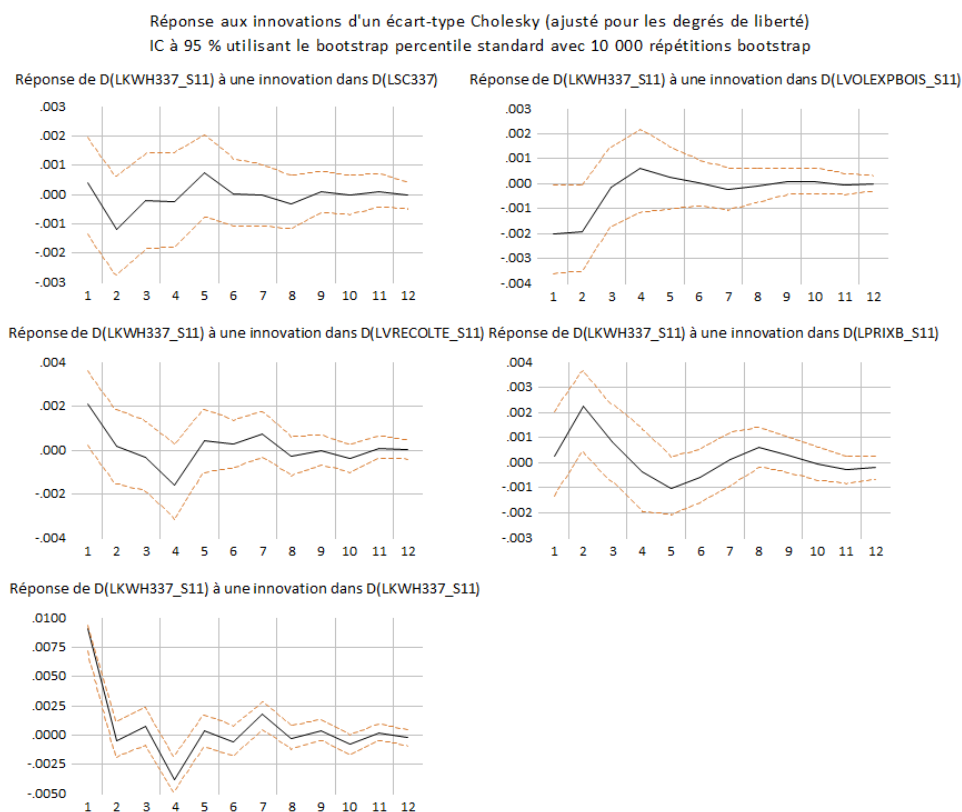


Figure 3.7 – Fonction de réponse impulsionnelle (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la fabrication de meubles, Exportations de bois, Volume de récolte, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)

Le graphique 3.7 présente les réponses impulsionnelles pour les variables clés du modèle VAR appliqué à l'industrie de la fabrication de meubles et autres produits connexes. Voici une interprétation détaillée pour chaque sous-graphique :

— **Réponse à une innovation dans la demande d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH337_S11 :**

La réponse de cette variable à son propre choc montre une réaction initiale négative suivie d'une récupération graduelle, ce qui indique que les chocs énergétiques dans cette industrie ont un impact

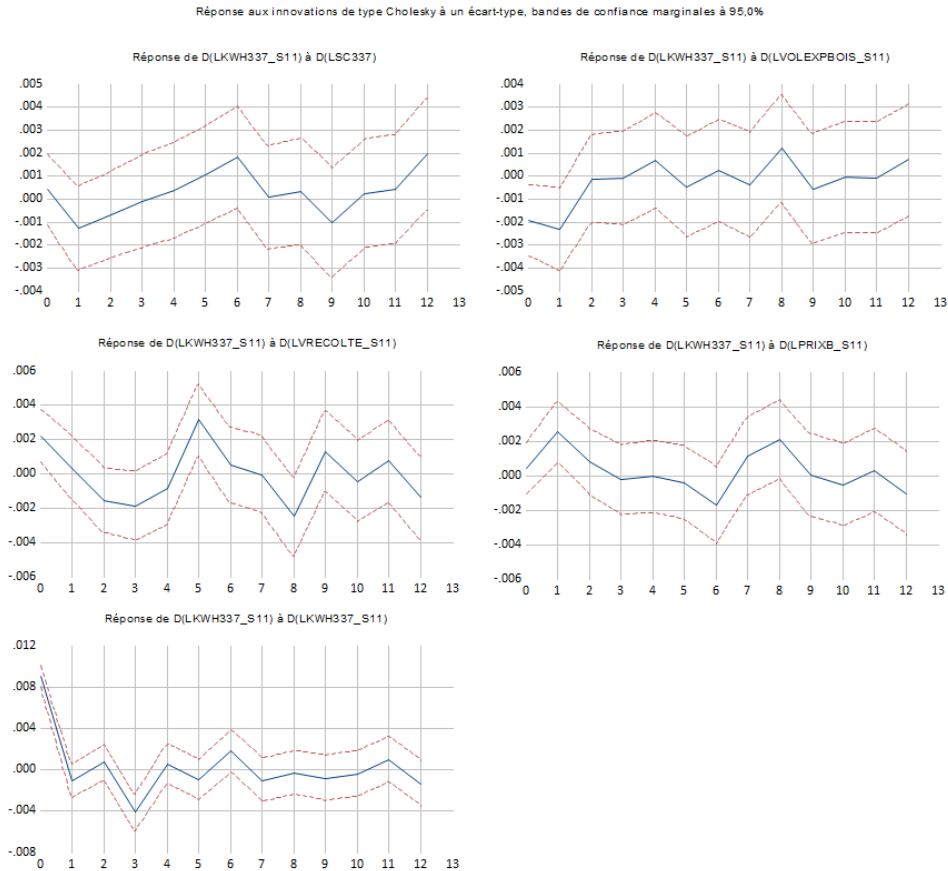


Figure 3.8 – Projections locales (variation en %), modèle VAR avec constante et 3 retards, données désaisonnalisées : Valeur ajoutée de la fabrication de meubles, Exportations de bois, Volume de récolte, Prix du bois, Demande d'électricité (log-différences)

immédiat mais que l'effet se dissipe relativement rapidement.

- **Réponse à une innovation dans la valeur ajoutée de l'industrie (log-différence) - DLSC337** : La réponse impulsionnelle montre une légère réaction positive au choc, suggérant que l'impact des variations dans la sous-industrie SC337 sur la consommation d'énergie est limité et statistiquement non significatif sur le long terme.
- **Réponse à une innovation dans le volume des récoltes (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : La réponse montre une fluctuation négative initiale suivie d'une stabilisation, ce qui pourrait indiquer une influence des variations des volumes de récolte sur la consommation énergétique, mais cet effet reste modéré.

- **Réponse à une innovation dans le volume des exportations (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOLEXPBOIS_S11** : Cette réponse impulsionnelle montre une faible réaction de la consommation d'énergie aux chocs dans les exportations de bois, confirmant que ces chocs n'ont pas d'impact significatif sur la demande énergétique dans ce secteur.
- **Réponse à une innovation dans le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : La réponse montre une légère augmentation initiale, mais elle s'atténue rapidement, indiquant que les augmentations des prix du bois peuvent avoir un effet temporaire sur la consommation d'énergie, sans impact persistant.

Le graphique 3.8 présente les projections locales pour les mêmes variables, offrant une perspective dynamique sur la réponse des variables à des chocs spécifiques à différents horizons temporels.

- **Projections locales en réponse à une innovation dans la demande d'électricité (log-différence, désaisonnalisée) - DLKWH337_S11** : Les projections montrent une réaction initiale négative, similaire aux réponses impulsionnelles, avec une atténuation rapide. Cela confirme que les impacts des chocs énergétiques sont principalement de courte durée.
- **Projections locales en réponse à une innovation dans la valeur ajoutée de l'industrie (log-différence) - DLSC337** : Contrairement aux réponses impulsionnelles, les projections locales montrent une variabilité accrue, avec des oscillations autour de zéro. Cela pourrait suggérer une relation moins stable sur différents horizons.
- **Projections locales en réponse à une innovation dans le volume des récoltes (log-différence, désaisonnalisée) - DLVRECOLTE_S11** : Les projections montrent également une réponse négative initiale, avec une tendance à la stabilisation, indiquant que les variations dans les volumes de récolte affectent la consommation d'énergie de manière limitée.
- **Projections locales en réponse à une innovation dans le volume des exportations (log-différence, désaisonnalisée) - DLVOLEXPBOIS_S11** : Les projections confirment une faible réponse aux chocs dans les exportations de bois, avec des oscillations autour de zéro, indiquant un lien limité entre ces variables.
- **Projections locales en réponse à une innovation dans le prix du bois (log-différence, désaisonnalisée) - DLPRIXB_S11** : La réponse initiale positive observée dans les réponses impulsionnelles est confirmée, mais elle est suivie de fluctuations, suggérant que l'impact des variations de prix est temporaire et sujet à des ajustements dans le temps.

3.5 Discussion économique

Le but principal de ce mémoire était d'analyser l'effet des politiques gouvernementales sur la consommation d'électricité du secteur forestier au Québec. En particulier, la Stratégie provinciale de production de bois, qui vise à doubler la récolte forestière d'ici 2080, a été au centre de cette étude. Cette stratégie projette une augmentation de la récolte de 29 millions de mètres cubes en 2025 à 52,9 millions de mètres cubes en 2080. Les résultats obtenus dans ce mémoire offrent des indications préliminaires sur l'impact potentiel de cette augmentation sur la consommation d'électricité dans le secteur. Cependant, les effets observés restent modestes et suggèrent que des ajustements dans les pratiques de gestion et de production pourraient être nécessaires pour minimiser les impacts énergétiques de cette stratégie ambitieuse.

En complément des analyses principales, des analyses de robustesse ont été réalisées en testant plusieurs modèles VAR pour chacune des industries du secteur forestier. Au total, 47 modèles supplémentaires ont été examinés, incluant des analyses de réponses impulsionnelles et des projections locales respectives. Parmi ces modèles, des variantes comme les taux de croissance, des modèles en log-niveau avec tendance déterministe, et l'utilisation du filtre de Hodrick-Prescott (HP) ont été explorées. Nous avons également tenté de supprimer les valeurs aberrantes, de restreindre la période d'analyse à partir de janvier 2010 (en raison de comportements anormaux de la consommation en 2009), et même d'essayer un modèle VARMA à la place du VAR.

Malgré ces efforts pour « maltraiter » les données et explorer différentes spécifications, les résultats n'ont pas révélé de significativité statistique à long terme. Cela renforce l'idée que, bien que les résultats obtenus soient informatifs, ils doivent être interprétés avec prudence. Les ajustements des entreprises du secteur forestier semblent absorber les chocs économiques sans impacts durables significatifs sur la consommation d'énergie. Vous trouverez les graphiques des réponses impulsionnelles et des projections locales dans les annexes.

L'analyse des réponses impulsionnelles et des projections locales pour les industries de la foresterie, de la fabrication de produits en bois, de la fabrication de pâtes et papiers, et de la fabrication de meubles et produits connexes révèle plusieurs points importants qui méritent une discussion approfondie.

Tout d'abord, les résultats montrent une réactivité relativement faible des variables économiques aux différents chocs analysés. Par exemple, les réponses impulsionnelles pour la consommation d'énergie (DLKWH)

indiquent des effets transitoires des chocs sur les prix du bois (DLPRIXB), avec une atténuation rapide des impacts après quelques périodes. Cela suggère que les variations de prix dans le secteur forestier et ses industries connexes n'ont pas d'effets durables sur la consommation d'énergie. Cette observation est cohérente avec l'idée que ces industries peuvent s'adapter rapidement aux fluctuations des prix des intrants, en ajustant leur production ou en modifiant leur consommation énergétique.

Ensuite, les projections locales confirment cette dynamique, en montrant des effets principalement à court terme, souvent suivis de stabilisations rapides. Les fluctuations observées dans les réponses à des chocs tels que les exportations de bois (DLVOLEXPBOIS) ou les volumes de récolte (DLVRECOLTE) sont également modestes, ce qui souligne la résilience de ces industries face aux perturbations externes.

Il est également notable que l'impact des chocs énergétiques sur la consommation d'énergie dans l'industrie de la fabrication de meubles est particulièrement marqué à court terme, mais s'atténue rapidement. Cela pourrait indiquer que les entreprises du secteur ont des capacités d'ajustement efficaces pour gérer les variations dans les coûts énergétiques, ce qui leur permet de maintenir une stabilité relative dans leur consommation énergétique globale.

Les analyses montrent que les chocs étudiés — prix du bois, volumes de récolte, exportations et variations de la valeur ajoutée — n'engendrent que des effets de courte durée sur la consommation d'électricité des sous-secteurs forestiers. Cette réactivité limitée suggère que les entreprises disposent de marges d'ajustement leur permettant d'absorber rapidement les perturbations. Même si les résultats doivent être interprétés avec nuance en raison du manque de significativité statistique à long terme, ils apportent un éclairage utile sur la dynamique de court terme et sur la résilience globale du secteur.

Dans l'ensemble, cette étude met en évidence la relative stabilité énergétique des industries forestières québécoises face aux fluctuations économiques et commerciales. Ces constats, bien qu'exploratoires, fournissent des éléments de compréhension importants et ouvrent la voie à une réflexion plus large sur les liens entre politiques publiques, gestion durable des ressources et consommation énergétique. Le chapitre suivant reviendra sur ces résultats dans une perspective synthétique, afin d'en dégager les principales implications et d'esquisser des pistes pour la recherche et l'action publique.

CONCLUSION

Ce mémoire avait pour objectif d'analyser les dynamiques reliant la consommation d'électricité aux principaux déterminants économiques du secteur forestier québécois, en particulier dans un contexte marqué par la Stratégie provinciale de production de bois visant à accroître significativement la récolte d'ici 2080. Pour ce faire, nous avons mobilisé un cadre économétrique fondé sur les modèles vectoriels autorégressifs (VAR) et sur l'estimateur des projections locales, appliqués à des séries temporelles mensuelles couvrant divers sous-secteurs : la foresterie et l'exploitation forestière, la fabrication de produits en bois, la fabrication de pâtes et papiers, ainsi que la fabrication de meubles et produits connexes.

Les résultats obtenus indiquent que les chocs économiques et énergétiques étudiés — fluctuations du prix du bois, variations des volumes de récolte et des exportations, ou encore changements de la valeur ajoutée sectorielle — génèrent surtout des effets transitoires sur la consommation d'électricité. Ces effets s'estompent rapidement et ne se traduisent pas par des impacts persistants à long terme. Cette dynamique suggère une certaine résilience des industries forestières, qui semblent disposer de marges d'ajustement leur permettant d'absorber efficacement les perturbations extérieures.

Toutefois, l'absence de significativité statistique robuste sur de longues périodes appelle à la retenue dans l'interprétation. Les résultats doivent être envisagés comme des indications exploratoires plutôt que comme des preuves définitives de relations causales. Cette limite tient à plusieurs facteurs : la complexité des interactions entre les variables économiques et énergétiques, la taille des échantillons disponibles, ainsi que les particularités structurelles propres à chaque sous-secteur.

Malgré ces limites, ce travail apporte plusieurs contributions. Premièrement, il met en lumière la diversité des dynamiques sectorielles, notamment la spécificité de la fabrication de pâtes et papiers, qui présente des comportements énergétiques distincts de ceux des autres segments. Deuxièmement, il illustre l'intérêt de combiner deux approches méthodologiques — le VAR et les projections locales — afin de confronter leurs résultats et de renforcer la robustesse des interprétations. Enfin, il offre un cadre analytique qui pourra être mobilisé pour examiner d'autres dimensions, telles que l'impact des politiques climatiques sur la demande énergétique ou l'intégration de nouvelles sources de données plus désagrégées.

Au-delà de l'analyse statistique, ce mémoire s'inscrit dans un contexte québécois marqué par la transition

énergétique et l'adoption progressive de pratiques industrielles plus durables. Les politiques incitatives visant à encourager l'efficacité énergétique, l'utilisation des énergies renouvelables et le développement de la biomasse forestière comme source d'énergie propre constituent des leviers importants susceptibles de transformer les pratiques du secteur. Ces initiatives pourraient non seulement redéfinir la consommation énergétique de l'industrie forestière, mais aussi renforcer sa contribution à la lutte contre les changements climatiques et à la stratégie provinciale de développement durable.

En complément, plusieurs pistes méthodologiques mériteraient d'être explorées dans des recherches ultérieures. Une première consiste à mener des analyses sur différents sous-échantillons temporels, afin de vérifier la stabilité des fonctions de réponse dans le temps. Cette démarche serait particulièrement pertinente compte tenu des transformations profondes qu'a connues l'industrie forestière au cours des deux ou trois dernières décennies, marquées par des chocs sectoriels, des restructurations et des évolutions réglementaires.

Par ailleurs, la spécification adoptée en différences logarithmiques, bien qu'appropriée pour assurer la stationnarité des séries, réduit l'amplitude des variations observées. Cette transformation tend à limiter la détection d'effets statistiquement significatifs, ce qui pourrait expliquer en partie l'absence de relations robustes à long terme dans nos résultats.

Enfin, il serait utile d'intégrer des variables reflétant les marchés des produits substitués au bois (par exemple l'acier, le béton ou d'autres matériaux de construction). Les dynamiques de substitution peuvent influencer de manière déterminante la demande pour les produits forestiers et, indirectement, la consommation énergétique du secteur. Leur absence dans le cadre VAR utilisé ici constitue donc une limite, mais ouvre un champ prometteur pour de futures analyses plus complètes.

En somme, ce mémoire montre que, si l'augmentation projetée de la récolte de bois dans le cadre de la stratégie provinciale pourrait accroître la demande d'électricité, les industries forestières disposent d'une capacité d'adaptation qui tend à atténuer les impacts énergétiques dans le temps. Ces résultats fournissent des repères utiles pour les décideurs publics et privés, tout en soulignant l'importance d'intégrer plus largement les dimensions politiques, technologiques et environnementales afin de guider les choix stratégiques liés à la gestion durable des ressources forestières et à la transition énergétique du Québec.

ANNEXE A
IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SECTEUR DE LA
FORESTERIE

Cette annexe présente les fonctions de réponse impulsionnelle et les projections locales relatives à la consommation d'électricité dans le secteur de la foresterie et de l'exploitation forestière. Les graphiques complètent les résultats du chapitre 3 et permettent d'analyser de manière plus détaillée les effets des chocs économiques et énergétiques sur ce sous-secteur.

L'attention est portée principalement sur le rôle des volumes de récolte, variable clé de cette industrie, ainsi que sur les interactions avec le prix du bois, les exportations et la valeur ajoutée sectorielle. Les modèles VAR et les projections locales sont estimés avec différentes spécifications afin d'évaluer la robustesse des résultats et de mettre en évidence la dynamique de court terme propre à cette branche d'activité.

Ces figures constituent un complément technique, destiné à illustrer les mécanismes d'ajustement de la demande énergétique dans la foresterie, sans toutefois prétendre établir des relations causales définitives.

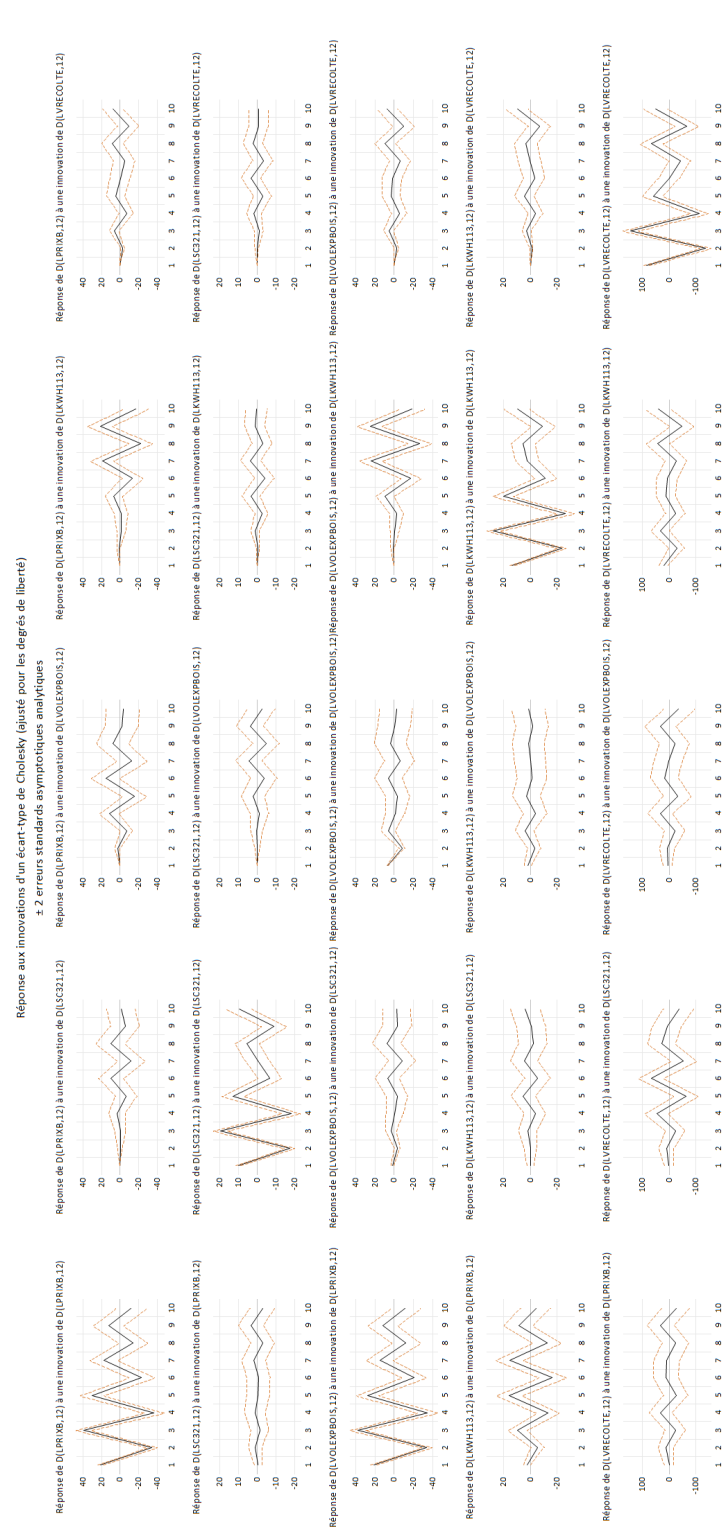


Figure A.1 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvleexpb0s,12) d(lkwh113,12) d(lvlecolte,12)

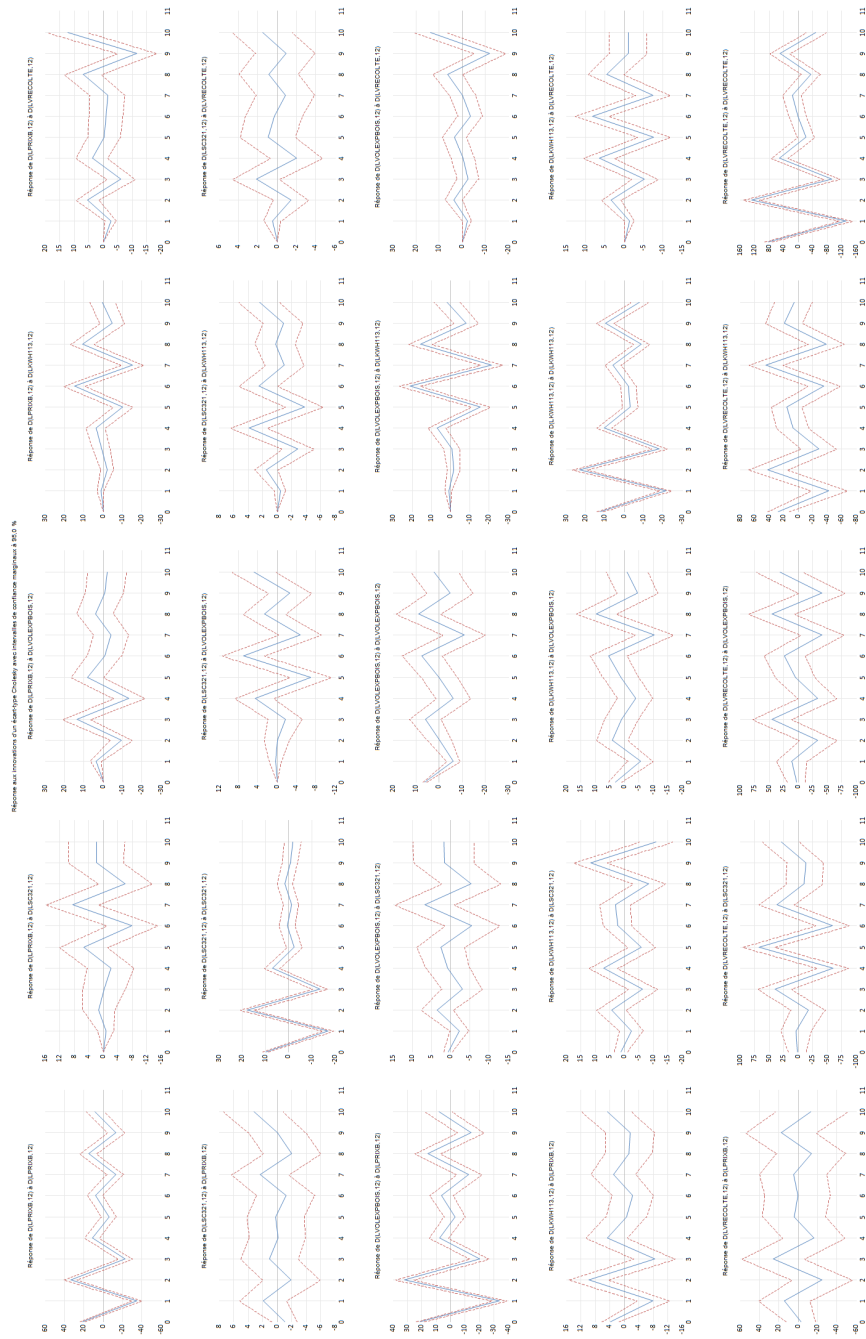


Figure A.2 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvrexpb,12) d(lkwh113,12) d(lvrexcolte,12)

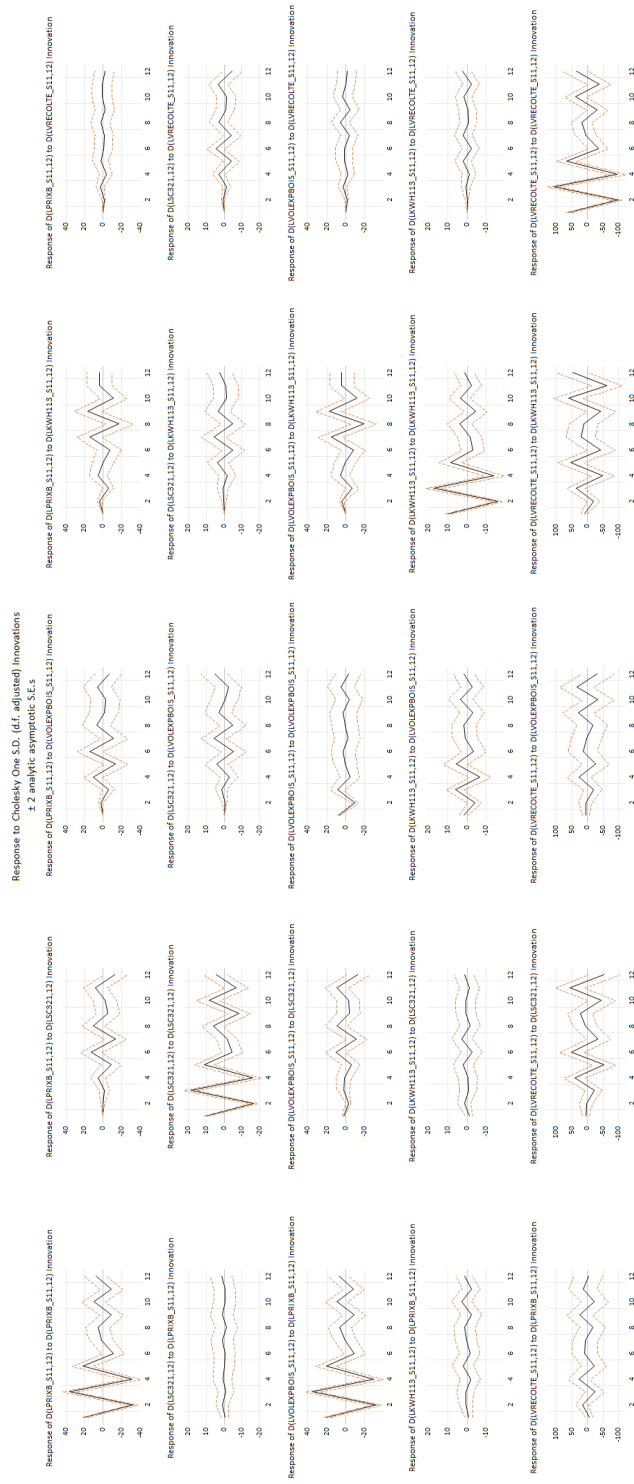


Figure A.3 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, adjusted data : d(lvexpbpbis.s11,12) d(lsc321,12) d(lkwh113.s11,12) d(lvrexcolte.s11,12)

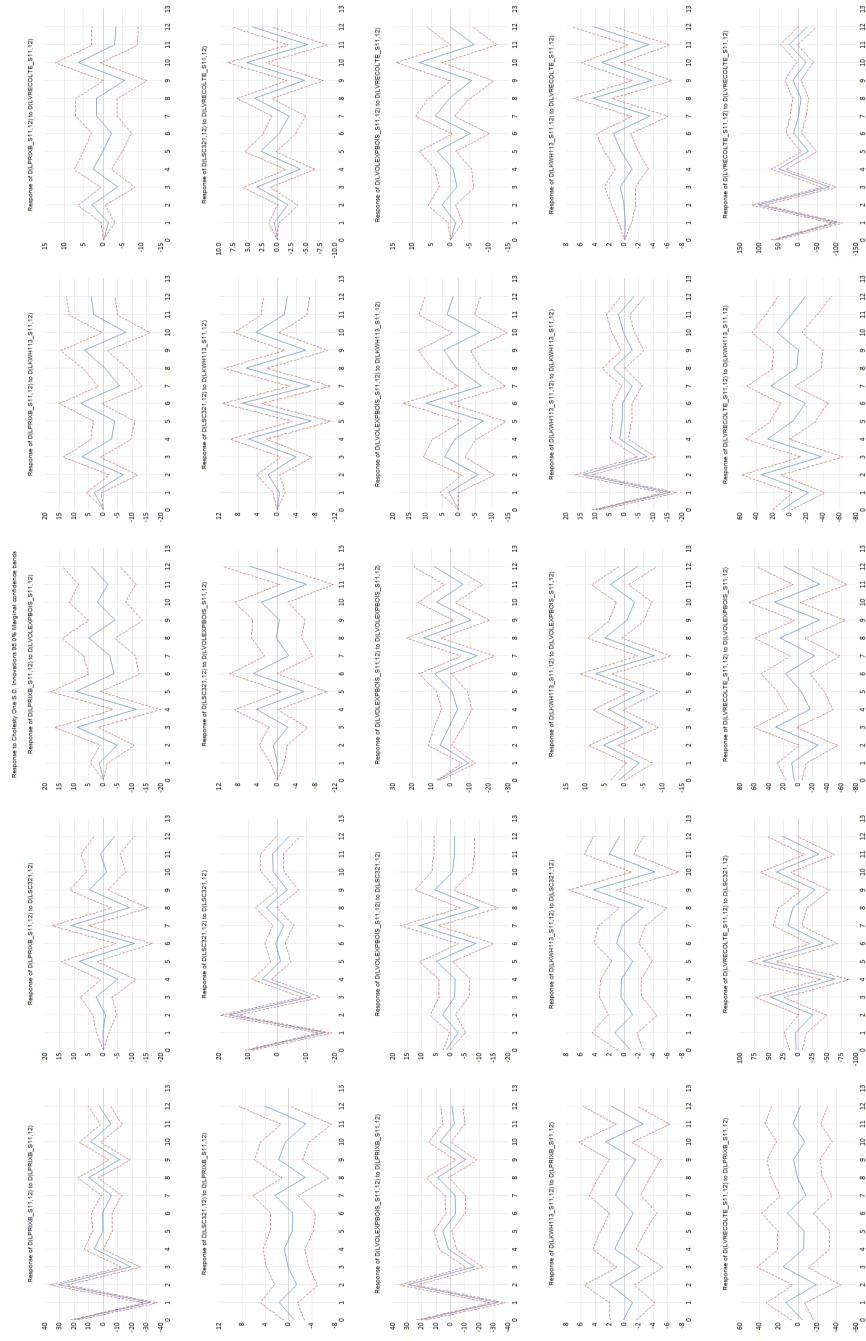


Figure A.4 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, adjusted data : d(lkwh113.s11,12) d(lvrecolte.s11,12) d(lsc321,12) d(lvlepxbois.s11,12) d(lvlepxbois.s11,12)

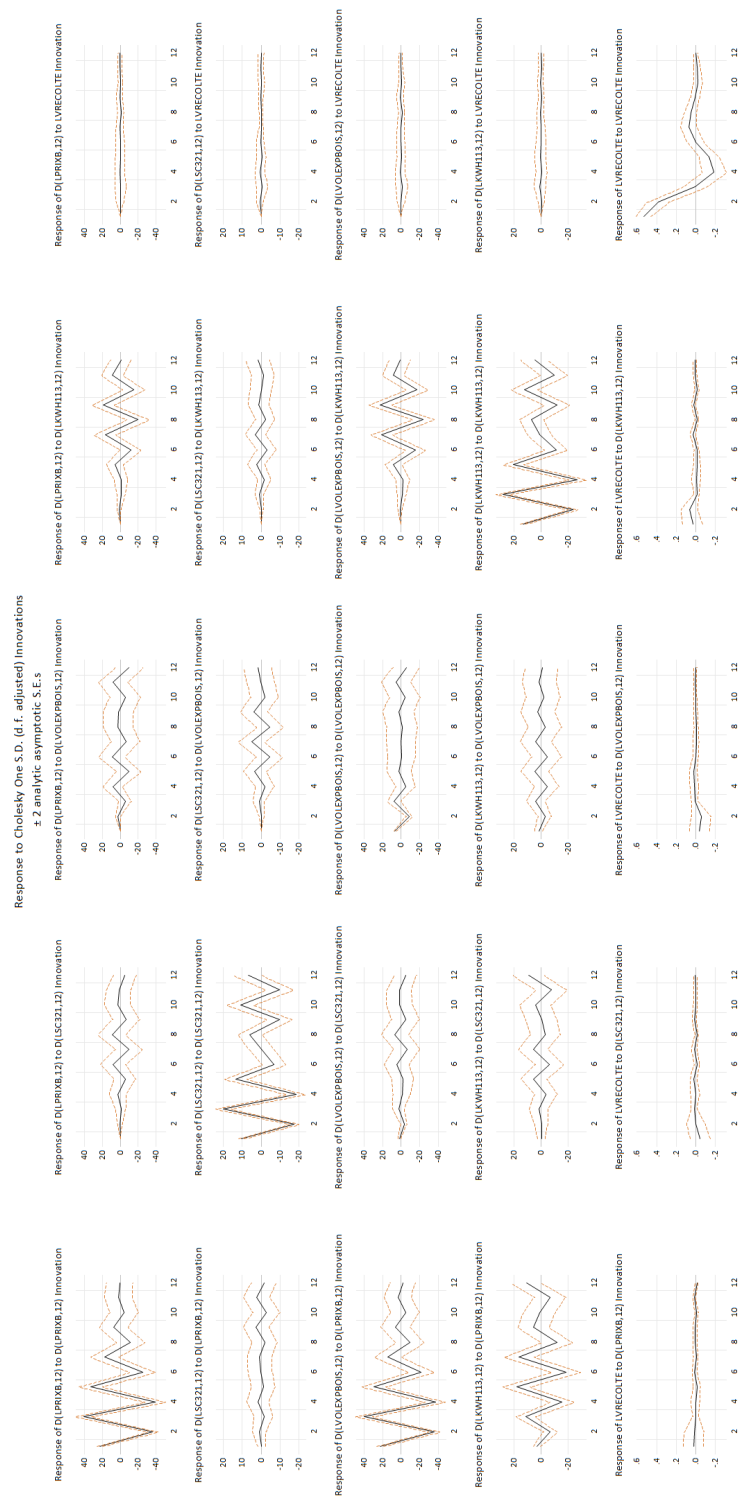


Figure A.5 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprxb,12) d(lsc321,12) d(lvolxpb,12) d(lkwh113,12) lvolcolte

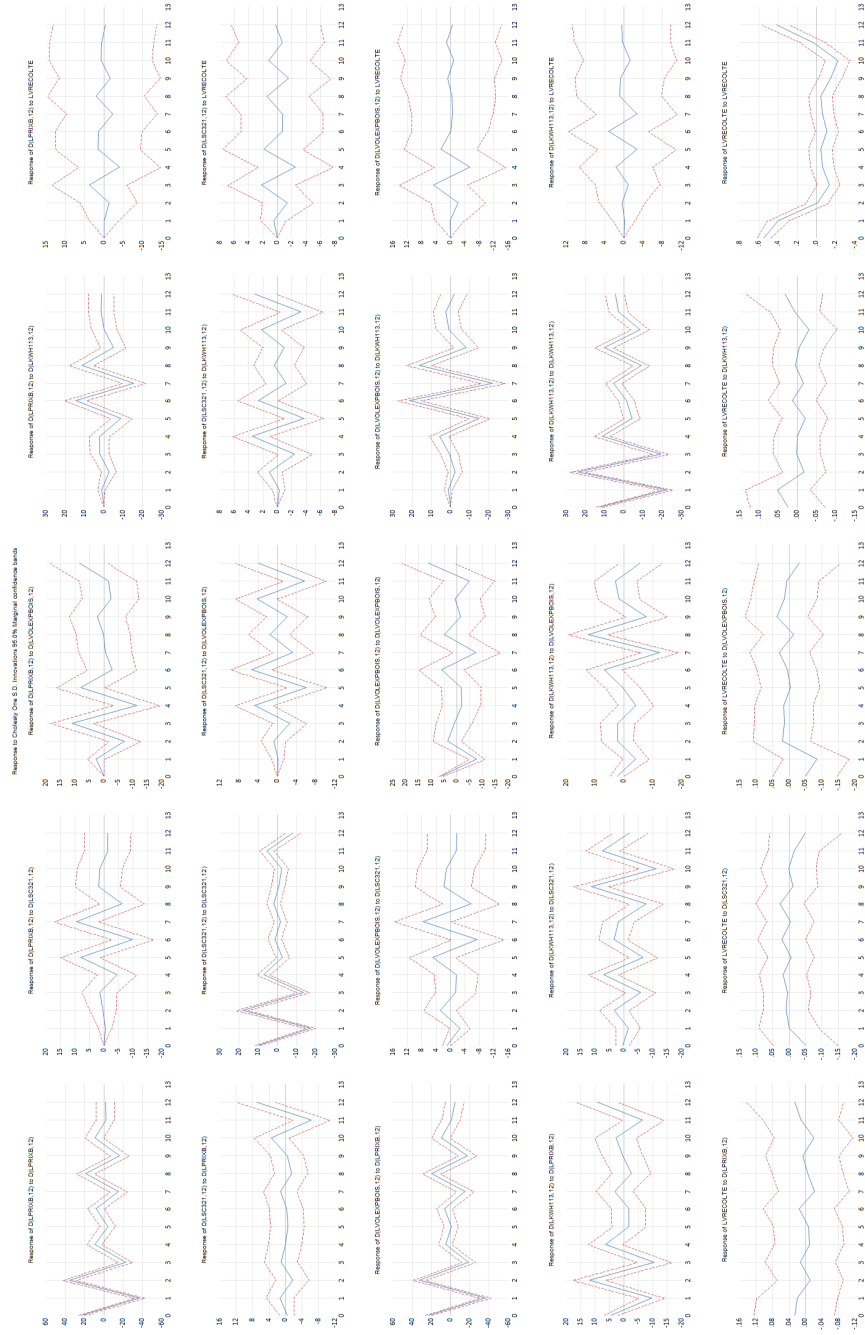


Figure A.6 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvlepxb,12) d(lkwh113,12) lvecolte

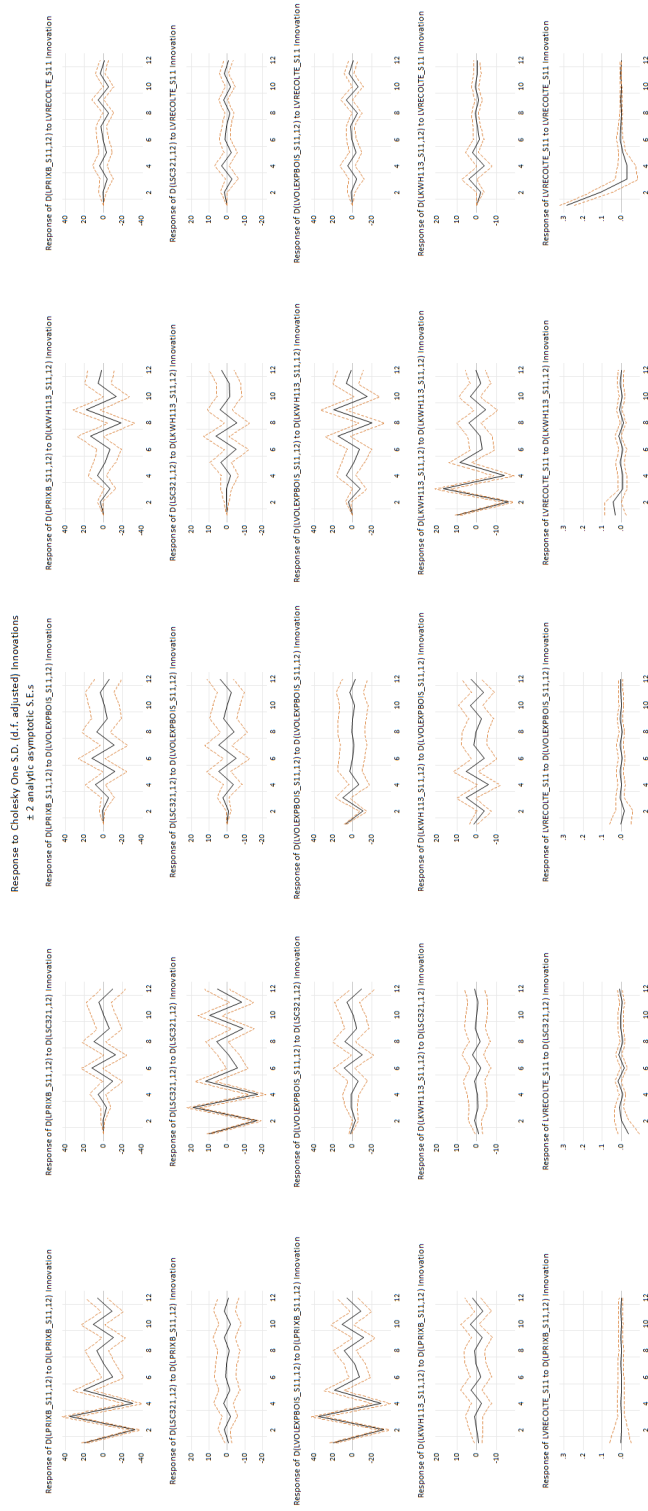


Figure A.7 – Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrccolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprixb.s11,12) d(lsc321,12) d(lvolxpbpois.s11,12) d(lkwh113.s11,12) lvrccolte.s11

