



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 17460

To cite this version :

Anselme-Moizan, Marie. *Intérêt économique de la vaccination des bovins contre les diarrhées des veaux*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2016, 97 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DE LA VACCINATION DES BOVINS CONTRE LES DIARRHÉES DES VEAUX

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

ANSELME-MOIZAN Marie

Née, le 14/10/1991 à Lavaur (81)

Directeur de thèse : M. Didier RABOISSON

JURY

PRESIDENT :
M. Laurent MOLINIER

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Didier RABOISSON
M. Pierre SANS

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Répartition des Enseignants-Chercheurs par Département.

Mise à jour : 06/09/2016

DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN

ELEVAGE ET PRODUITS/SANTÉ PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE	SCIENCES BIOLOGIQUES ET FONCTIONNELLES	SCIENCES CLINIQUES DES ANIMAUX DE COMPAGNIE, DE SPORT ET DE LOISIRS
<p>Responsable : M. SANS</p> <p><u>ALIMENTATION ANIMALE :</u> M. ENJALBERT Francis, PR Mme PRIYMENKO Nathalie, MC Mme MEYNADIER Annabelle, MC</p> <p><u>EPIDEMIOLOGIE :</u> Mme Mathilde PAUL, MC</p> <p><u>MALADIES REGLEMENTEES-ZOONOSES-MEDECINE PREVENTIVE DES CARNIVORES DOMESTIQUES-DROIT VETERINAIRE :</u> M. PICAUVET Dominique, PR</p> <p><u>PARASITOLOGIE-ZOOLOGIE :</u> M. FRANC Michel, PR M. JACQUIET Philippe, PR M. LIENARD Emmanuel, MC Mme BOUHSIRA Emilie, MC</p> <p><u>HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS :</u> M. BRUGERE Hubert, PR M. BAILLY Jean-Denis, PR Mme BIBBAL Delphine, MC Mme COSTES Laura, AERC Mme DAVID Laure, MCC</p> <p><u>PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION :</u> M. BERTHELOT Xavier, PR M. BERGONIER Dominique, MC Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, PR Mme HAGEN-PICARD Nicole, PR M. NOUVEL Laurent-Xavier, MC Mme MILA Hanna, MC</p> <p><u>PATHOLOGIE DES RUMINANTS :</u> M. SCHELCHER François, PR M. FOUCRAS Gilles, PR M. CORBIERE Fabien, MC M. MAILLARD Renaud, MC M. MEYER Gilles, PR</p> <p><u>PRODUCTION ET PATHOLOGIE AVIAIRE ET PORCINE :</u> Mme WARET-SZKUTA Agnès, MC M. JOUGLAR Jean-Yves, MC M. GUERIN Jean-Luc, PR M. LE LOC'H Guillaume, MC</p> <p><u>PRODUCTIONS ANIMALES AMELIORATION GENETIQUE ECONOMIE :</u> M. DUCOS Alain, PR M. SANS Pierre, PR M. RABOISSON Didier, MC</p>	<p>Responsable : Mme GAYRARD</p> <p><u>ANATOMIE :</u> M. MOGICATO Giovanni, MC M. LIGNEREUX Yves, PR Mme DEVIERS Alexandra, MC</p> <p><u>ANATOMIE PATHOLOGIQUE - HISTOLOGIE :</u> M. DELVERDIER Maxence, PR Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, MC Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, PR Mme LACROUX Caroline, PR</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, MC</p> <p><u>MICROBIOLOGIE – IMMUNOLOGIE - MALADIES INFECTIEUSES :</u> M. MILON Alain, PR M. BERTAGNOLI Stéphane, PR M. VOLMER Romain, MC Mme BOULLIER Séverine, MC Mme DANIELS Héléne, MC</p> <p><u>BIOSTATISTIQUES :</u> M. CONCORDET Didier, PR M. LYAZRHI Faouzi, MC</p> <p><u>PHARMACIE-TOXICOLOGIE :</u> M. PETIT Claude, PR Mme CLAUW Martine, PR M. GUERRE Philippe, PR M. JAEG Philippe, MC</p> <p><u>PHYSIOLOGIE –PHARMACOLOGIE THERAPEUTIQUE :</u> M. BOUSQUET-MELOU Alain, PR Mme GAYRARD-TROY Véronique, PR Mme FERRAN Aude, MC M. LEFEBVRE Hervé, PR</p> <p><u>BIOCHIMIE :</u> Mme BENNIS-BRET Lydie, MC</p> <p><u>ANGLAIS :</u> M. SEVERAC Benoît, PLPA Mme MICHAUD Françoise, PCEA</p>	<p>Responsable : Mme CADIERGUES</p> <p><u>ANESTHESIOLOGIE</u> M. VERWAERDE Patrick, MC</p> <p><u>CHIRURGIE :</u> M. AUTEFAGE André, PR M. ASIMUS Erik, MC M. MATHON Didier, MC Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, MC Mme PALIERNE Sophie, MC</p> <p><u>MEDECINE INTERNE :</u> Mme DIQUELOU Armelle, MC M. DOSSIN Olivier, MC Mme LAVOUE Rachel, MC Mme GAILLARD-THOMAS Elodie, MCC</p> <p><u>OPHTALMOLOGIE :</u> M. DOUET Jean-Yves, MC</p> <p><u>DERMATOLOGIE :</u> Mme CADIERGUES Marie-Christine, PR</p> <p><u>IMAGERIE MEDICALE</u> M. CONCHOU Fabrice, MC</p> <p><u>BIOLOGIE MOLECULAIRE :</u> Mme TRUMEL Catherine, PR</p> <p><u>PATHOLOGIE DES EQUIDES :</u> M. CUEVAS RAMOS Gabriel, MC Mme PRADIER Sophie, MC Mme LALLEMAND Elodie, AERC</p>

REMERCIEMENTS

À Monsieur le Professeur Laurent MOLINIER

Professeur des Universités

Praticien hospitalier

Département d'Épidémiologie, Économie de la Santé et Santé Publique, Université de Toulouse III

Département d'information médicale, CHU de Toulouse

Qui nous fait l'honneur de présider ce jury de thèse,

Veillez accepter mes hommages respectueux

À Monsieur le Docteur Didier RABOISSON

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Productions animales - Économie

Qui m'a confié ce sujet et guidé dans l'élaboration de ce travail,

Pour son encadrement, sa patience et pour m'avoir fait confiance dans ce travail,

Sincères remerciements

À Monsieur le Professeur Pierre SANS

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

Productions animales - Économie

Qui nous fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,

Veillez accepter mes plus sincères remerciements

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	15
PARTIE 1 : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	21
1.1. Définitions.....	21
1.1.1. Prévalence d'un trouble au sein d'une population	21
1.1.2. Odds ratio	22
1.2. Description du modèle économique.....	23
1.2.1. Produit optimum de commercialisation des veaux.....	23
1.2.2. Coût lié à la vaccination des mères	24
1.2.3. Coût lié à la distribution de colostrum aux veaux.....	24
1.2.4. Coût lié au défaut de Transfert d'Immunité Passive	25
1.3. Efficacité vaccinale et prévalences.....	30
1.3.1. Efficacité vaccinale	30
1.3.1. Prévalence.....	32
1.4. Paramètres du modèle	32
PARTIE 2 : RÉSULTATS	36
2.1. Pré-Scénario 1	36
2.2. Pré-Scénario 2	40
2.3. Scénario 3	46
2.4. Analyse de sensibilité : scénario 4	52
2.5. Analyse de sensibilité : scénario 5	59
2.5.1. Efficacité _{V_{TIP}} = 0	59
2.5.2. Efficacité _{V_{TIP}} = 0,2 , 0,3 et 0,4	59
2.6. Analyse de sensibilité : scénario 6	65

PARTIE 3 : DISCUSSION.....	70
3.1. Méthodes.....	70
3.2. Résultats	71
PARTIE 4 : CONCLUSIONS	73
BIBLIOGRAPHIE.....	74
ANNEXES	77

LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 : Efficacité de la distribution de colostrum.....	19
Figure 0.2 : Scénarios extrêmes de monétisation du coût du travail.....	19
Figure 0.3 : Calcul de l'optimum économique (scénarios L1 et L7)	19
Figure 2.1 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V1 – allaitantes	37
Figure 2.2 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V1 – allaitantes (sans prévention dans la situation sans vaccin)	38
Figure 2.3 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V1 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	39
Figure 2.4 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V2 – allaitantes	41
Figure 2.5 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V2 – laitières	42
Figure 2.6 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	43
Figure 2.7 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	44
Figure 2.8 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L7 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	45
Figure 2.9 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V3 – allaitantes	47