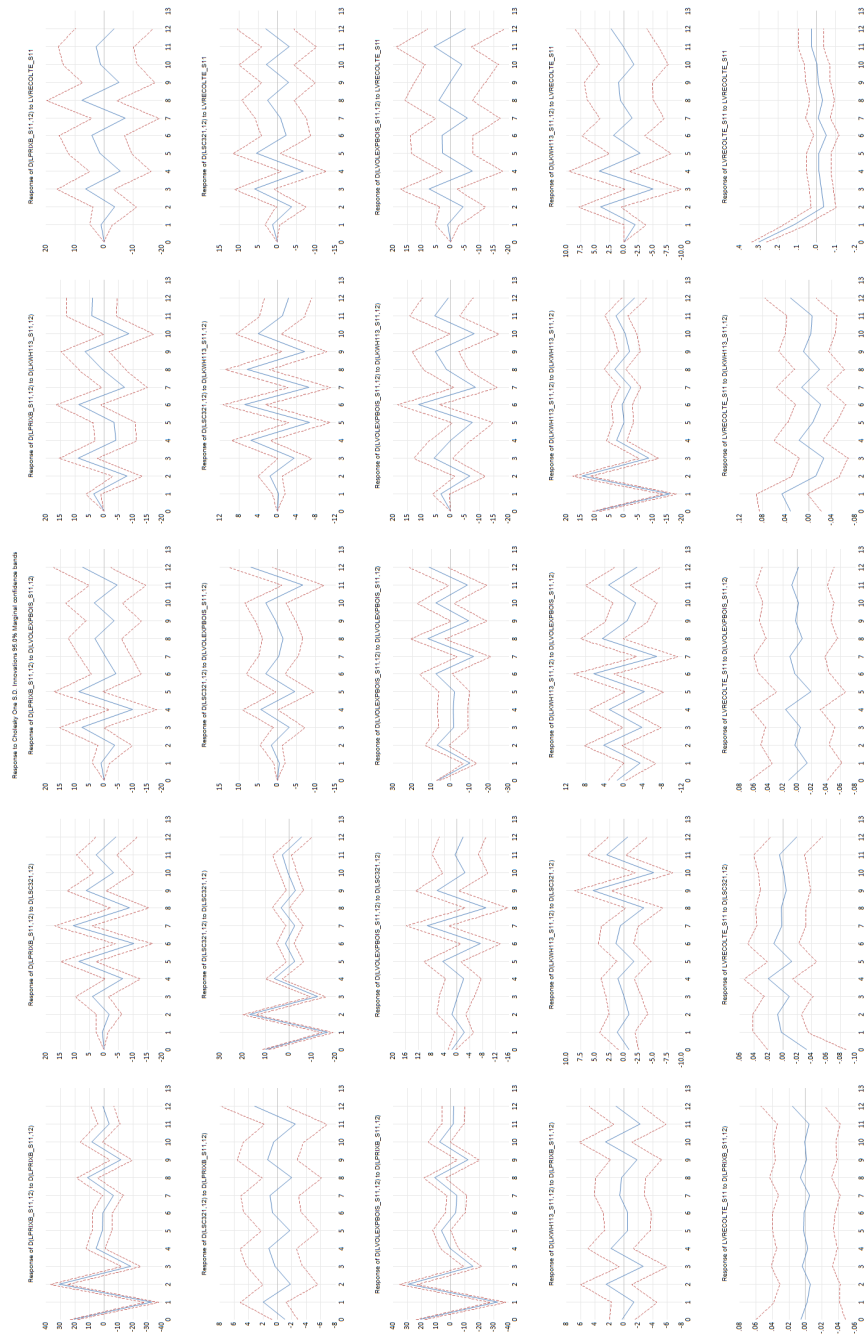


Figure A.8 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lsc321,12)$

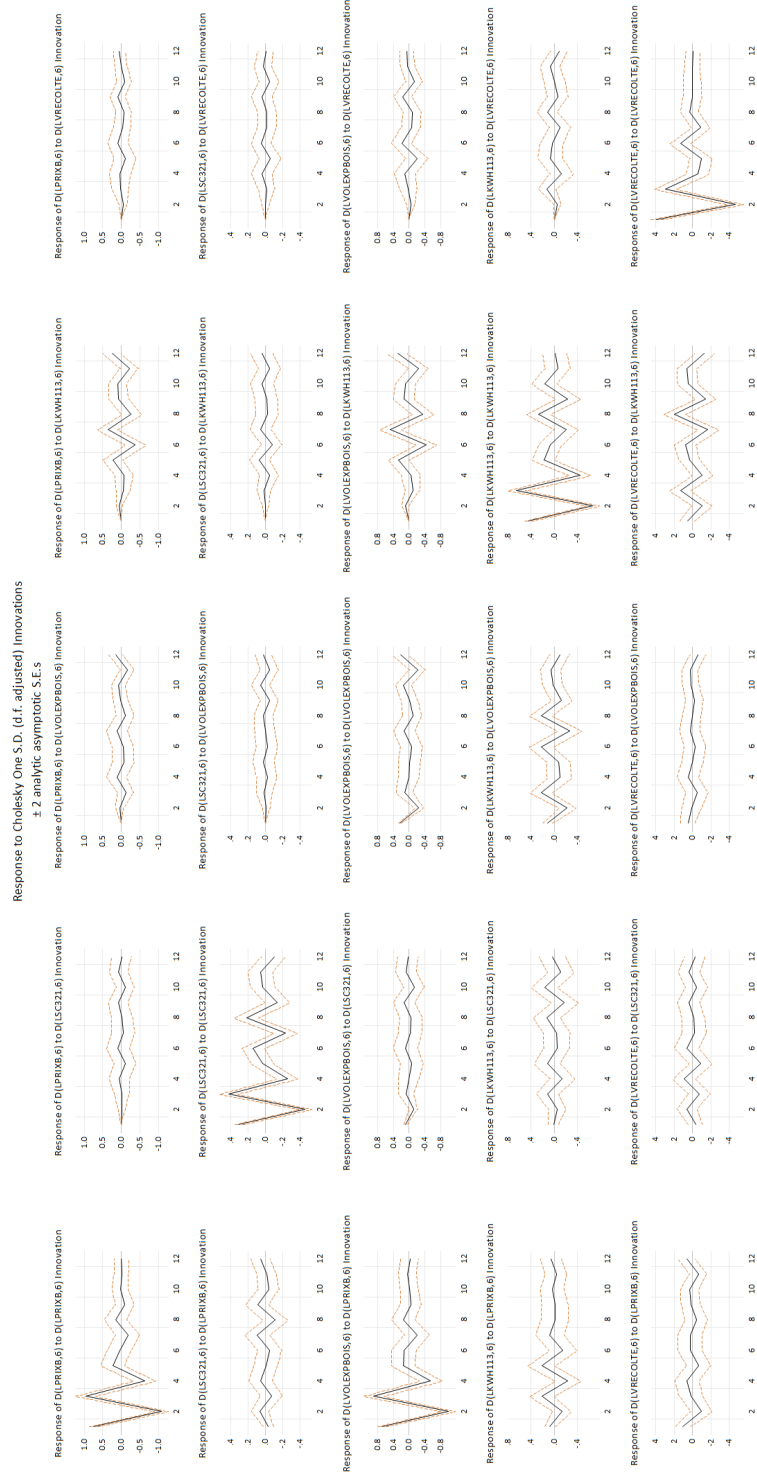
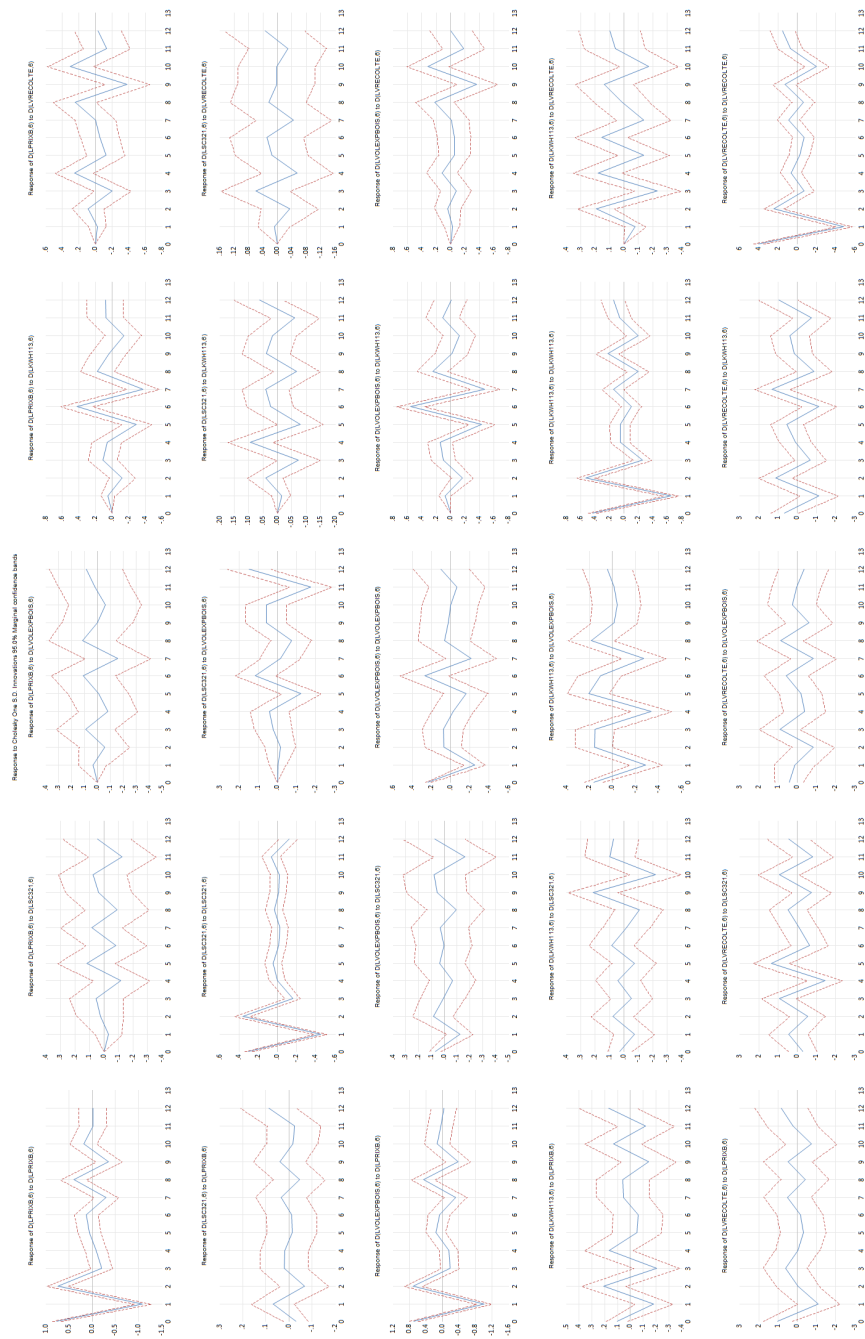


Figure A.9 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvrexpb,6) d(lsc321,6) d(lvrexpb,6) d(lvrecolte,6)



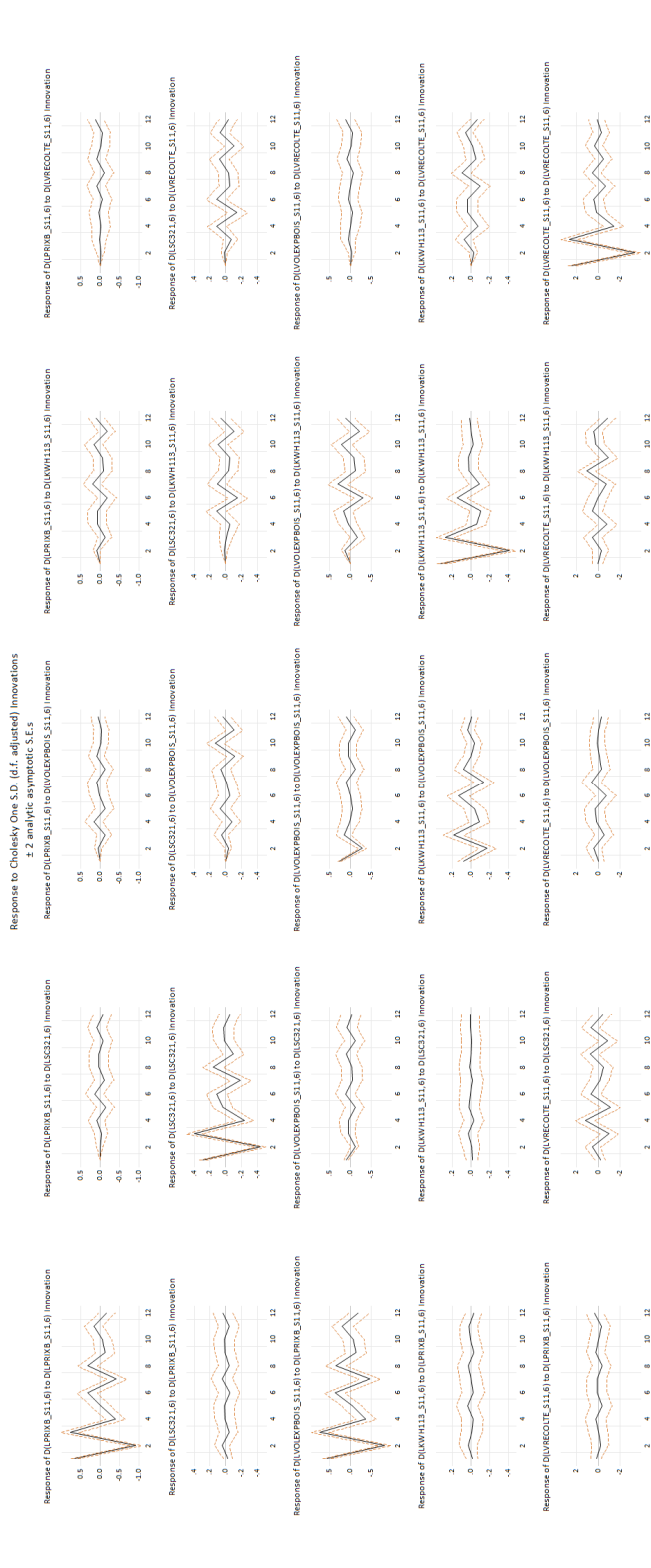


Figure A.11 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lvrexpois.s11,6) d(lkwh113.s11,6) d(lsc321.6) d(lvrecolte.s11,6)

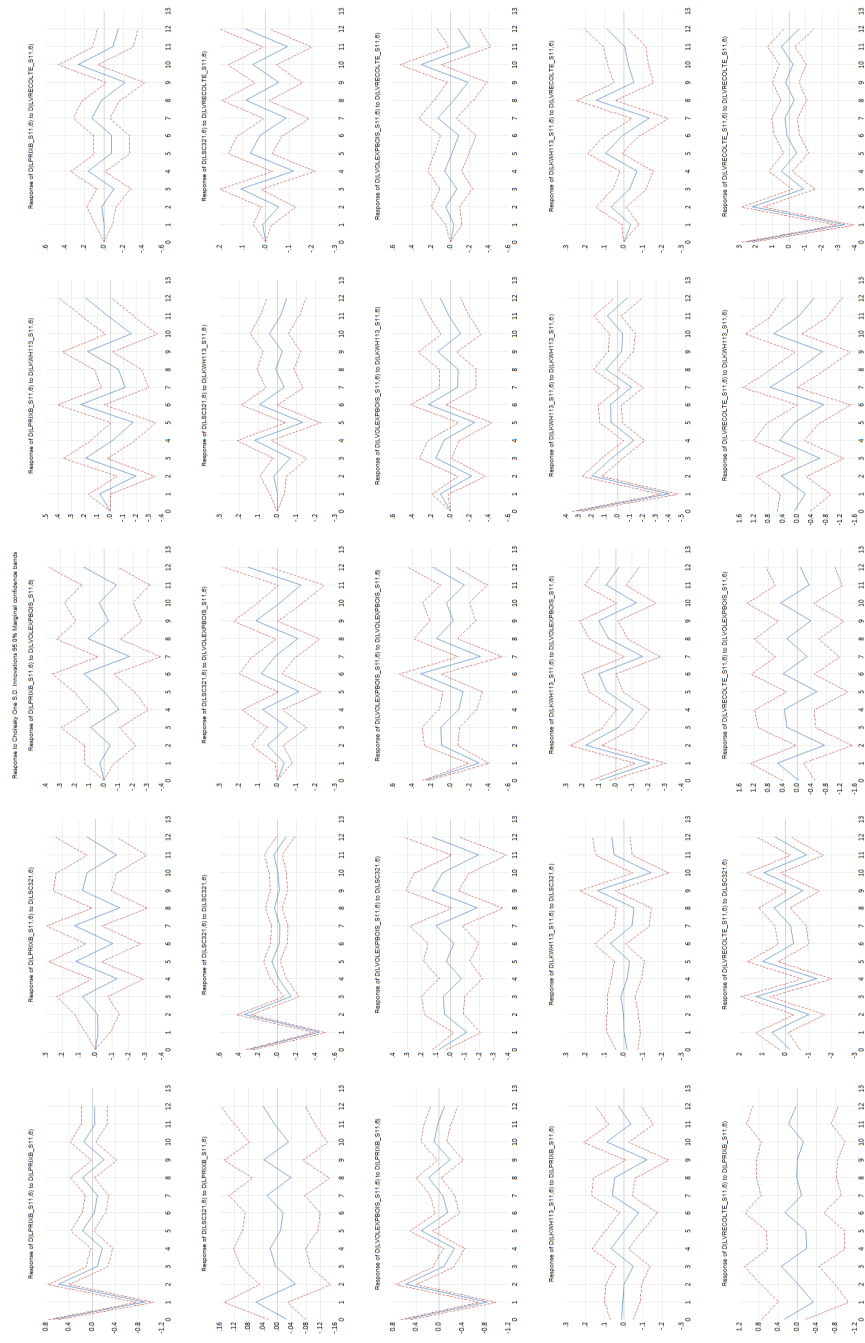


Figure A.12 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : $d(lprixb.s11,6)$ $d(lsc321,6)$ $d(lvrexpoib.s11,6)$ $d(lkwh113.s11,6)$ $d(lvrexcolte.s11,6)$

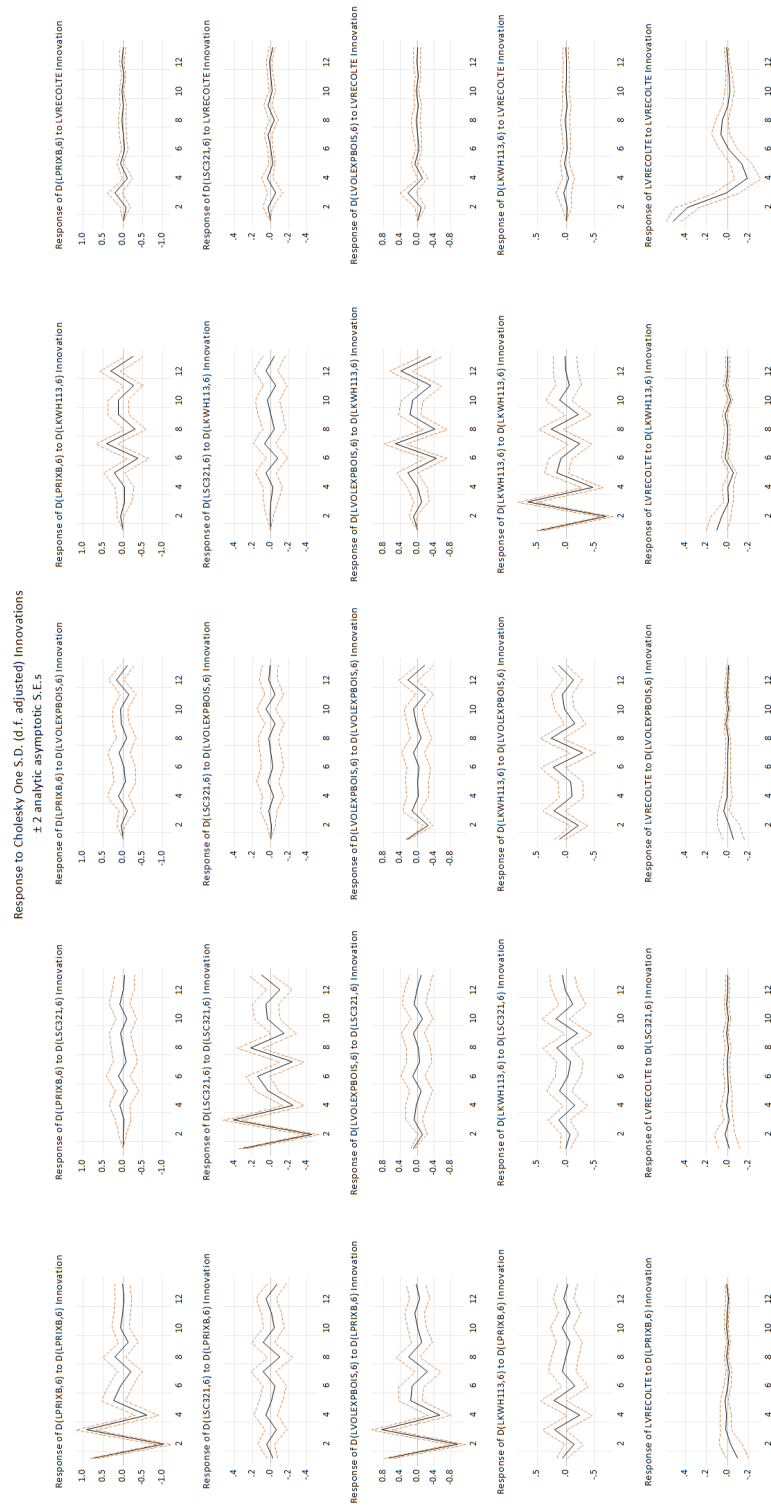


Figure A.13 – Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprxb,6)$ $d(lsc321,6)$ $d(lvrexpb,6)$ $d(lkwh113,6)$ $d(lvrecolte,6)$

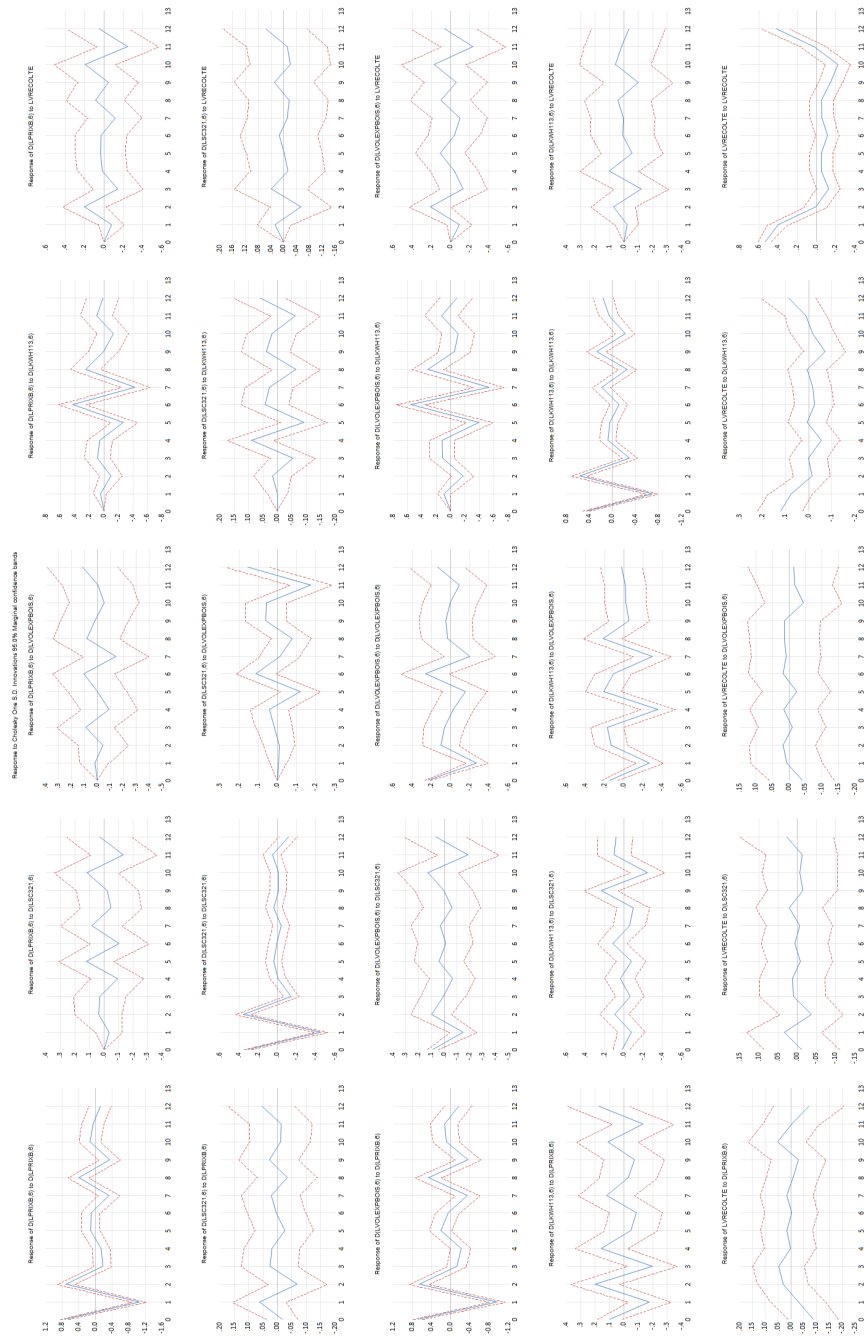


Figure A.14 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprix,6)$ $d(lsc321,6)$ $d(lvolxpbois,6)$ $d(lvrexcolte,6)$ $d(lkwh113,6)$ $lvecolte$

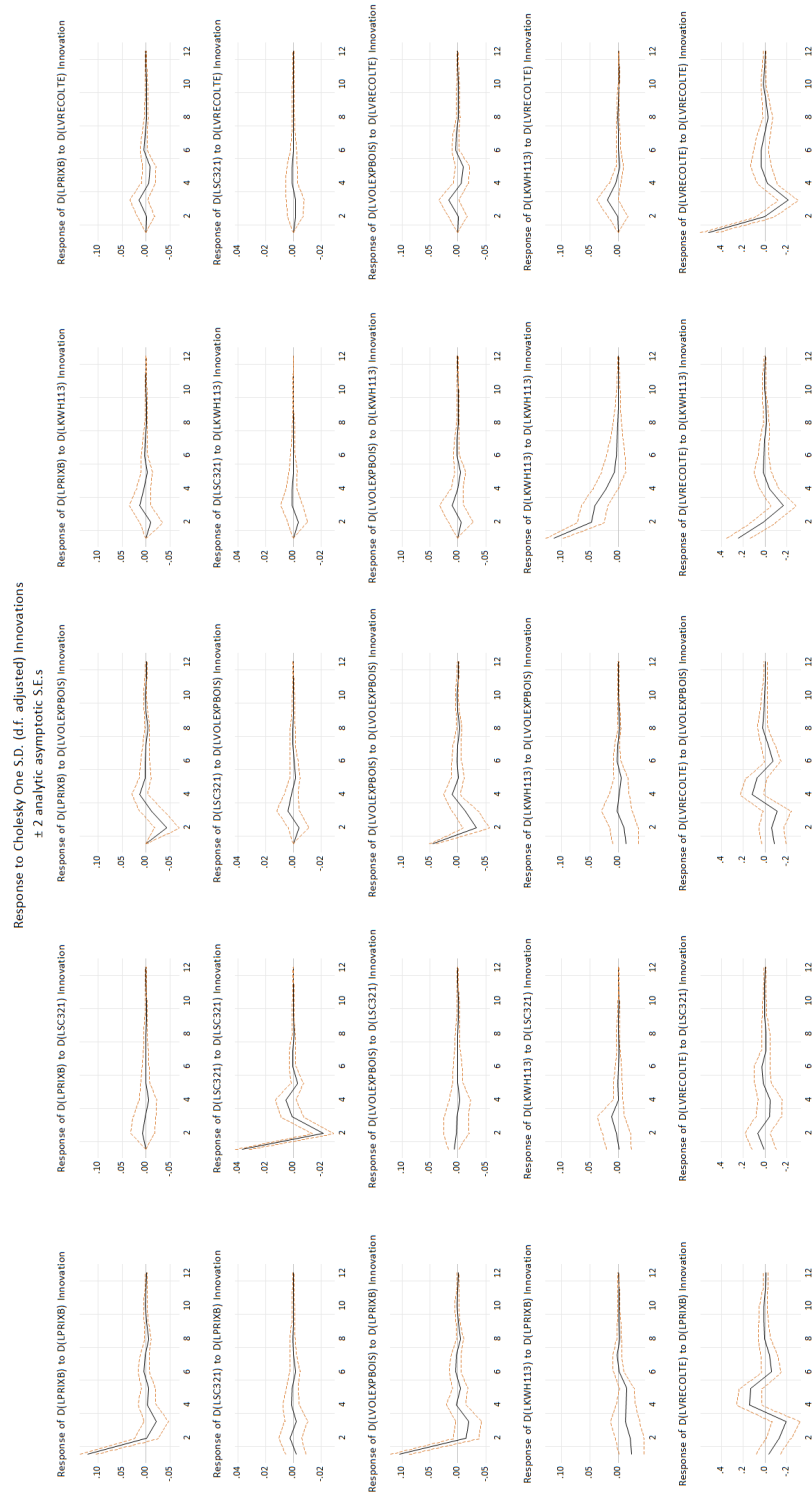


Figure A.15 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprix8)$ $d(lvolexpbois)$ $d(lkwh113)$ $d(lvrecolte)$

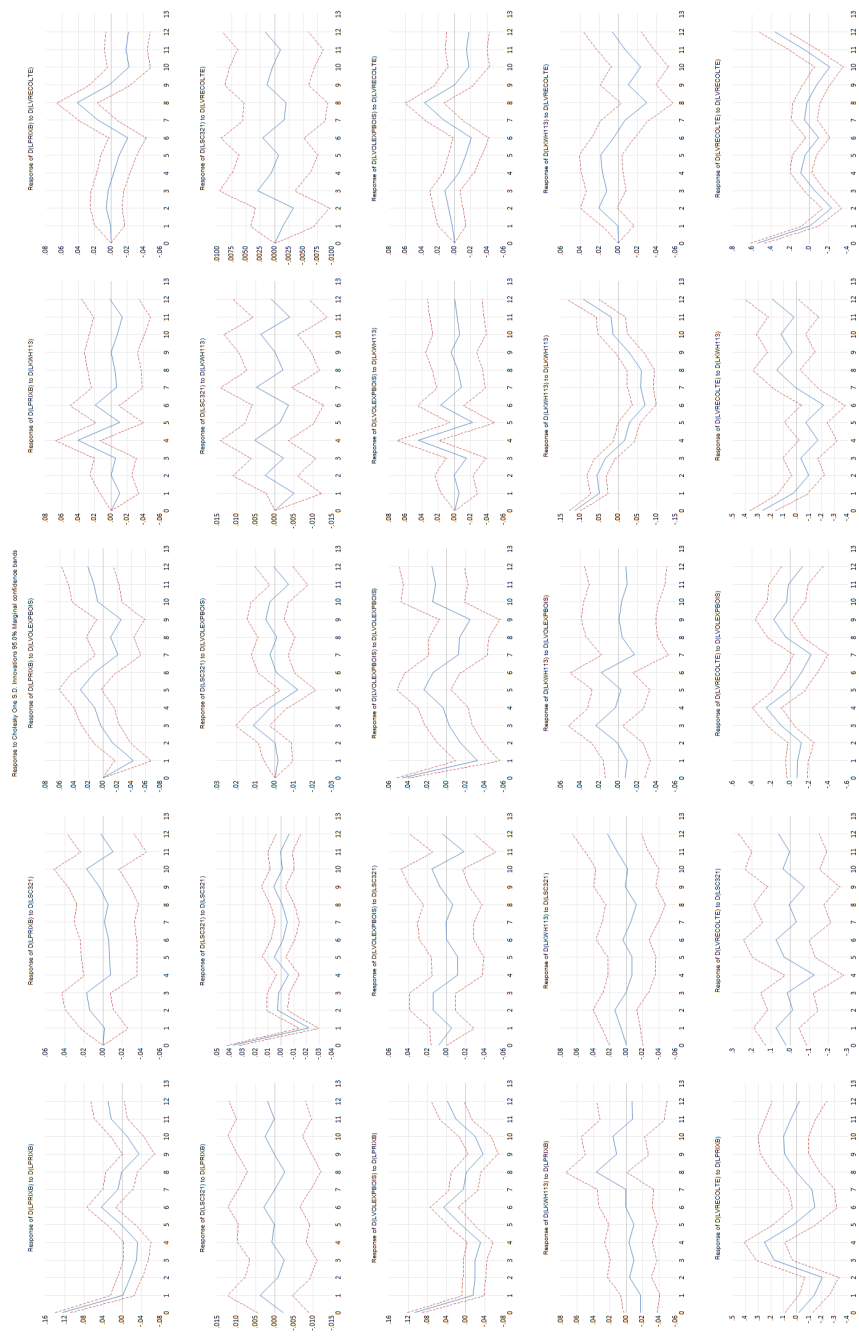


Figure A.16 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvexpbois) d(lsc321) d(lvexpbois) d(lvrexcolte)

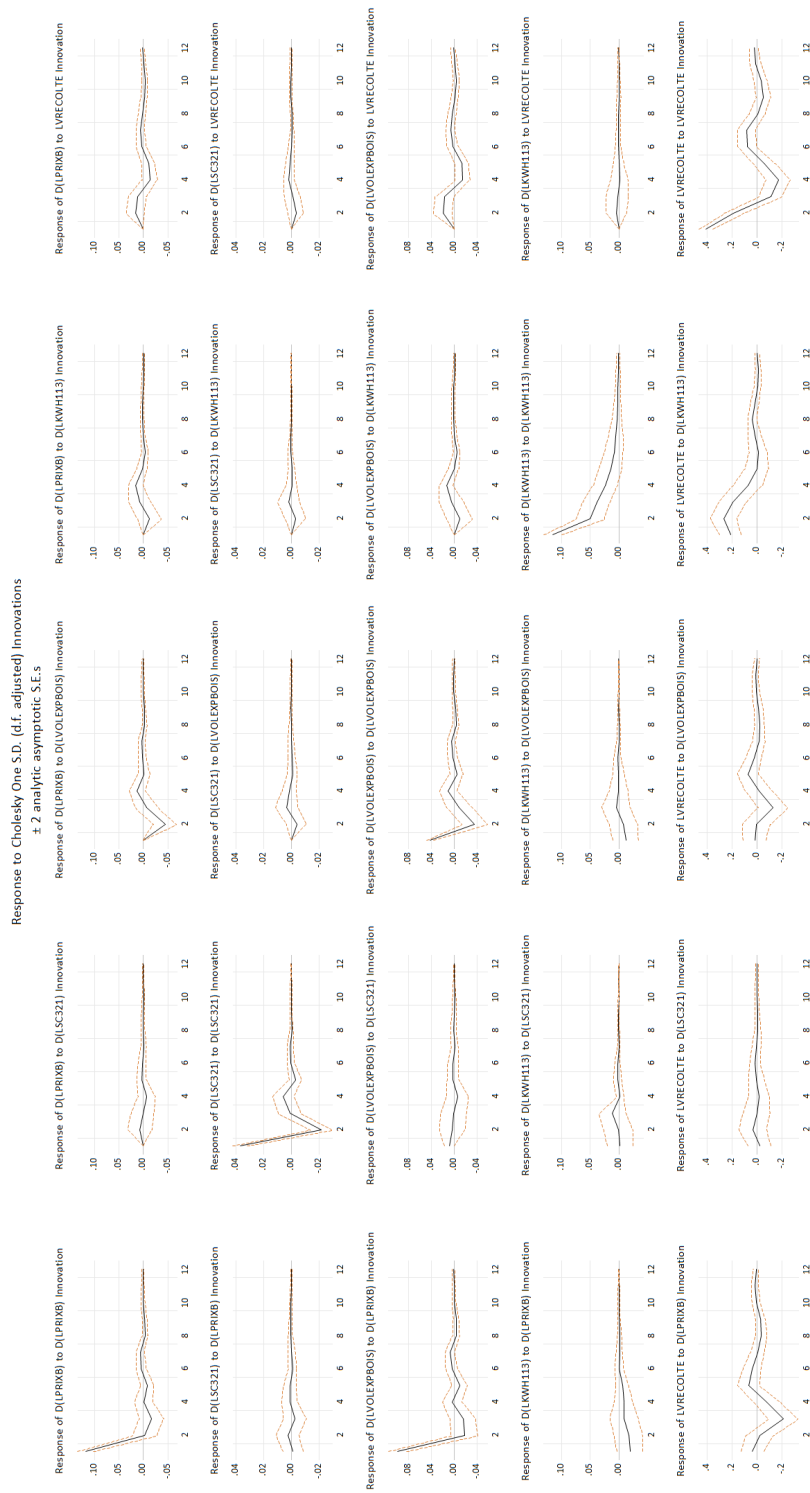


Figure A.17 – Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprix8)$ $d(lsc321)$ $d(lvolexpbois)$ $d(lkwh113)$ $lvrecolte$

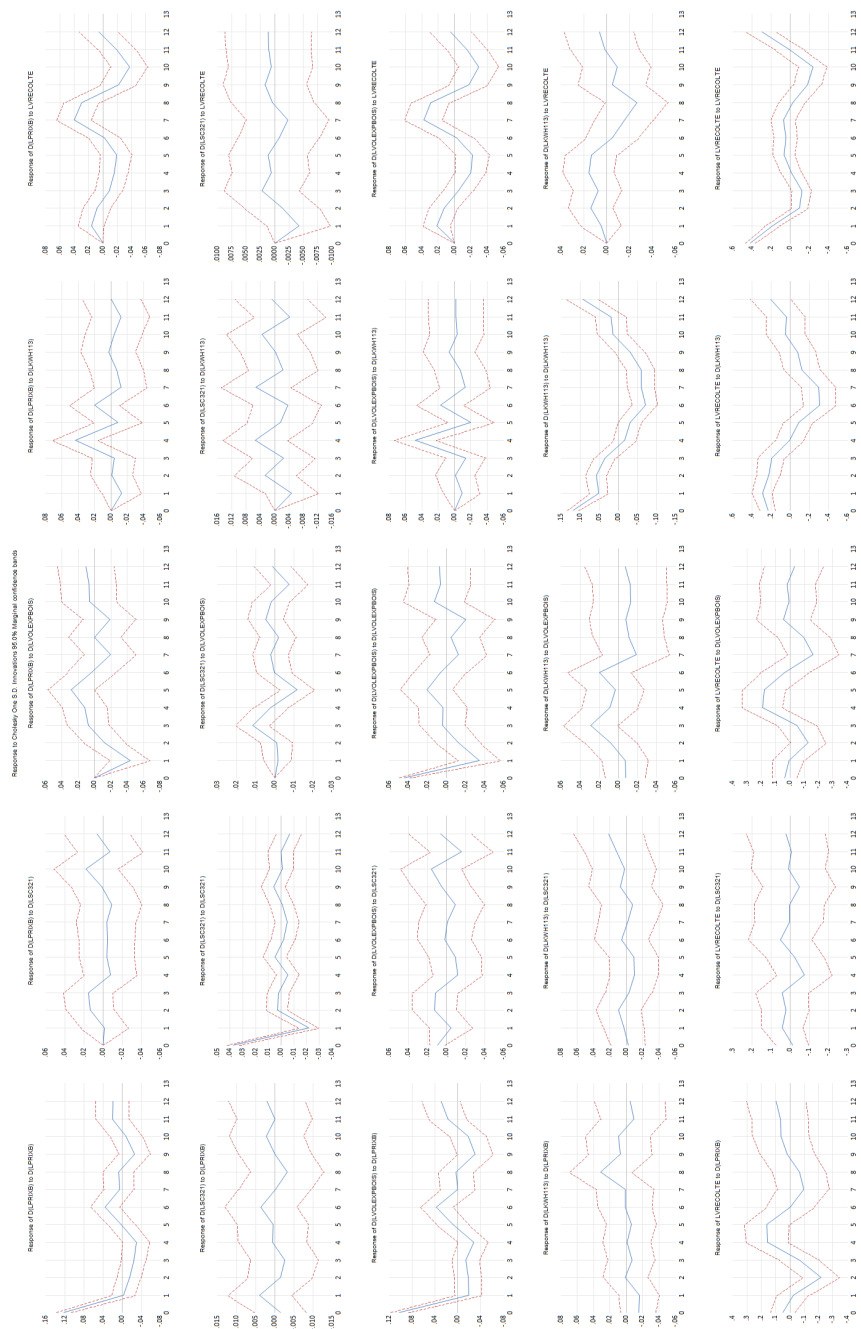


Figure A.18 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte) d(lvlecolte)

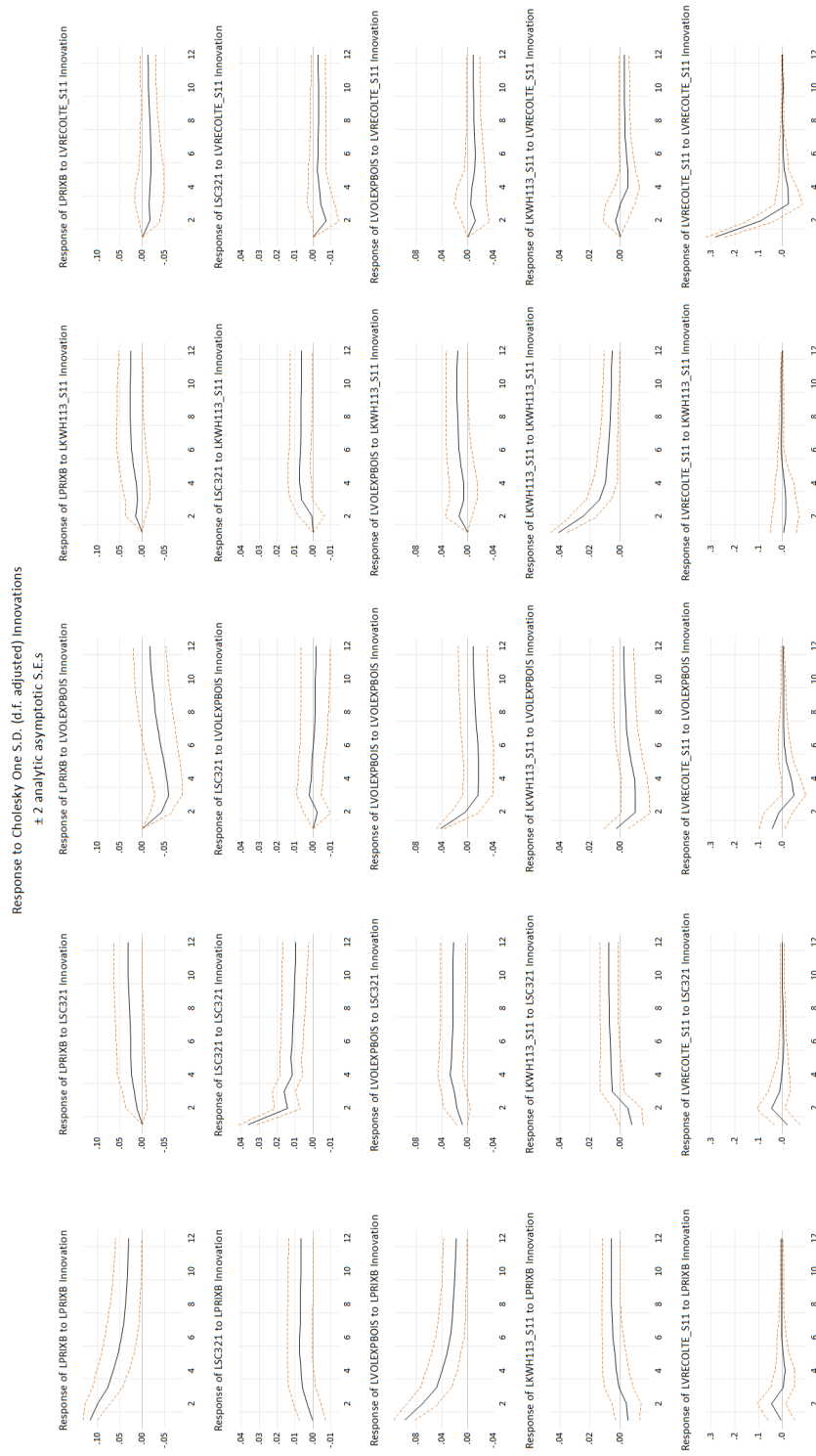
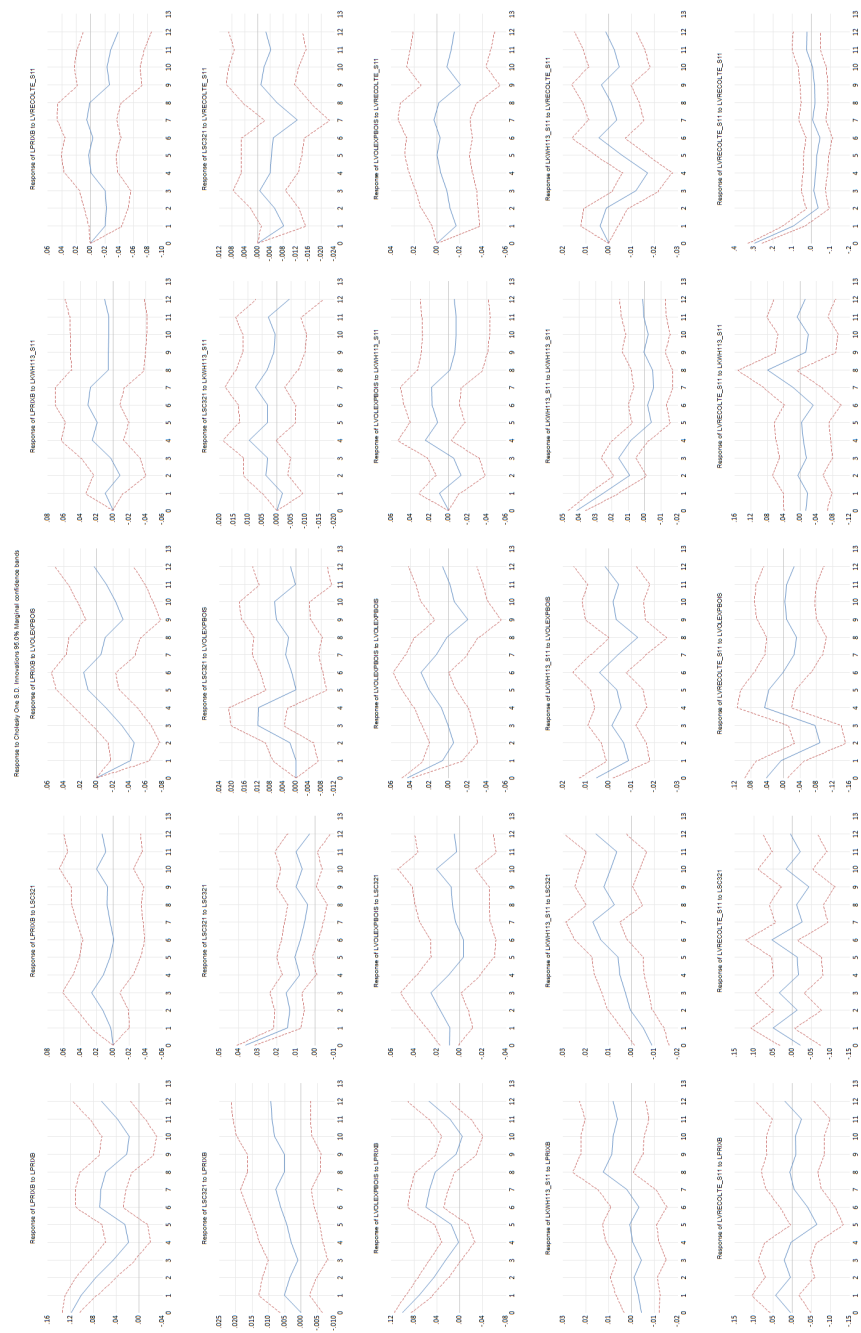


Figure A.19 – Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprxb lsc321 lvolexpbois lkwh113.s11 lvrecolte.s11



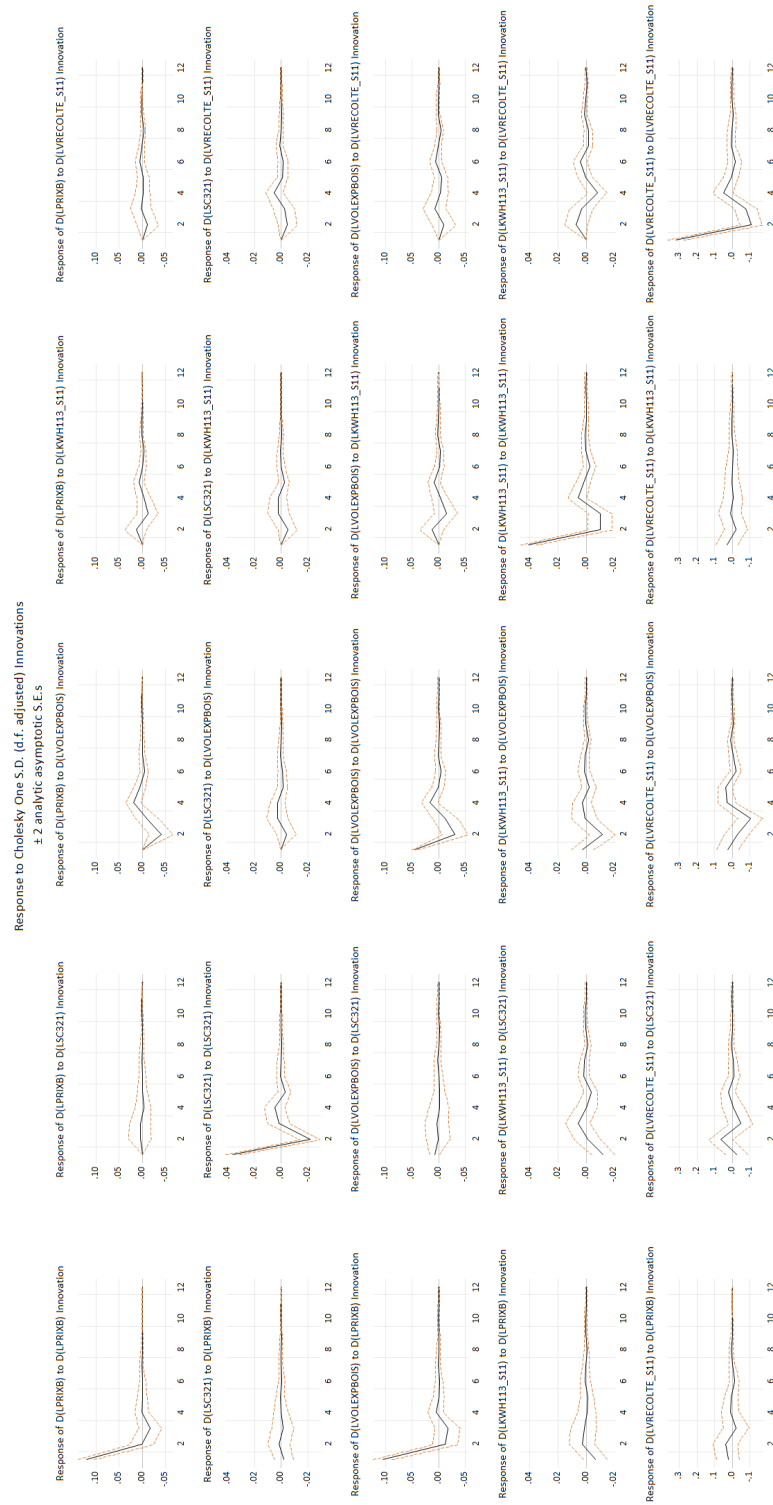


Figure A.21 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : $d(lvrexpb01s)$ $d(lkwh113_s11)$ $d(lvrexcolte_s11)$

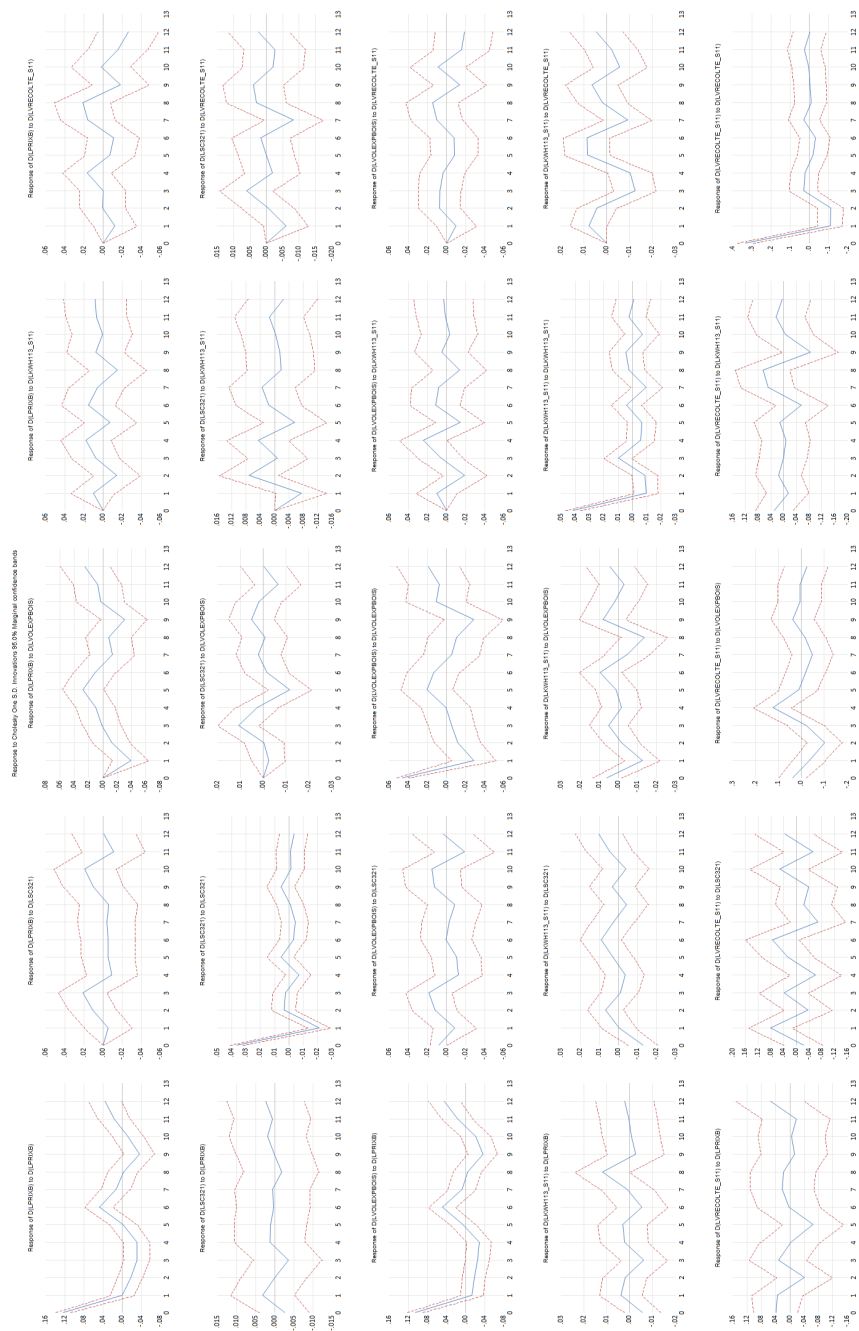


Figure A.22 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc321) d(lvexpbois) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)

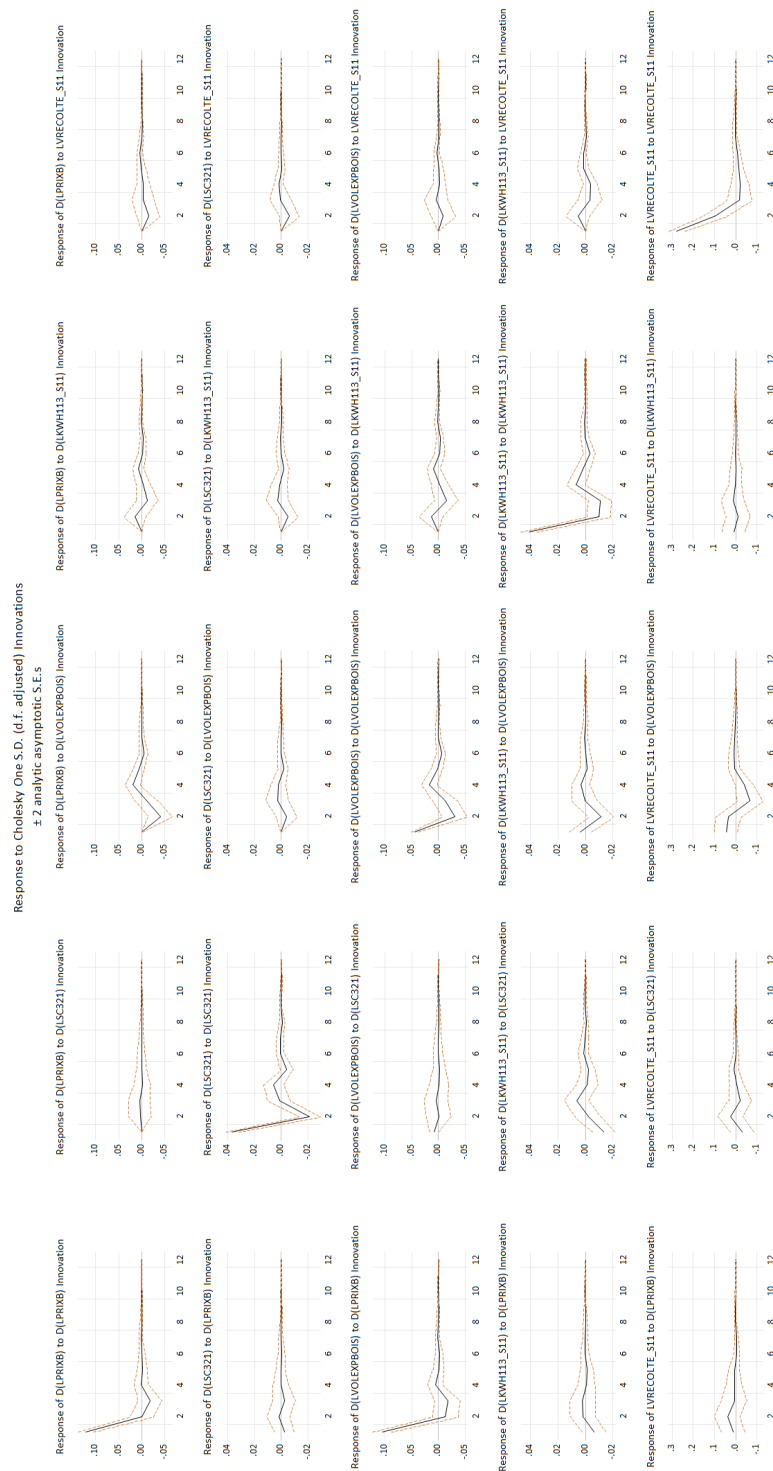


Figure A.23 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb)
d(lsc321) d(lvrexpb01s) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11

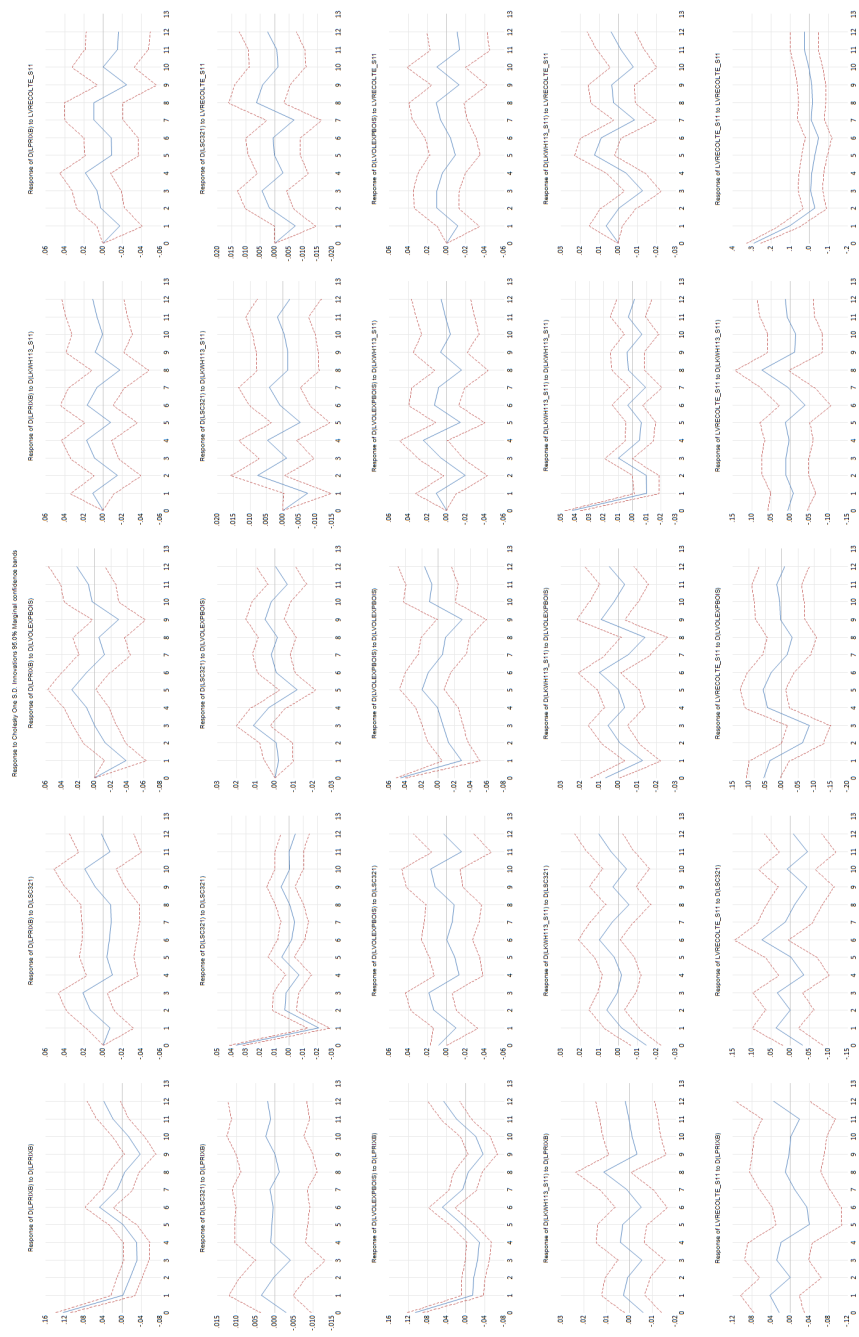


Figure A.24 – Projections locales, en var % (except lvrcolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb)
d(lsc321) d(lvolexpbois) d(lkwh113.s11) lvrcolte.s11

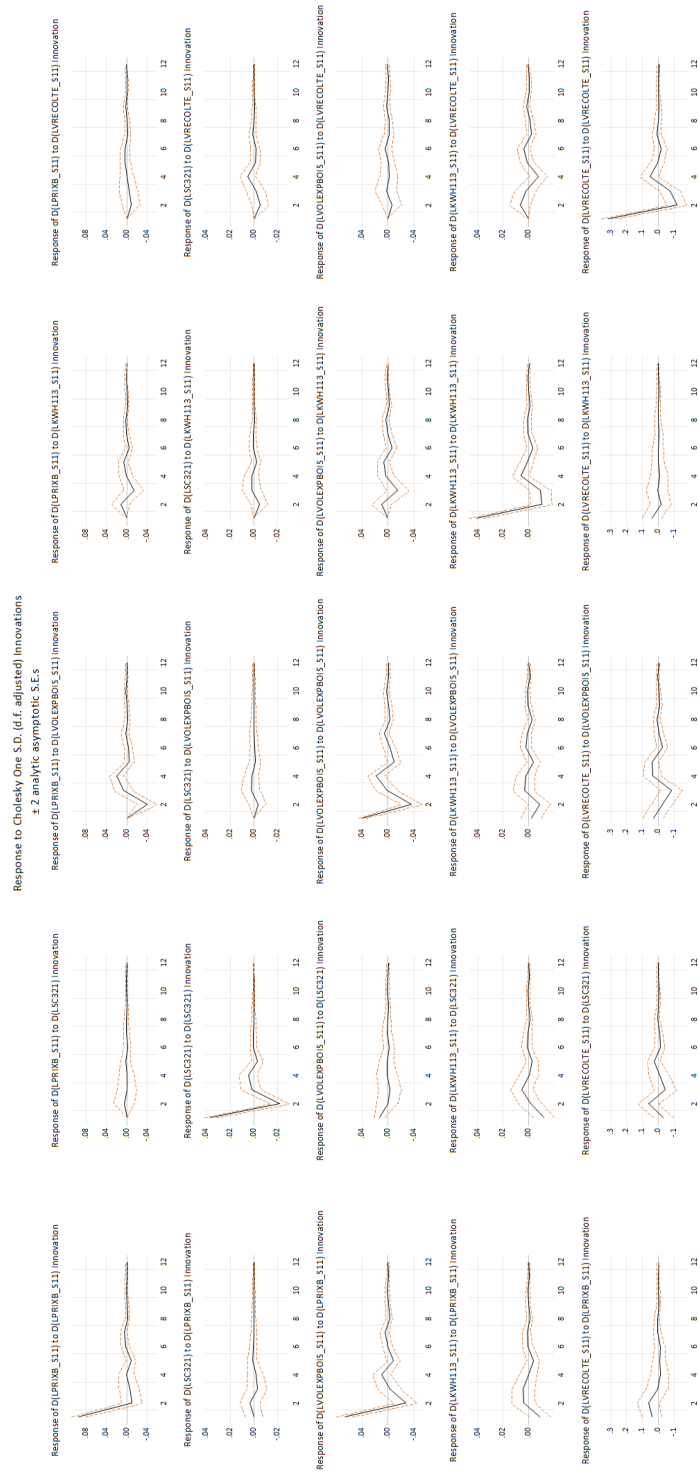


Figure A.25 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : d(lvrexpois.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11) d(lsc321)

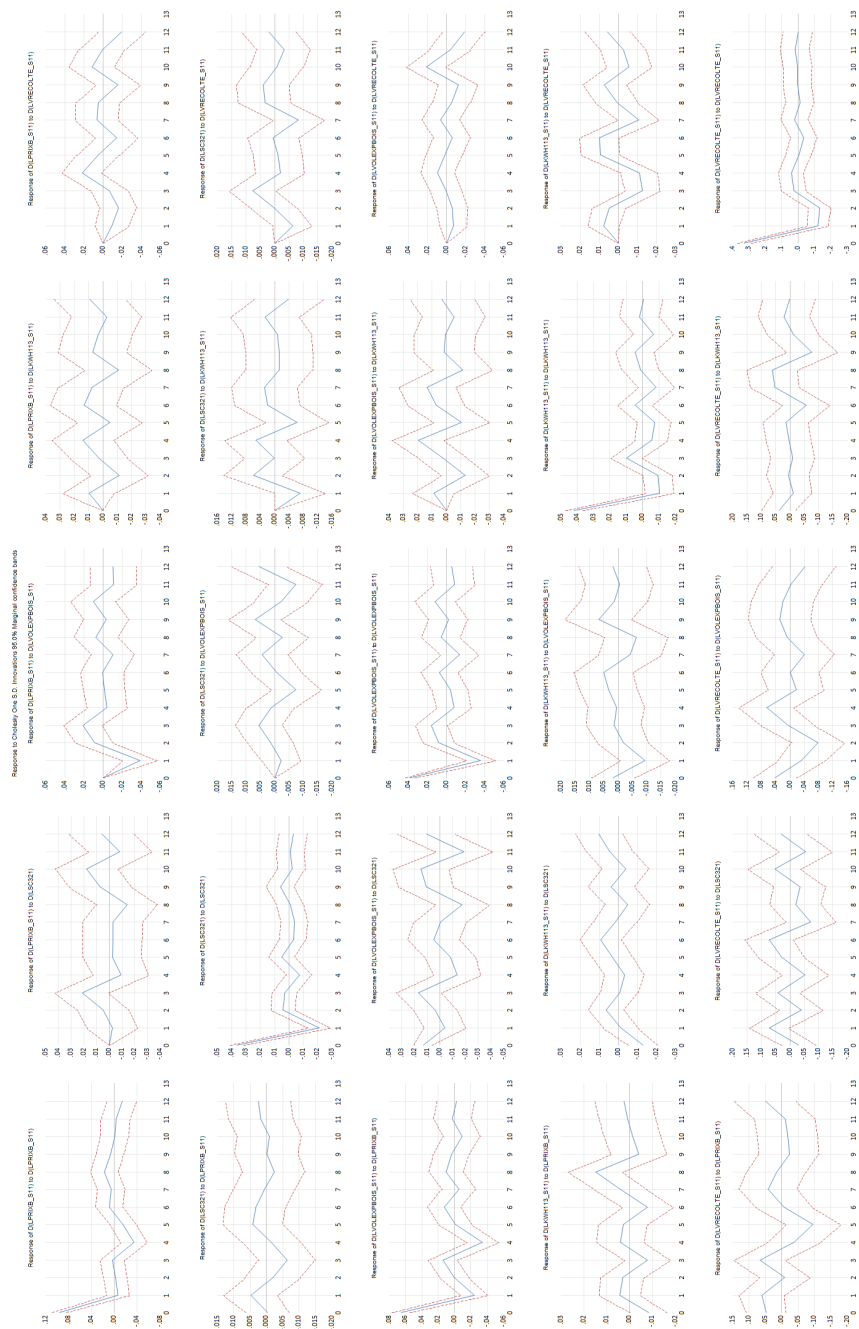


Figure A.26 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexpoib.s11)$

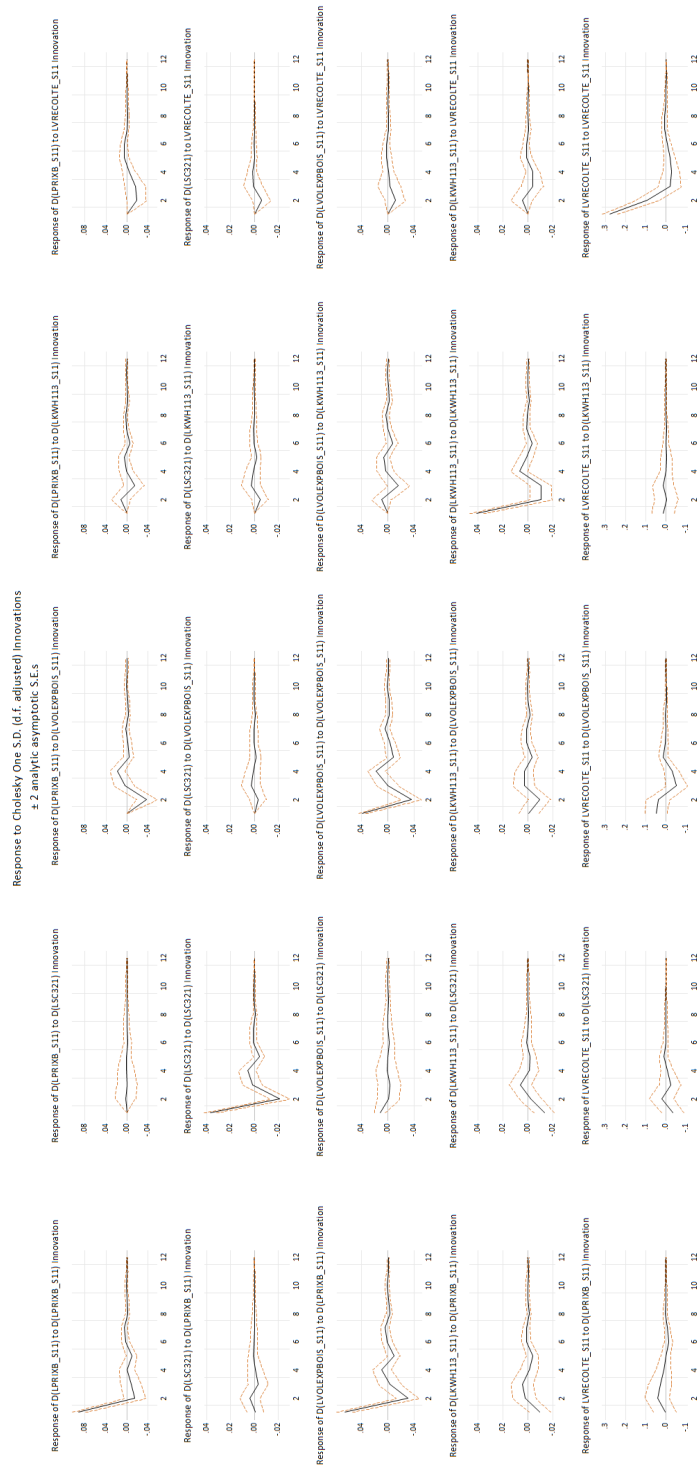


Figure A.27 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) : $d(lprmb.s11)$ $d(lsc321)$ $d(lvleexpbois.s11)$ $d(lkwh113.s11)$ $lvrecolte.s11$

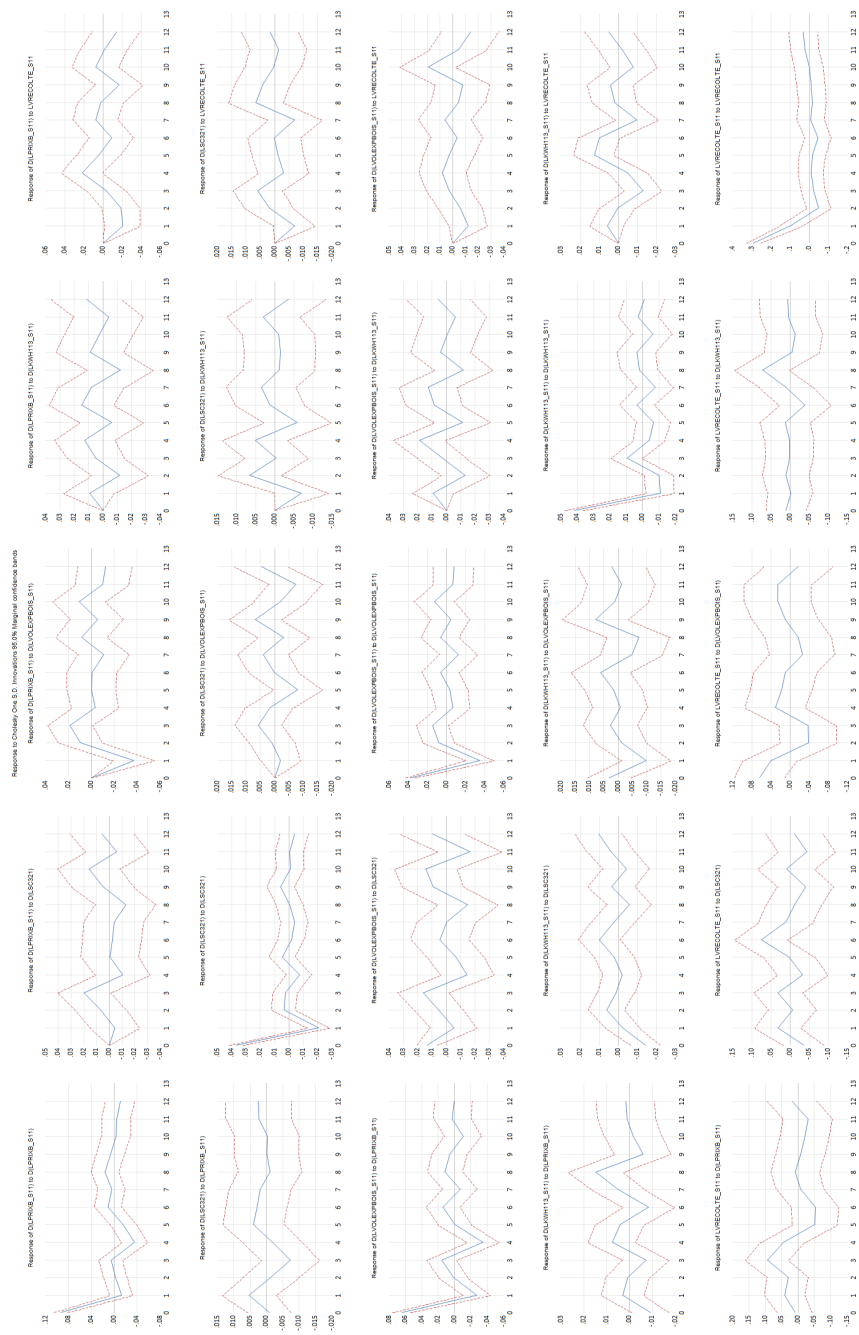


Figure A.28 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (For all the variables) :
d(lprxb.s11) d(lsc321) d(lvleexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11

ANNEXE B

IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS EN BOIS

Cette annexe rassemble les fonctions de réponse impulsionnelle et les projections locales concernant la consommation d'électricité dans le secteur de la fabrication de produits en bois. Elle constitue un prolongement des résultats exposés dans le chapitre 3 et fournit une lecture plus détaillée des réactions de ce sous-secteur face aux chocs économiques et énergétiques.

L'accent est mis sur les interactions entre la consommation d'énergie, la valeur ajoutée brute du secteur, les exportations, les volumes de récolte et les prix du bois. Ces variables permettent de mieux saisir les dynamiques industrielles propres à la première transformation du bois, où les variations de l'activité économique peuvent influencer directement les besoins énergétiques.

Différentes spécifications du modèle VAR et des projections locales sont mobilisées afin d'évaluer la robustesse des résultats et de dégager des tendances de court terme. Ces graphiques complètent ainsi l'analyse principale en offrant une représentation empirique des ajustements énergétiques caractéristiques de ce segment de l'industrie forestière.

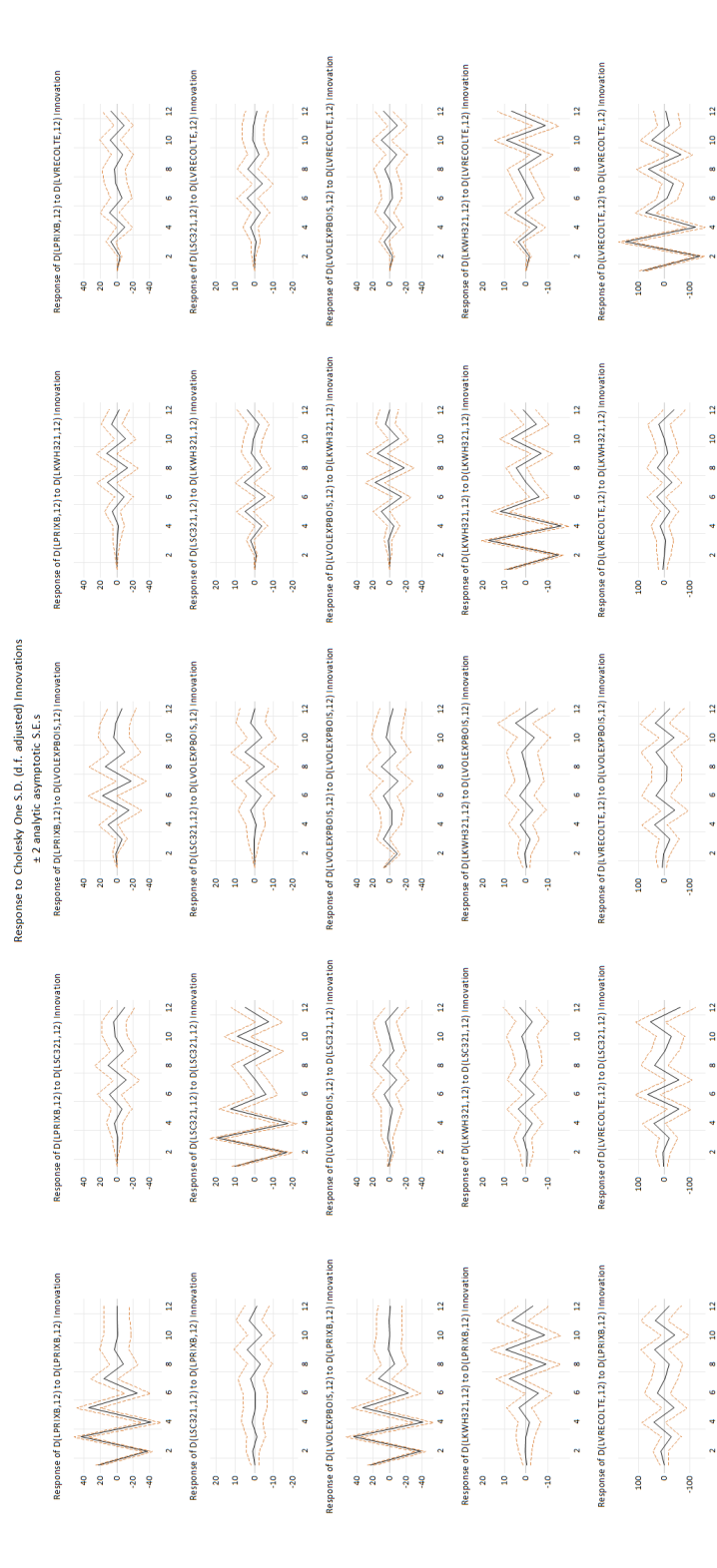


Figure B.1 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexpb,12)$ $d(lvrexpb,12)$

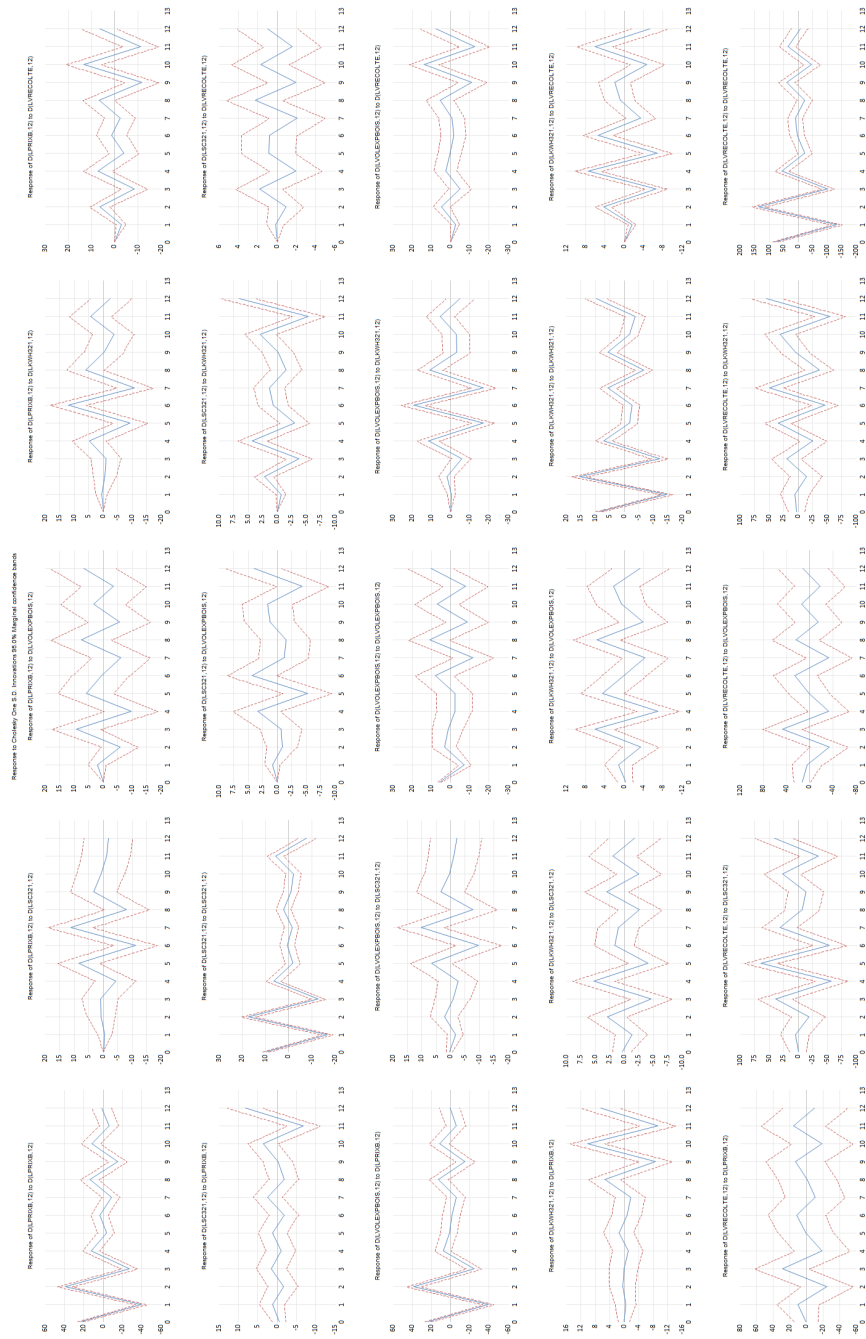


Figure B.2 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvrexpois,12) d(lvrexpois,12) d(lvrexpois,12) d(lvrexpois,12) d(lvrexpois,12)

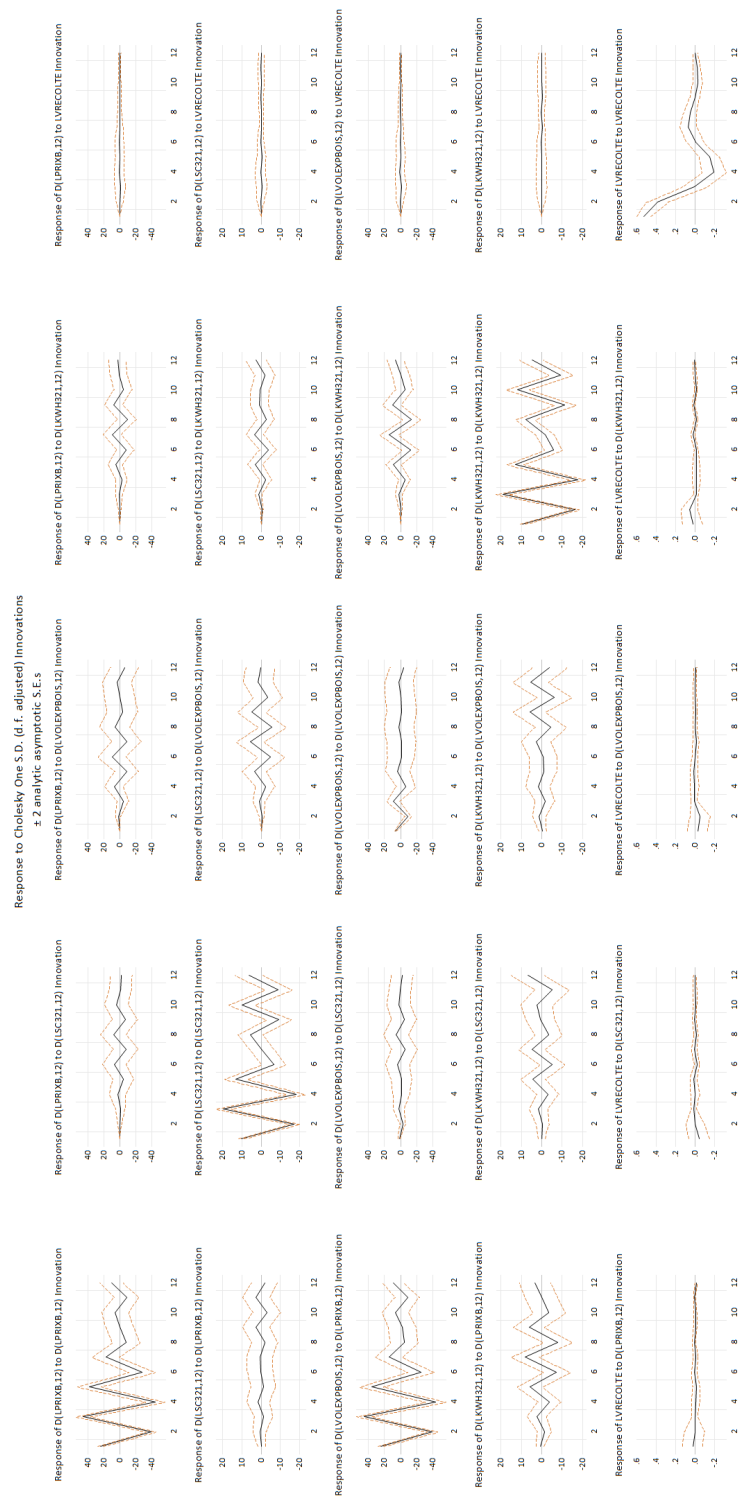


Figure B.3 – Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc321,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh321,12) lvecolte

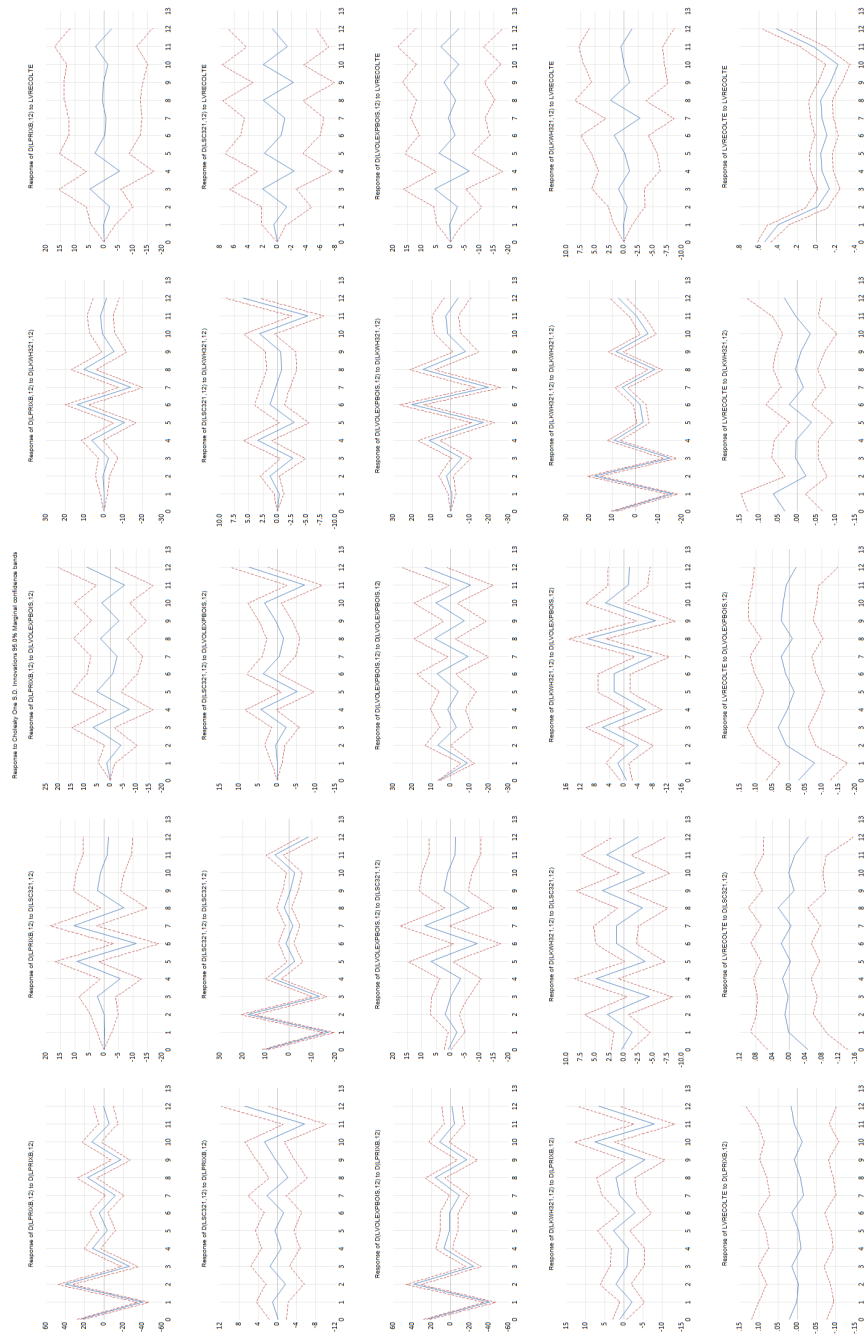


Figure B.4 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprixb,12)$ $d(lsc321,12)$ $d(lvexpbois,12)$ $d(lvcolpbois,12)$ $d(lvcolpbois,12)$ $d(lvcolpbois,12)$

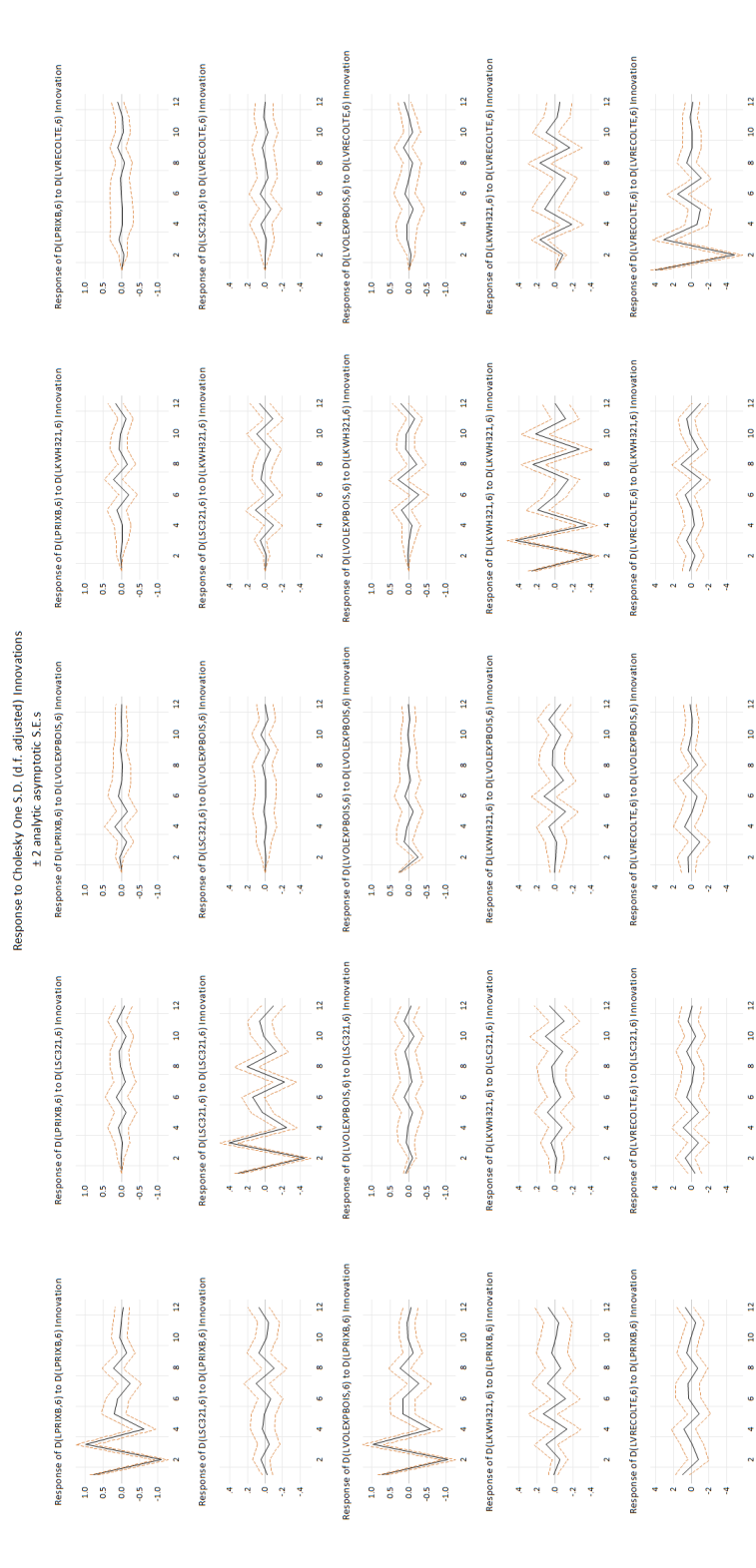


Figure B.5 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexpb,6)$ $d(lsc321,6)$ $d(lvrexcolte,6)$