Figure 2.10 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V3 – laitières	48
Figure 2.11 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	49
Figure 2.12 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	50
Figure 2.13 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L7 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	51
Figure 2.14 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	53
Figure 2.15 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,3$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	54
Figure 2.16 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,6$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	55
Figure 2.17 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,7$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	56
Figure 2.18 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	57
Figure 2.19 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V4 – $\text{CoefEff}_{\text{TIP}}=0,7$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	58
Figure 2.20 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}}=0$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	60

Figure 2.21 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario B – L1 – V5 – Efficacité _{V_{TIP}} = 0 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	61
Figure 2.22 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V5 – Efficacité _{V_{TIP}} = 0,2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	62
Figure 2.23 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V5 – Efficacité _{V_{TIP}} = 0,3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	63
Figure 2.24 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V5 – Efficacité _{V_{TIP}} = 0,4 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum.....	64
Figure 2.25 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V6 – Coef Eff _{Mort} = 0,15 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum.....	66
Figure 2.26 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario B – L1 – V6 – Coef Eff _{Mort} = 0,15 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum.....	67
Figure 2.27 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V6 – Coef Eff _{Mort} = 0,35 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum.....	68
Figure 2.28 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité _{V_{Diarrhée CT}}). Scénario B – L1 – V6 – Coef Eff _{Mort} = 0,35 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 0.1 : Principaux résultats de la méta-analyse.....	17
Tableau 0.2 : Principaux résultats de la modélisation économique concernant le coût de défaut de TIP	18
Tableau 0.3 : Part de chaque composante dans le coût total	18
Tableau 0.4 : Principaux résultats concernant le temps optimal à consacrer à distribuer du colostrum	19
Tableau 1.1 : Synthèse des paramètres pour les différents scénarios vaccinaux....	34
Tableau 1.2 : Synthèse des paramètres pour les différents scénarios généraux.....	34

Liste des abréviations

2D.....	En deux dimensions
3D.....	En trois dimensions
A / B.....	Scénarios Alternative / Baseline
AINS.....	Anti-Inflammatoire Non Stéroïdien
AIS.....	Anti-Inflammatoire Stéroïdien
CT.....	Population contrôle (correspond la plupart du temps à la population sans défaut de transfert d'immunité passive)
Diar.....	Diarrhée
GMQ.....	Gain Moyen Quotidien
IC95.....	Intervalle de Confiance à 95%
Ig / IgG / IgM	Immunoglobulines / Immunoglobulines G / Immunoglobulines M
IP95.....	Intervalle de Prédiction à 95%
IV.....	Intra-Veineux
PT.....	Protéines Totales
Respi.....	Troubles respiratoires / pneumonies
TIP.....	Transfert d'Immunité Passive
V1 / V2 / ... / V6.....	Scénarios Vaccinaux 1 à 6

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V1 – allaitantes 77
- Annexe 2** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L7 – V1 – allaitantes 78
- Annexe 3** : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V2 – allaitantes 79
- Annexe 4** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec IC95, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V3 80
- Annexe 5** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec IP95, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V3 81
- Annexe 6** : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V3 – vaches allaitantes 82
- Annexe 7** : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V3 – vaches laitières 83
- Annexe 8** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec IP95, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V3 84
- Annexe 9** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef EffTIP = 0,6 – allaitantes 85
- Annexe 10** : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef EffTIP = 0,7 – allaitantes 86

Annexe 11 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef Eff _{TIP} = 0,4 – allaitantes	87
Annexe 12 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef Eff _{TIP} = 0,3 – allaitantes	88
Annexe 13 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L7 – V4 – Coef Eff _{TIP} = 0,4 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	89
Annexe 14 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L7 – V4 – Coef Eff _{TIP} = 0,7 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	90
Annexe 15 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – allaitantes	91
Annexe 16 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – laitières	92
Annexe 17 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L7 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum	93
Annexe 18 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – allaitantes	94
Annexe 19 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – laitières	95
Annexe 20 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec IP95, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale. Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$	96
Annexe 21 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec IP95, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale. Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$	97

Introduction

La placentation de type épithéliochoriale des bovins, avec six couches cellulaires entre les circulations maternelle et fœtale, limite tout passage des immunoglobulines G (IgG) maternelles vers le fœtus. Chez les veaux nouveau-nés, le système immunitaire est compétent : il est capable de répondre à une infection, notamment parce que les organes lymphopoiétiques (foie et moelle osseuse) du fœtus sont capables de produire des IgM dès 118 jours de gestation (Brugère, 2007), mais seulement en très faible quantité. Ainsi, en l'absence d'échanges placentaires et avec une faible production d'immunoglobulines par le fœtus, le veau naît quasiment a-gammaglobulinémique (son sang contient de l'ordre de 0,126 mg d'IgM/ml et 0,044 mg d'IgG/ml (Oudar *et al.*, 1976). Son système immunitaire est compétent, mais l'immunité active des veaux ne sera vraiment significative qu'à partir de trois semaines d'âge (Goddeeris, 1998). Au bilan, l'immunité du veau nouveau-né est naïve, nécessitant une autre modalité de protection pour les premiers jours de vie jusqu'à la prise de relai par le système immunitaire propre. C'est la raison pour laquelle l'immunité passive sera essentielle dans les premières semaines de vie d'un veau, dans l'attente du développement des mécanismes de l'immunisation active.

Le transfert d'immunité passive (TIP) correspond au passage de la mère au veau –par l'intermédiaire du colostrum– d'immunoglobulines, de leucocytes et autres cellules immunitaires, mais aussi de cytokines, substances impliquées dans la communication intercellulaire, notamment immunitaire. Les immunoglobulines revêtent un intérêt particulier tant en pratique que dans la recherche puisque leur rôle est bien connu et qu'on peut facilement évaluer leur teneur dans le colostrum. Le colostrum est défini légalement comme le produit de la traite des six premiers jours après vêlage. Il correspond physiologiquement aux sécrétions accumulées dans la mamelle au cours des six semaines avant la mise-bas, enrichies de protéines issues du sang, dont des immunoglobulines (Maillard, 2006a). Beaucoup plus concentré que le lait à la première traite ou buvée suivant le vêlage, sa teneur, notamment en anticorps, diminue très rapidement sur les premières 48 heures. En parallèle, le veau n'est capable d'absorber les immunoglobulines colostrales que dans ses 36, voire

seulement 24 premières heures de vie, suite à une imperméabilisation de la muqueuse intestinale face aux Ig (Goddeeris, 1998).

La quantité d'Ig absorbée, et donc l'acquisition d'une immunité efficace pour le veau, va principalement dépendre : (i) de la quantité et (ii) de la qualité immunologique du colostrum absorbé, ainsi que (iii) du délai écoulé entre la naissance et la buvée. Il est généralement recommandé de faire ingérer 3 à 4 litres (ou 10% du poids vif) de colostrum ayant une concentration minimale en immunoglobulines de 50g/L et ce au cours des huit premières heures de vie (McGuirk & Collins, 2004). Pour ce qui est de la qualité immunologique du colostrum, plus sa concentration en immunoglobulines augmente, meilleure est leur absorption : un litre de colostrum contenant 100 g d'IgG entraîne des concentrations d'IgG dans le sang du veau plus élevées qu'avec deux litres de colostrum à 50 g d'IgG/L (Stott & Fellah, 1983). Le transfert des Ig dans le sérum sanguin passe par une pinocytose depuis le plateau strié vers la membrane basale des cellules épithéliales de l'intestin grêle (du duodénum distal à l'iléon proximal). De là, les Ig rejoignent la circulation lymphatique puis sanguine. L'imperméabilisation de la muqueuse intestinale face aux Ig est due au renouvellement rapide des cellules de l'épithélium intestinal : il entraîne en moins de deux jours le remplacement complet des cellules présentes à la naissance, capables de pinocytose, par des cellules qui en sont incapables.

Le transfert d'immunité passive (TIP) peut assez facilement être évalué en pratique, chez les animaux de 2 à 7 jours de vie, de manière directe (dosage des Ig dans le sérum du veau) ou indirecte (dosage des protéines totales dans le sérum). Le seuil de 10-15 g/L d'IgG est généralement retenu pour distinguer un TIP satisfaisant (dosage supérieur au seuil ; TIP excellent au-delà de 25 g d'IgG/L) d'un déficit de TIP (dosage inférieur au seuil) chez un veau de 48 heures (Maillard, 2006b ; Wittum & Perino, 1995). Les IgG conduisent à l'augmentation des protéines totales (PT) dans le sérum. L'évaluation des PT dans le sérum par réfractométrie permet d'évaluer indirectement le TIP : celui-ci est jugé satisfaisant au-delà de 50-55 g/L (Maillard, 2006b).