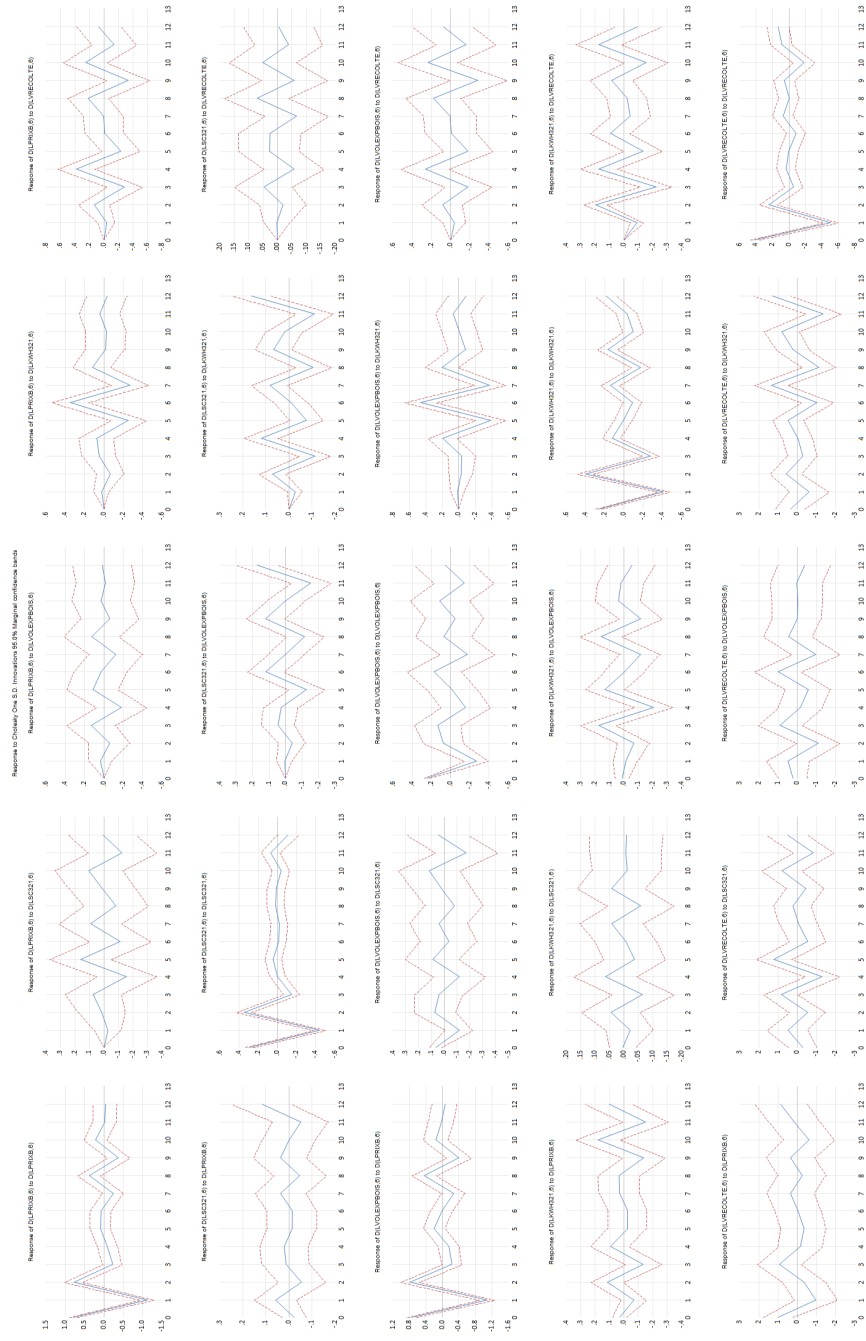


Figure B.6 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc321,6) d(lvrexcolte,6) d(lkwh321,6)

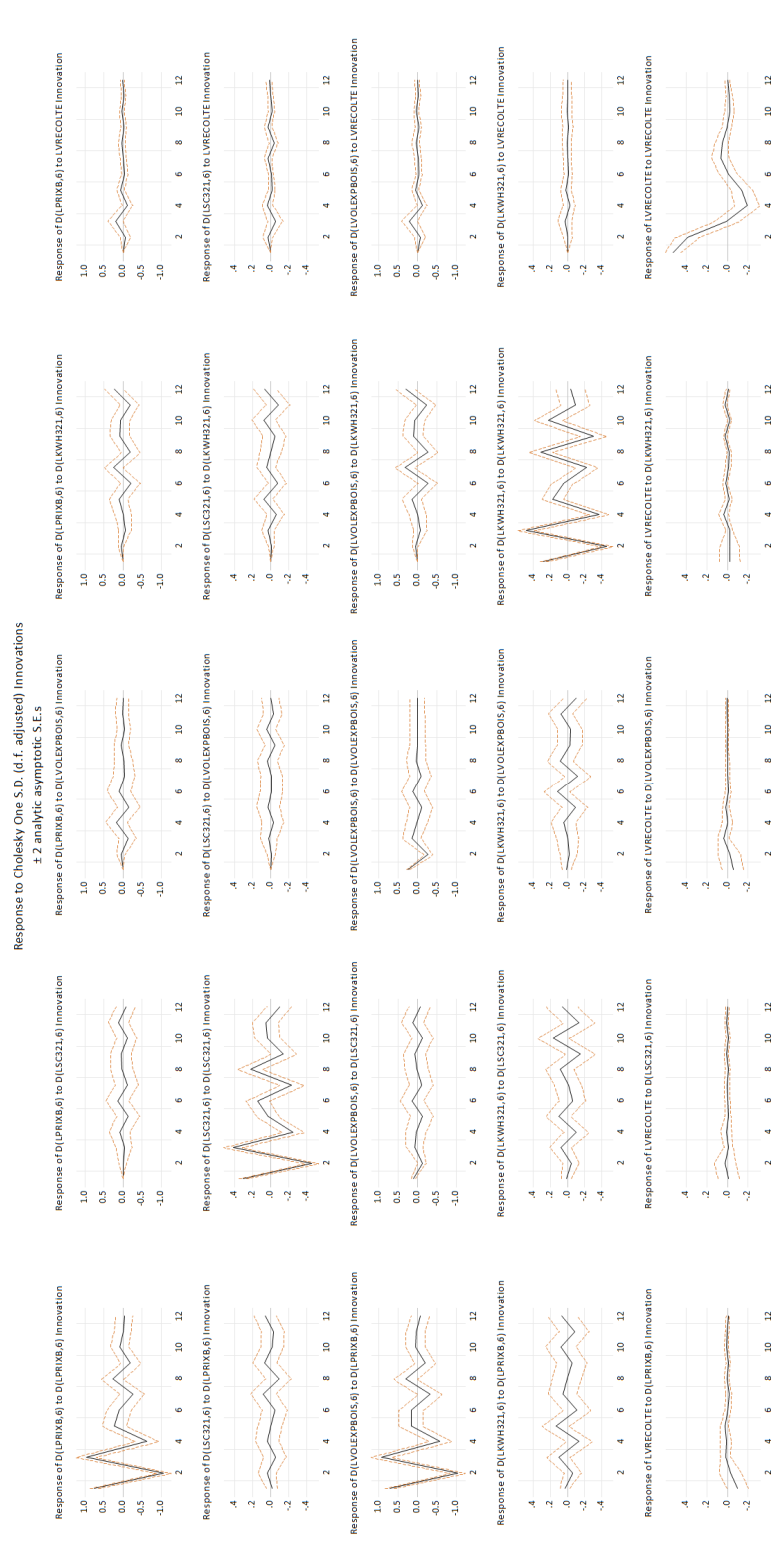


Figure B.7 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprixb,6)$ $d(lsc321,6)$ $d(lvolxpbois,6)$ $d(lkwh321,6)$ $lvrecolte$

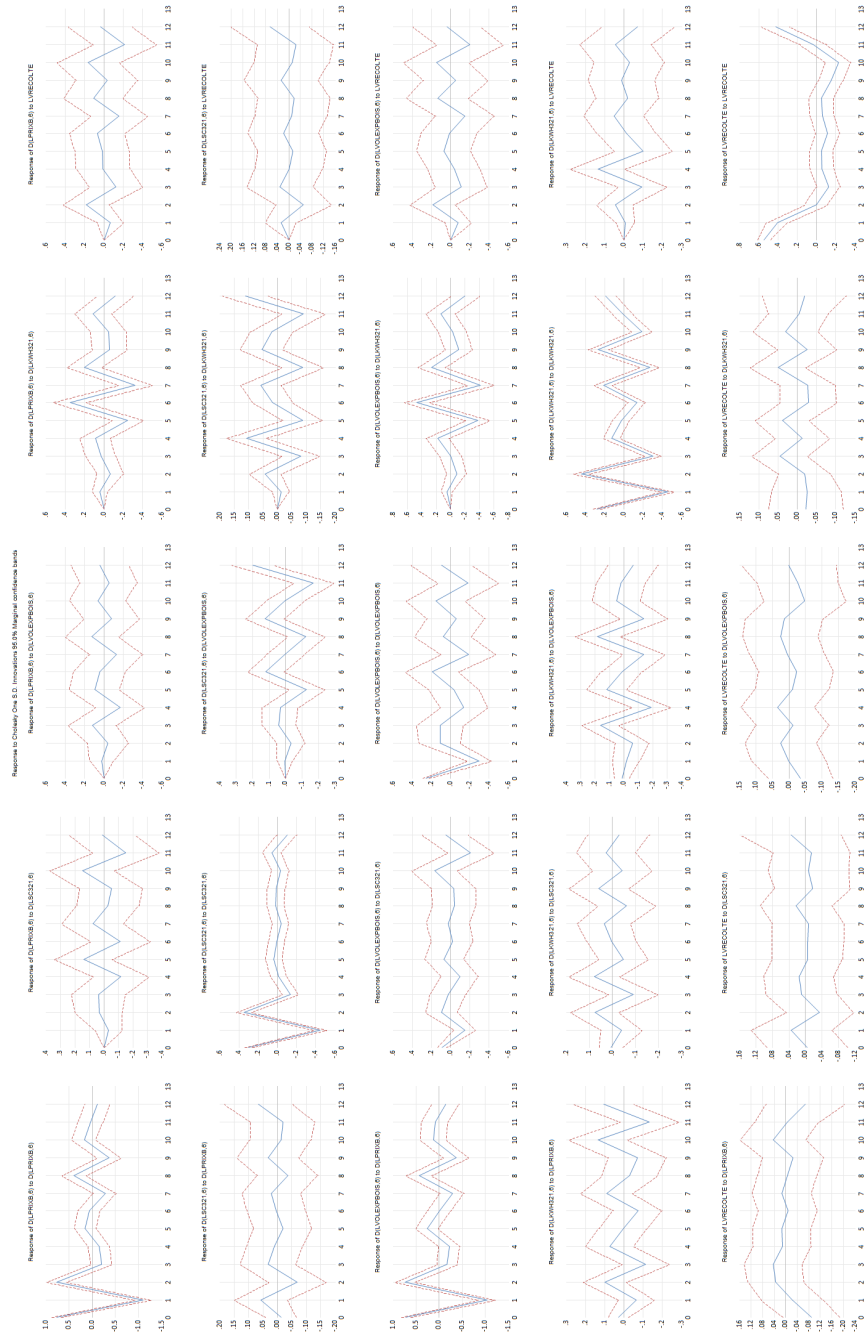


Figure B.8 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvleco1b,6) d(lvleco1b,6) d(lvleco1b,6) d(lvleco1b,6)

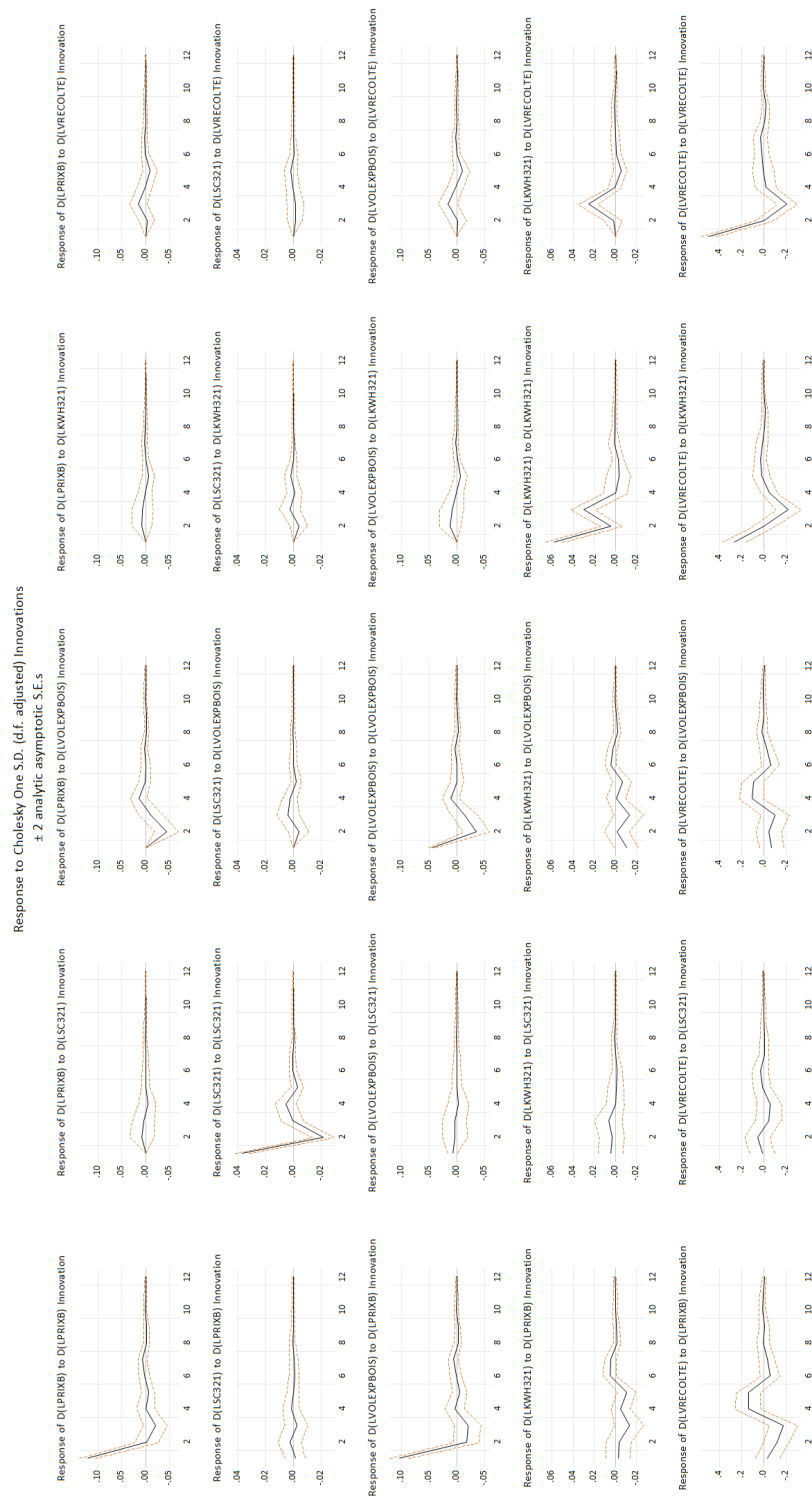


Figure B.9 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprix8)$ $d(lsc321)$ $d(lvexp8)$ $d(lkwh321)$ $d(lvrecolte)$

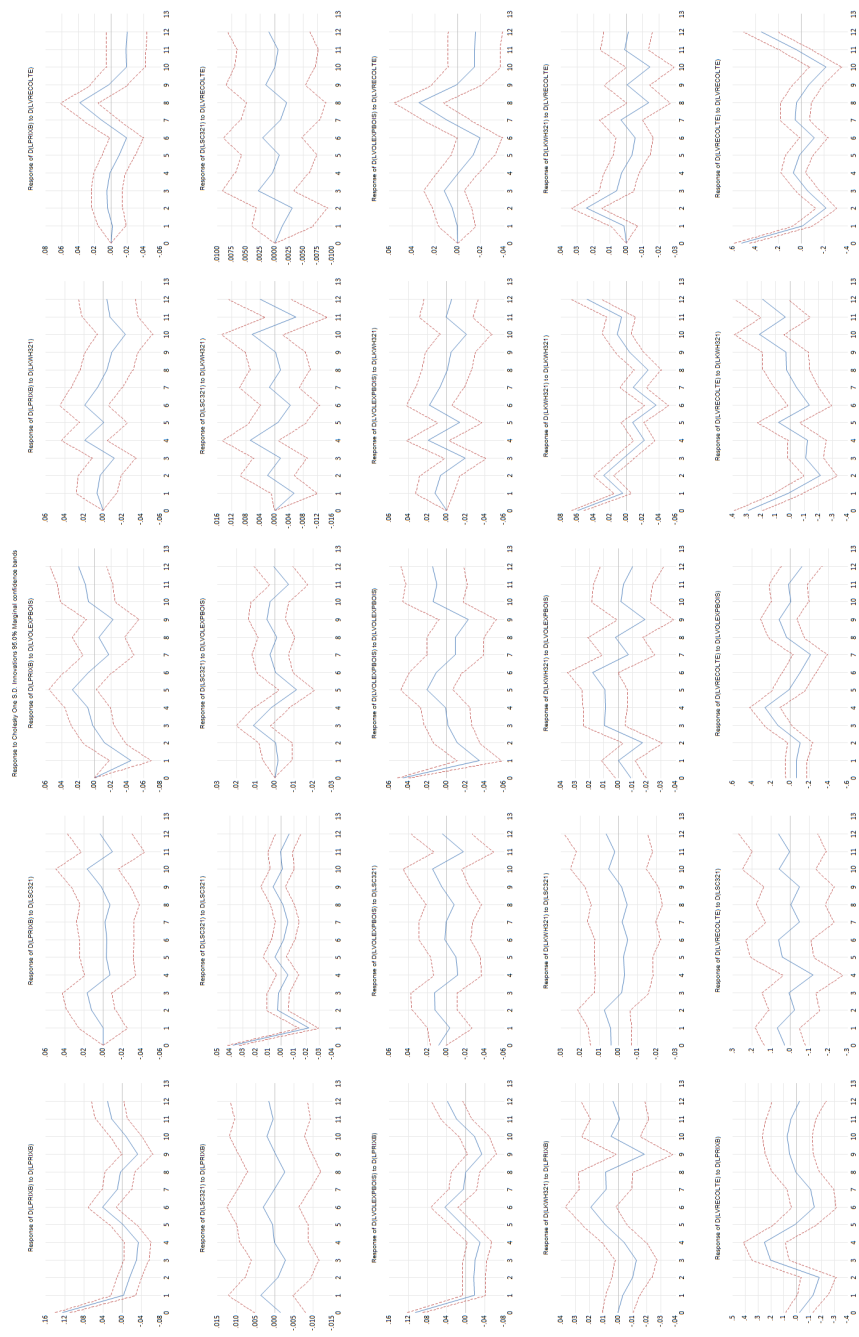


Figure B.10 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lvexpbois) d(lvsc321) d(lvsc21) d(lvrecolte)

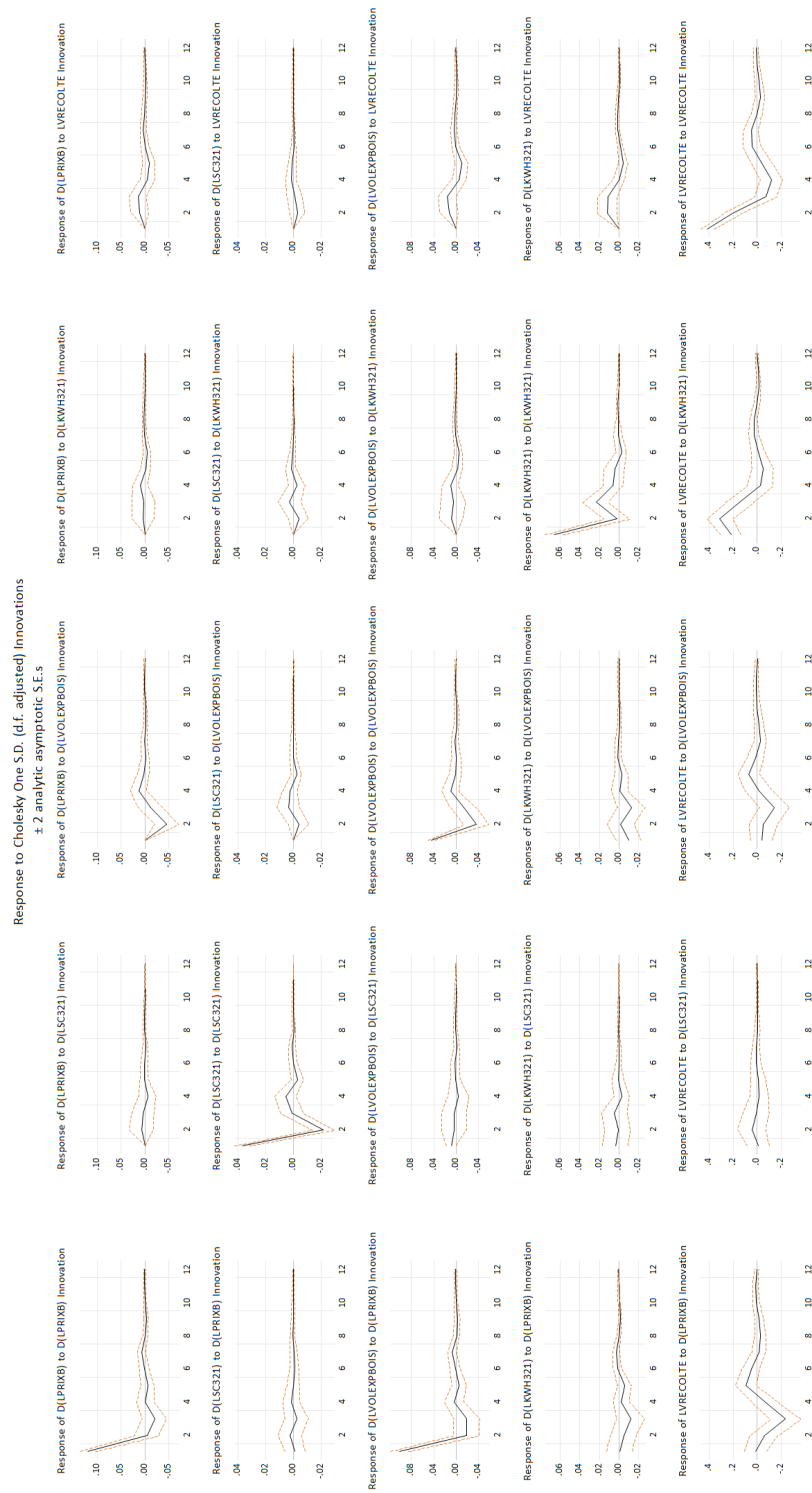


Figure B.11 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb) d(lsc321) d(lvolxpbois) d(lkwh321) lvrecolte

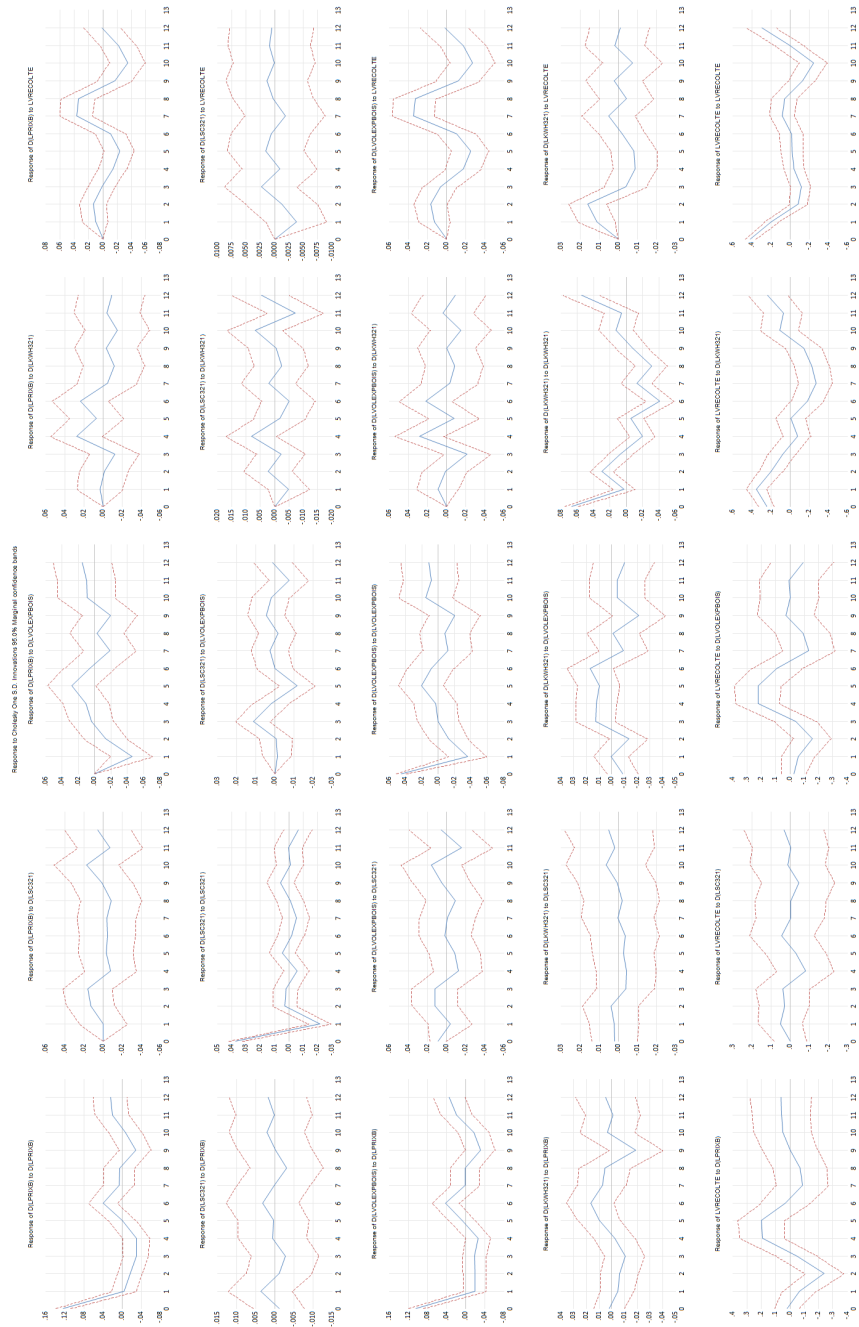


Figure B.12 – Projections locales, var % (except lvecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvcolte) d(lvcolte) d(lvcolte) d(lvcolte)

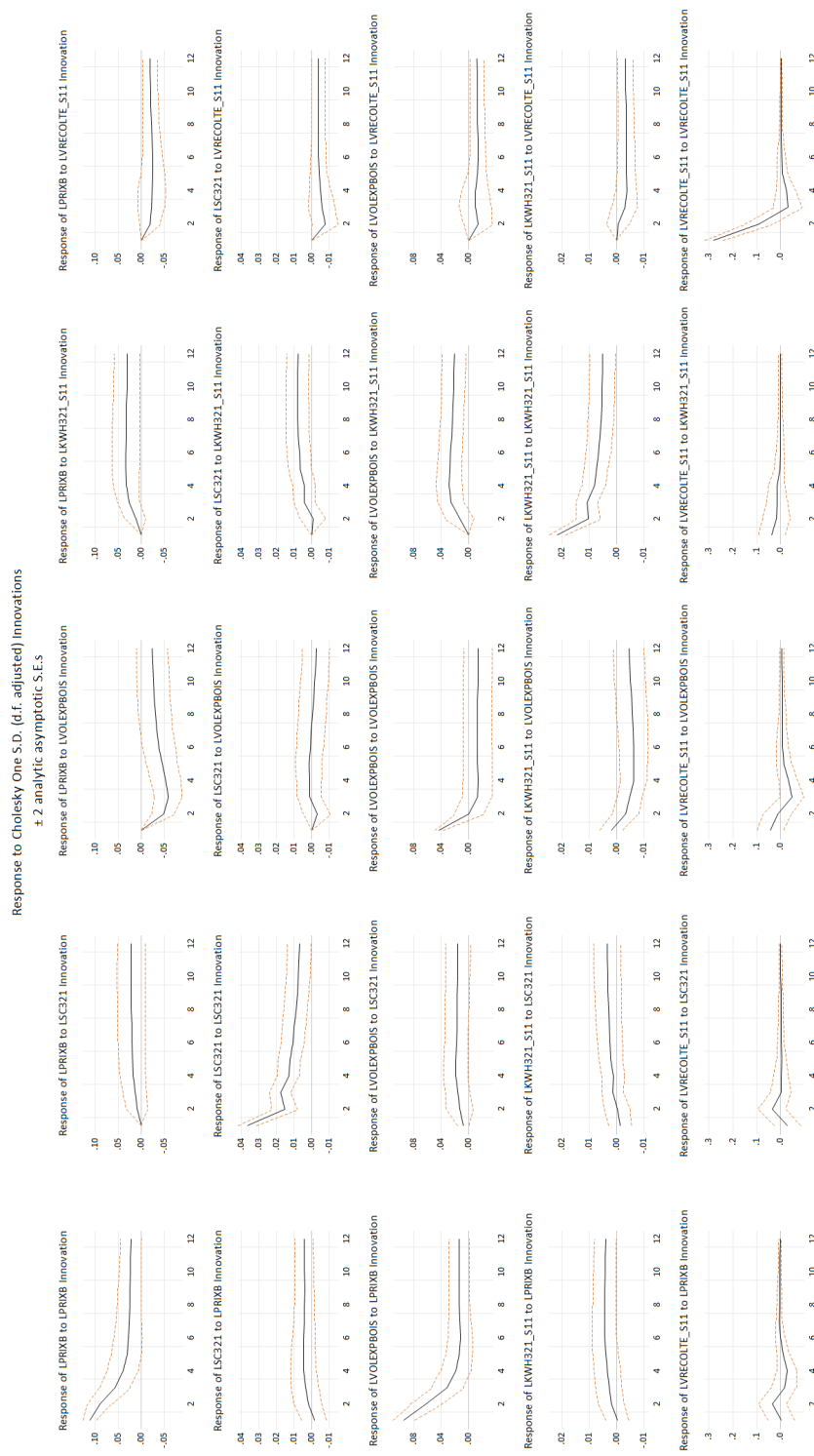


Figure B.13 – Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprxb lsc321 lvolexpbois lkwh321.s11 lvrecolte.s11

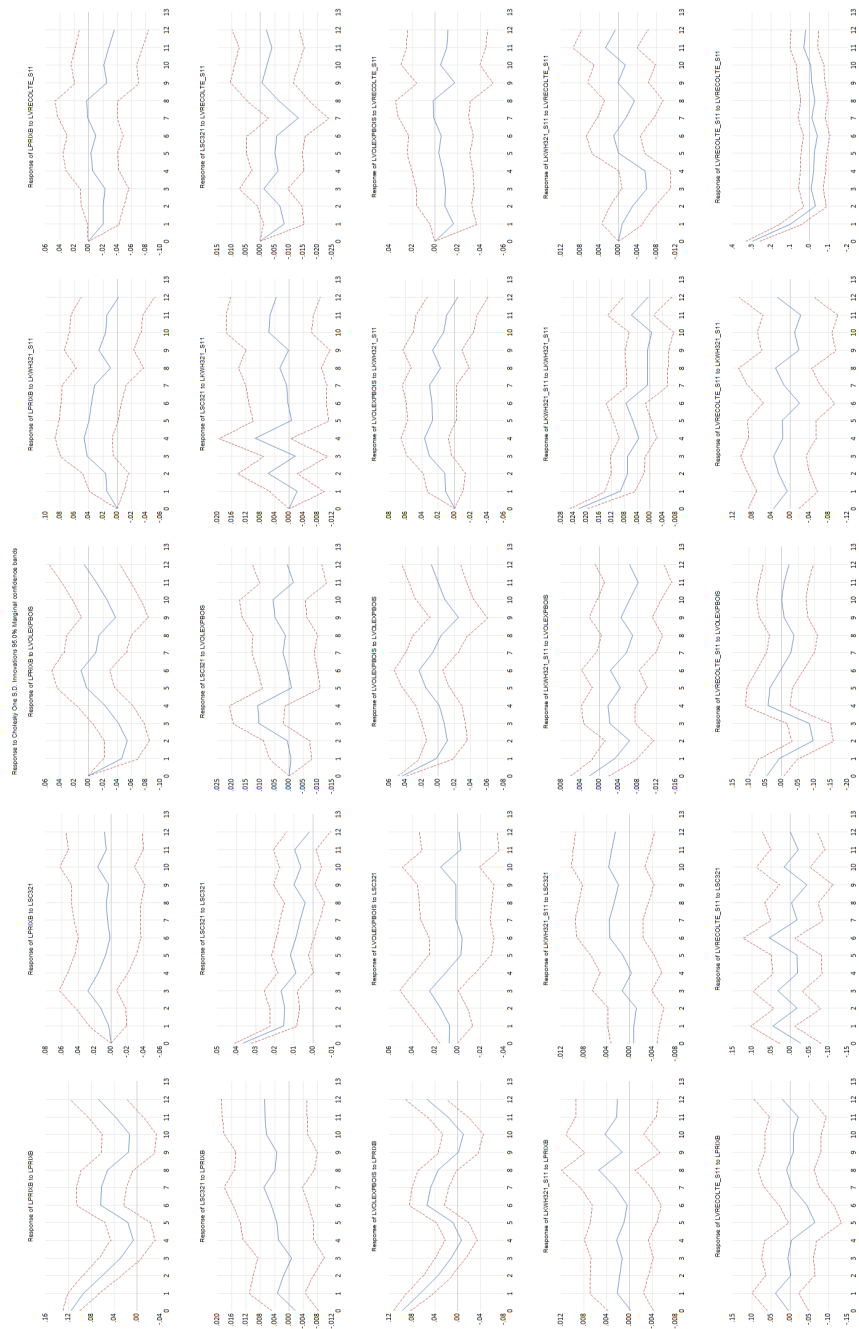
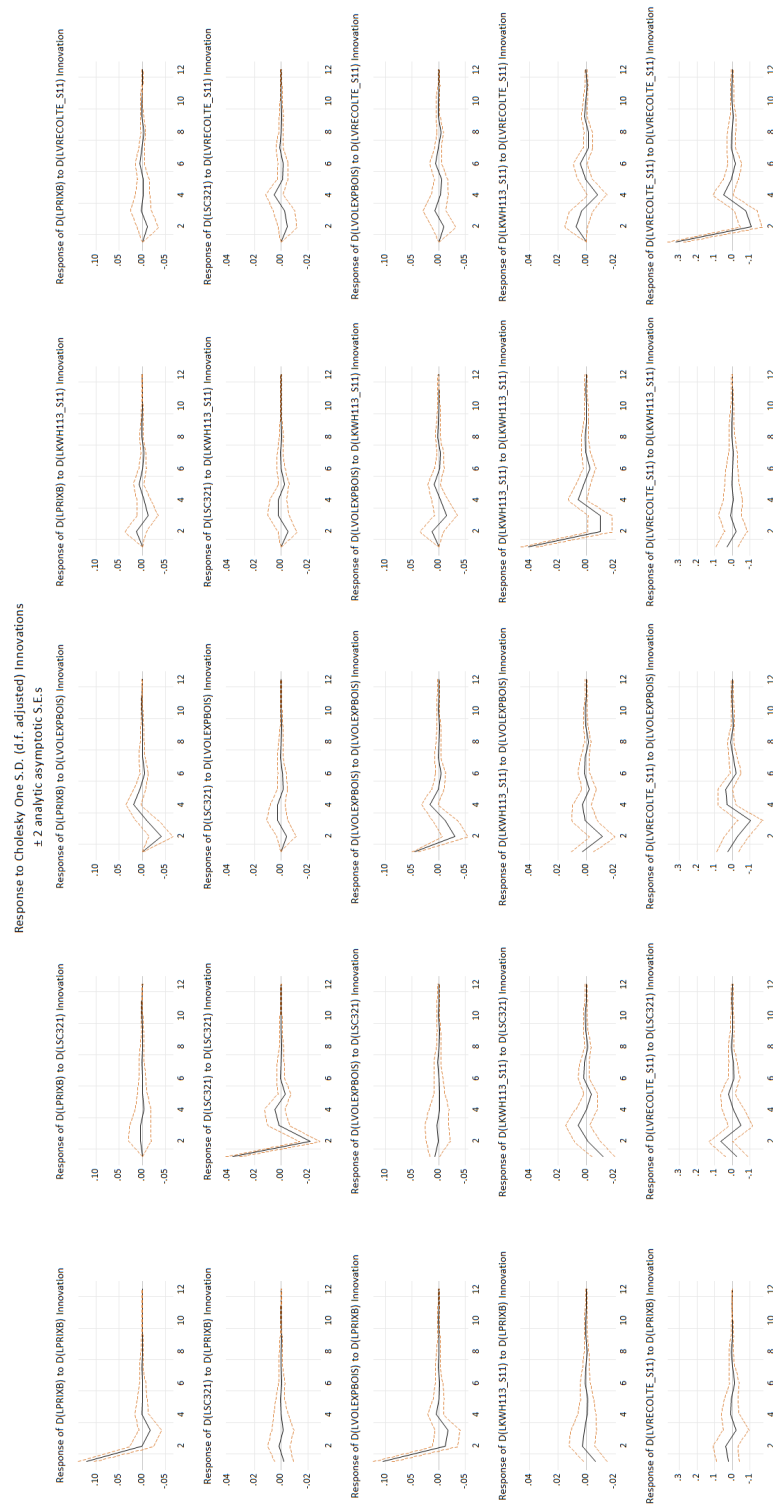


Figure B.14 – Projections locales, en log, Constan and trendt, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lwo-lexpbois lkw321.s11



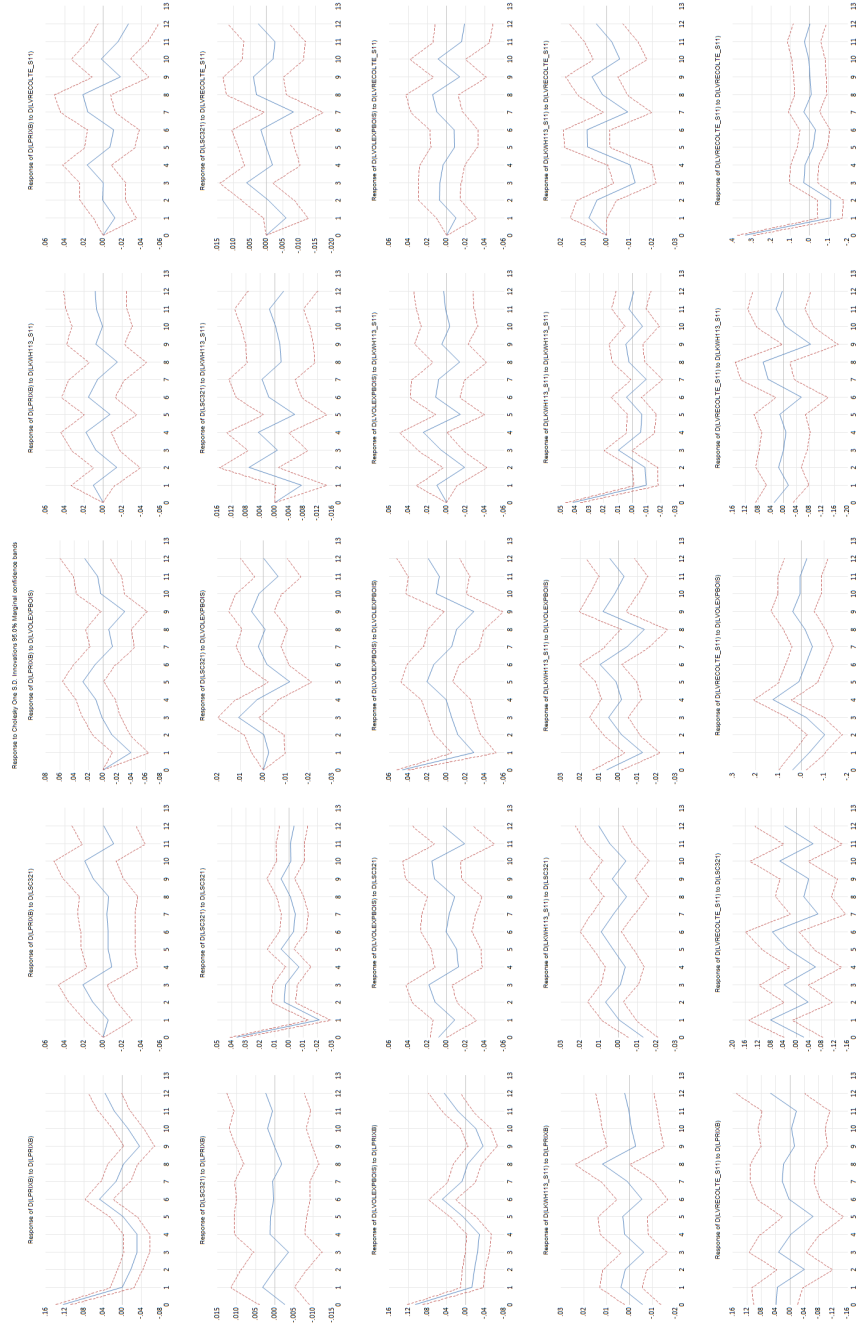


Figure B.16 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lvrexpoib) d(lvrexpoib) d(lvrexpoib) d(lvrexpoib)

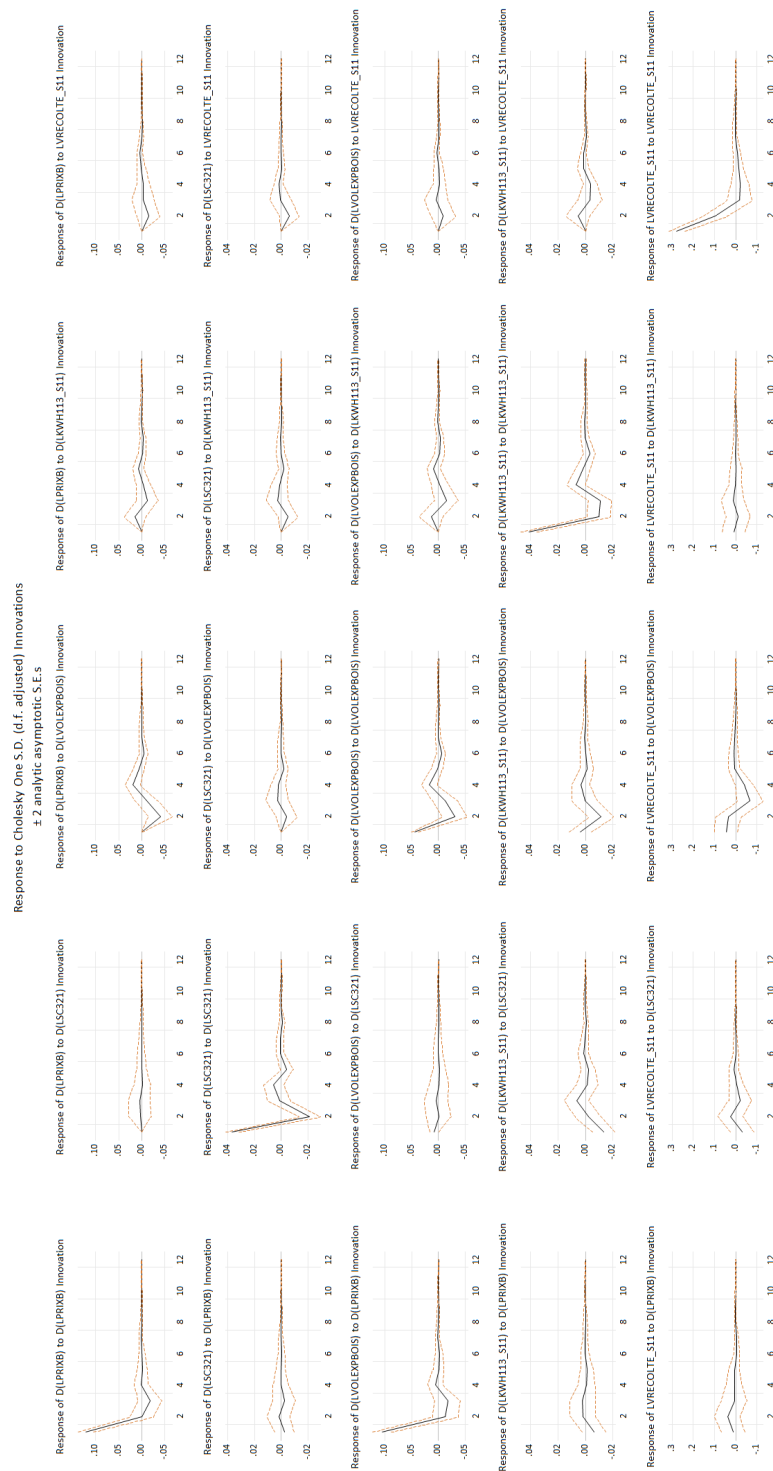


Figure B.17 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb)
d(lsc321) d(lvrexpb01s) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11

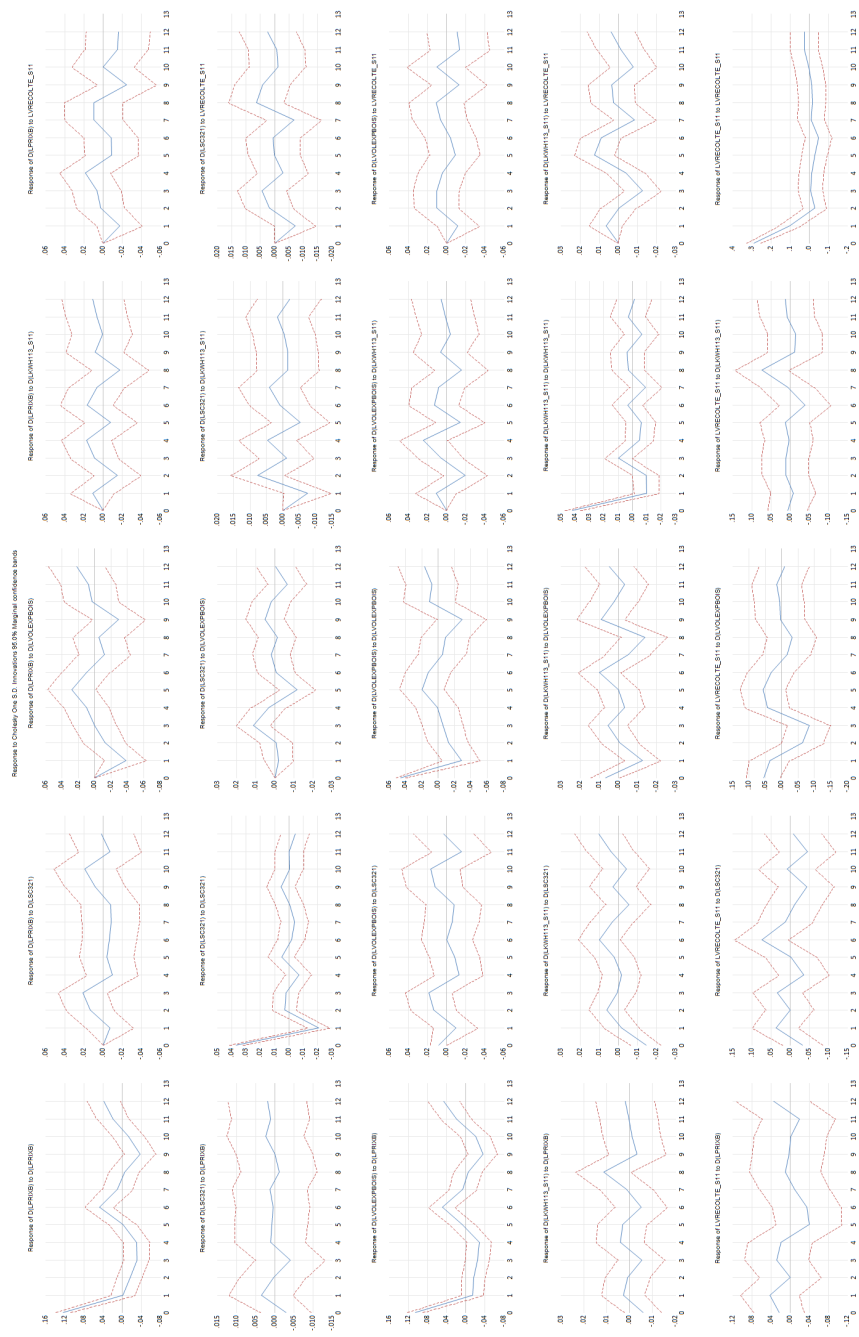


Figure B.18 – Projections locales, en var % (except lvcolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lvcolte.s11)