La « réussite » du TIP dépend de nombreux facteurs qui influencent notamment l'absorption des Ig ou la facilité de la première buvée : la race (Besser & Gay, 1993 ; Besser *et al.*, 1991), le poids (Lebreton, 2000 ; Oudar *et al.*, 1976), la prématurité, l'état acidotique du veau (Besser & Gay, 1993 ; Kaske *et al.*, 2004 ; Quigley & Drewry, 1998) ou les conditions (Besser & Gay, 1993 ; Kisting, 1998) et le lieu de la

mise bas (Olson *et al.*, 1981), ainsi que les qualités maternelles (McGuirk & Collins, 2004 ; Oudar *et al.*, 1976).

Un TIP satisfaisant permet de diminuer de manière significative les maladies néonatales. En effet, dans les trois premières semaines de vie, la protection immunitaire du veau est quasiment complètement liée au TIP : un défaut de TIP, sans être en soi une maladie, entraîne une augmentation des risques de troubles et par conséquent une augmentation des risques de mortalité, ainsi que des troubles de la croissance (Donovan *et al.*, 1998 ; Wittum & Perino, 1995). Les principales affections néonatales concernées sont les diarrhées, les maladies respiratoires, les omphalites (inflammations de l'ombilic) et les septicémies. Les troubles de la croissance se traduisent aussi par un Gain Moyen Quotidien (GMQ, gain de poids moyen par jour) plus faible chez les veaux avec un défaut de TIP par rapport aux veaux avec un TIP satisfaisant.

Une méta-analyse récente (Raboisson *et al.*, 2016) a quantifié les risques relatifs de différents troubles sanitaires chez les veaux en cas de défaut de TIP (Tableau 0.1).

Tableau 0.1 : Principaux résultats de la méta-analyse (Raboisson *et al.*, 2016)

Affection		Risque relatif associé [IC95%] (pour PT<54-55 g/L ou IgG<10-12 g/L)
Mort		2,12 [1,43 – 3,13]
Pneumonie (BRD*)		1,75 [1,50 – 2,03]
Diarrhée		1,51 [1,05 – 2,17]
Omphalite	(Morbidité*)	1,91 [1,63 – 2,24]
Septicémie		1,91 [1,63 – 2,24]

NB : IC95% : Intervalle de Confiance à 95%

* Nom du paramètre correspondant dans la méta-analyse

Une modélisation économique (Trillat, 2015 ; Raboisson *et al.*, 2016) a permis de chiffrer les coûts associés au défaut de TIP en élevage. En effet, les veaux avec défaut de TIP ayant plus de troubles sanitaires que ceux avec un TIP satisfaisant, ils engendrent des pertes financières (dépenses thérapeutiques supplémentaires par exemple) ainsi que des manques à gagner (liés aux troubles de la croissance). La contribution de chacune des composantes dans le coût total d'un cas de défaut de TIP a également été estimée (Tableau 0.2 et Tableau 0.3) selon deux scénarios (Baseline et Alternative) pour des veaux laitiers et allaitants.

Tableau 0.2 : Principaux résultats de la modélisation économique concernant le coût de défaut de TIP
(Raboisson *et al.*, 2016)

Scénario (prévalence de défaut de TIP < 40%)	Laitier (vêlage à 2 ans)		Allaitant (Charolaises)	
	Coût par veau avec défaut de TIP (€)	IP 95% (€)	Coût par veau avec défaut de TIP (€)	IP 95% (€)
B : Baseline	60	10 – 109	80	20 – 139
A : Alternative	121	1 – 246	140	43 – 233

NB : IP 95% : Intervalle de Prédiction à 95%

Tableau 0.3 : Part de chaque composante dans le coût total (Raboisson *et al.*, 2016)

	Laitier (vêlage à 2 ans)				Allaitant (Charolaises)			
	Mort	Respi.	Diarrhée	GMQ	Mort	Respi.	Diarrhée	GMQ
Baseline*	9€60 [7-12]	9€60 [0-19]	8€80 [0-25]	33€10 [29-58]	20€50 [16-24]	10€70 [0-23]	10€70 [0-28]	37€70 [25-50]
Alternative*	11€20 [8-14]	12€60 [2-23]	13€10 [0-29]	83€80 [55-112]	47€80 [40-55]	15€40 [2-28]	14€30 [0-32]	58€70 [38-78]

NB : Respi. : troubles respiratoires

* Résultats présentés sous la forme : Moyenne [Intervalle de Prédiction 95%]

Une deuxième modélisation économique a évalué la rentabilité de la distribution de colostrum aux veaux afin de diminuer le risque de défaut de TIP et donc les pertes et manque à gagner associés. Le temps optimal que l'éleveur doit consacrer par veau pour maximiser ses revenus, en considérant plusieurs modes possibles de rémunération de la main d'œuvre, a été déterminé. Parmi les paramètres d'entrée du modèle, l'efficacité de la distribution du colostrum (baisse du défaut de TIP en fonction du temps passé) a été déterminée à partir de la littérature (Figure 0.1) et le coût du travail a été monétisé selon plusieurs scénarios dont les deux extrêmes sont retenus ici (Figure 0.2). Les résultats (Figure 0.3) montrent la rentabilité de la distribution de colostrum dans la majorité des cas, jusqu'au temps optimal de 15 à 18 minutes par veau (Trillat, 2015). Ils montrent aussi qu'il est plus rentable (valeur nette plus élevée) de passer trop de temps à la distribution de colostrum qu'insuffisamment, sauf si le coût (direct ou d'opportunité) du travail est très élevé (Trillat, 2015). Les résultats montrent une forte sensibilité de la variation de la valeur nette à la courbe d'efficacité de la distribution du colostrum.

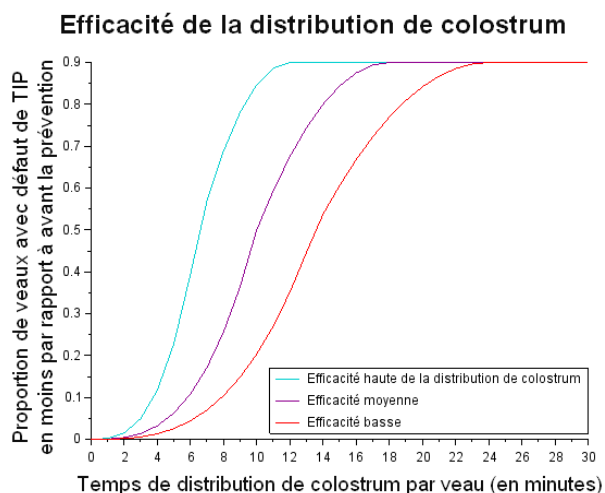


Figure 0.1 : Efficacité de la distribution de colostrum (Trillat, 2015 – d'après Besser *et al.*, 1991 ; Gay, 1994 ; Chigerwe *et al.*, 2009)

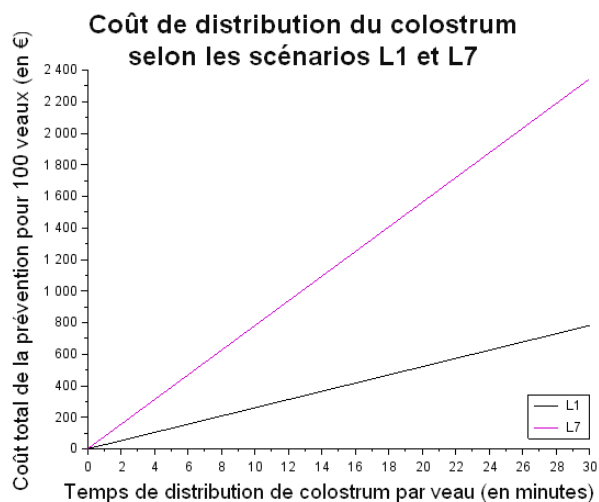


Figure 0.2 : Scénarios extrêmes de monétisation du coût du travail (Trillat, 2015)

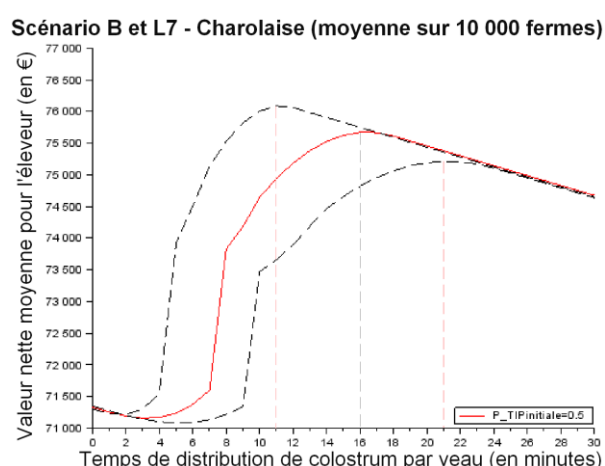
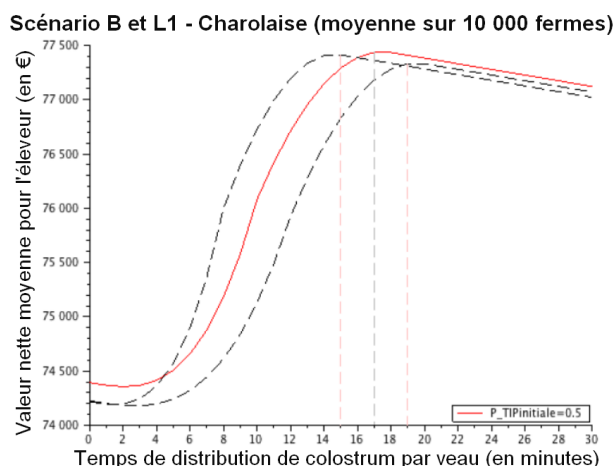


Figure 0.3 : Calcul de l'optimum économique (scénarios L1 à gauche et L7 à droite) (Trillat, 2015)

Tableau 0.4 : Principaux résultats concernant le temps optimal à consacrer à distribuer du colostrum

Scénario		Temps optimum à consacrer à distribuer du colostrum (minutes/veau)					
		$P_{TIP\ initial} = 30\%$		$P_{TIP\ initial} = 50\%$		$P_{TIP\ initial} = 80\%$	
		Allaitant	Laitier	Allaitant	Laitier	Allaitant	Laitier
B : Baseline	L1	17	17	17	17	18	18
	L7	15	14	16	16	17	17
A : Alternative	L1	18	17	18	18	18	18
	L7	16	16	17	17	17	17

NB : $P_{TIP\ initial}$: Prévalence initiale de défaut de TIP

L'objectif de ce travail est de poursuivre les études précédentes, en déterminant la rentabilité de la vaccination des mères contre les diarrhées des veaux : il s'agit d'une mesure préventive visant à améliorer la qualité du colostrum via son enrichissement en anticorps dirigés contre certains agents infectieux à l'origine de la diarrhée. Dans la mesure où la vache est vaccinée pour la protection du veau, la prise colostrale conditionne le bénéfice que perçoit le veau de la vaccination. Il est donc nécessaire d'analyser la rentabilité vaccinale en interaction avec la distribution de colostrum aux veaux.

Partie 1 : Matériel et méthodes

1.1. Définitions

1.1.1. Prévalence d'un trouble au sein d'une population

En épidémiologie, la **prévalence** correspond au **nombre de malades sur la population totale étudiée**, sur une période donnée. Elle est généralement exprimée en pourcentage. Il n'est pas tenu compte du fait qu'il s'agisse d'anciens cas – déjà malades au début de la période – ou de nouveaux cas, qui surviennent pendant la période étudiée.

Par exemple, au sein d'un même troupeau, la prévalence $P_{\text{Trouble}_{\text{TIP}}}$ d'un trouble qui survient sur un veau avec défaut de TIP est reliée à la prévalence $P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}}$ de ce même trouble survenant sur un veau de la population sans défaut de TIP (population « contrôle ») selon l'équation (1.1) :

$$P_{\text{Trouble}_{\text{TIP}}} = P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}} \times \text{OR}_{\text{Trouble}} \quad (1.1)$$

avec $P_{\text{Trouble}_{\text{TIP}}}$: prévalence du trouble chez les veaux avec défaut de TIP

$P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}}$: prévalence du trouble chez les veaux sans défaut de TIP

$\text{OR}_{\text{Trouble}}$: *odds ratio* du trouble – voir 1.1.2 pour la définition des *odds ratio*

Il est à noter que les observations de terrain et la littérature ne donnent généralement que la **prévalence d'un trouble dans le troupeau entier** ($P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}}$) et non pas sur une des sous-populations « avec défaut de TIP » ou « sans défaut de TIP ». Afin d'utiliser les données existantes, l'équation (1.2) permet de relier la prévalence sur le troupeau ($P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}}$) à celle parmi la population de veaux sans défaut de TIP ($P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}}$) :

$$\begin{aligned} P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}} &= P_{\text{TIP}} \times P_{\text{Trouble}_{\text{TIP}}} + (1 - P_{\text{TIP}}) \times P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}} \\ &= P_{\text{TIP}} \times P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}} \times \text{OR}_{\text{Trouble}} + (1 - P_{\text{TIP}}) \times P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}} \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$P_{\text{Trouble}_{\text{CT}}} = \frac{P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}}}{P_{\text{TIP}} \times \text{OR}_{\text{Trouble}} + 1 - P_{\text{TIP}}} = \frac{P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}}}{P_{\text{TIP}} \times (\text{OR}_{\text{Trouble}} - 1) + 1} \quad (1.3)$$

avec $P_{\text{Trouble}_{\text{TP}}}$: prévalence du trouble dans le troupeau

P_{TIP} : prévalence de défaut de TIP dans le troupeau

1.1.2. Odds ratio

L'**odds ratio** ou « rapport de côte » permet de **mesurer le risque accru de survenue d'un évènement** (ici développer différents troubles de santé) **pour une population soumise à un facteur de risque** (ici le défaut de TIP) par rapport à une population n'y étant pas soumise (ici veaux « contrôles », sans défaut de TIP). L'*odds* ou la « côte » correspond, dans chacune des deux populations, au rapport des probabilités de survenue et de non-survenue de l'évènement. L'*odds ratio* est le rapport de l'*odds* de l'évènement dans la population à risque sur l'*odds* dans la population témoin.

Autrement dit, pour un facteur de risque X, dans la population exposée (X=1), il y a $odds_{\{X=1\}}$ plus de risque d'être atteint de l'évènement Y que de ne pas en être atteint. De même, dans la population non-exposée (X=0), il y a $odds_{\{X=0\}}$ plus de risque d'être atteint de Y que de ne pas en être atteint. Enfin, il y a *odds ratio* ($OR = \frac{odds_{\{X=1\}}}{odds_{\{X=0\}}}$) fois plus de risque d'être atteint de Y dans la population X=1 que dans la population X=0, ce qui implique que :

- l'exposition au facteur de risque X a peu d'impact sur la survenue de l'évènement Y si OR est proche de 1 : la survenue de l'évènement est indépendante de l'exposition ;
- plus l'exposition à X a un impact fort sur la survenue de Y, plus OR est éloigné de 1 :
 - o X augmente le risque de survenue de Y si $OR > 1$: l'effet de X est dit aggravant ;
 - o X diminue le risque de survenue de Y si $OR < 1$: son effet est dit atténuant.

1.2. Description du modèle économique

Le modèle économique utilisé a pour **variable expliquée** la **valeur nette** en euros pour l'élevage, définie selon l'équation (1.4) :

$$\text{Valeur nette} = \text{Produits} - (\text{Coût}_{\text{vaccination}} + \text{Coût}_{\text{distri colostrum}} + \text{Coût}_{\text{TIP}}) \quad (1.4)$$

avec Produits : total des produits de commercialisation des veaux si $P_{\text{TIP initiale}} = 0$, c'est-à-dire dans la « situation idéale »

$P_{\text{TIP initiale}}$: prévalence de défaut de TIP avant toute prévention (par distribution de colostrum et/ou vaccination), c'est-à-dire dans la « situation initiale » du troupeau

$\text{Coût}_{\text{vaccination}}$: coût total de vaccination des mères

$\text{Coût}_{\text{distri colostrum}}$: coût total lié à la distribution du colostrum aux veaux

Coût_{TIP} : coût total lié au défaut de TIP

1.2.1. Produit optimum de commercialisation des veaux

Deux systèmes différents de vente des veaux sont considérés :

- en **élevage laitier**, un **prix identique** ($\text{Prix de vente}_{\text{unitaire}}$) est appliqué à chaque veau vendu : les produits de vente sont définis selon l'équation (1.5) :

$$\text{Produits} = \text{Nb}_{\text{veaux}} \times \text{Prix de vente}_{\text{unitaire}} \quad (1.5)$$

- en **élevage allaitant**, le **prix de vente dépend du poids** du veau mais, pour estimer le gain réel pour l'éleveur, il faut déduire le coût de l'alimentation du veau durant sa croissance, selon l'équation (1.6) :

$$\text{Produits} = \text{Nb}_{\text{veaux}} \times (\text{Prix}_{\text{vente}} \times \text{Poids}_{\text{vente}} - \text{Prix}_{\text{conc}} \times \text{Qté}_{\text{conc}}) \quad (1.6)$$

avec Nb_{veaux} : nombre de veaux dans l'élevage considéré

$\text{Prix}_{\text{vente}}$: prix au kilo (€/kg)