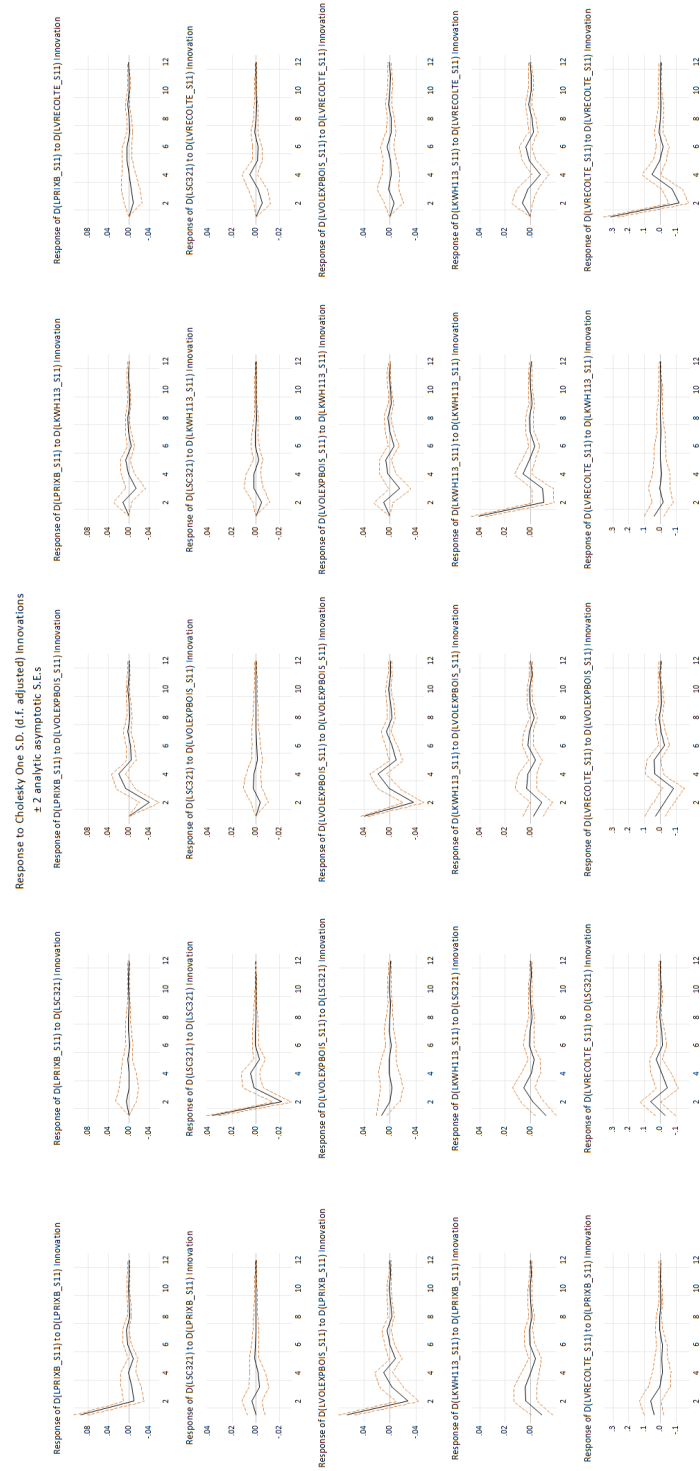


Figure B.19 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvrexpbs.s11) d(lkwh113.s11) d(lvrecolte.s11)

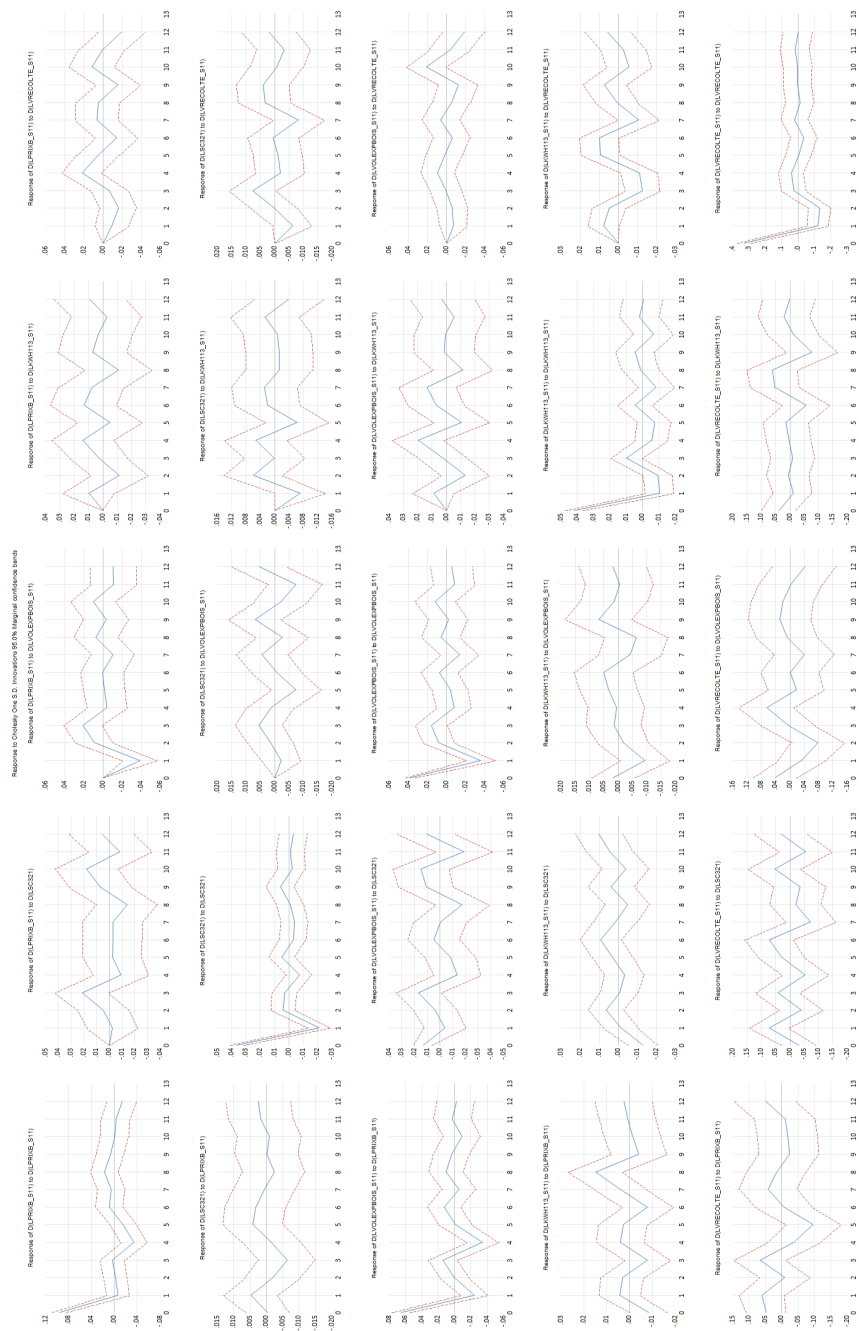


Figure B.20 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : $d(lprixb.s11)$ $d(lsc321)$ $d(lvlexpbois.s11)$ $d(lkwh113.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$

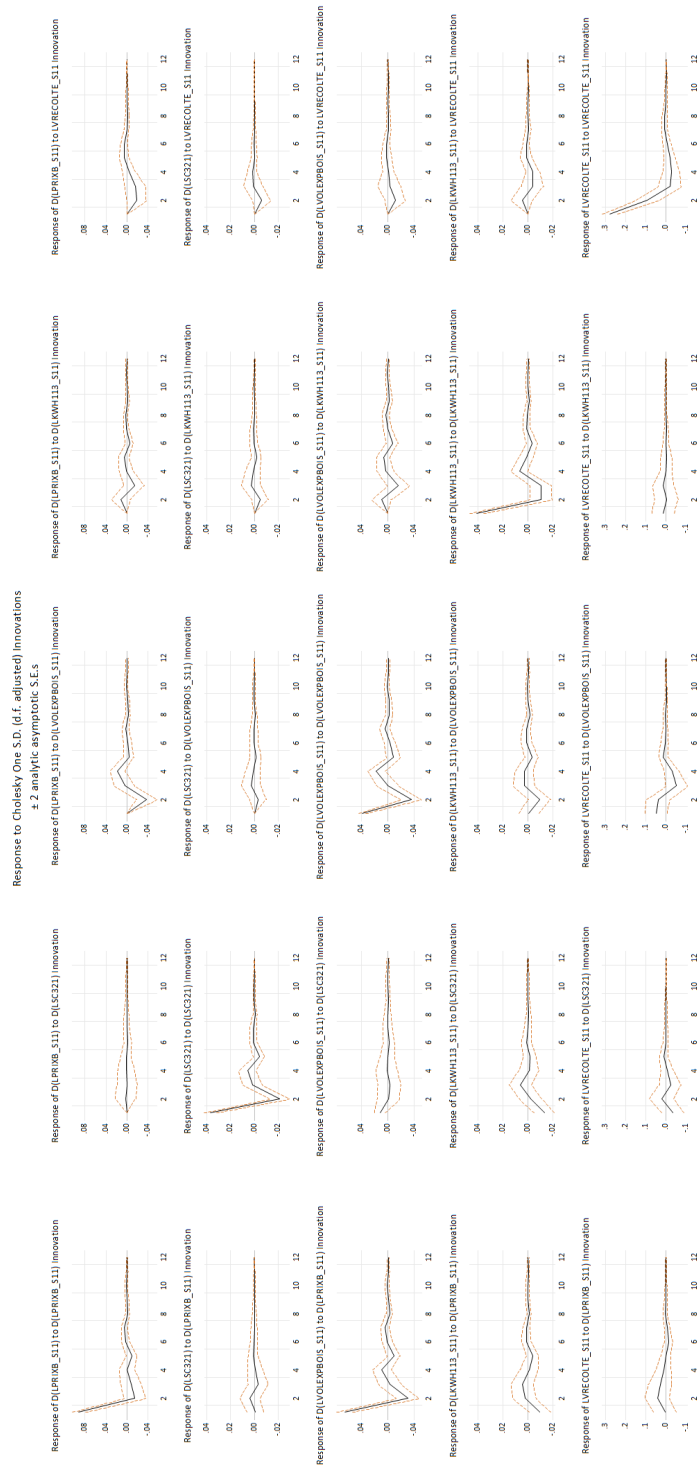


Figure B.21 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprixb.s11) d(lsc321) d(lvlexpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11

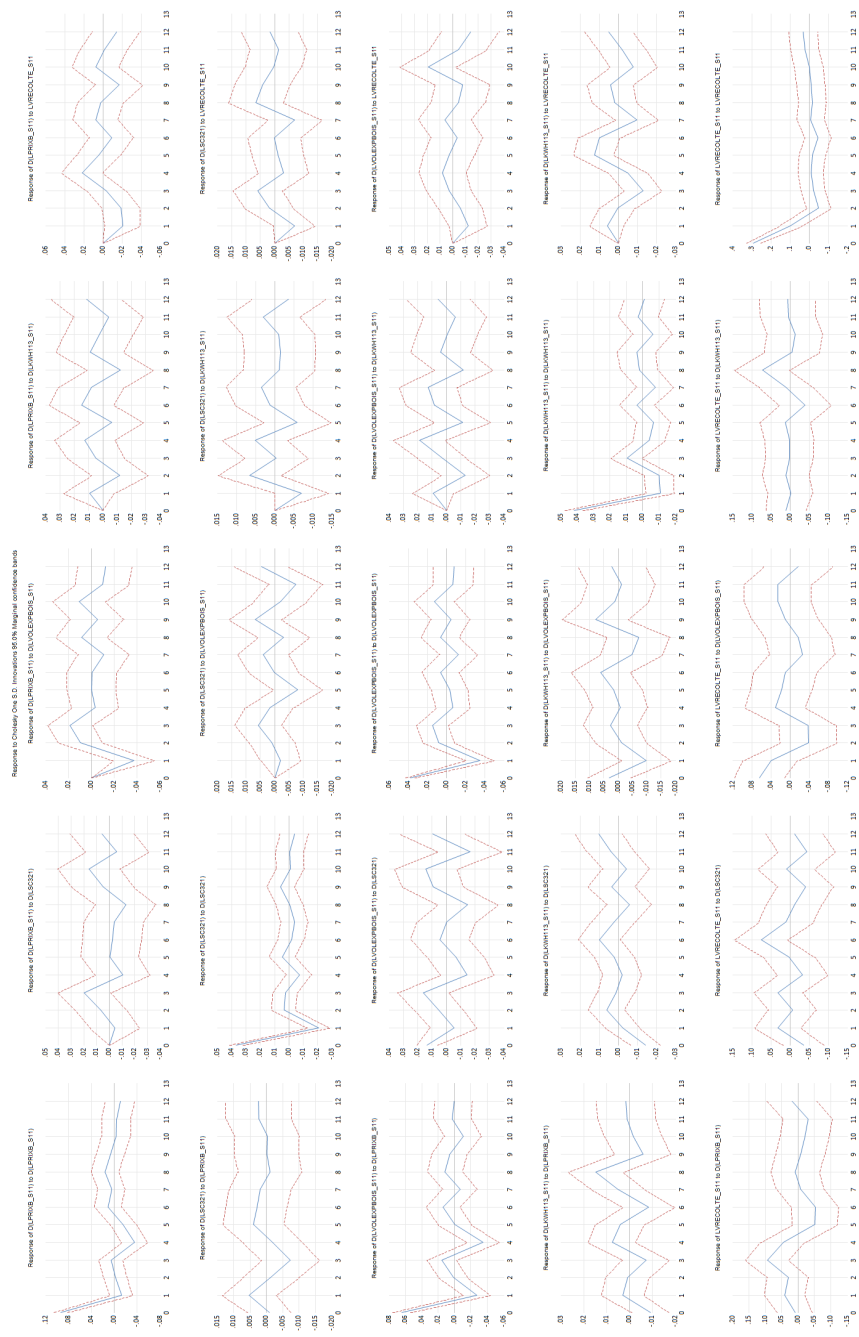


Figure B.22 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprpib.s11) d(lsc321) d(lvlepxpbois.s11) d(lkwh113.s11) lvrecolte.s11

ANNEXE C
IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SECTEUR DE LA
FABRICATION DE PAPIER

Cette annexe présente les résultats détaillés des fonctions de réponse impulsionnelle et des projections locales appliquées au secteur de la fabrication de pâtes et papiers. Ce sous-secteur occupe une place particulière dans l'industrie forestière québécoise, tant par son intensité énergétique que par ses dynamiques économiques distinctes.

Les graphiques mettent en évidence les réactions de la consommation d'électricité aux variations de la valeur ajoutée sectorielle, aux prix du bois, aux volumes de récolte et aux exportations. Ils permettent d'illustrer comment les chocs se traduisent dans une industrie où la transformation du bois en pâte et en papier engendre des besoins énergétiques considérables.

Ces résultats offrent un éclairage complémentaire à ceux présentés dans le chapitre 3, en soulignant la spécificité de ce secteur, dont la consommation énergétique peut réagir différemment aux chocs par rapport aux autres segments de l'industrie forestière. Ils contribuent ainsi à une meilleure compréhension des mécanismes d'ajustement propres à la deuxième transformation du bois.

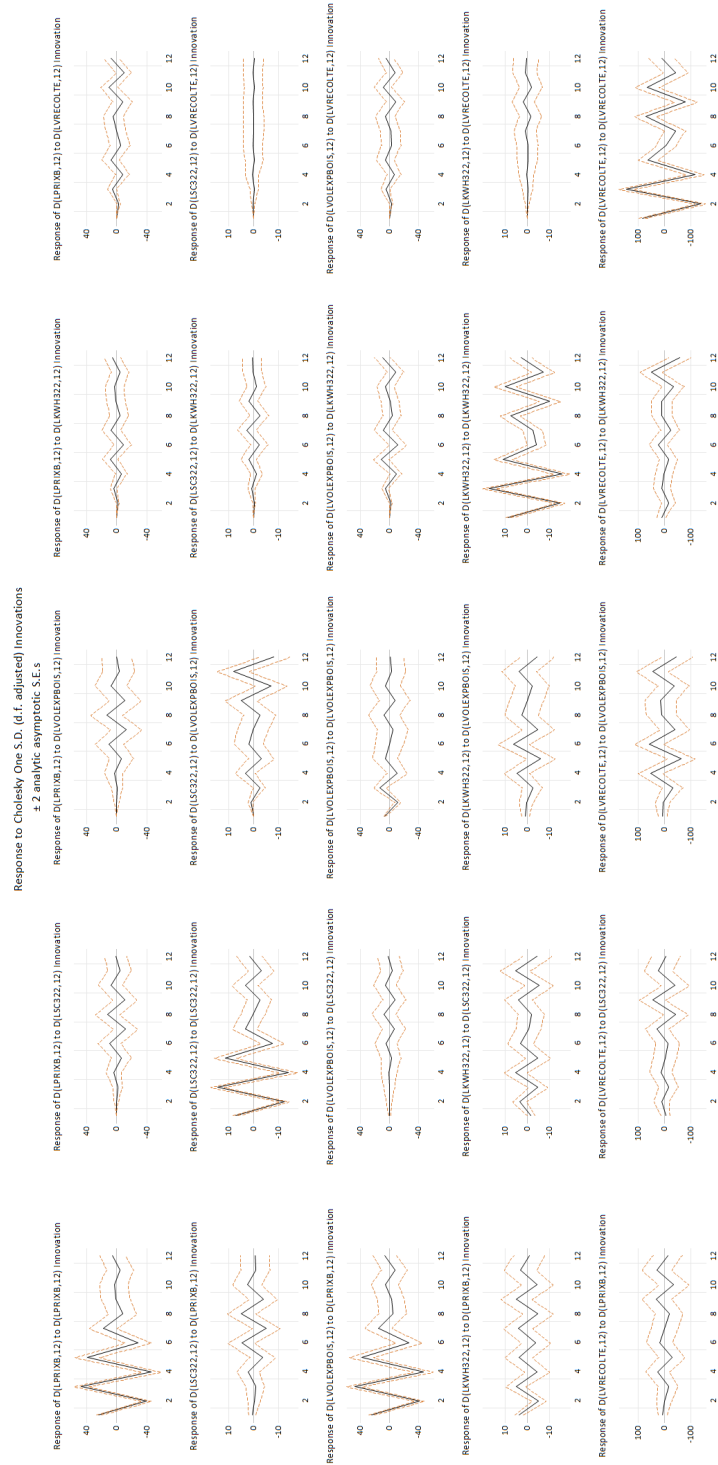


Figure C.1 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexpb,12)$ $d(lsc322,12)$ $d(lvrecolte,12)$ $d(lkwh322,12)$

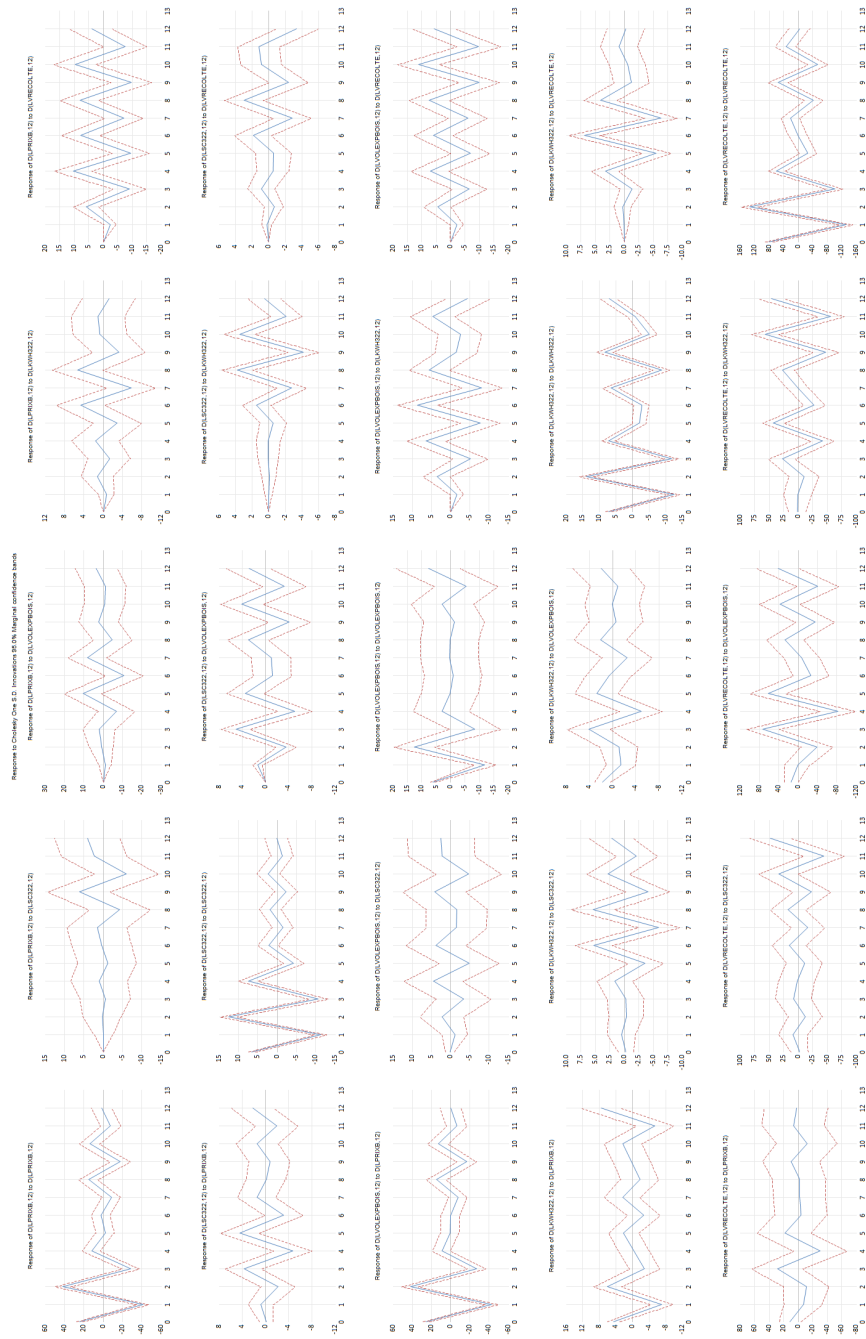


Figure C.2 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexcolte,12)$ $d(lvrexcolte,12)$ $d(lvrexcolte,12)$ $d(lvrexcolte,12)$ $d(lvrexcolte,12)$

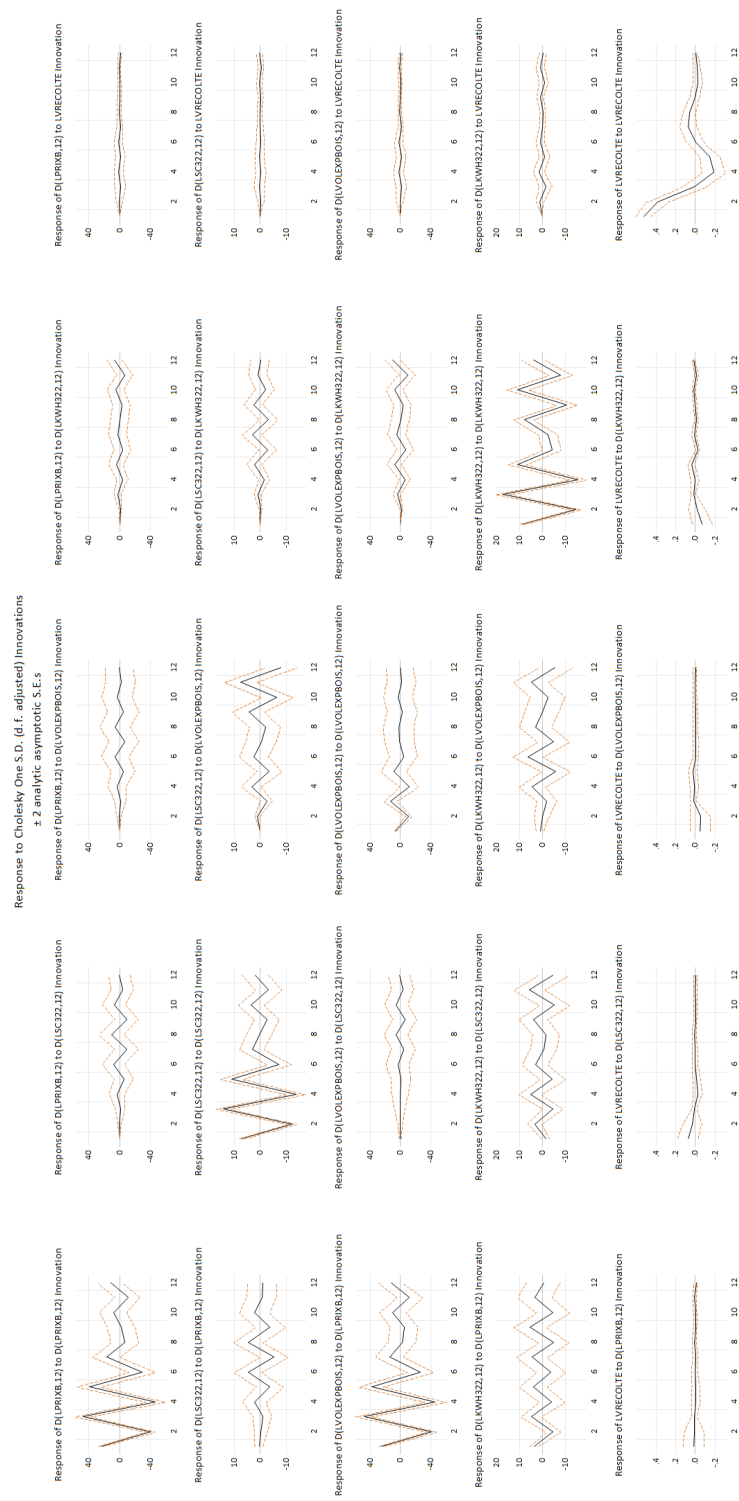


Figure C.3 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprxb,12) d(lsc322,12) d(lvolxpb,12) d(lkwh322,12) lvrecolte

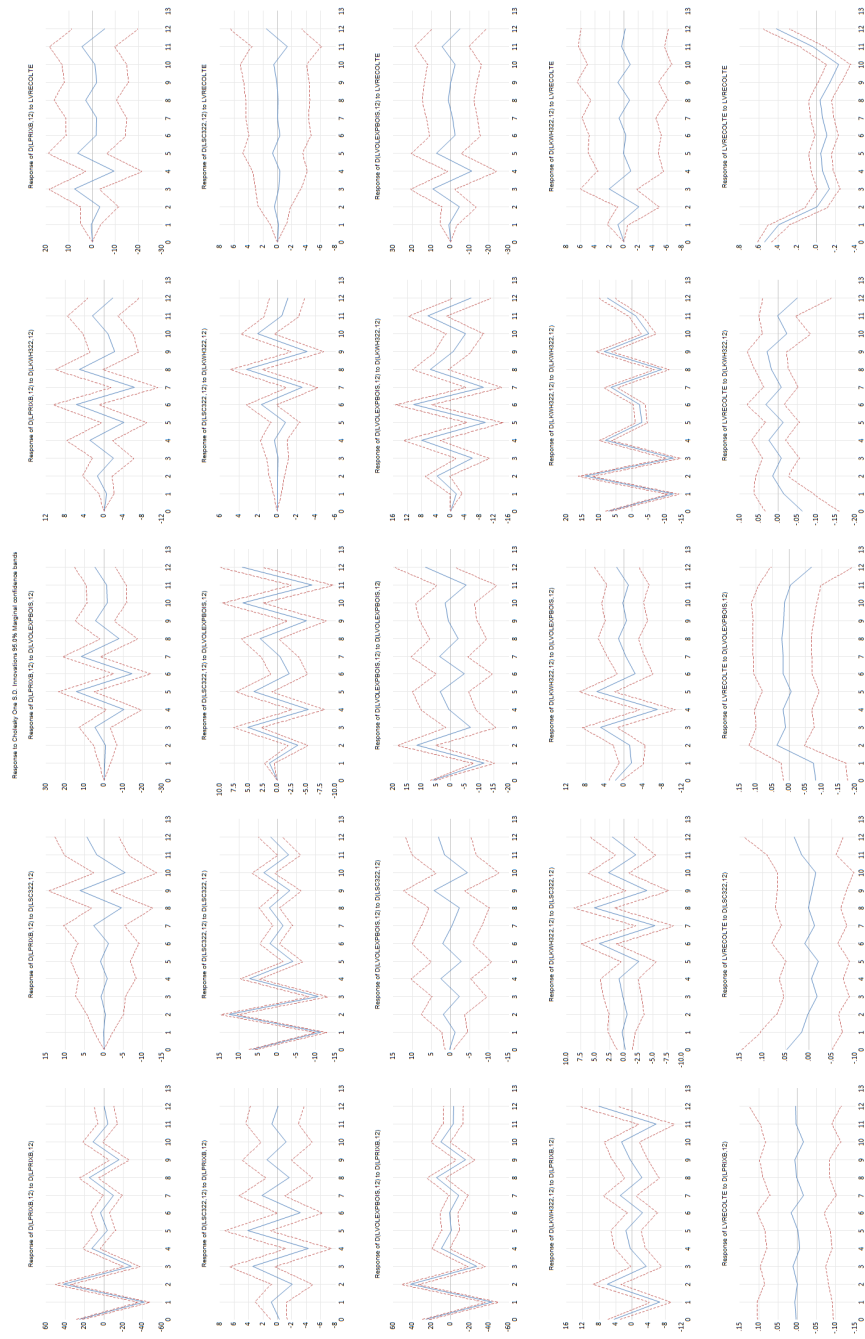


Figure C.4 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,12) d(lsc322,12) d(lvolexpbois,12) d(lkwh322,12) lvrecolte

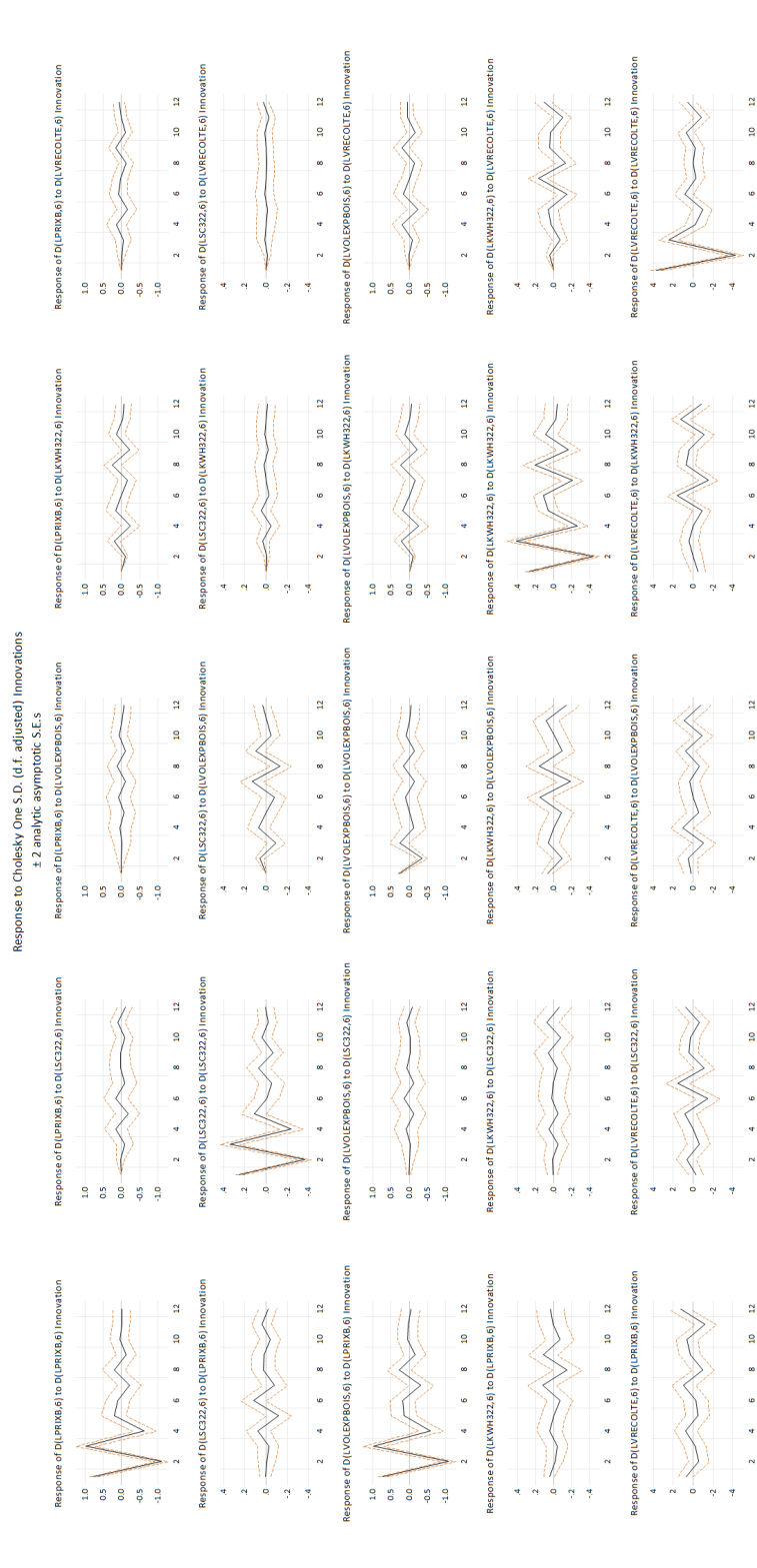


Figure C.5 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprxb,6)$ $d(lsc322,6)$ $d(lvrexpb0is,6)$ $d(lkwh322,6)$ $d(lvrecolte,6)$

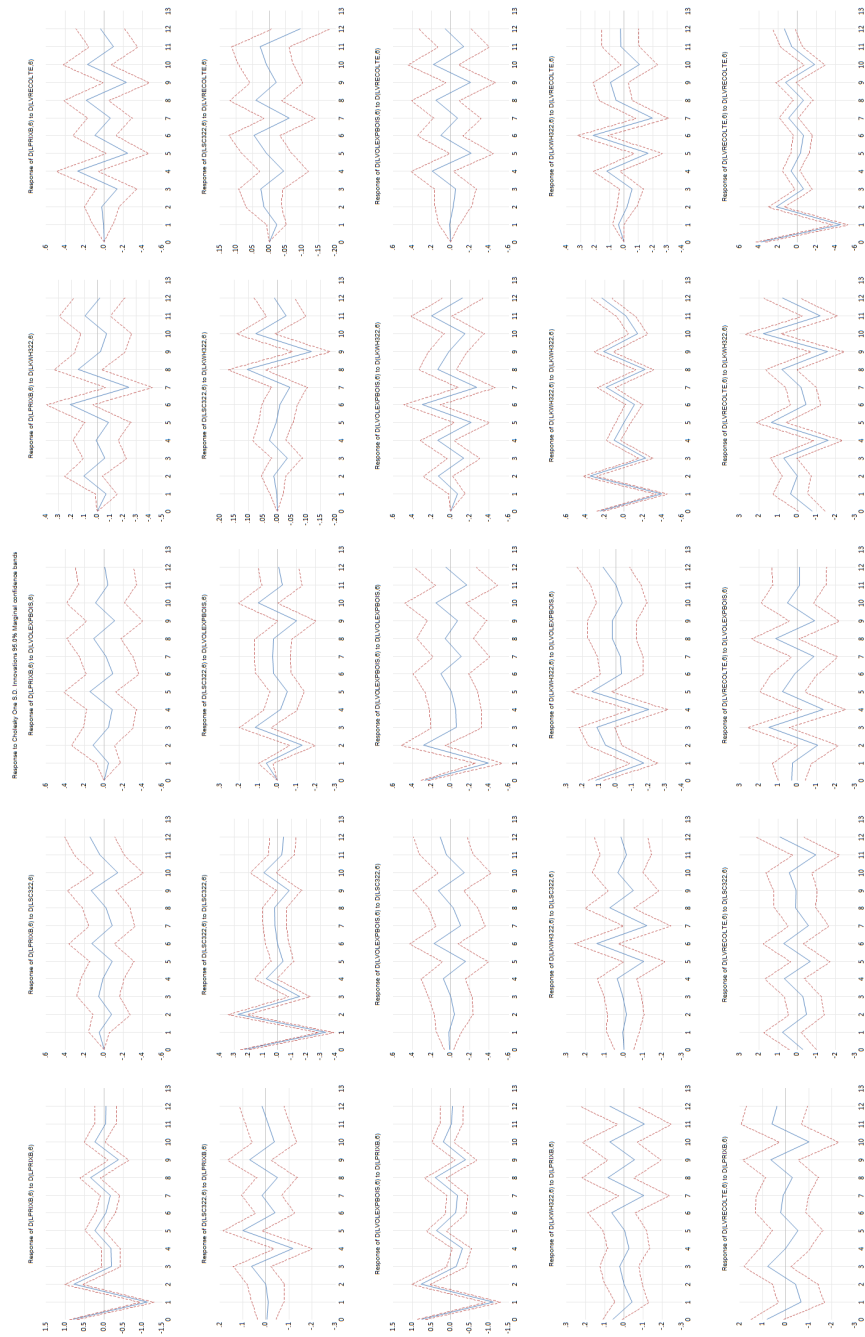


Figure C.6 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexpois,6)$ $d(lkwh322,6)$ $d(lsc322,6)$ $d(lvrexcolte,6)$

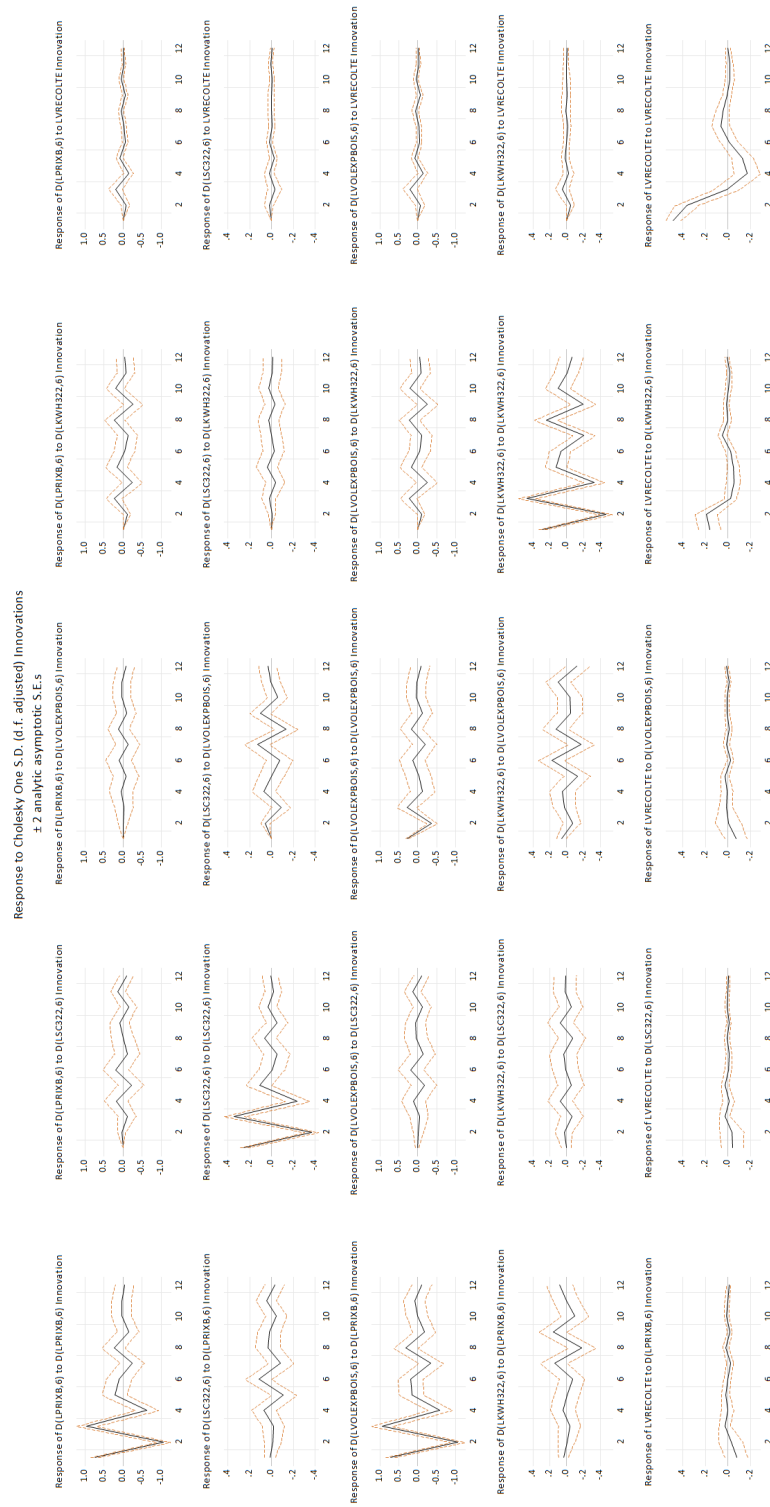


Figure C.7 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvxpb,6) d(lsc322,6) d(lvlepxbois,6) d(lvrecolte,6)

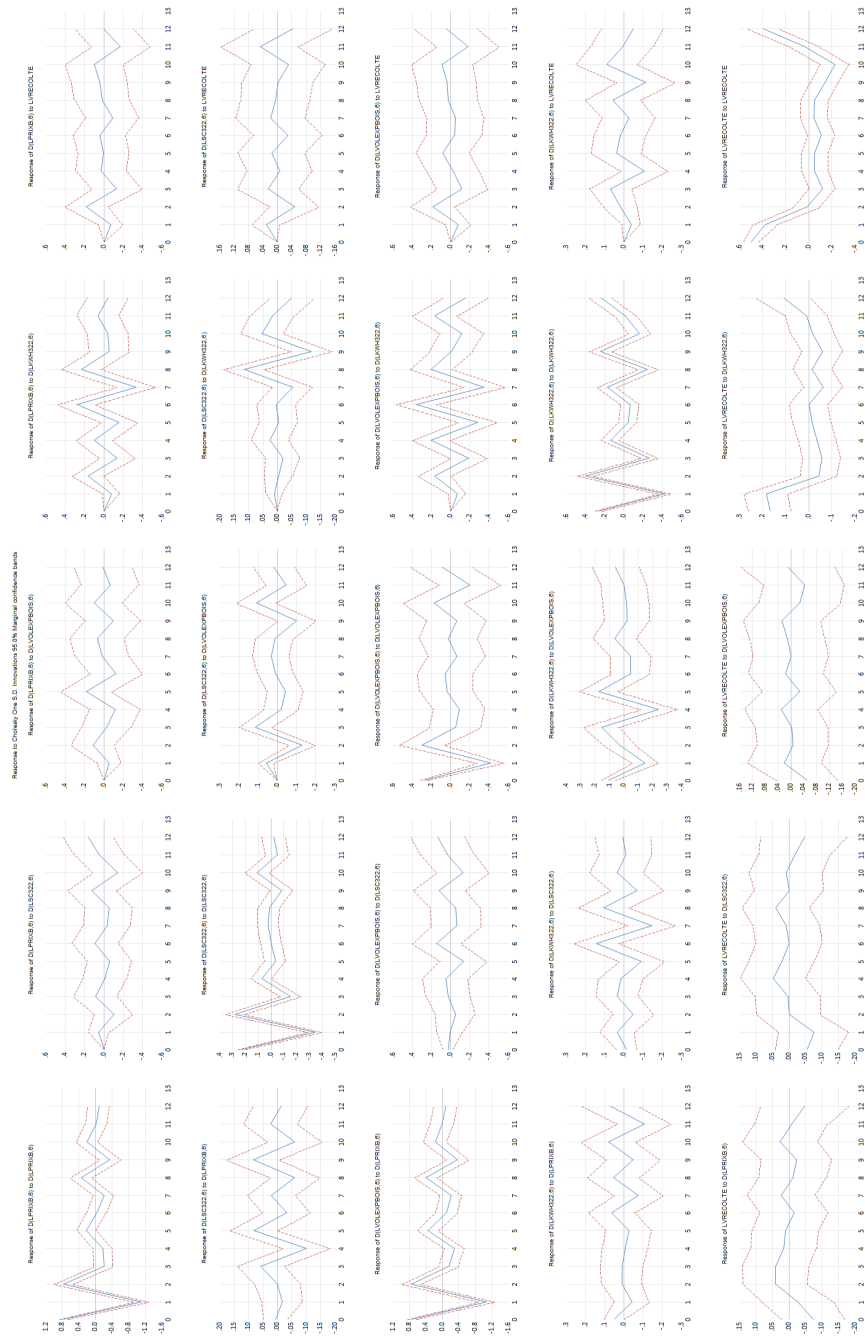


Figure C.8 – Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6) d(lvlepxbois,6)

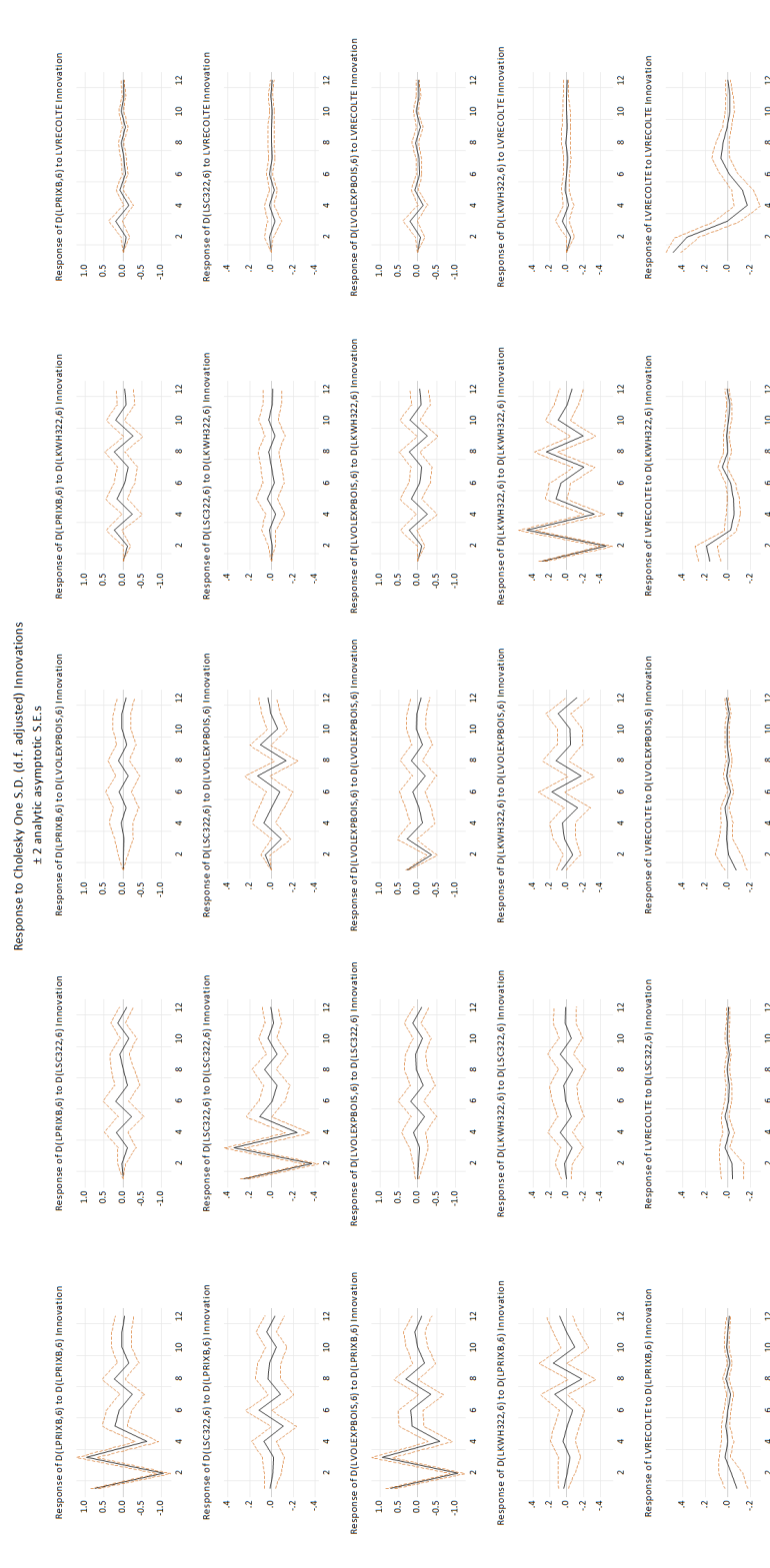


Figure C.9 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexcolte)$ $d(lsc322.6)$ $d(lvrexcolte)$ $d(lvrexcolte)$

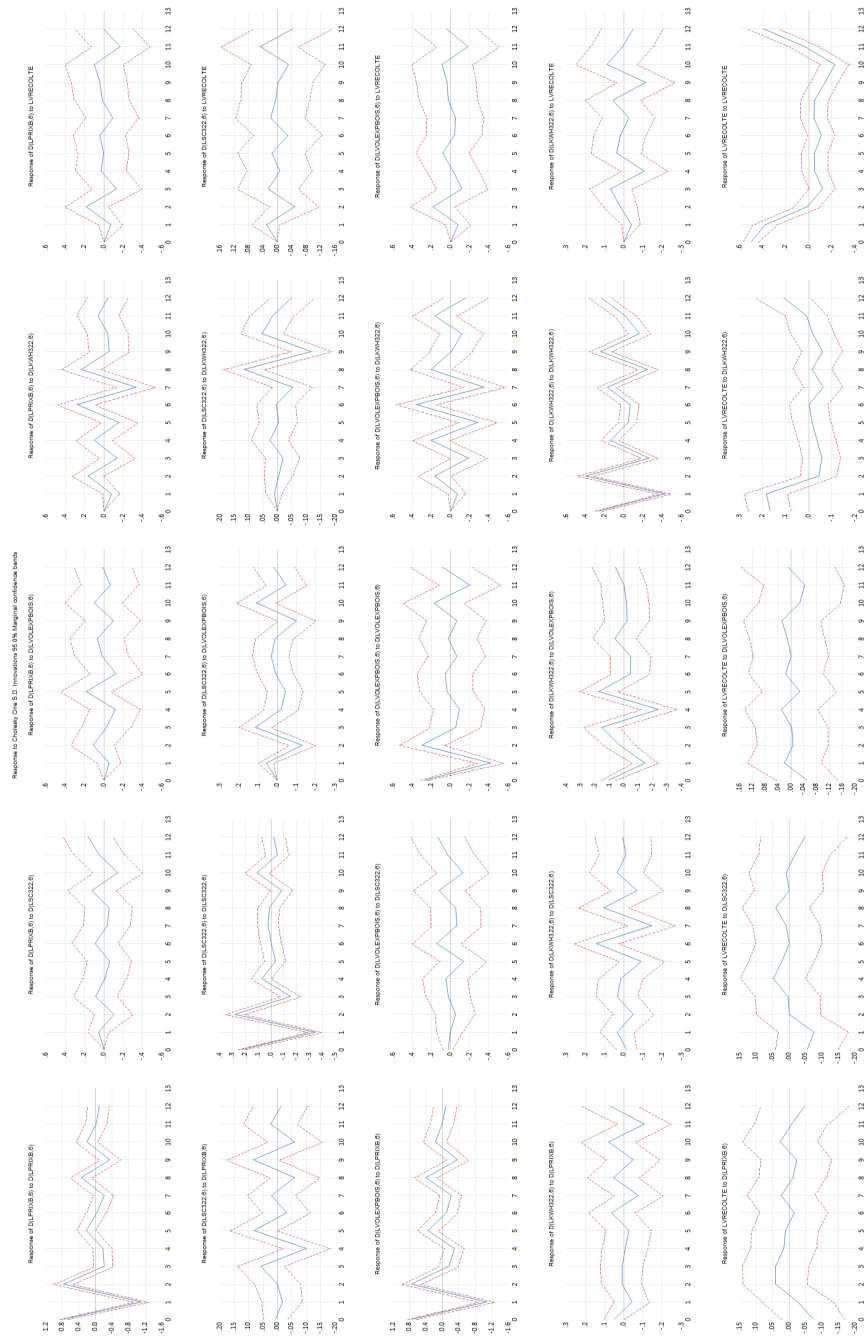


Figure C.10 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprix)$ $d(lvrexcolte)$ $d(lsc322)$ $d(lvrexcolte)$ $d(lvrexcolte)$

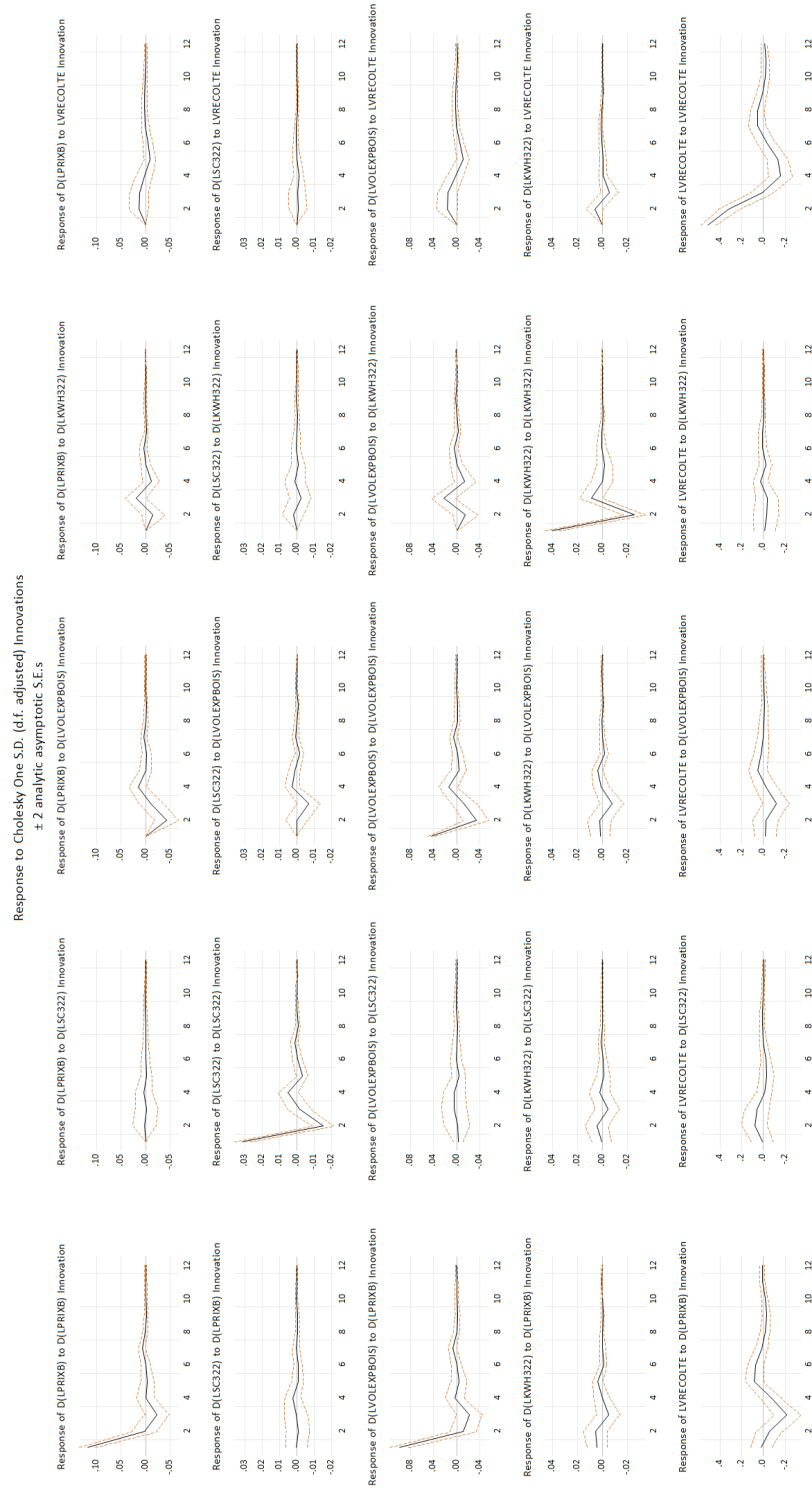


Figure C.11 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprixb)$ $d(lsc322)$ $d(lvolxpbois)$ $d(lvrecolte)$

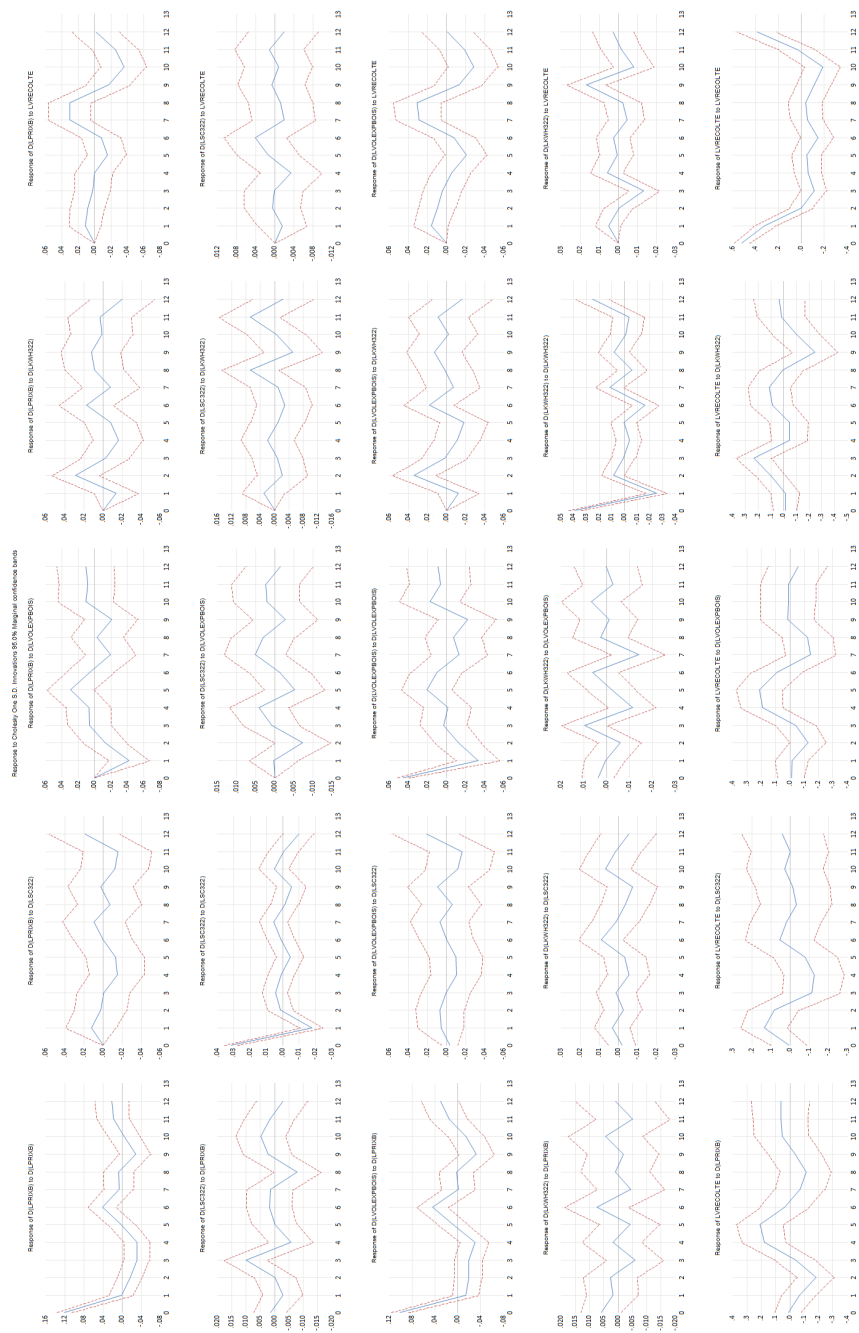


Figure C.12 – Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvlepxpbois)$ $d(lvlecolte)$

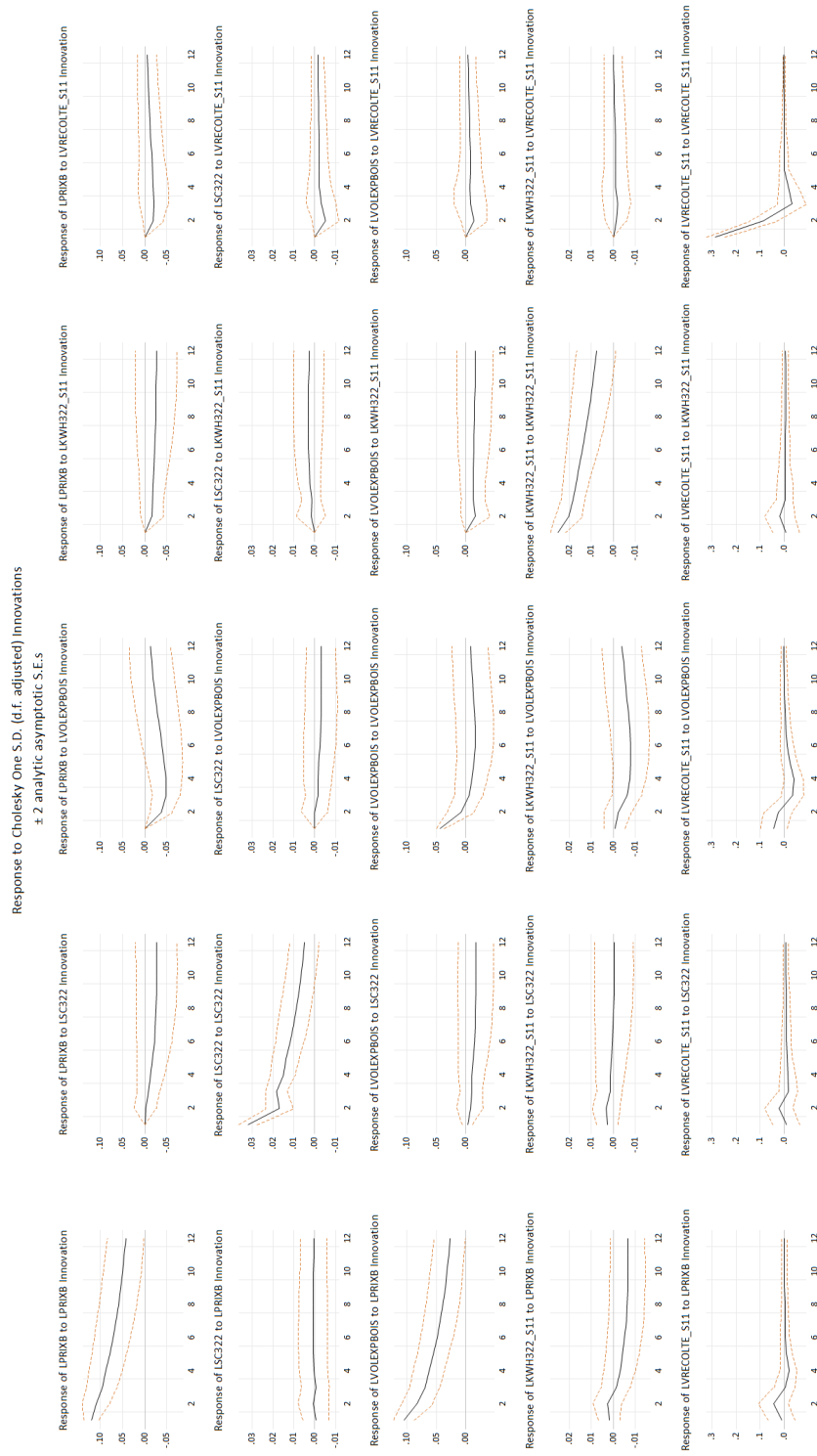


Figure C.13 – Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lprxb lsc322 lvolexpbois lkwh322.s11 lvrecolte.s11

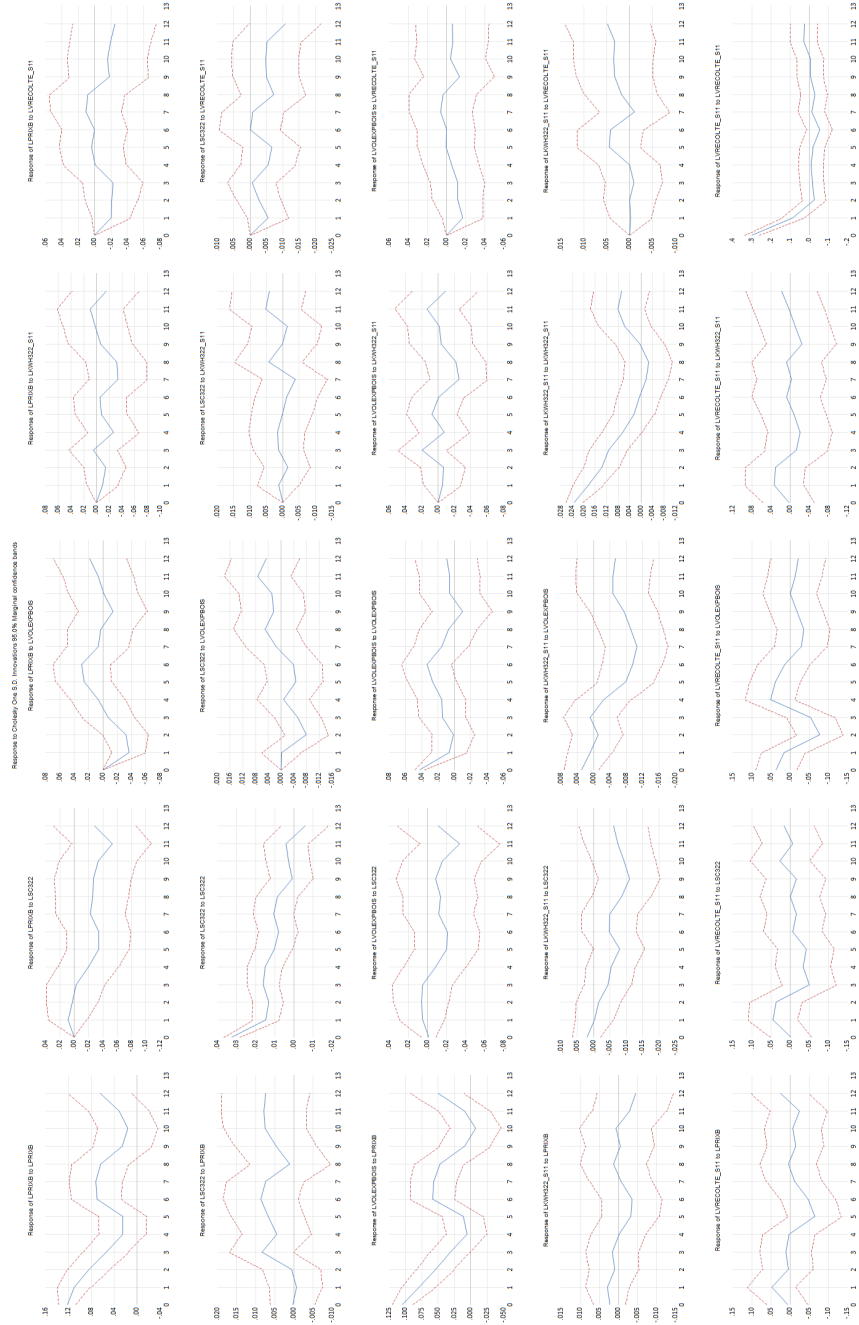


Figure C.14 – Projections locales, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : lsc322 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322 lsc322_s11 lsc322_s11 lsc322_s11

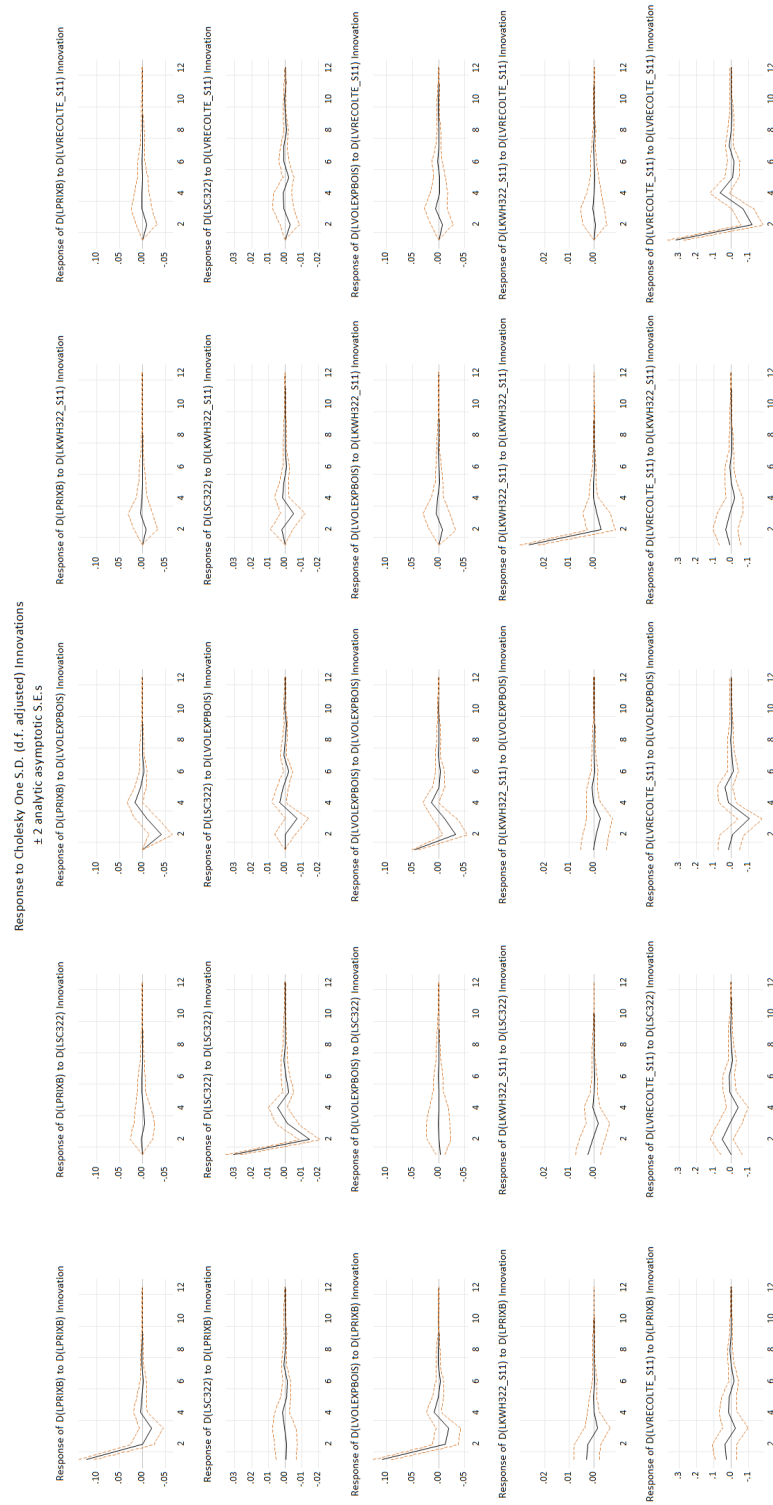


Figure C.15 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lvrexpb) d(lsc322) d(lvrexpb) d(lvrecolte.s11)

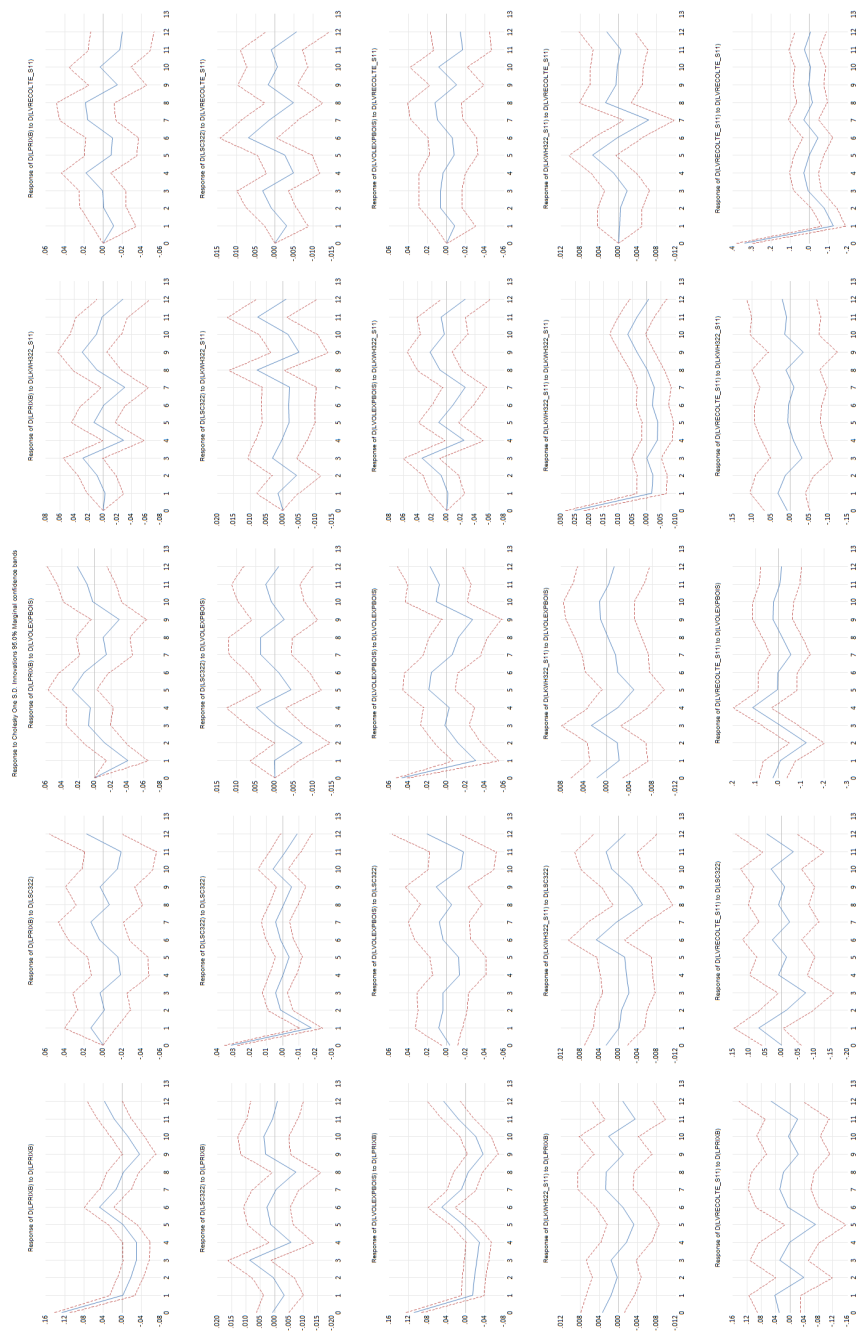


Figure C.16 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lvrexpb) d(lvrexcolte.s11) d(lvrexcolte.s11) d(lvrexcolte.s11)

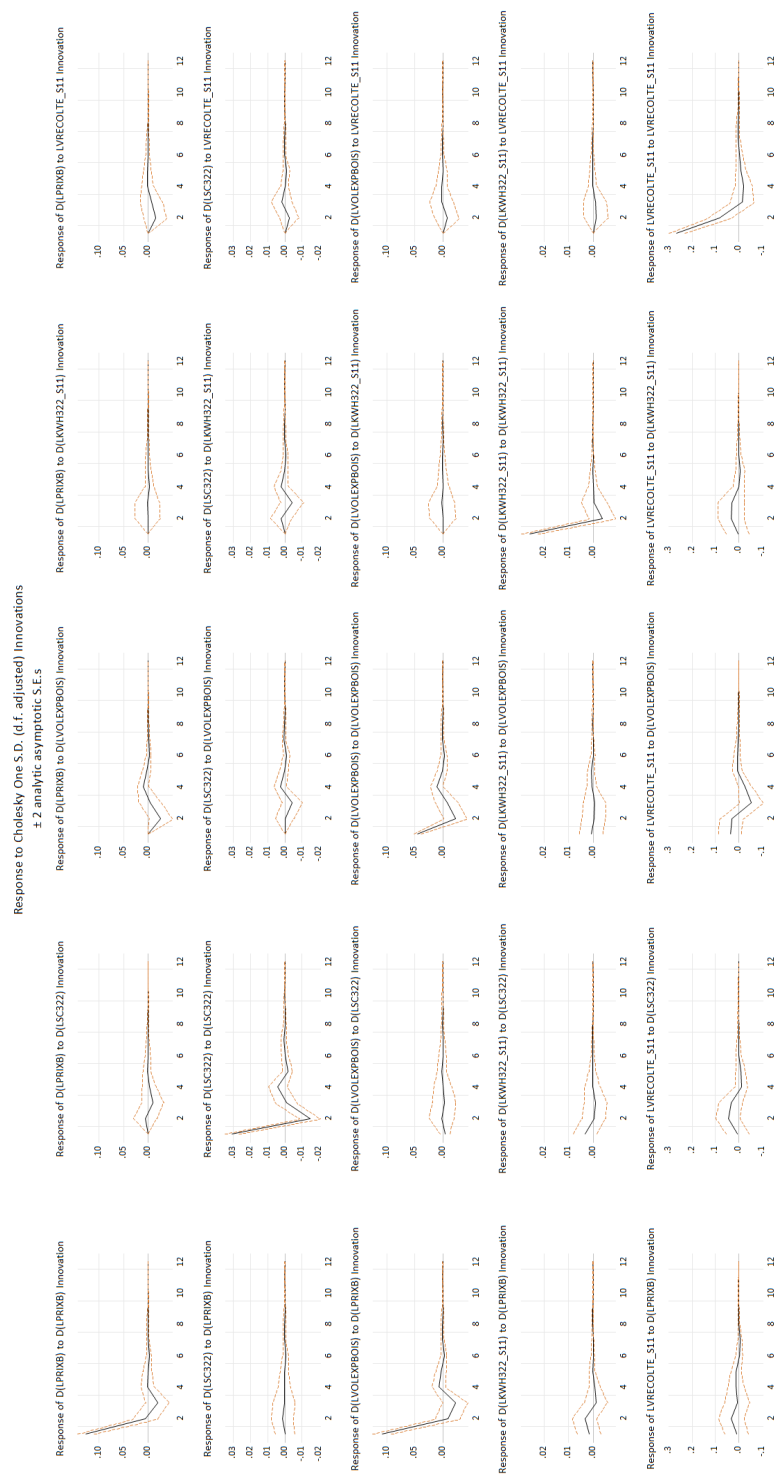


Figure C.17 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprxb)
d(lsc322) d(lvleexpbois) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11

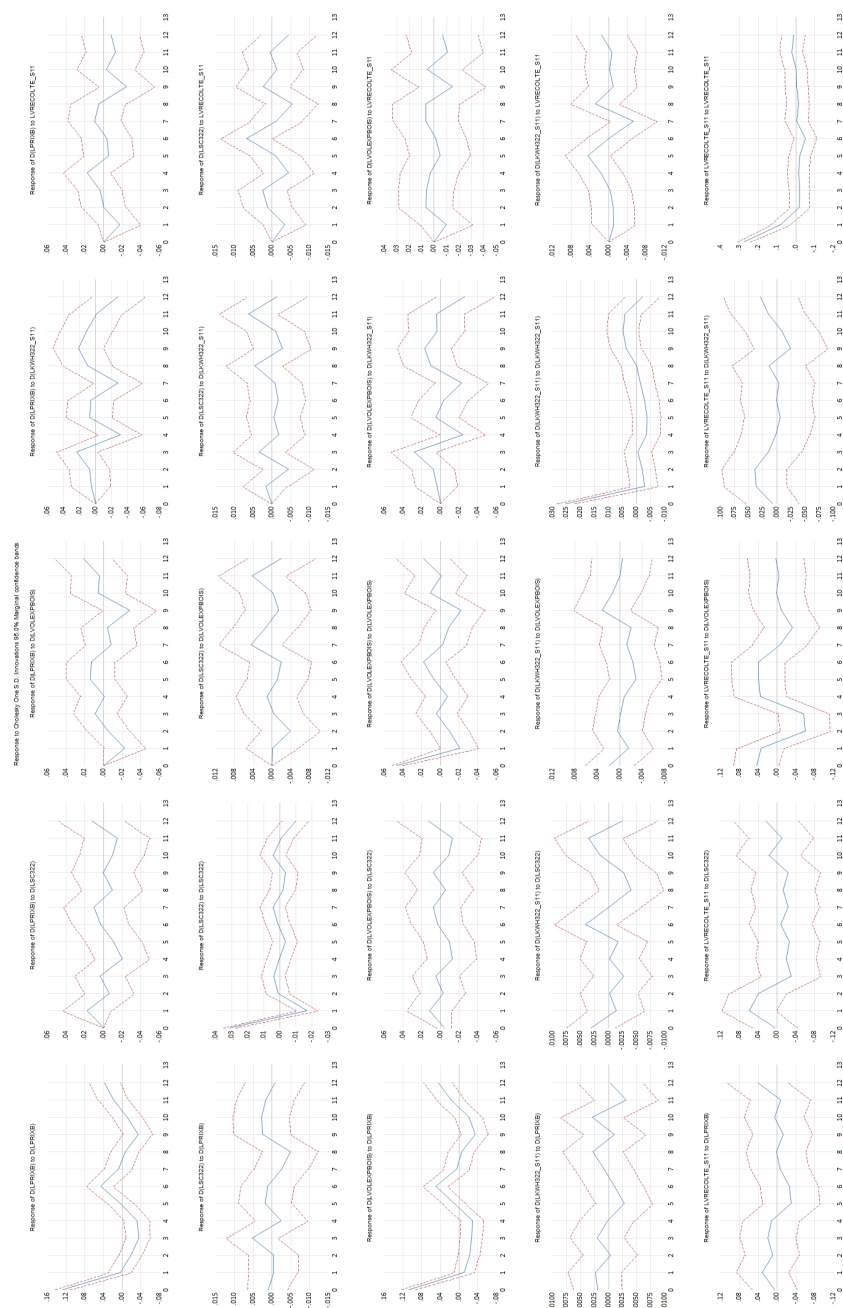


Figure C.18 – Projections locales, en var % (except lvrcolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprxb)
d(lsc322) d(lvexpbois) d(lkwh322.s11) lvrcolte.s11

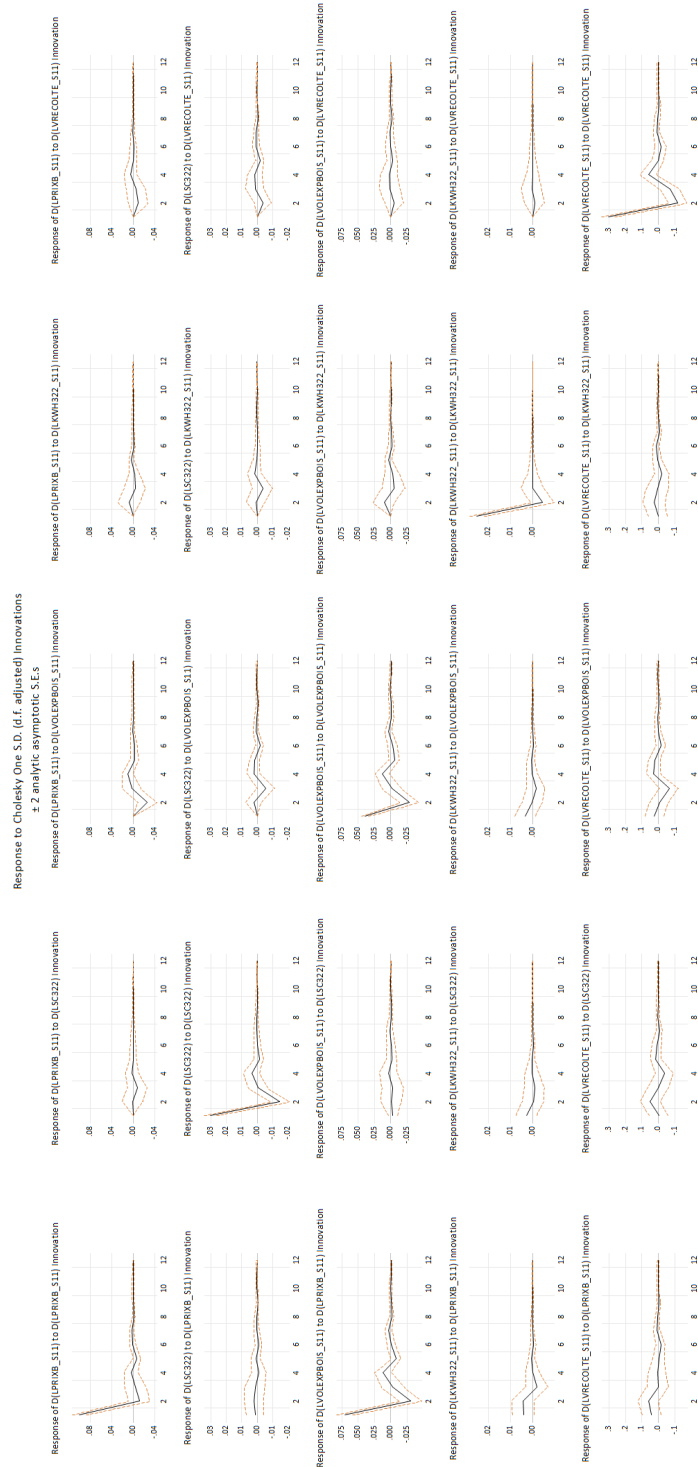


Figure C.19 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lprxb.s11) d(lkwh322) d(lvrecolte.s11) d(lvlexpbois.s11) d(lkwh322.s11) d(lvrecolte.s11)

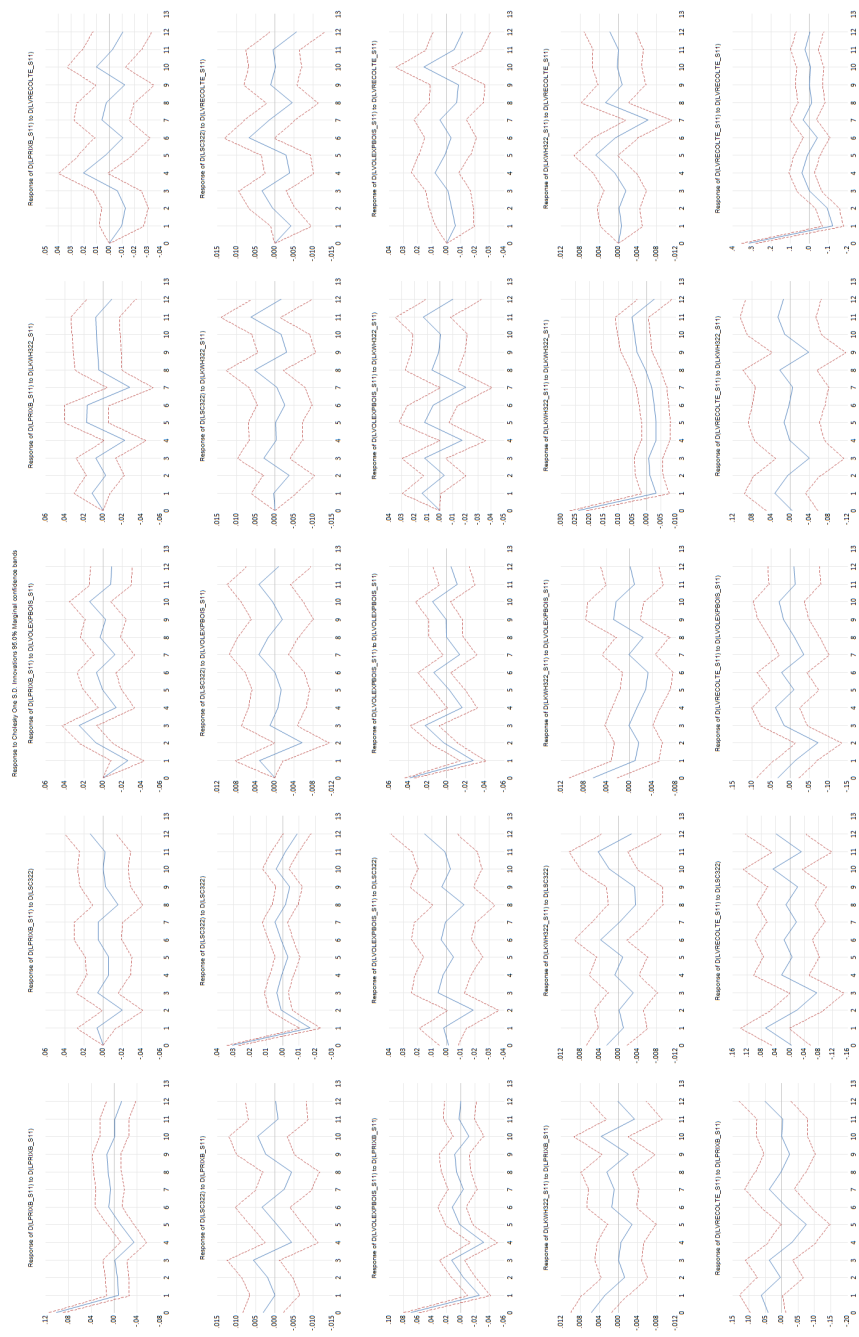


Figure C.20 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lvrexpoib.s11) d(lvrexcolte.s11) d(lvrexcolte.s11) d(lvrexcolte.s11)

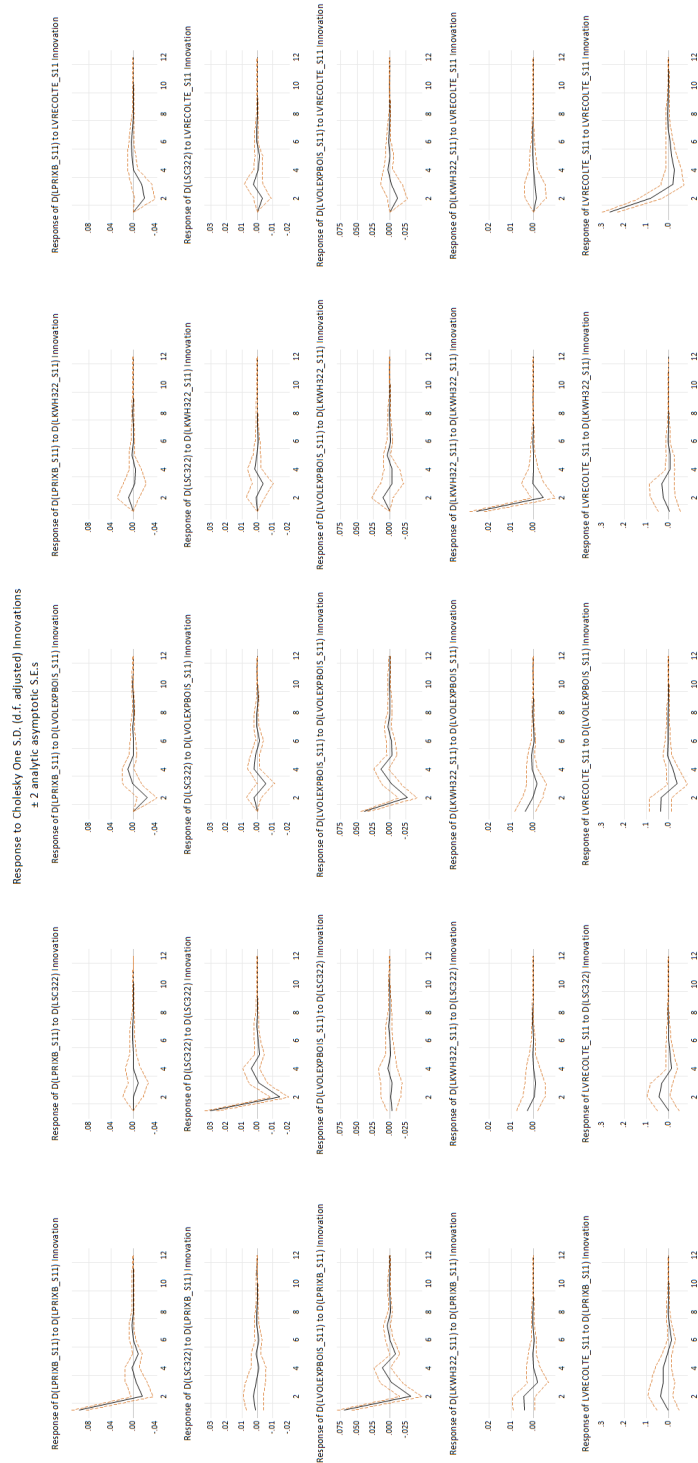


Figure C.21 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprmb.s11) d(lsc322) d(lvlepxpbois.s11) d(lkwh322.s11) lvrecolte.s11

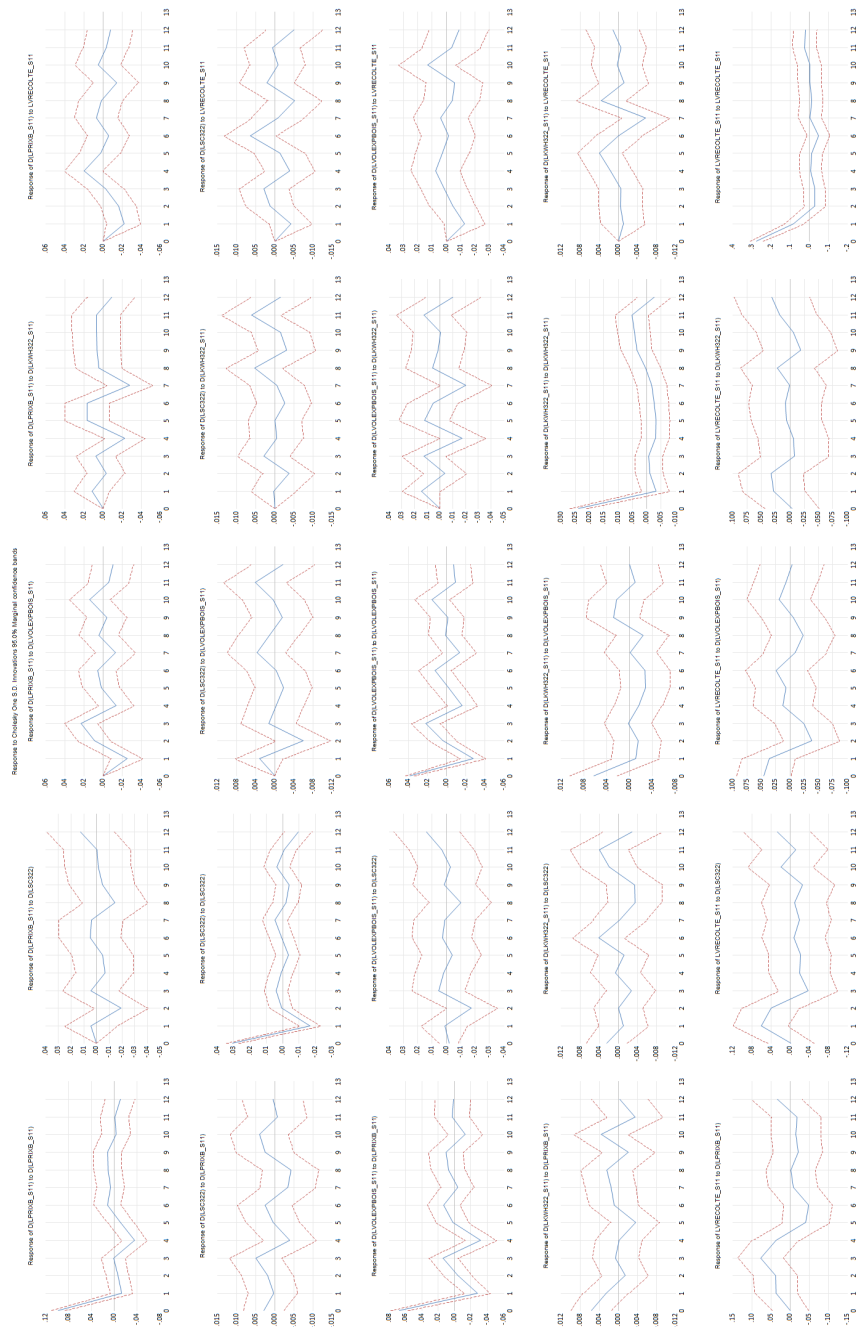


Figure C.22 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : d(lvrexcolte.s11) d(lsc322) d(lvexphbois.s11) d(lvexcolte.s11) lvrecolte.s11

ANNEXE D

IMPULSE RÉPONSES ET PROJECTIONS LOCALES - DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE SECTEUR DE LA FABRICATION DE MEUBLES ET PRODUITS CONNEXES

Cette annexe rassemble les fonctions de réponse impulsionnelle et les projections locales portant sur la demande d'électricité dans l'industrie de la fabrication de meubles et produits connexes. Les graphiques complètent les résultats présentés au chapitre 3 et offrent une lecture détaillée des dynamiques à différents horizons temporels.