$\text{Poids}_{\text{vente}}$: poids du veau au moment de la vente (kg)

$\text{Prix}_{\text{conc}}$: prix au kilo des aliments concentrés distribués aux veaux (€/kg)

Qté_{conc} : quantité d'aliments concentrés distribuée à un veau pendant tout son séjour dans l'élevage (kg)

1.2.2. Coût lié à la vaccination des mères

$$\text{Coût}_{\text{vaccination}} = \text{Nb}_{\text{vaches}} \times (\text{Coût unitaire}_{\text{vaccin}} + \text{CoûtMO}_{x \text{ min}}) \quad (1.7)$$

avec $\text{Nb}_{\text{vaches}}$: nombre de mères dans l'élevage considéré

$\text{Coût unitaire}_{\text{vaccin}}$: coût d'une dose vaccinale pour une vache

$\text{CoûtMO}_{x \text{ min}}$: coût de la main d'œuvre pour la vaccination d'une vache

Basé sur le SMIC horaire brut ($\text{SMIC}_{h \text{ brut}}$) et des charges salariales s'élevant à $\%_{\text{charges}}$ de ce SMIC horaire brut, le coût de la main d'œuvre ($\text{CoûtMO}_{x \text{ min}}$) pour vacciner une mère est donc défini comme suit :

$$\text{CoûtMO}_{x \text{ min}} = \text{SMIC}_{h \text{ brut}} \times (1 + \%_{\text{charges}}) \times \frac{x}{60} \quad (1.8)$$

avec x le temps passé (en minutes) pour s'occuper d'un animal (ici, temps pour vacciner une vache)

1.2.3. Coût lié à la distribution de colostrum aux veaux

Afin d'optimiser l'absorption d'anticorps maternels par les veaux nouveau-nés, leur **distribuer du colostrum** est une bonne méthode pour s'assurer que la tétée se fait **suffisamment vite après la naissance** et que les **quantités** bues sont **suffisantes**. Plus l'éleveur consacre du temps aux veaux nouveau-nés, plus la quantité de colostrum bue est considérée comme élevée. Le coût de ce temps consacré aux veaux pour la distribution de colostrum est évalué par le **coût de la main d'œuvre employée** selon l'équation (1.9) :

$$\text{Coût}_{\text{distribri colostrum}} = \text{Nb}_{\text{veaux}} \times \text{CoûtMO}_{x \text{ min}} \times \text{Coef flexibilité} \quad (1.9)$$

avec $\text{Coût}_{\text{distribri colostrum}}$: coût total de distribution de colostrum à tous les veaux

$\text{CoûtMO}_{x \text{ min}}$: coût de main d'œuvre pour x minutes en moyenne de distribution de colostrum par veau, calculé à partir de l'équation (1.8).

Coef flexibilité : coefficient de flexibilité. Il permet d'introduire différents scénarios pour représenter différents types de main d'œuvre possibles dans un élevage.

1.2.4. Coût lié au défaut de Transfert d'Immunité Passive

Un veau avec défaut de TIP voit

- augmenter son **risque de survenue de maladies, voire de mortalité**. Les maladies concernées sont principalement les diarrhées, troubles respiratoires, omphalites et septicémies.
- diminuer ses performances : un veau affaibli a une croissance inférieure à celle d'un veau sain. Le poids que le veau prend par jour ou **Gain Moyen Quotidien** (GMQ, en g/j) est **plus faible en cas de défaut de TIP**, entraînant une augmentation de la durée d'élevage et des coûts d'alimentation pour atteindre un poids identique à la vente.

Le **coût total du défaut de TIP sur le troupeau** ($Coût_{TIP}$) pour une prévalence de défaut de TIP P_{TIP} (après les éventuelles mesures de prévention que sont la vaccination et la distribution de colostrum aux veaux) peut donc être modélisé selon l'équation (1.10) suivante :

$$Coût_{TIP} = Coût\ total_{Morts_P_{TIP}} + Coût\ total_{Morb_P_{TIP}} + Coût\ total_{GMQ_P_{TIP}} \quad (1.10)$$

avec : $Coût\ total_{Morts_P_{TIP}}$: coût lié aux veaux morts

$Coût\ total_{Morb_P_{TIP}}$: coût lié aux veaux malades (coût des traitements)

$Coût\ total_{GMQ_P_{TIP}}$: coût lié à la baisse de GMQ des veaux avec défaut de TIP

1.2.4.1. Coût lié à la mortalité des veaux

$$Coût\ total_{MortsP_{TIP}} = \{Nb_{Veaux} \times CU_{Mort} \times [P_{MortTIP} \times P_{TIP} + P_{MortCT} \times (1 - P_{TIP})]\} \times Sev_{inf} \quad (1.11)$$

avec CU_{Mort} : coût unitaire d'un veau mort

$P_{MortTIP}$: prévalence de morts parmi les veaux avec défaut de TIP, calculée selon l'équation (1.1)

P_{MortCT} : prévalence de morts parmi les veaux « contrôles », c'est-à-dire sans défaut de TIP

Sev_{inf} : coefficient de « sévérité d'infection » : plus la prévalence d'atteints est élevée, plus le risque que d'autres animaux soient atteints augmente

Le **coût unitaire d'un veau mort** correspond

- soit aux pertes liées à l'absence de vente, c'est-à-dire le **manque à gagner** si l'éleveur décide ne pas remplacer l'animal. Ce manque à gagner ($CU_{MortNon-replacement}$) est calculé selon l'équation (1.12) qui représente le prix de vente moins le coût alimentaire, valable en système allaitant :

$$CU_{MortNon-replacement} = \text{Prix}_{vente} \times \text{Poids}_{vente} - \text{Prix}_{conc} \times \text{Qté}_{conc} \quad (1.12)$$

avec Prix_{vente} : prix au kilo (€/kg)

Poids_{vente} : poids que le veau aurait eu au moment de la vente (kg)

Prix_{conc} : prix au kilo des aliments concentrés pour les veaux (€/kg)

Qté_{conc} : quantité totale de concentrés pour élever un veau (kg)

- soit au **coût pour le remplacer** ($CU_{MortRemplacement}$) si l'éleveur décide d'acheter un veau équivalent. Dans ce cas, on considère la **valeur marchande de l'animal au jour de sa mort**.

1.2.4.2. Coût lié aux traitements des veaux malades

Les **principales pathologies** susceptibles d'atteindre les veaux nouveau-nés (**diarrhée, pneumonie, omphalite et septicémie**) sont prises en compte. Le total des dépenses engagées par l'éleveur pour les traitements se calcule selon l'équation (1.13) comme la somme des dépenses liées à chacun des troubles, pris indépendamment.

Il n'est pas tenu compte dans cette équation des potentielles **interactions entre les troubles** (par exemple, un veau atteint de diarrhée voit ses défenses immunitaires diminuées et le risque de développer une pneumonie accru suite à la diarrhée). Ces interactions, de même que celles entre troubles et mortalité, sont en partie **prises en compte dans les valeurs d'OR utilisées**. En effet, ces valeurs sont issues des résultats d'une méta-analyse, permettant une correction simultanée :

- des interactions possibles entre troubles
- des différentes définitions existantes pour établir un défaut de TIP (seuil de protéines totales ou d'IgG).

$$\text{Coût total}_{\text{MorbTrouble } i} = \sum_{i=1}^4 \text{CT}_{\text{Trouble } i} \times \text{Sev}_{\text{inf}} \quad (1.13)$$

avec i : diarrhée, pneumonie, omphalite ou septicémie

$\text{CT}_{\text{Trouble } i}$: total des coûts liés au traitement des veaux atteints du trouble i , qu'il s'agisse de veaux avec ou sans défaut de TIP, défini par l'équation (1.14)

Sev_{inf} : coefficient de « sévérité d'infection » : plus la prévalence d'atteints est élevée, plus le risque que d'autres animaux soient atteints augmente.

$$\text{CT}_{\text{Trouble } i} = \text{Nb}_{\text{Veaux}} \times \text{CU}_{\text{Trouble } i} \times [\text{P}_{\text{Trouble } i \text{ TIP}} \times \text{P}_{\text{TIP}} \times \text{Sev}_{\text{TIP}} + \text{P}_{\text{Trouble } i \text{ CT}} \times (1 - \text{P}_{\text{TIP}})] \quad (1.14)$$

avec $\text{CU}_{\text{Trouble } i}$: coût unitaire du trouble, c'est-à-dire dépenses pour soigner un seul veau atteint du trouble

$\text{P}_{\text{Trouble } i \text{ TIP}}$: prévalence du trouble chez les veaux avec défaut de TIP

$\text{P}_{\text{Trouble } i \text{ CT}}$: prévalence du trouble chez les veaux sans défaut de TIP

Sev_{TIP} : coefficient de sévérité liée au défaut de TIP : il faut s'attendre à ce que les veaux avec un défaut de TIP développent les troubles de manière plus sévère que ceux sans défaut de TIP, d'où l'application du coefficient Sev_{TIP} seulement aux animaux avec défaut de TIP. Le calcul de Sev_{TIP} est basé sur la durée de traitement supplémentaire pour un veau avec défaut de TIP par rapport à un veau sans défaut de TIP.