L'objectif est d'illustrer la réaction de la consommation d'électricité aux chocs économiques et énergétiques — variations du prix du bois, des volumes de récolte et des exportations, ainsi que de la valeur ajoutée sectorielle. Les estimations proviennent de modèles VAR avec plusieurs spécifications (nombre de retards, traitements saisonniers, tendance déterministe), et sont doublées d'estimations par projections locales afin d'en vérifier la robustesse.

Comme pour les autres annexes, ces figures constituent un complément technique aux résultats principaux : elles visent à documenter les comportements de court terme et à mettre en évidence la capacité d'ajustement du sous-secteur face aux fluctuations conjoncturelles, sans prétendre établir des relations causales définitives.

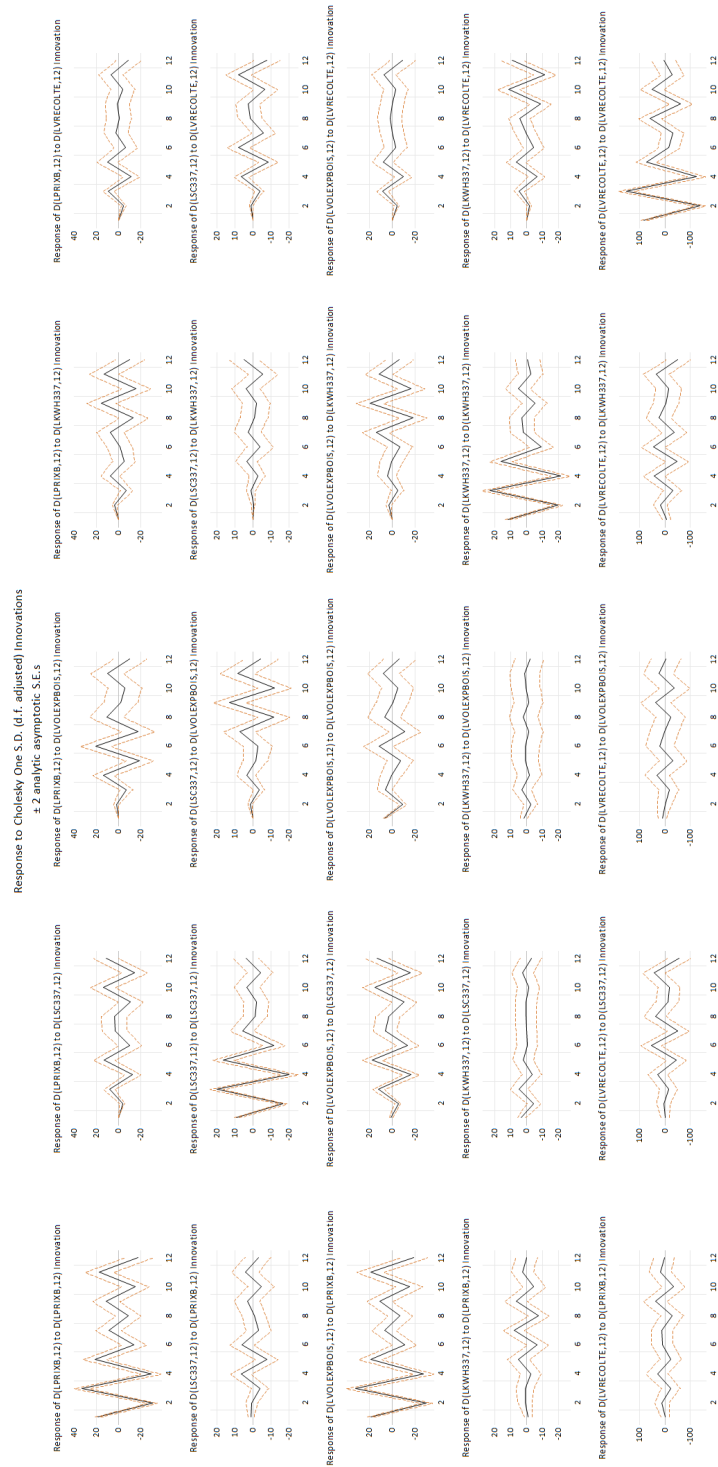


Figure D.1 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexpb,12)$ $d(lkwh337,12)$ $d(lvrexcolte,12)$

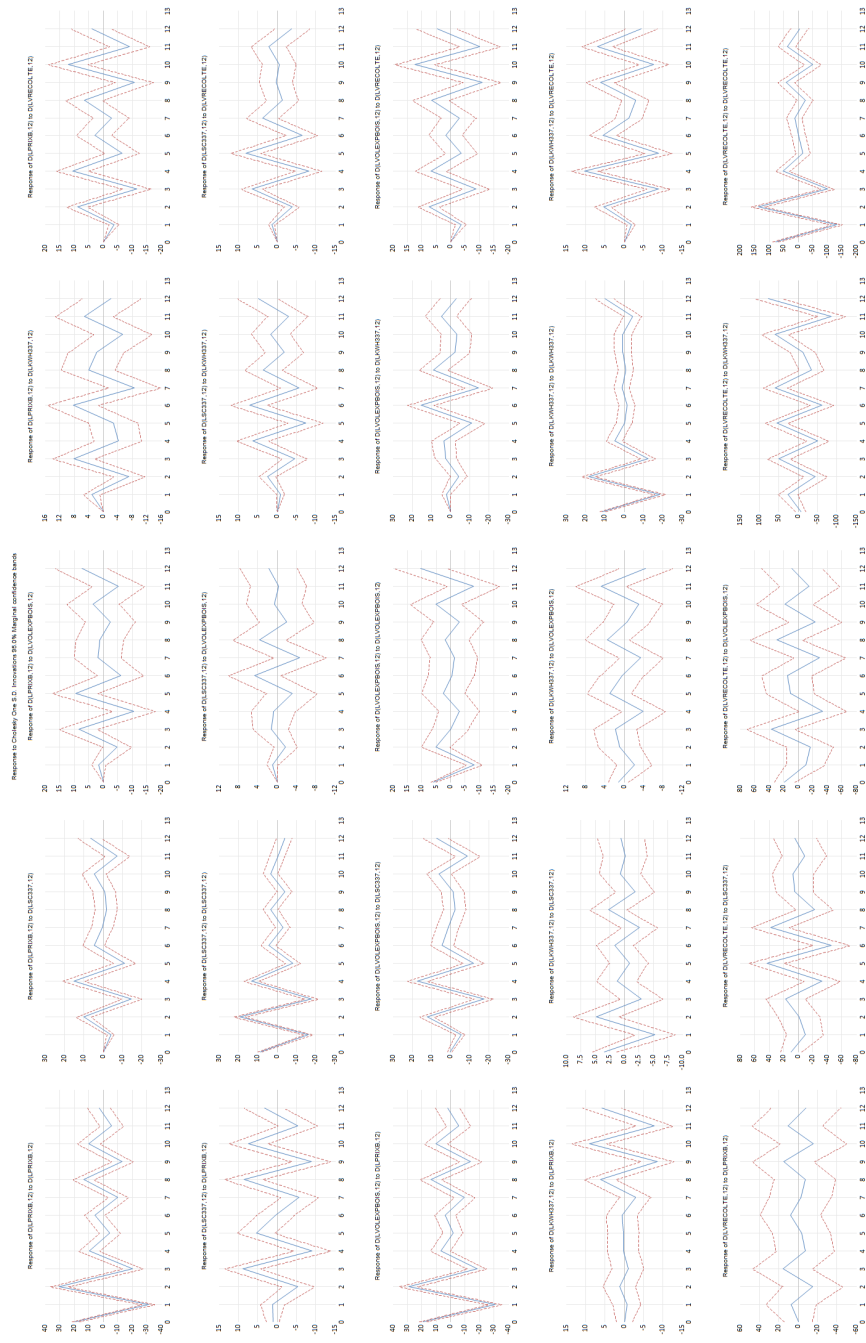


Figure D.2 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprxb,12)$ $d(lsc337,12)$ $d(lvrexcolte,12)$ $d(lkwh337,12)$ $d(lvrexcolte,12)$

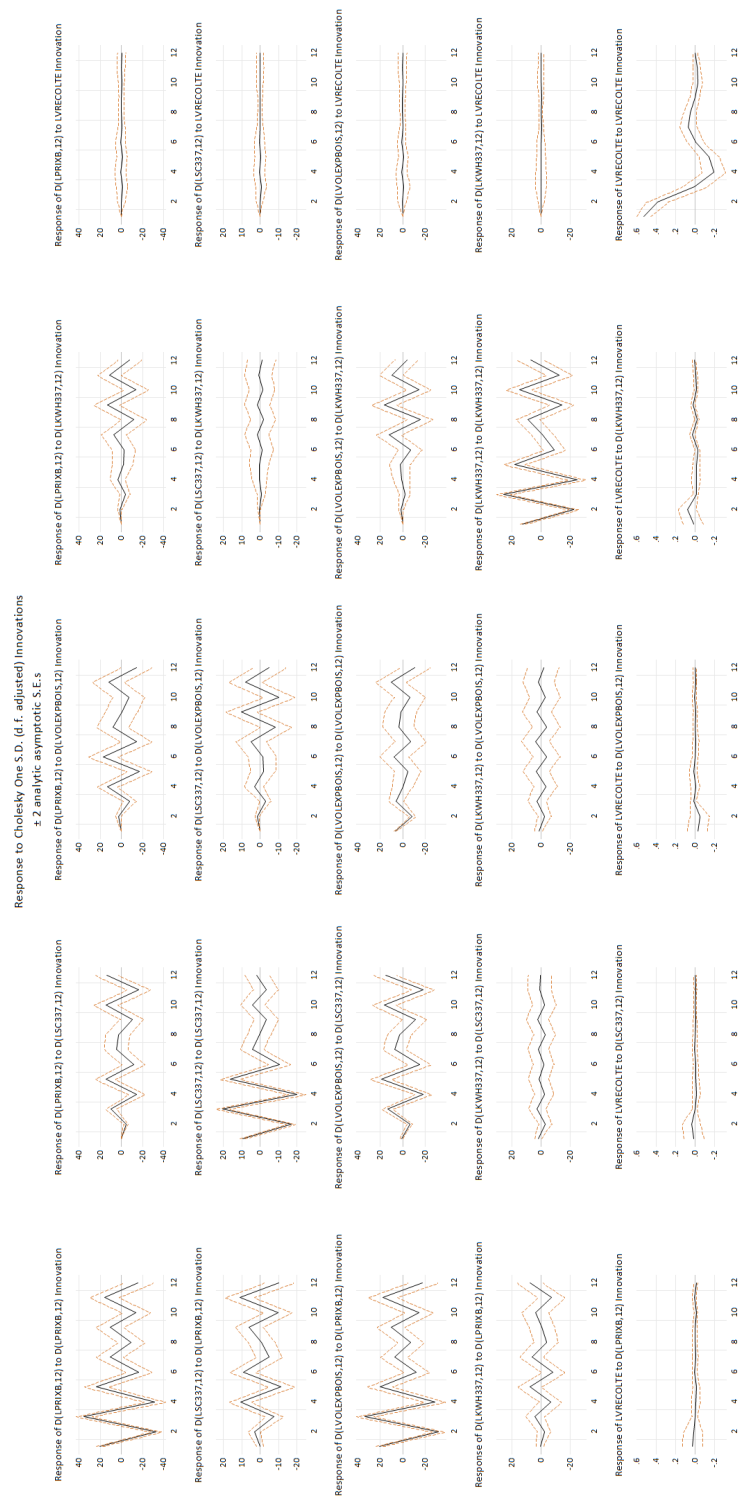


Figure D.3 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprxb,12) d(lsc337,12) d(lvlexpbois,12) d(lkwh337,12) lvrecolte

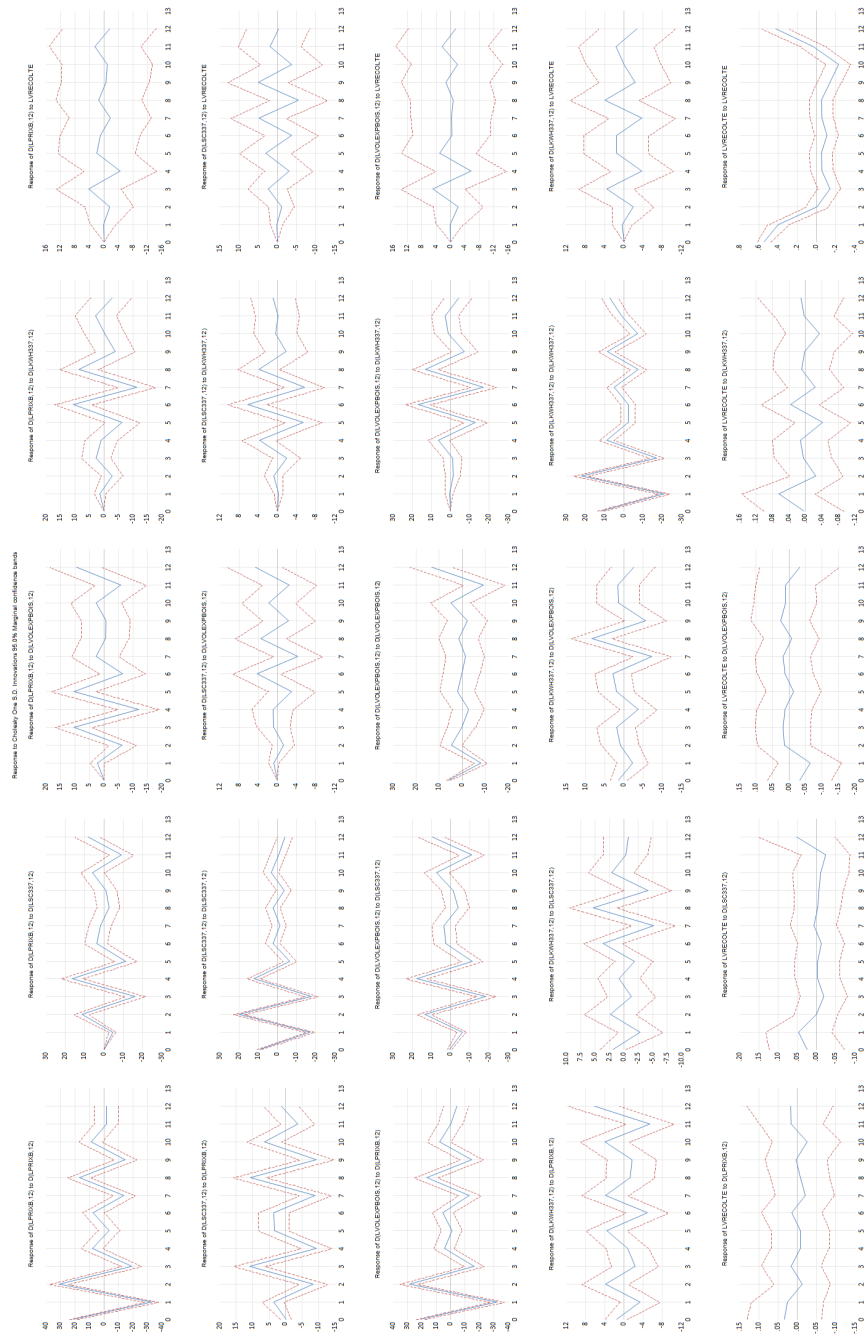


Figure D.4 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvlepxbois,12) d(lvlecolte,12) d(lvlecolte,12) d(lvlecolte,12)

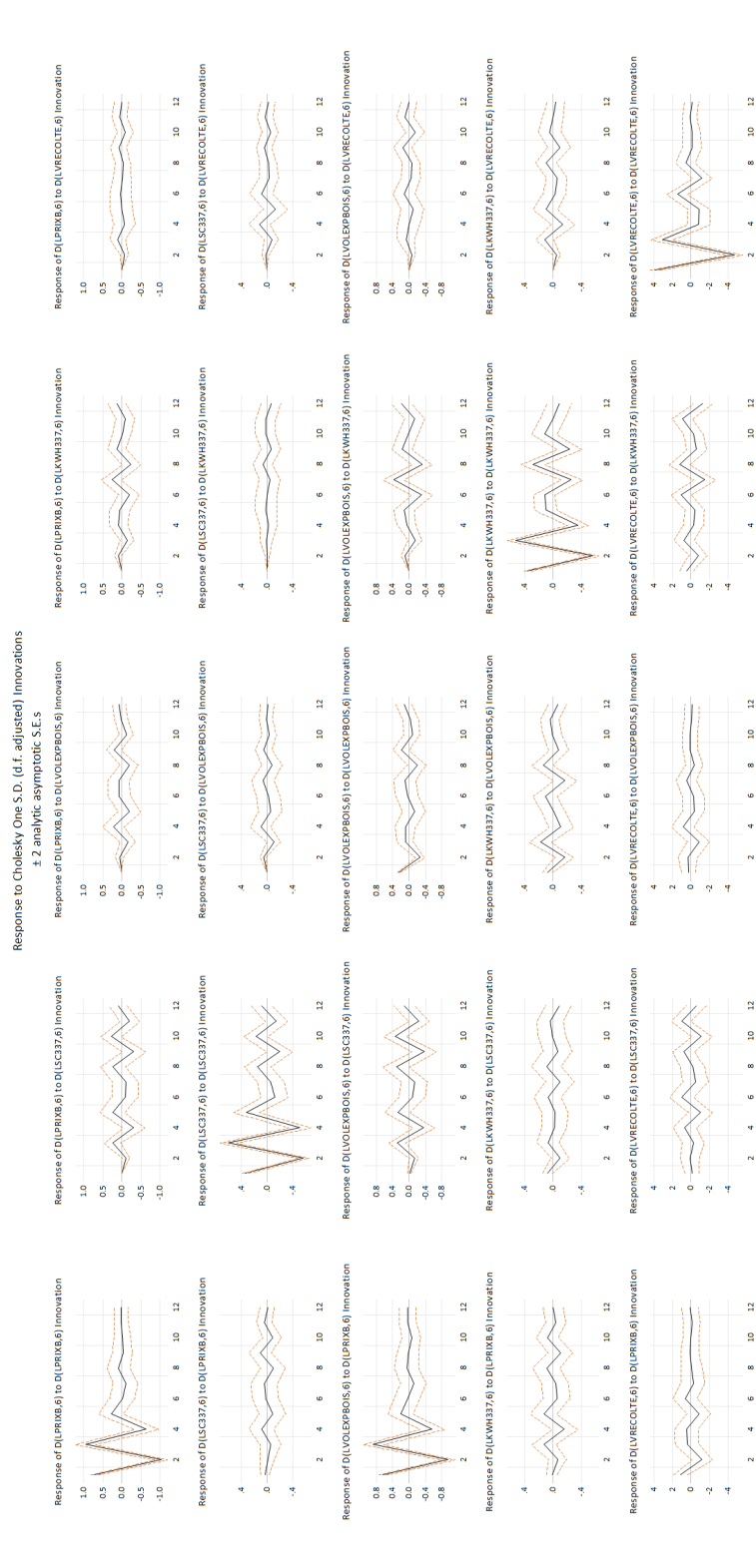


Figure D.5 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvrexcolte,6)$ $d(lvrexcolte,6)$ $d(lvrexcolte,6)$ $d(lvrexcolte,6)$

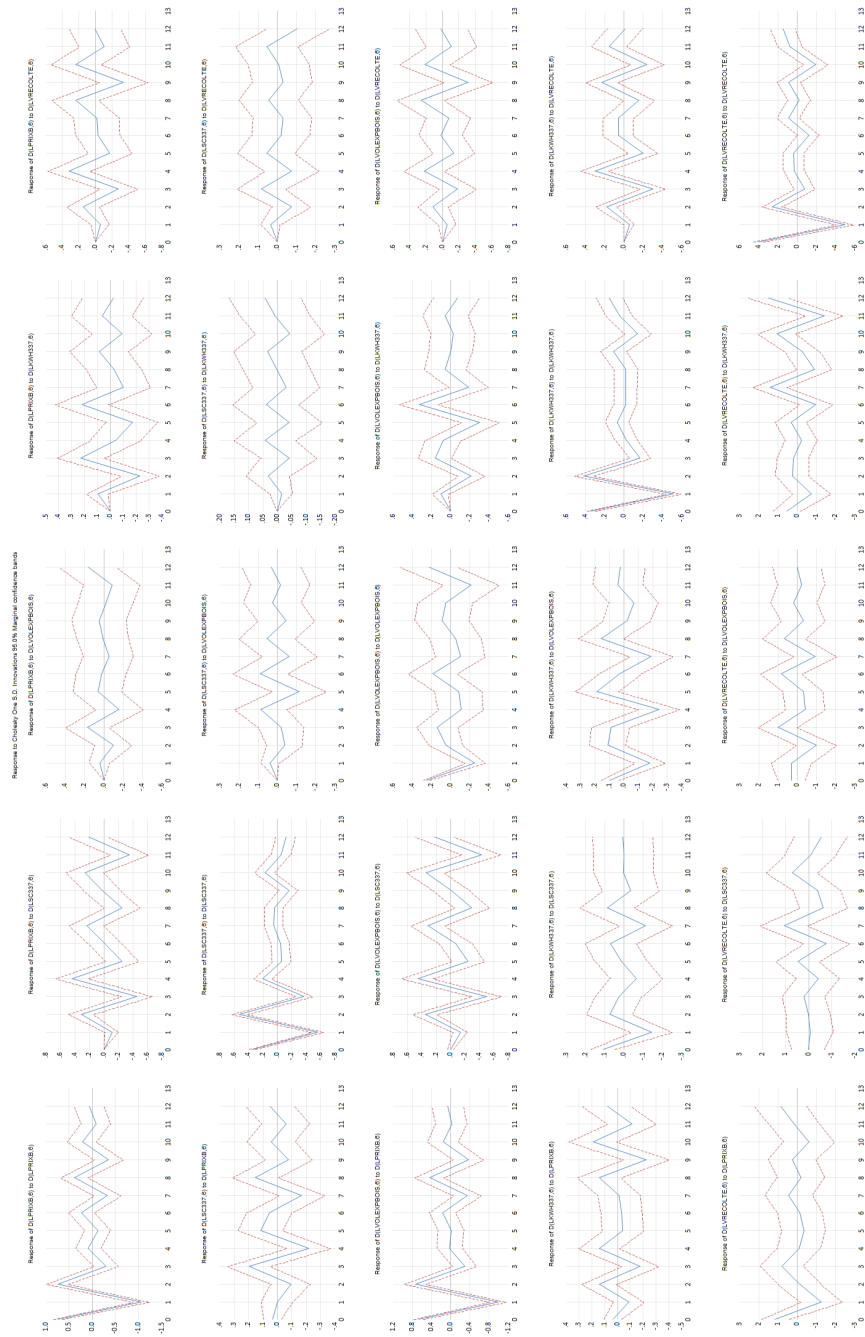


Figure D.6 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lprixb,6) d(lsc337,6) d(lvrexpois,6) d(lkwh337,6) d(lvrexcol,6)

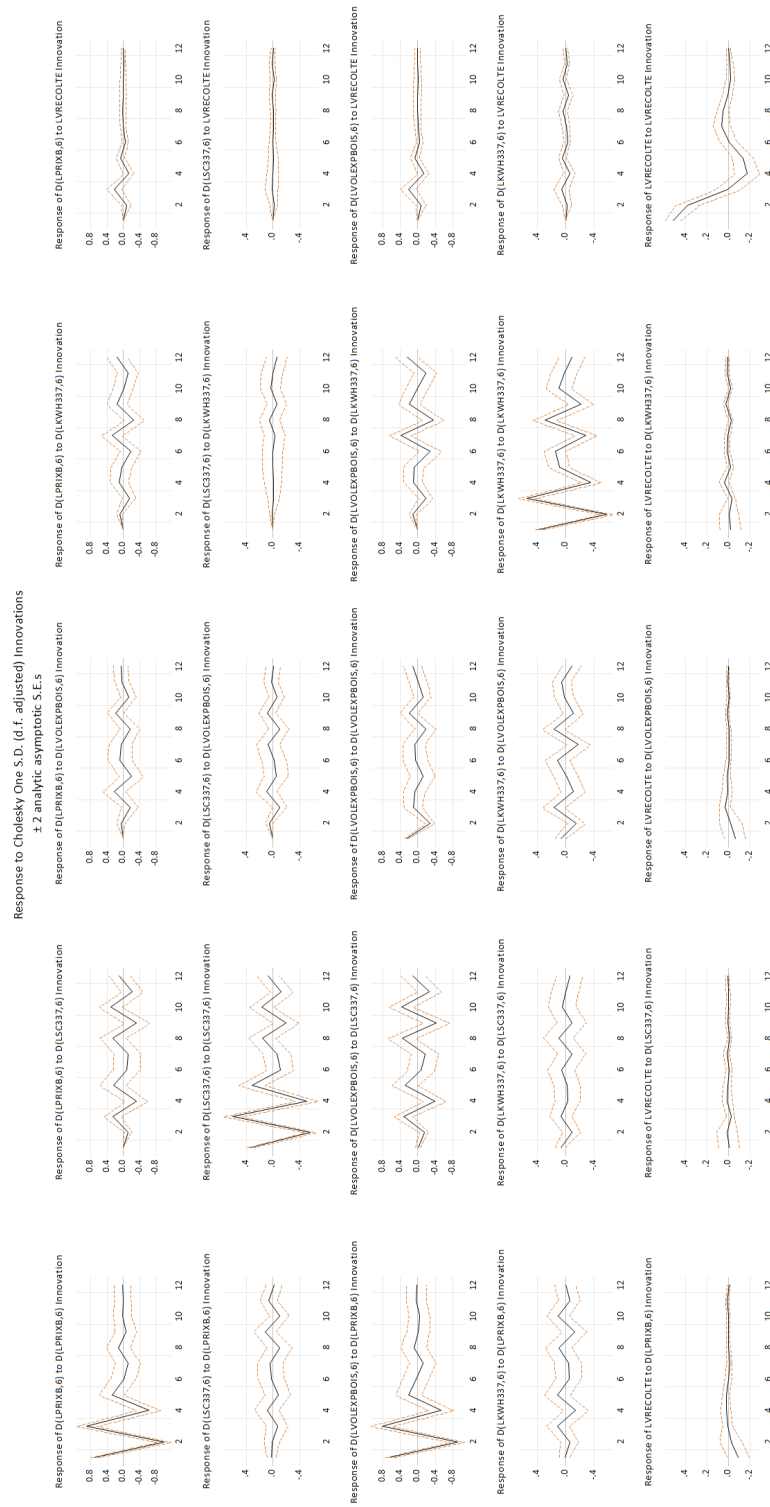


Figure D.7 – Fonction de réponse impulsionnelle, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvprixb,6)$ $d(lsc337,6)$ $d(lvrexprois,6)$ $d(lkwh337,6)$ $lvrecolte$

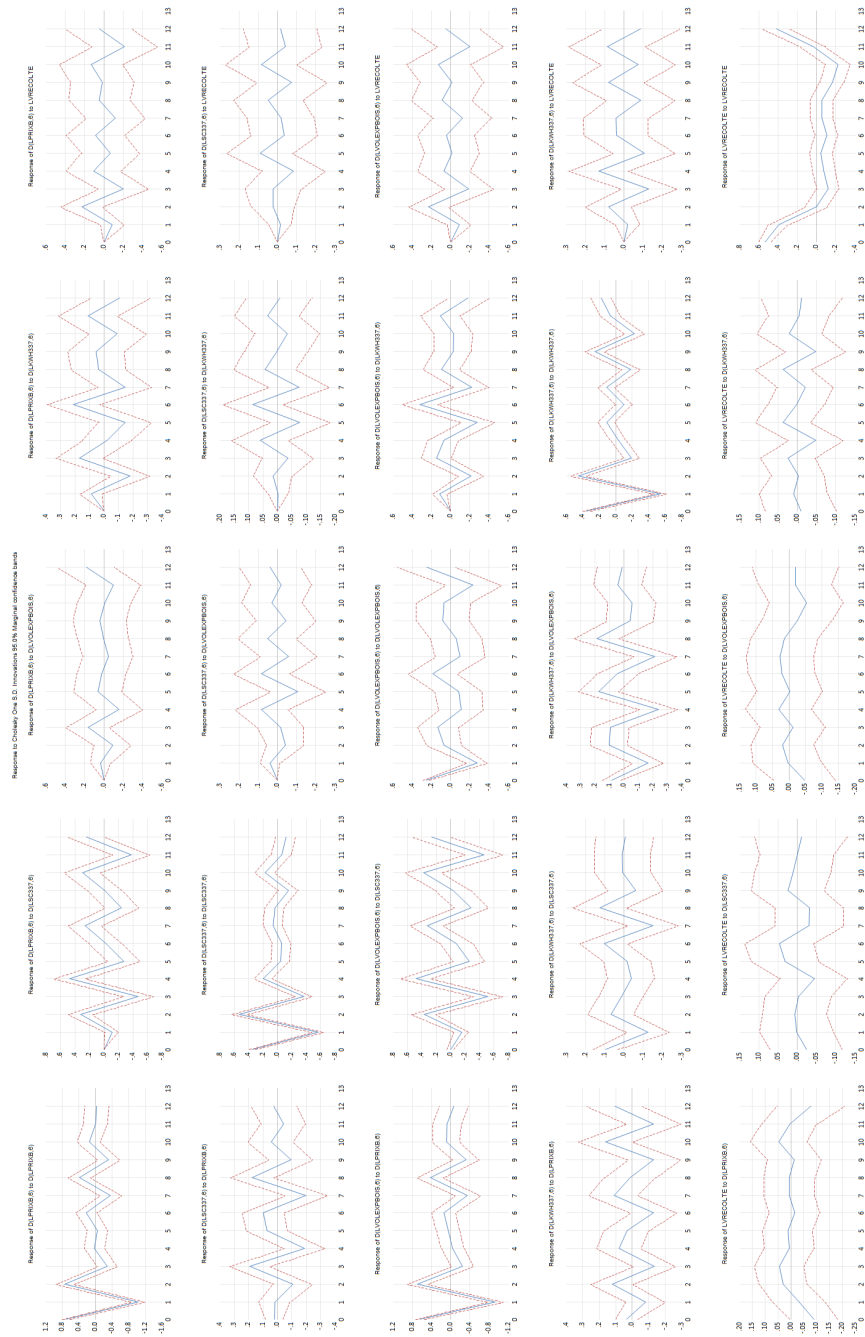


Figure D.8 – Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvlepxb,6)$ $d(lsc337,6)$ $d(lvlecolte,6)$ $d(lvlecolte,6)$

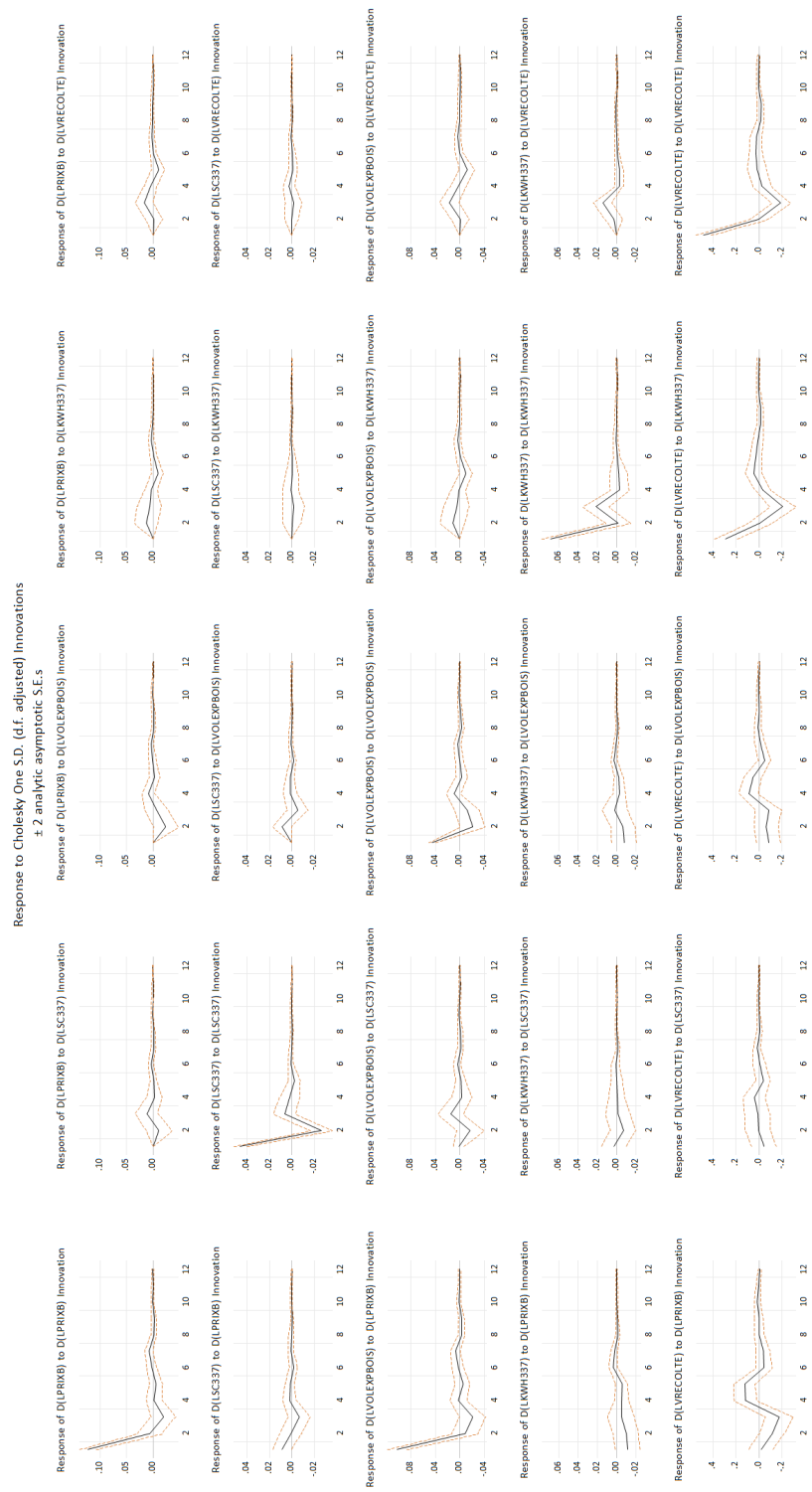


Figure D.9 – Fonction de réponse impulsionnelle, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lvexpbois)$ $d(lsc337)$ $d(lvrexcolte)$ $d(lvwh337)$

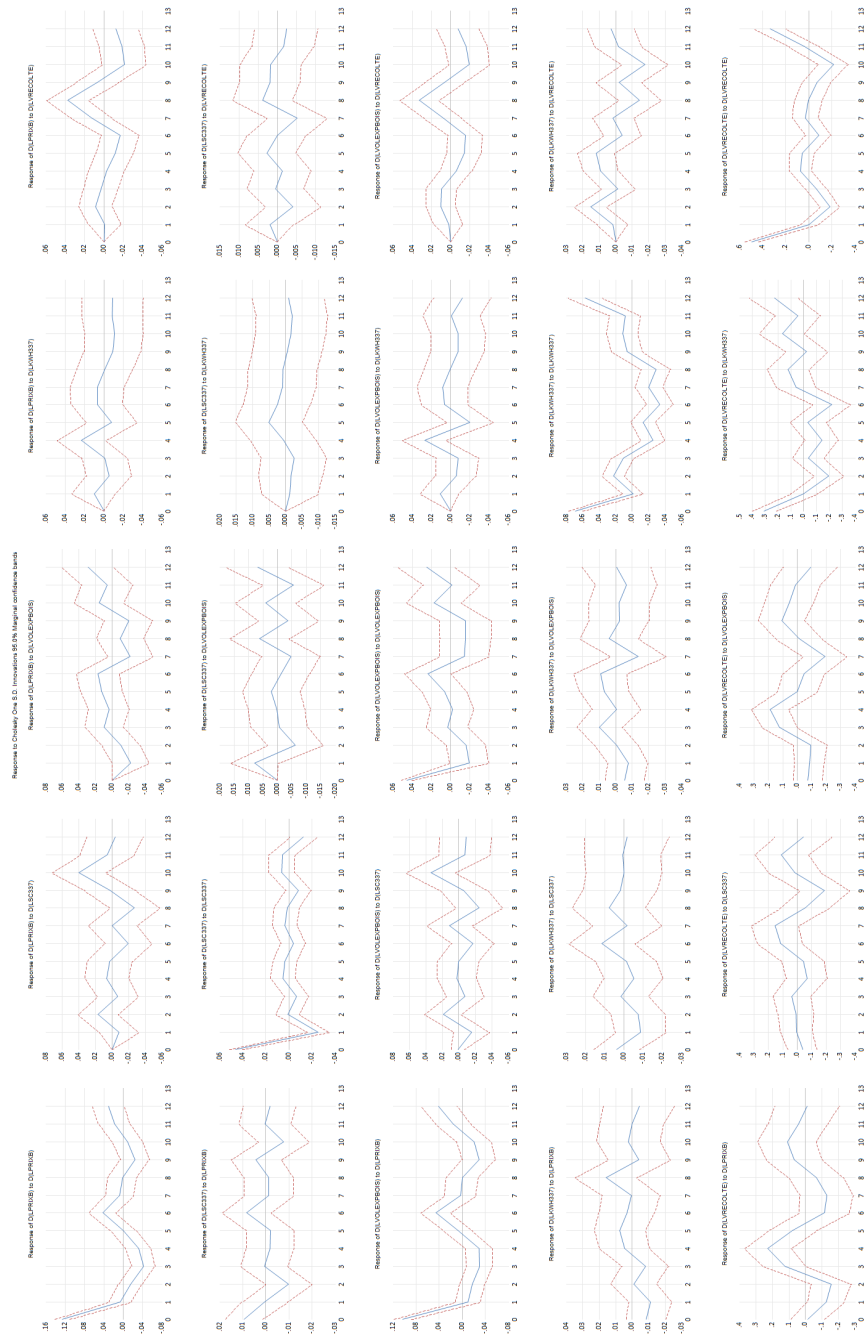


Figure D.10 – Projections locales, var %, Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lvrexcolte) d(lvrexcolte) d(lvrexcolte)

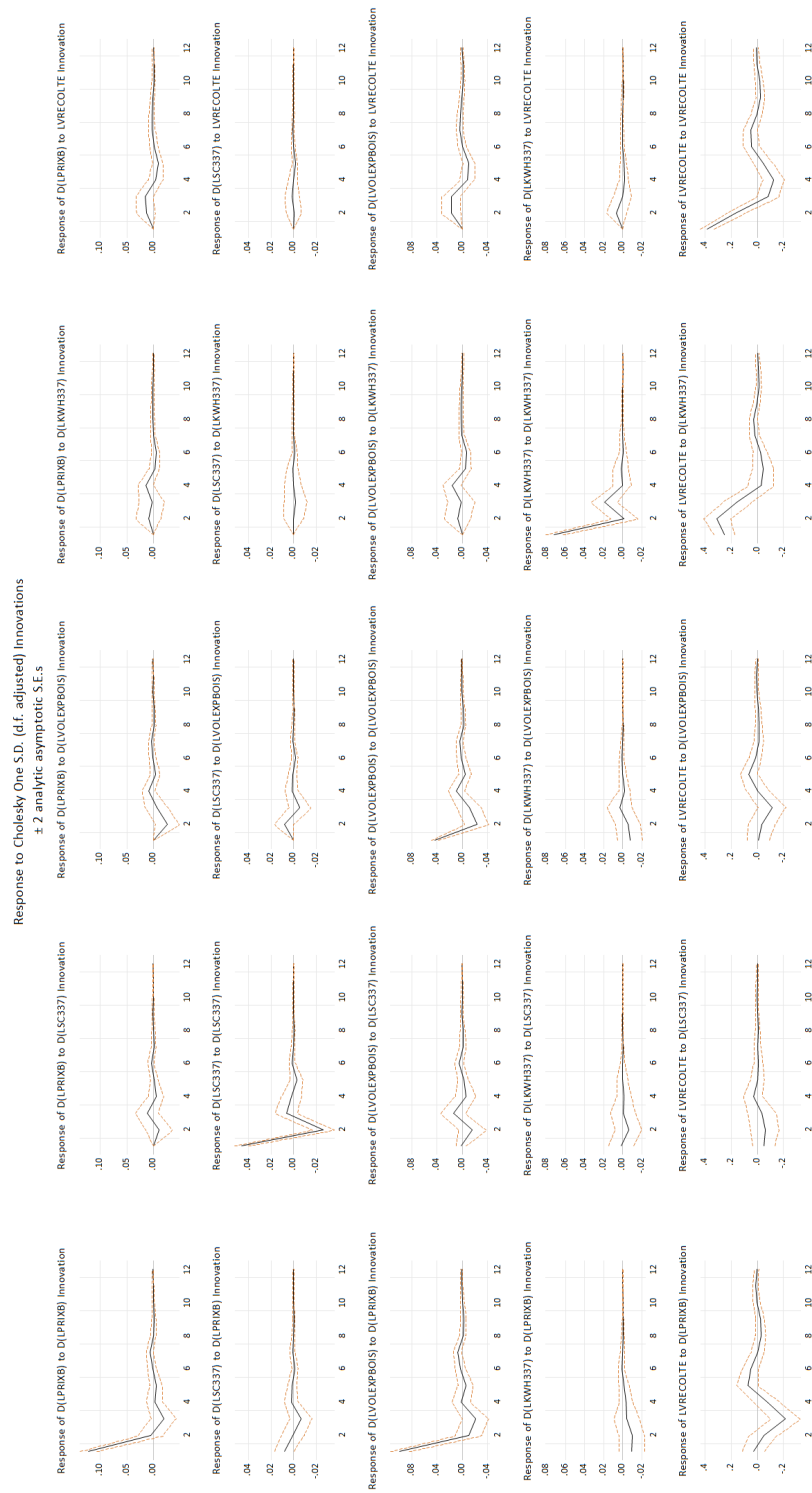


Figure D.11 – Fonction de réponse impulsionnelle, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : $d(lprixb)$ $d(lsc337)$ $d(lvolxpbois)$ $d(lkwh337)$ $lvrecolte$

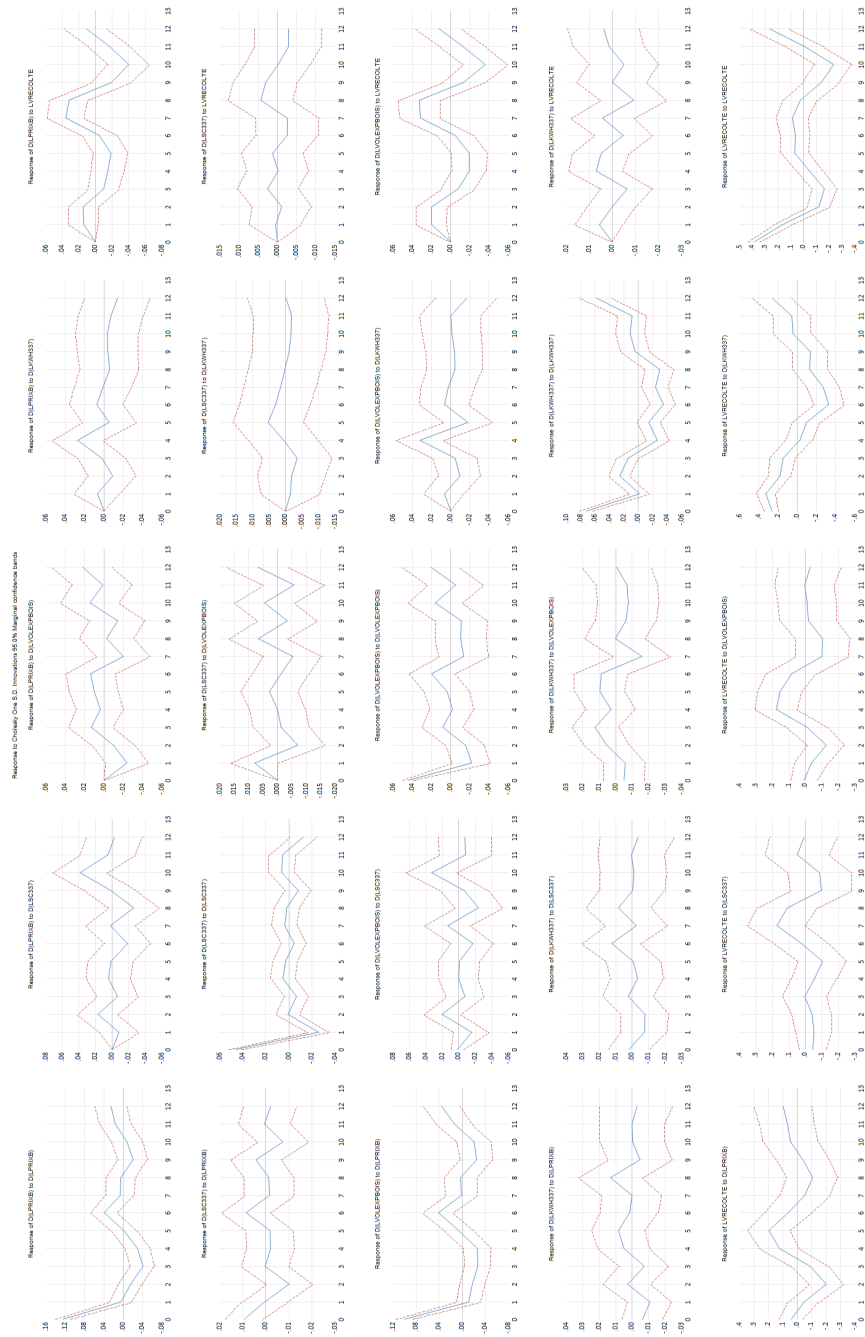


Figure D.12 – Projections locales, var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, unadjusted data : d(lsc337) d(lsc337) d(lsc337) d(lsc337) d(lsc337)

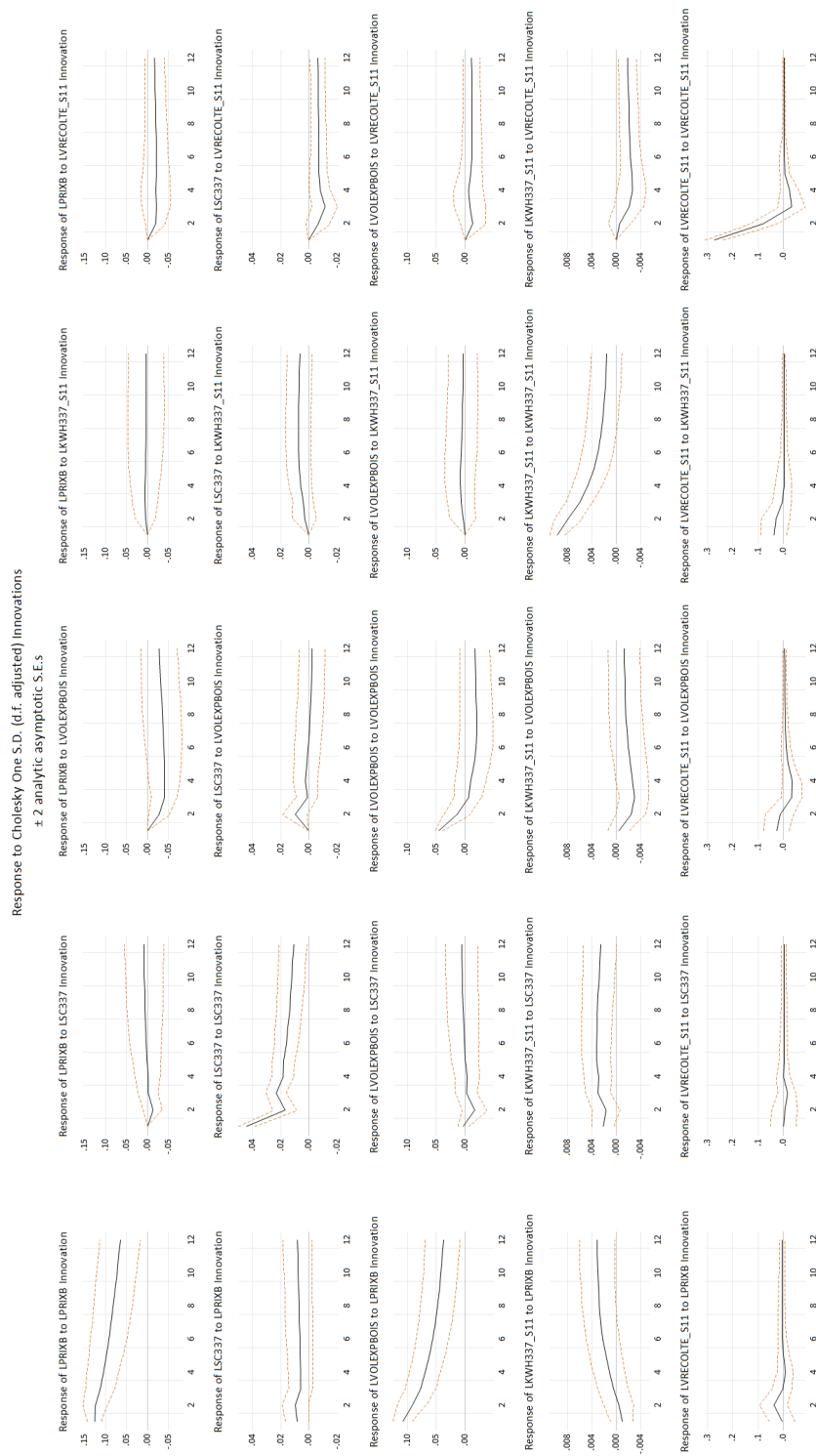
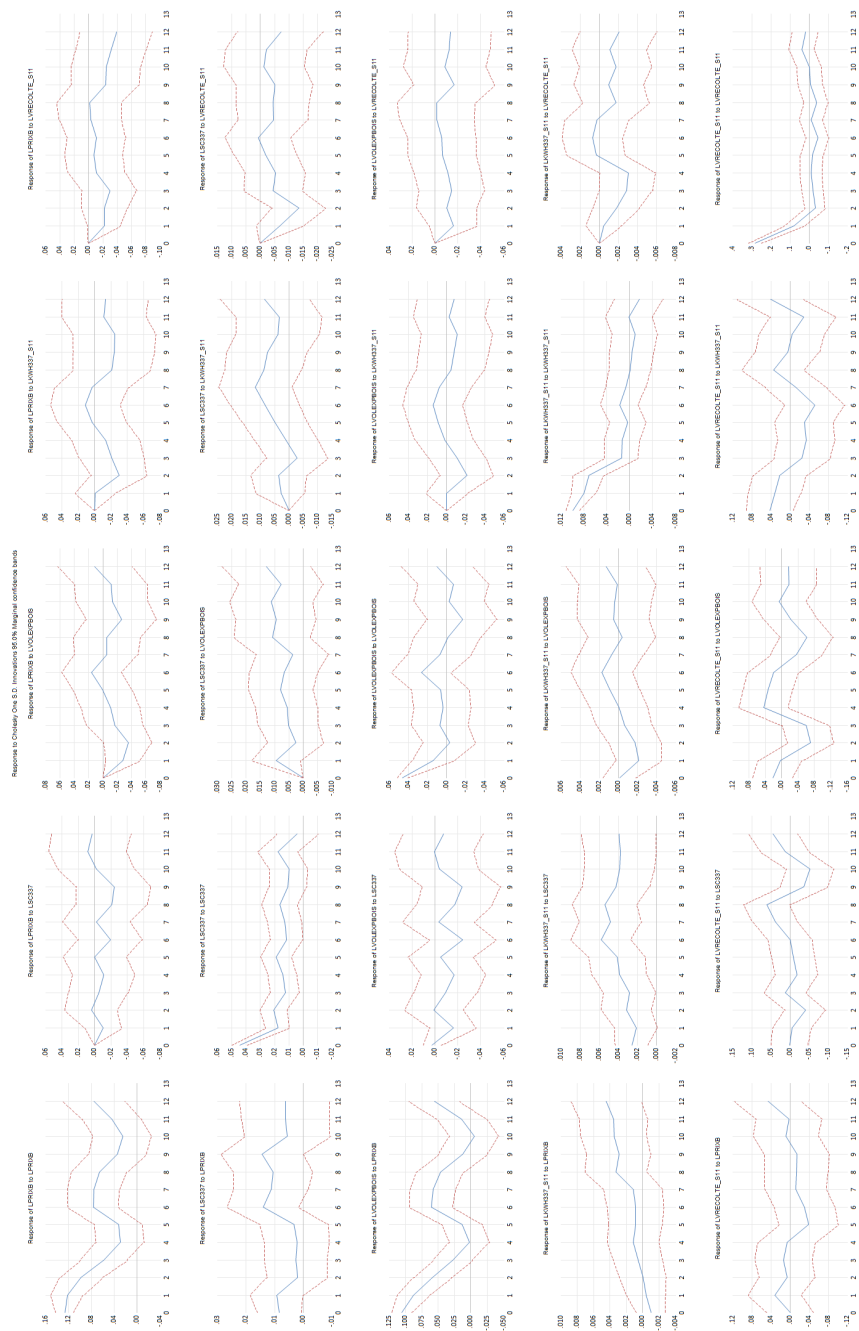


Figure D.13 – Fonction de réponse impulsionnelle, en log, Constant and trend, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : `lpxbh337`

`lvolexpbois lkw337.s11 lvrecolte.s11`



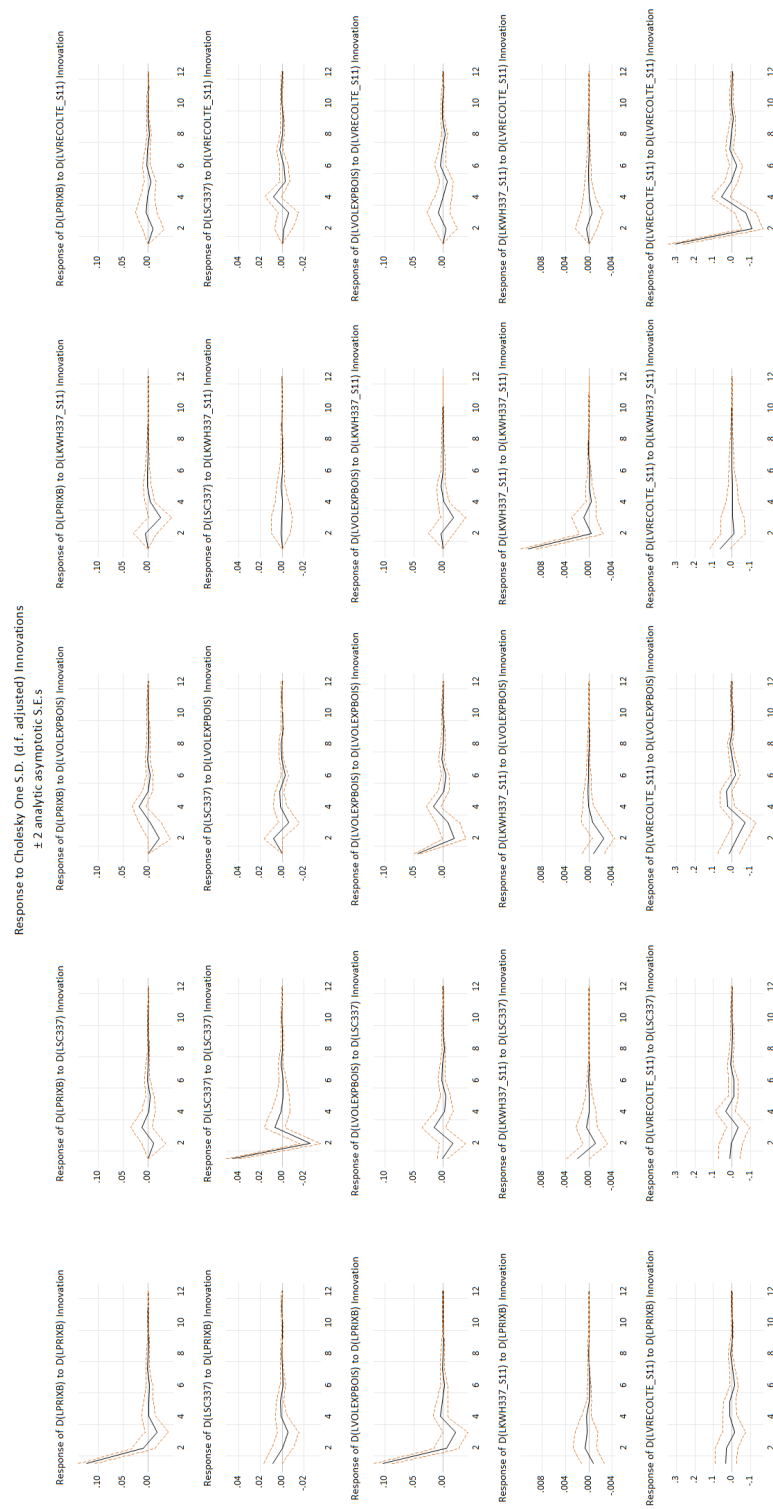


Figure D.15 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprixb) d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) d(lvrecolte.s11)

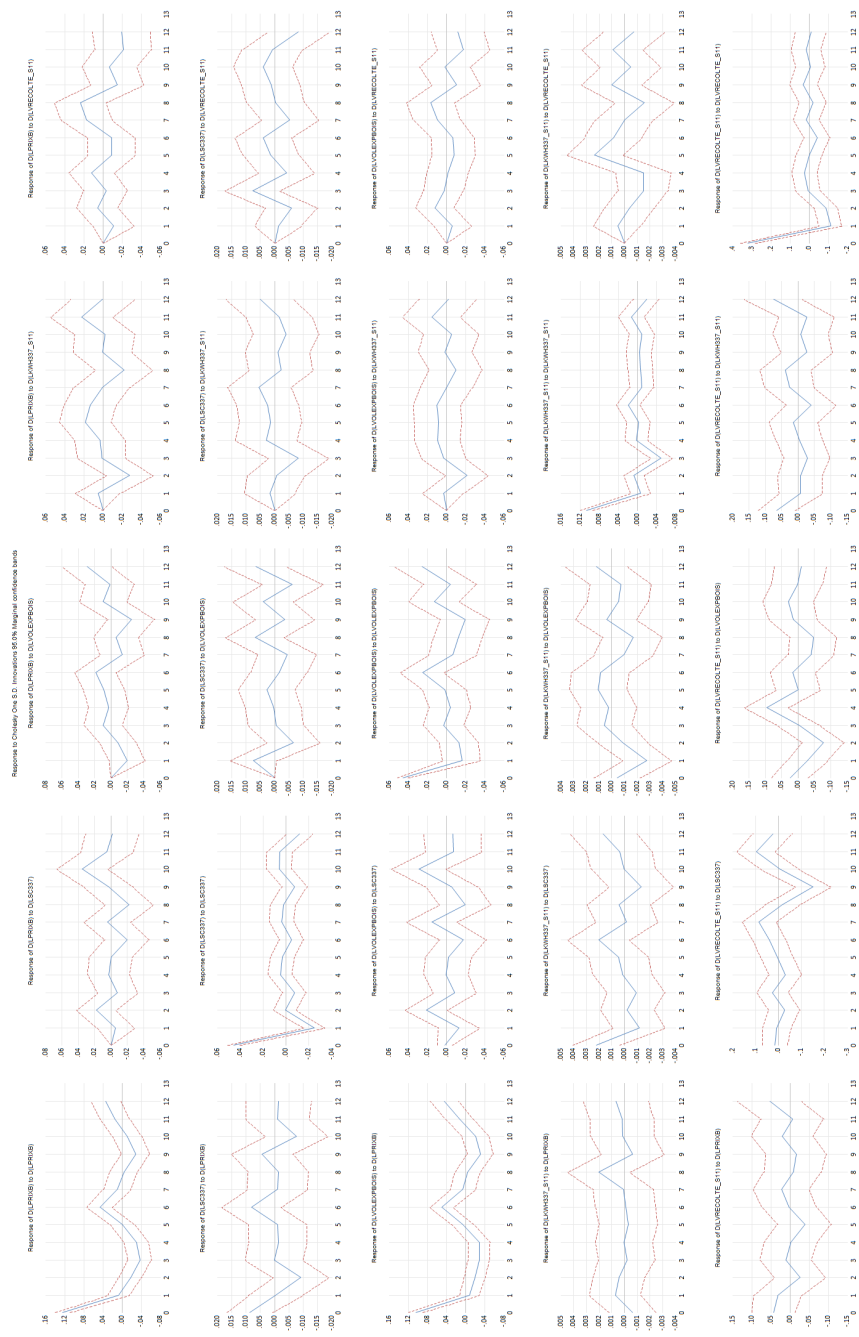


Figure D.16 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (k-wallis at 5%) : $d(lvrexpoib)$ $d(lvrexpoib)$ $d(lvrexpoib)$ $d(lvrexpoib)$

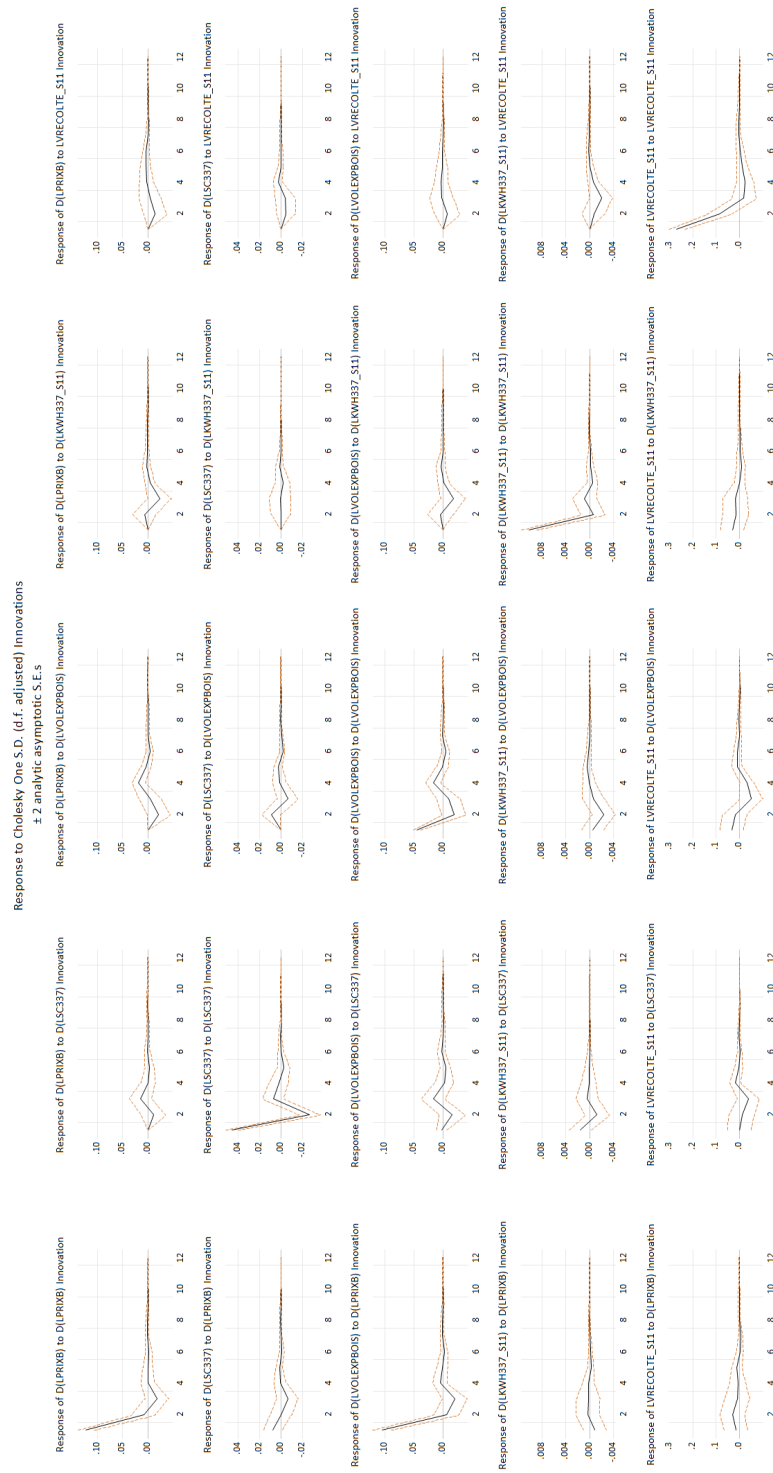


Figure D.17 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprxb)
d(lsc337) d(lvleexpbois) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11

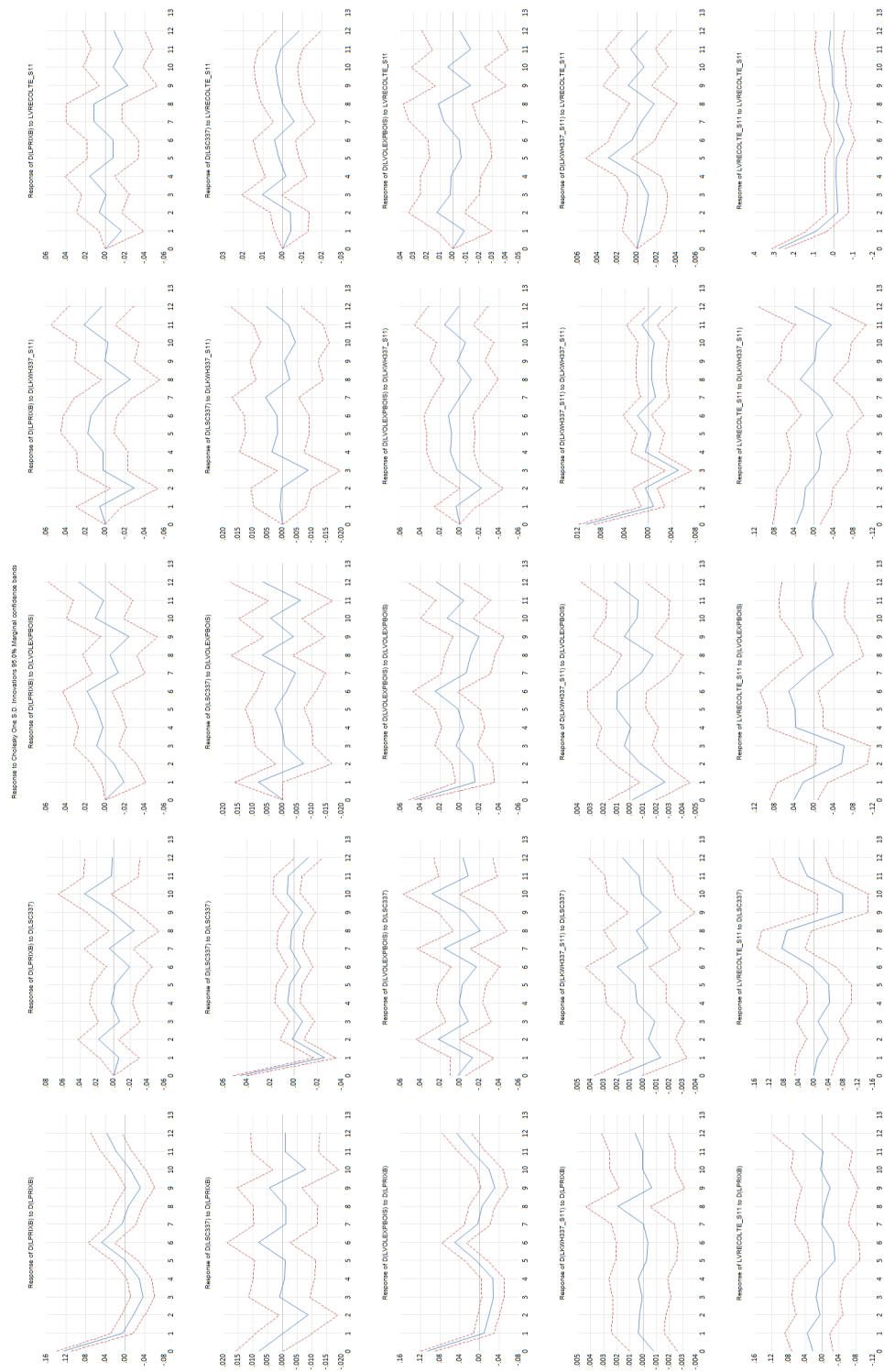


Figure D.18 – Projections locales, en var % (except lrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (K-wallis at 5%) : d(lprxb)
d(lsc337) d(lvolexpbois) d(lkwh337.s11) lrecolte.s11

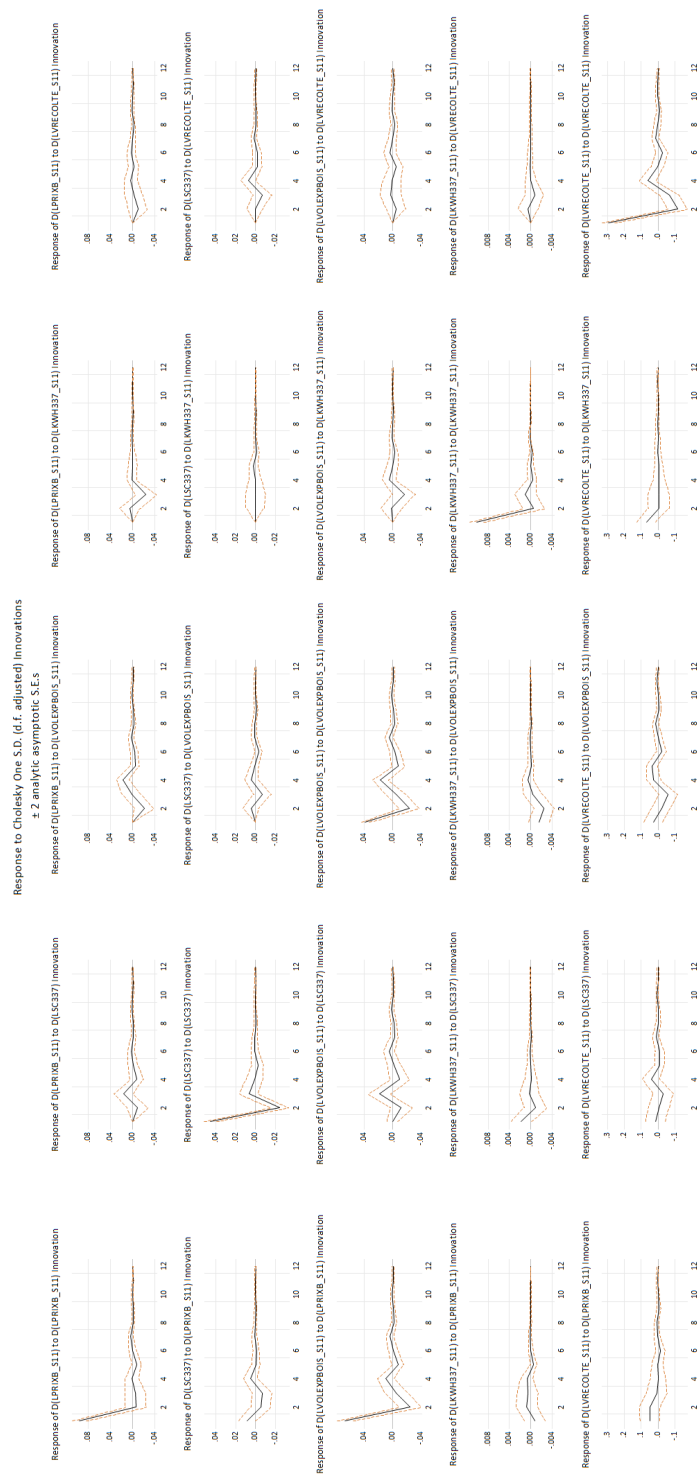


Figure D.19 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$

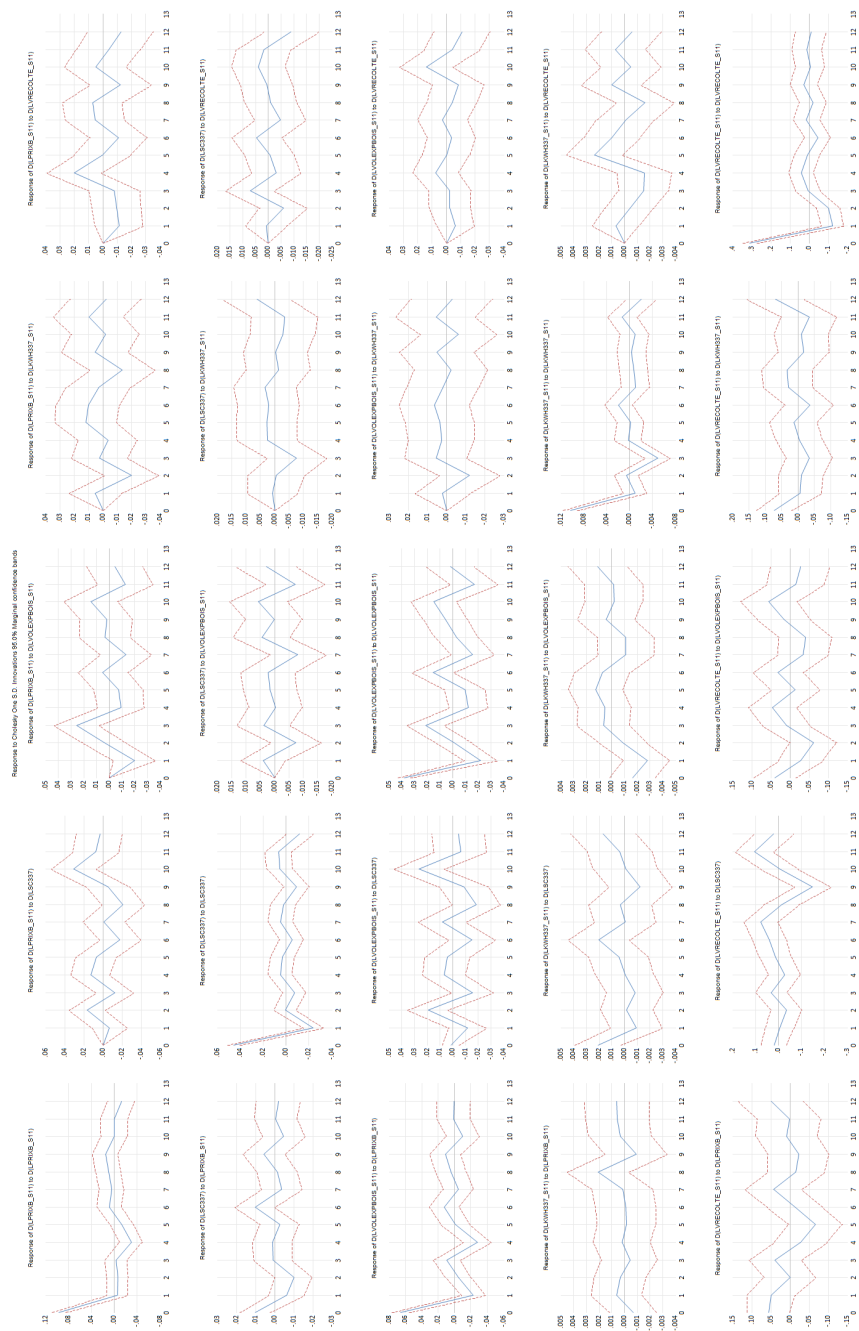


Figure D.20 – Projections locales, en var %, Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) : $d(lvrexpoib.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$ $d(lvrexcolte.s11)$

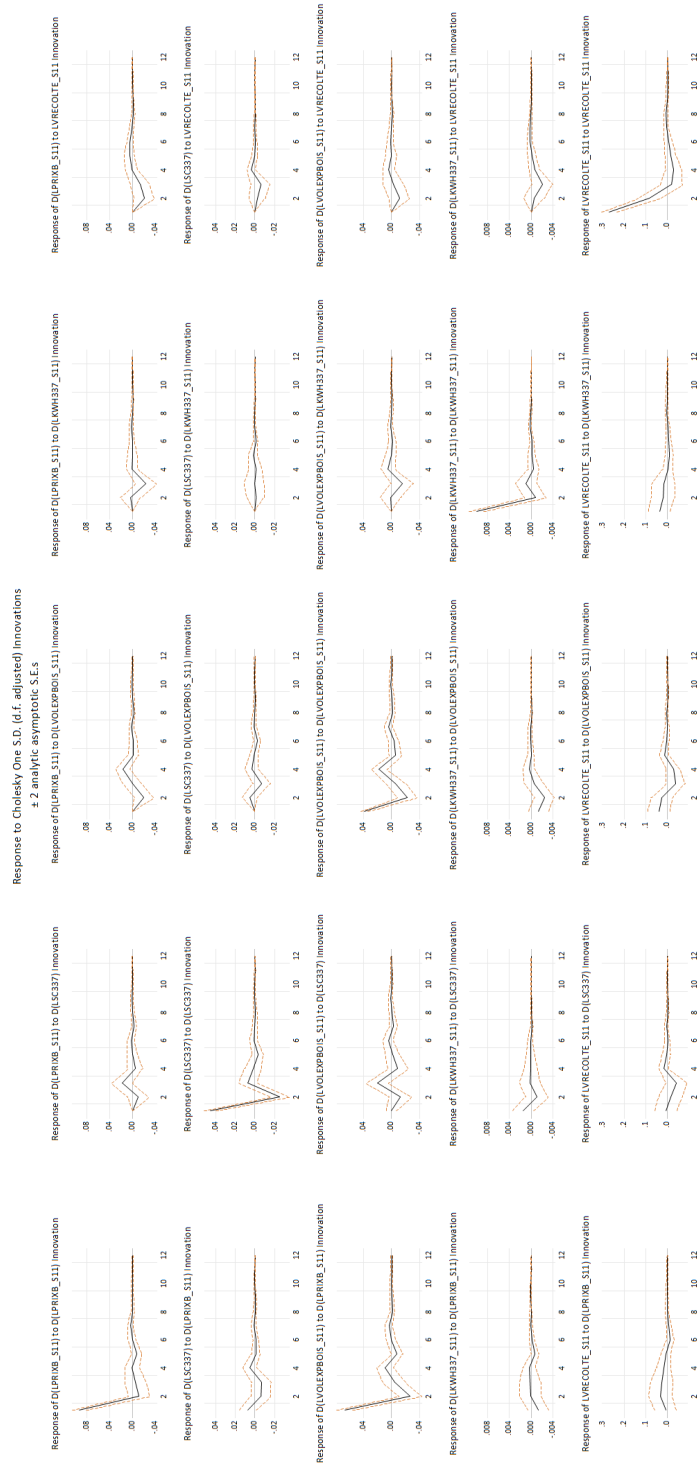


Figure D.21 – Fonction de réponse impulsionnelle, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvlepxpbois.s11) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11

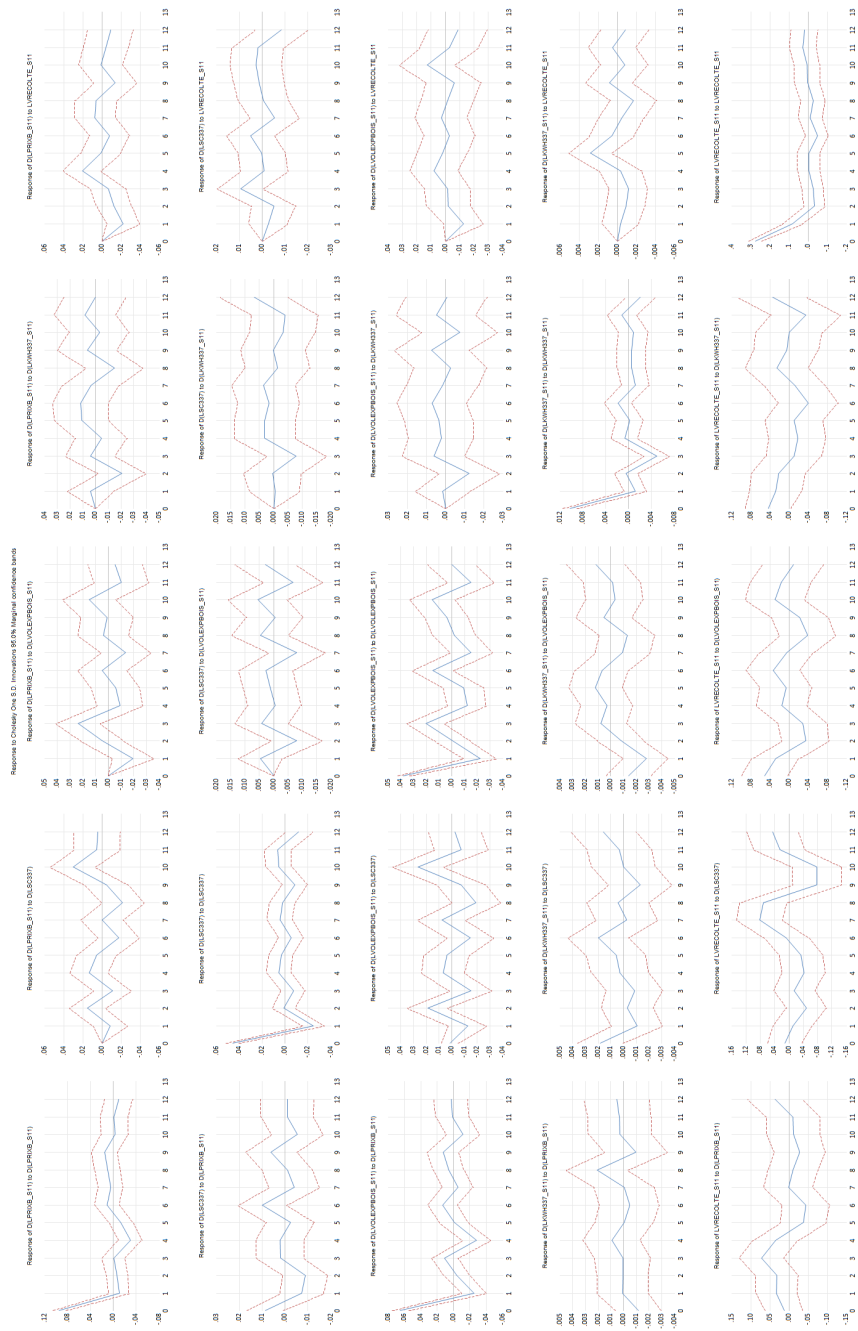


Figure D.22 – Projections locales, en var % (except lvrecolte), Constant, 2 lags, adjusted data (for all the variables) :
d(lprixb.s11) d(lsc337) d(lvlexpbois.s11) d(lkwh337.s11) lvrecolte.s11

BIBLIOGRAPHIE

- Banque du Canada (2019). Étudier les impacts économiques des changements climatiques. Récupéré de <https://www.banqueducanada.ca/2019/11/etudier-impacts-economiques-changements-climatiques/>
- Boccanfuso, D., Savard, L., Goyette, J., Gosselin, V. et Mangoua, C. T. (2014). *Analyse économique des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques de l'industrie forestière québécoise à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable de type micro-simulation*. Groupe de recherche en économie et développement international.
- Bourbonnais, R. (2021). *Économétrie-11e éd.* Dunod.
- Catanzaro, P. et D'Amato, A. (2019). Forest carbon : an essential natural solution for climate change. *University of Massachussets, Amherst*.
- Chaire en gestion du secteur de l'énergie - HEC Montréal (2024). État de l'énergie au québec 2024. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2024/03/EEQ2024_WEB.pdf
- Commission de l'énergie et des ressources naturelles du Canada (CER) (2020). Profils énergétiques des provinces et territoires - québec. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-quebec.html#:~:text=Au%20Qu%C3%A9bec%2C%20c'est%20le,en%202020%2C%20avec%2087%20TWh>
- D'Amato, A. W., Bradford, J. B., Fraver, S. et Palik, B. J. (2011). Forest management for mitigation and adaptation to climate change : Insights from long-term silviculture experiments. *Forest Ecology and Management*, 262(5), 803-816.
- Enders, W. (2014). *Applied Econometric Time Series* (4th éd.). John Wiley & Sons.
- ForetCompétences. (2022). *Diagnostic sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie québécoise de l'aménagement forestier 2020-2021, Québec*. Récupéré de <https://foretcompetences.ca/uploads/diagnostic-sectoriel-2020-2021.pdf>
- Freer-Smith, P. H., Broadmeadow, M. S. et Lynch, J. M. (2007). *Forestry and climate change*. CABI.
- GIEC, R. et Pachauri, A. R. (2014). Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse.
- Gouvernement du Canada. (2019). *Causes des changements climatiques*. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>
- Gouvernement du Québec (2023). Stratégie gouvernementale de développement durable 2023-2028. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/developpement-durable/>

strategie-gouvernementale/strategie-gouv-developpement-durable-2023-2028.pdf

Guariguata, M. R., Cornelius, J. P., Locatelli, B., Forner, C. et Sánchez-Azofeifa, G. A. (2008). Mitigation needs adaptation : Tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13, 793-808.

Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.

Hydro-Québec (2014). La biomasse forestière : un levier pour le développement durable. Récupéré de <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/fiche-biomasse.pdf>

Jordà, (2005). Estimation and inference of impulse responses by local projections. *American Economic Review*, 95(1), 161-182.

Joshi, R. et Singh, H. (2020). Carbon sequestration potential of disturbed and non-disturbed forest ecosystem : A tool for mitigating climate change. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 14(11), 385-393. <http://dx.doi.org/10.5897/AJEST2020.2887>

Keith, H., Lindenmayer, D., Macintosh, A. et Mackey, B. (2015). Under what circumstances do wood products from native forests benefit climate change mitigation? *PLoS One*, 10(10), e0139640.

Koop, G. (2013). *Analysis of Economic Data*. John Wiley & Sons.

LAPRESSE. (2020). *Le gouvernement du Québec veut doubler la récolte forestière d'ici 2080 et faire du secteur forestier « un incontournable » dans la relance économique*. Récupéré de <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/2020-12-16/quebec-veut-doubler-la-recolte-de-bois-d-ici-2080.php>

Lewandrowski, J., Kim, C. et Aillery, M. (2014). Carbon sequestration through afforestation under uncertainty. *Forest policy and economics*, 38, 90-96.

Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer Science & Business Media.

MacCarthy, J., Tyukavina, A., Weisse, M. J., Harris, N. et Glen, E. (2024). Extreme wildfires in Canada and their contribution to global loss in tree cover and carbon emissions in 2023. *Global Change Biology*, 30(6), e17392. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.17392>

MFFP. (2018). *Les produits forestiers, une richesse à cultiver : Stratégie de développement de l'industrie des produits forestiers 2018-2023*. Récupéré de https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/strategie/STR_industrie_foret_2018-2023_MFFP.pdf

MFFP. (2019). *Rapport - Groupe de travail sur la forêt et les changements climatiques*. Récupéré de https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/Rapport_final_GTFCC.pdf

MFFP. (2020). *Politique d'intégration du bois dans la construction, Québec*. Récupéré de <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/>

publications-adm/politique/PO_construction_bois.pdf

MFFP. (2021a). *Plan stratégique 2019-2023*. Récupéré de

<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/forets-faune-parcs/publications-adm/plan-strategique/PS-MFFP-2019-2023.pdf>

MFFP. (2021b). *Retombées économiques du secteur forestier*. Bureau de mise en marché des bois.

Récupéré de

https://bmmb.gouv.qc.ca/media/64634/rapport_retombees_economiques_vf.pdf

MFFP, Ministère des Forêts, d. l. F. e. d. P. G. d. Q. (2020). Stratégie nationale de production de bois 2020-2030 : Une stratégie de mobilisation durable de la matière ligneuse. [https :](https://www.mffp.ca/fr/produit-bois/production-bois/strategie-nationale-de-production-de-bois-2020-2030)

[//cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/strategie/STR_production_bois_MFFP.pdf](http://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/strategie/STR_production_bois_MFFP.pdf). Consulté le 11 avril 2025.

Miller, E. (2019). Branching out : How canada's forestry products sector is reshaping its future. *CD Howe Institute Commentary*, 542.

Miner, R., Perez-Garcia, J. *et al.* (2007). The greenhouse gas and carbon profile of the global forest products industry. *Forest Products Journal*, 57(10), 80.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP). (2019). *Chiffres-clés du Québec forestier*.

Récupéré de https://consultation.quebec.ca/rails/active_storage/disk/

eyJfcmFpbHMiOmsibWVzc2FnZSI6IkJBaDdVVG9JYTJWNVNTSWhiREptY1hGMGFYUnlkemwwWkdJeGEzVmtNSEZpW
--6e44c845cfe0fb57c50d3ad31aa5663f14eb1e64/CIFQ.pdf

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2009). Plan d'action pour la biomasse forestière.

Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de

<https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/entreprise/plan-action-biomasse.pdf>

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) (2024). Étude sur les centres de biomasse

forestière au québec. Récupéré de https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/forets/documents/entreprises/Etude_centres_biomasse_forestiere.pdf

MRNF. (2022a). *Programme d'innovation en construction bois. Cadre normatif 2021-2024*. Récupéré de

https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/forets/documents/entreprises/CA_normatif_PICB_MRNF.pdf

MRNF. (2022b). RESSOURCES ET INDUSTRIES FORESTIÈRES DU QUÉBEC. Portrait statistique 2022.

Récupéré de https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/forets/documents/entreprises/RA_portrait_statistiques_industries_forestieres_MRNF.pdf

MRNF. (2023a). *Chiffres-clé du Québec forestier*. Récupéré de <https://cdn-contenu.quebec.ca/>

cdn-contenu/forets/documents/entreprises/RA_chiffres-cles_forets_MRNF.pdf

MRNF. (2023b). *Programme d'innovation bois. Cadre normatif 2023-2026*. Récupéré de

https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/forets/documents/entreprises/CA_normatif_PIB_MRNF.pdf

- MRNF. (2024). *Démarche de réflexion sur l'avenir des forêts : Développement économique et retombées régionales*. Récupéré de https://mrnf.gouv.qc.ca/documents/forets/consultation/FI_Theme4_TRAF.pdf
- Parlement Européen (2024). Politique environnementale : principes généraux et cadre de base. Récupéré de <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/71/politique-environnementale-principes-generaux-et-cadre-de-base>
- Plantinga, A. et Richards, K. R. (2008). *International forest carbon sequestration in a post-Kyoto agreement*. Harvard Project on International Climate Agreements.
- PwC | QWEB. (2022). *Étude sur les retombées économiques de l'industrie québécoise du bois en 2021 : De la forêt à la production de bois transformés*. Récupéré de <https://cifq.com/documents/file/Publications/final-etude-sur-les-retombees-economiques-de-l-industrie-du-bois-2021.pdf>
- Québec Science (2022). La biomasse forestière : une source d'énergie verte prometteuse. Récupéré de <https://www.quebecscience.qc.ca/partenariat/biomasse-forestiere-source-energie-verte/>
- RADIO-CANADA. (2020). *Le Québec entend presque doubler sa récolte de bois d'ici 2080*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1757723/ministere-forets-industrie-strategie-production>
- RADIO-CANADA. (2024). *Québec remet en question ses objectifs de récoltes de bois à long terme*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2055624/recolte-bois-long-terme-quebec-revision>
- Ressources naturelles Canada (RNCa) (2019). Résumé statistique du Canada sur l'énergie : Rapport 2019. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de <https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/cie/2019/pdf/cie19.pdf>
- Ressources naturelles Canada (RNCa) (2021). Consommation d'énergie au Québec par secteur et type d'énergie, 2021. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=agg&juris=qc&year=2021&rn=2&page=0>
- Sedjo, R. et Sohngen, B. (2012). Carbon sequestration in forests and soils. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 127–144. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-110811-114547>
- Stock, J. (2001). *Forecasting Economic Time Series*, Dans B. Baltagi (dir.). *Companion in Theoretical Econometrics*, (p. 562–584). Basil Blackwell : Malden.
- Stock, J. H. et Watson, M. W. (2001). *Time Series for Macroeconomics and Finance*. Princeton University Press.
- Thiffault, É., Béchar, A., Paré, D. et Allen, D. (2016). Recovery rate of harvest residues for bioenergy in boreal and temperate forests : A review. In *Advances in Bioenergy : The Sustainability Challenge* 293–316. Academic Press.

Transition énergétique Québec (2020). Programme bioénergies. Consulté le 8 décembre 2024. Récupéré de <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/affaires/programmes/bioenergies>