Pour chacun des troubles, le coût que va engendrer un veau malade ($\text{CU}_{\text{Trouble } i}$) peut être décomposé, selon l'équation (1.15), en :

- un **coût forfaitaire** (Coût forf_i) qui représente les coûts fixes pour un animal atteint du trouble i (visite vétérinaire, chirurgie dans le cas de l'omphalite ...),
- un **coût proportionnel** (Coût prop_i) qui tient compte de tous les traitements (médicaments, perfusions...) proportionnels **au poids du veau** et appliqués en cas de trouble i ,
- un **coût de main d'œuvre** ($\text{CoûtMO}_{x \text{ min}}$) **pour x minutes de soins au veau**, calculé à partir de l'équation (1.8).

Pour les diarrhées et les troubles respiratoires, il faut également tenir compte du **risque de rechute** pour les veaux traités (avec ou sans défaut de TIP). La probabilité globale de rechute pour le trouble i ($\text{R}_{\text{global}_{\text{trouble } i}}$) est introduite directement dans le coût unitaire ($\text{CU}_{\text{Trouble } i}$) :

$$CU_{\text{Trouble } i} = (\text{Coût prop}_i + \text{Coût forf}_i + \text{CoûtMO}_{x \text{ min}}) \times R_{\text{global}_{\text{trouble } i}} \quad (1.15)$$

$$\text{Où } \text{Coût prop}_i = \frac{\text{Coût prop}_i \text{ pour } 100\text{kg}}{100} \times \text{Poids}_{\text{trt}} \quad (1.16)$$

avec $\text{Coût prop}_i \text{ pour } 100\text{kg}$: coût des traitements pour un veau de 100 kg pour le trouble i

$\text{Poids}_{\text{trt}}$: poids moyen (en kg) d'un veau au moment du traitement (trt)

$R_{\text{global}_{\text{trouble } i}}$: probabilité globale de rechute pour le trouble i , tient compte de tous les rangs X de rechute définis pour le trouble i . Egal à 1 (pas de rechute prise en compte) pour omphalite et septicémie, les équations (1.17) et (1.18) suivantes sont en revanche obtenues pour diarrhée et troubles respiratoires :

$$CU_{\text{Diarrhée}} = (\text{Coût prop}_{\text{Diar}} + \text{Coût forf}_{\text{Diar}} + \text{CoûtMO}_{x \text{ min}}) \times (1 + R1_{\text{Diar}}) \quad (1.17)$$

$$CU_{\text{Respi}} = [(\text{Coût prop}_{\text{Respi}} + \text{Coût forf}_{\text{Respi}} + \text{CoûtMO}_{x \text{ min}}) \times (1 + R1_{\text{Respi}})] \times (1 + R2_{\text{Respi}}) \quad (1.18)$$

avec $RX_{\text{trouble } i}$: probabilité de survenue d'une rechute de rang X pour le trouble i .

1.2.4.3. Coût lié à la baisse de GMQ des veaux avec défaut de TIP

$$\text{Coût total}_{\text{GMQ}_{P_{\text{TIP}}}} = CU_{\text{GMQ}} \times P_{\text{TIP}} \times \text{Nb}_{\text{Veaux}} \quad (1.19)$$

avec CU_{GMQ} : coût unitaire de diminution du GMQ pour un veau avec défaut de TIP

Afin d'estimer ces pertes liées à la moindre croissance d'un veau avec défaut de TIP, il est nécessaire de différencier encore une fois les systèmes allaitant et laitier.

En **élevage allaitant**, les veaux sont **vendus à âge fixé**, entre 6 et 10 mois en moyenne. Un veau avec défaut de TIP ayant eu un GMQ altéré sera donc **moins lourd** qu'un veau sans défaut de TIP **au moment de la vente** : il sera **vendu moins cher**. L'équation (1.20) suivante permet de calculer cette différence de prix :

$$CU_{\text{GMQ}} = \Delta\text{GMQ} \times 30,5 \times \hat{\text{Age}}_{\text{vente}_{\text{Mois}}} \times \text{Prix}_{\text{vente}} \quad (1.20)$$

avec ΔGMQ : différence moyenne de GMQ tout au long de la croissance, jusqu'à la vente, entre un veau avec et un veau sans défaut de TIP (en kg/j)

$\hat{\text{Age}}_{\text{vente}_{\text{Mois}}}$: âge de vente moyen d'un veau (en mois)

$\text{Prix}_{\text{vente}}$: prix de vente moyen (en €/kg)

En **élevage laitier**, seules les femelles de renouvellement sont considérées. Le retard de croissance des génisses qui ont eu un défaut de TIP implique un allongement de la durée d'élevage pour atteindre un développement corporel suffisant pour la mise à la reproduction. Chaque **jour de retard** (Δ Jours) entre la **mise à la reproduction** d'une génisse sans défaut de TIP et celle d'une génisse avec défaut de TIP représente une **perte financière** pour l'éleveur, **représentée par le coût journalier** d'élevage (Coût journalier), principalement alimentaire. Au bilan, le coût unitaire de diminution du GMQ pour un veau avec défaut de TIP (CU_{GMQ}) sera ici calculé selon ces équations :

$$CU_{GMQ} = \Delta \text{Jours} \times \text{Coût journalier} = \frac{\Delta \text{Poids}}{\text{GMQ}} \times \text{Coût journalier} \quad (1.21)$$

$$\text{Où } \Delta \text{Poids} = \text{Poids}_{\text{jour } J_{CT}} - \text{Poids}_{\text{jour } J_{TIP}} \quad (1.22)$$

$$\text{Avec } \text{Poids}_{\text{jour } J_{CT}} = \text{Poids}_{\text{naissance}} + \text{GMQ}_{CT} \times 30,5 \times (12 \times \hat{\text{Age}}_{1^{\text{er}} \text{ Vêlage}} - 9) \quad (1.23)$$

$$\begin{aligned} \text{D'où } \Delta \text{Poids} &= (\text{GMQ}_{CT} - \text{GMQ}_{TIP}) \times 30,5 \times (12 \times \hat{\text{Age}}_{1^{\text{er}} \text{ Vêlage}} - 9) \\ &= \Delta \text{GMQ} \times 30,5 \times (12 \times \hat{\text{Age}}_{1^{\text{er}} \text{ Vêlage}} - 9) \end{aligned} \quad (1.24)$$

avec Δ Jours : jours de croissance supplémentaires pour les génisses avec défaut de TIP, par rapport à celles sans défaut de TIP, pour atteindre le développement corporel nécessaire à la mise à la reproduction

Coût journalier : coût moyen (en €) pour élever une génisse de renouvellement pendant une journée (majoritairement coût alimentaire)

Δ Poids : différence entre le poids ($\text{Poids}_{\text{jour } J_{CT}}$) des génisses sans défaut de TIP à leur $J^{\text{ème}}$ jour de vie, correspondant au jour de leur première insémination et le poids ($\text{Poids}_{\text{jour } J_{TIP}}$) des génisses avec défaut de TIP à leur $J^{\text{ème}}$ jour de vie (âge de première insémination sans défaut de TIP)

$\text{Poids}_{\text{naissance}}$: poids moyen des génisses à la naissance

$\text{GMQ} / \text{GMQ}_{CT} / \text{GMQ}_{TIP}$: GMQ moyen des génisses, respectivement toutes les génisses de renouvellement (GMQ), celles sans défaut de TIP (GMQ_{CT}) et celles avec défaut de TIP (GMQ_{TIP})

Δ GMQ : différence moyenne de GMQ entre les génisses sans et les génisses avec défaut de TIP, tout au long de leur croissance (en kg/j)

$\hat{\text{Age}}_{1^{\text{er}} \text{ Vêlage}}$: âge prévu au premier vêlage (en années)

1.3. Efficacité vaccinale et prévalences

1.3.1. Efficacité vaccinale

Les vaccins sur le marché sont dirigés spécifiquement contre des germes responsables de diarrhées chez les veaux. Ils permettent ainsi de **diminuer la prévalence de ces diarrhées grâce à la protection apportée par les anticorps colostraux** (équation (1.25) ci-dessous). L'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) sur la diminution de la prévalence de diarrhée ($P_{\text{Diarrhée CT}}$) chez les veaux ayant correctement bu leur colostrum est supposée meilleure que chez les **veaux avec un défaut de TIP**. Chez ces derniers, puisque moins d'anticorps ont été assimilés, le vaccin n'a qu'une **efficacité** ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée TIP}}}$) **réduite**, ce qui est représenté dans l'équation (1.26) par l'application d'un coefficient $\text{Coef Eff}_{\text{TIP}}$ à l'efficacité du vaccin chez les veaux avec défaut de TIP. Un veau avec défaut de TIP est doublement pénalisant : il a plus de risque de développer une diarrhée et le bénéfice de la vaccination de sa mère est au moins en partie perdu.

$$P_{\text{Diarrhée CT}} = P_{\text{Diarrhée CT initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}) \quad (1.25)$$

$$P_{\text{Diarrhée TIP}} = P_{\text{Diarrhée TIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{TIP}}) \quad (1.26)$$

$$\text{Où } \text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{TIP}} = \text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée TIP}}}$$

avec $P_{\text{Diarrhée CT initiale}}$, $P_{\text{Diarrhée TIP initiale}}$ et $P_{\text{Diarrhée CT}}$, $P_{\text{Diarrhée TIP}}$: prévalences de diarrhée chez les veaux respectivement sans défaut de TIP (CT) et avec défaut de TIP (TIP), et respectivement sans vaccination (prévalence initiale) et avec vaccination.

$\text{Coef Eff}_{\text{TIP}}$: coefficient de diminution de l'efficacité du vaccin entre un veau sans et un veau avec défaut de TIP.

Comme les diarrhées de veaux peuvent entraîner de la mortalité, **l'action du vaccin sur la diminution de la prévalence de diarrhée peut aussi permettre de diminuer la prévalence de mortalité**. Comme le modèle économique n'inclut pas directement de lien entre mortalité et diarrhée, il convient de recalculer la prévalence de mortalité post-vaccination selon les équations (1.27) et (1.28) suivantes :

$$P_{\text{MortCT}} = P_{\text{MortCT initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{MortCT}}}) \quad (1.27)$$

$$P_{\text{MortTIP}} = P_{\text{MortTIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{MortTIP}}}) \quad (1.28)$$

avec $P_{\text{MortCT initiale}}$, $P_{\text{MortTIP initiale}}$ et P_{MortCT} , P_{MortTIP} : prévalences de mort chez les veaux respectivement sans défaut de TIP (CT) et avec défaut de TIP (TIP), et respectivement sans vaccination (prévalence initiale) et avec vaccination.

$\text{Efficacité}_{V_{\text{MortCT}}}$ et $\text{Efficacité}_{V_{\text{MortTIP}}}$: efficacité du vaccin sur la diminution de la prévalence de mortalité des veaux, respectivement sans défaut de TIP (CT) et avec défaut de TIP). La diminution de la mortalité étant liée à la diminution de la diarrhée, un coefficient ($\text{Coef Eff}_{\text{Mort}}$) est défini pour montrer ce lien de proportionnalité, selon les équations (1.29) et (1.30) :

$$\text{Efficacité}_{V_{\text{MortCT}}} = \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{Mort}} \quad (1.29)$$

$$\begin{aligned} \text{Efficacité}_{V_{\text{MortTIP}}} &= \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeTIP}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{Mort}} \\ &= \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{TIP}} \times \text{Coef Eff}_{\text{Mort}} \end{aligned} \quad (1.30)$$

Enfin, il n'est pas exclu qu'un dernier effet du vaccin soit un **effet collatéral** sur les autres troubles : **le vaccin permettrait d'influencer directement le TIP**, selon l'équation (1.31) :

$$P_{\text{TIP post v}} = P_{\text{TIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}}) \quad (1.31)$$

avec $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}}$: efficacité du vaccin sur le défaut de TIP

Pour récapituler, les trois effets possibles du vaccin sont modélisés par les cinq équations suivantes. Les valeurs utilisées pour les paramètres $\text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}}$, $\text{Coef Eff}_{\text{TIP}}$, $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}}$ et $\text{Coef Eff}_{\text{Mort}}$ sont rassemblées dans le Tableau 1.1 (page 34).

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{DiarrhéeCT}} = P_{\text{DiarrhéeCT initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}}) \quad (1.25) \\ P_{\text{DiarrhéeTIP}} = P_{\text{DiarrhéeTIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{TIP}}) \quad (1.26) \\ P_{\text{TIP post v}} = P_{\text{TIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}}) \quad (1.31) \\ P_{\text{MortCT}} = P_{\text{MortCT initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{Mort}}) \quad (1.27) \\ P_{\text{MortTIP}} = P_{\text{MortTIP initiale}} \times (1 - \text{Efficacité}_{V_{\text{DiarrhéeCT}}} \times \text{Coef Eff}_{\text{TIP}} \times \text{Coef Eff}_{\text{Mort}}) \quad (1.28) \end{array} \right.$$

1.3.1. Prévalence

La **prévalence de défaut de TIP initiale** ($P_{TIP\text{ initiale}}$) correspond à la prévalence de défaut de TIP dans l'élevage avant que l'éleveur mette en place des mesures de prévention (que ce soit distribution de colostrum aux veaux ou vaccination des mères).

Dans le cas avec vaccination des mères et distribution de colostrum, la **prévalence** ($P_{TIP\text{ post }V+x\text{ min}}$) qui représente la situation **après** cette **double prévention** se calcule grâce à l'équation :

$$P_{TIP\text{ post }V+x\text{ min}} = P_{TIP\text{ initiale}} \times [1 - \text{Efficacité}_{V_{TIP}}] \times [1 - \text{Efficacité}(x)] \quad (1.32)$$

avec $P_{TIP\text{ post }V+x\text{ min}}$: prévalence de défaut de TIP après vaccination et après x minutes de distribution de colostrum par veau en moyenne

$P_{TIP\text{ initiale}}$: prévalence de défaut de TIP avant toute mesure de prévention

$\text{Efficacité}_{V_{TIP}}$: efficacité du vaccin sur le défaut de TIP

$\text{Efficacité}(x)$: fonction représentant l'efficacité de la distribution du colostrum en fonction du temps moyen par veau passé à cette distribution (x minutes)

1.4. Paramètres du modèle

Les scénarios relatifs à l'efficacité vaccinale sont décrits dans le Tableau 1.1.

Deux scénarios de coût du défaut de TIP sont définis, en élevages allaitant et laitier : B pour *Baseline* et A pour *Alternative*, ce deuxième scénario étant principalement différent de B par des risques plus importants de survenue des troubles chez les veaux avec défaut de TIP et un non-remplacement des veaux morts en système allaitant (Tableau 1.2).

Deux scénarios de coût de la main d'œuvre sont envisagés (Figure 0.2), en accord avec les résultats précédents (Trillat, 2015). Dans le **scénario L1**, le temps de travail est **payé à la minute, de manière linéaire** (Coef flexibilité = 1). Dans le cas du **scénario L7**, Coef flexibilité = 3.

Le modèle économique a été simulé à l'aide du logiciel open source Scilab (Scilab Enterprises, 2016). Les simulations ont été réalisées sur 10 000 élevages (Nb_{Elevages}). Chacun est considéré comme comptant 100 vaches vaccinées (Nb_{Vaches}), avec 100 veaux nés (Nb_{Veaux}).

La **prévalence de défaut de TIP initiale** ($P_{\text{TIP initiale}}$) est **définie** au début de la simulation. Elle peut varier **entre 0 et 80% par pas de 10%** afin de modéliser la multitude de cas existant en élevage.

Un coefficient de « sévérité liée au défaut de TIP » (Sev_{TIP}) a été défini afin de représenter les coûts supplémentaires engagés pour traiter des veaux malades, ayant un défaut de TIP, par rapport aux malades sans défaut de TIP. En effet, il faut s'attendre à ce que les veaux avec un défaut de TIP développent notamment diarrhées et pneumonies de manière plus sévère que ceux sans défaut de TIP. Le calcul de Sev_{TIP} est basé sur la durée de traitement supplémentaire pour un veau avec défaut de TIP par rapport à un veau sans défaut de TIP. Un épisode de diarrhée ou de troubles respiratoires dure en moyenne quatre jours, éventuellement prolongé de un ou deux jours en cas de défaut de TIP (Donovan *et al.*, 1998) :

$$Sev_{\text{TIP}} = \frac{4+1,5}{4} = 1,375.$$

Un coefficient de « sévérité d'infection » (Sev_{inf}) a été défini afin de représenter les coûts supplémentaires engagés pour endiguer les contagions dans les cas de fortes prévalences des pathologies néonatales. En effet, plus la prévalence d'atteints est élevée, plus le risque que d'autres animaux soient atteints augmente. Ainsi, il a été choisi d'appliquer :

$$\begin{cases} Sev_{\text{inf}} = 1,375 & \text{si } P_{\text{TIP}} > 40\% \\ Sev_{\text{inf}} = 1 & \text{dans tous les autres cas} \end{cases}$$

Afin de tenir compte du risque de rechute, particulièrement présent pour les maladies contagieuses telles que diarrhées et pneumonies, la probabilité de survenue d'une rechute de rang X pour le trouble i (RX_{trouble_i}) a été définie d'après la littérature et à dire d'expert : $R1_{\text{Diar}} = R1_{\text{Respi}} = 0,2$ et $R2_{\text{Respi}} = 0,3$.

Les détails des modalités de calcul des coûts unitaires ont été exposés précédemment (Trillat, 2015).

Tableau 1.1 : Synthèse des paramètres pour les différents scénarios vaccinaux

	Pré-scénarios		Scénario principal	Analyse de sensibilité (paramètre analysé)		
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4 (Coef Eff _{TIP})	Scénario 5 (Efficacité _{v_{TIP}})	Scénario 6 (Coef Eff _{Mort})
Efficacité _{v_{Diarrhée CT}}	0,1 à 1 par pas de 0,1					
Coût unitaire _{vaccin}	15 € par vache					
Coût _{MO_{5 min}}	1€30 par vache					
Coef Eff _{TIP}	0,5	0,5	0,5	0,3 0,4 0,6 0,7	0,5	0,5
Efficacité _{v_{TIP}}	0	0,1	0,1	0,1	0 0,2 0,3 0,4	0,1
Coef Eff _{Mort}	0	0	0,25	0,25	0,25	0,15 0,35

Tableau 1.2 : Synthèse des paramètres pour les différents scénarios généraux (ci-contre →)

Paramètre	Distribution	Scénario B	Scénario A	Source
OR – sous la forme espérance (variance)				
Mortalité	Loi log normale	0,75 (0,19)	0,88 (0,20)	(Raboisson et al., 2016)
Troubles respiratoires		0,55 (0,08)	0,82 (0,17)	
Diarrhée		0,41 (0,18)	0,56 (0,31)	
Omphalites		///	0,69 (0,22)	
Septicémies		///	0,69 (0,22)	
Prévalences dans les populations sans défaut de TIP (% , entre 0 et 1)				
P_{MortCT} (allaitant / laitier)	//	0,048 / 0,069		(Raboisson et al., 2014)
$P_{RespiCT}$	Loi normale	0,283 (0,127)		Méta-analyse
$P_{DiarrhéeCT}$		0,227 (0,127)		
$P_{OmphaliteCT}$	//	///	0,05	Dire d'expert
$P_{SepticémieCT}$	//	///	0,03	
Coûts unitaires (pour calculer les différents $CU_{Trouble i}$)				
$CU_{MortRemplacement}$ laitier (€)	Loi log normale	125 (9)		(La France Agricole, 2012)
$CU_{MortRemplacement}$ allaitant (€)		375 (22)	///	
$CU_{MortNon-Remplacement}$ allaitant (€)	//	///	$Prix_{vente} \times Poids_{vente} - Prix_{conc} \times Qté_{conc}$	Équation (1.12)
Prix _{vente} (€ / kg PV)	Loi normale	///	2,4 (0,13)	(La France Agricole, 2012)
Prix _{conc} (€ / kg)	//	///	0,175	(Institut de l'Élevage, 2013)
Poids _{vente} (kg PV)	//	///	374	
Qté _{conc} (kg)	//	///	400	
Coût prop _{Respi} pour 100kg (€ / 100 kg)	Loi normale	17,61 (3,827)		Dire d'expert et prix 2014 (Centravet, 2014)
Coût prop _{Diar} pour 100kg (€ / 100 kg)		17,55 (4,132)		
Coût forf _{Diar} (€)	Loi normale	40 (7,65)		
Coût prop _{Omp} pour 100kg (€ / 100 kg)	Loi normale	///	8,5 (1,53)	
Coût forf _{Omp} (€)		///	150 (25,51)	
Coût prop _{Septi} pour 100kg (€ / 100 kg)		///	27,84 (3,8)	
Paramètres techniques				
Poids _{trt} laitier (kg)	Loi normale	57,5 (8,9)		Dire d'expert
Poids _{trt} allaitant (kg)		75 (12,7)		
Coût journalier laitier (€)	//	0,745	1,282	
Âge _{1^{er} vêlage} laitier (années)	//	2		Choix de modélisation
GMQ moyen laitier (g / j)	Loi normale	615 (17,857)		Dire d'expert
Δ GMQ laitier et allaitant (g / j)		53,6 (48,16)	80,4 (76,02)	
Prix _{vente} allaitant (€ / kg PV)		2,56 (0,038)	2,7 (0,15)	(La France Agricole, 2012)
Âge _{vente} Mois allaitant (mois)	//	8,5	8,33	Dire d'expert
$R1_{Diar} = R1_{Respi}$	//	0,2		
$R1_{Diar} = R1_{Respi}$	//	0,3		
SMIC _h brut et %charges	//	9,53€/h et 64% de charges salariales		SMIC 2014

Partie 2 : RÉSULTATS

2.1. Pré-Scénario 1

Dans ce scénario, le vaccin est considéré comme efficace sur la diarrhée pour l'ensemble de la population des veaux, avec une efficacité réduite de 50% (Coef Eff_{TIP}) sur les veaux avec défaut de TIP (car ceux-ci ne bénéficient que pour partie des apports du colostrum).

Les résultats sont présentés sous la forme de graphiques en deux dimensions (2D) (Figure 2.1 et Figure 2.2, temps de distribution du colostrum fixé) et de graphiques en trois dimensions (3D) (Figure 2.3, P_{TIP initiale} fixée).

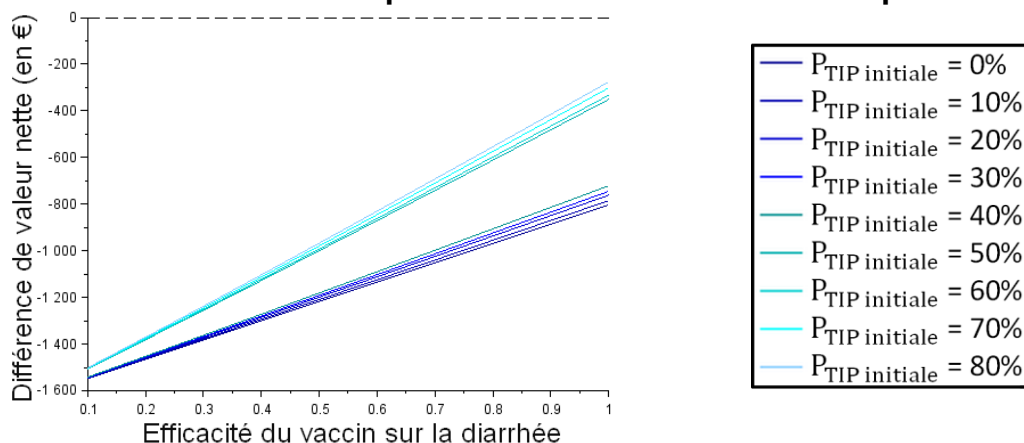
Les résultats montrent l'absence de rentabilité de la vaccination pour l'ensemble des calibrations de ce scénario vaccinal.

La différence de valeur nette entre les situations avec vaccination vs sans vaccination est en effet négative (Figure 2.1), quels que soient le coût du défaut de TIP (A ou B, respectivement Figure 2.1 et Annexe 1) et le coût du travail (L1 ou L7, respectivement Figure 2.1 et Annexe 2).

La différence de valeur nette devient pour partie positive si la comparaison porte sur « vaccination + distribution de colostrum » vs « pas de vaccination + pas de distribution de colostrum » (Figure 2.2). Ces résultats étaient attendus et en accord avec la rentabilité de la distribution de colostrum (Trillat, 2015) mais cette évaluation ne représente pas la rentabilité de la vaccination en raison de l'attribution à la vaccination d'une partie du bénéfice attendu de la distribution de colostrum. Cette situation ne sera donc plus retenue par la suite.

La valeur nette est toujours supérieure en l'absence de vaccination comparée à la présence d'une vaccination, que cela soit en allaitant ou en laitier (Figure 2.3), quels que soient le coût du défaut de TIP (A ou B), le coût du travail (L1 ou L7), ou l'efficacité de la distribution de colostrum (Figure 0.1).

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

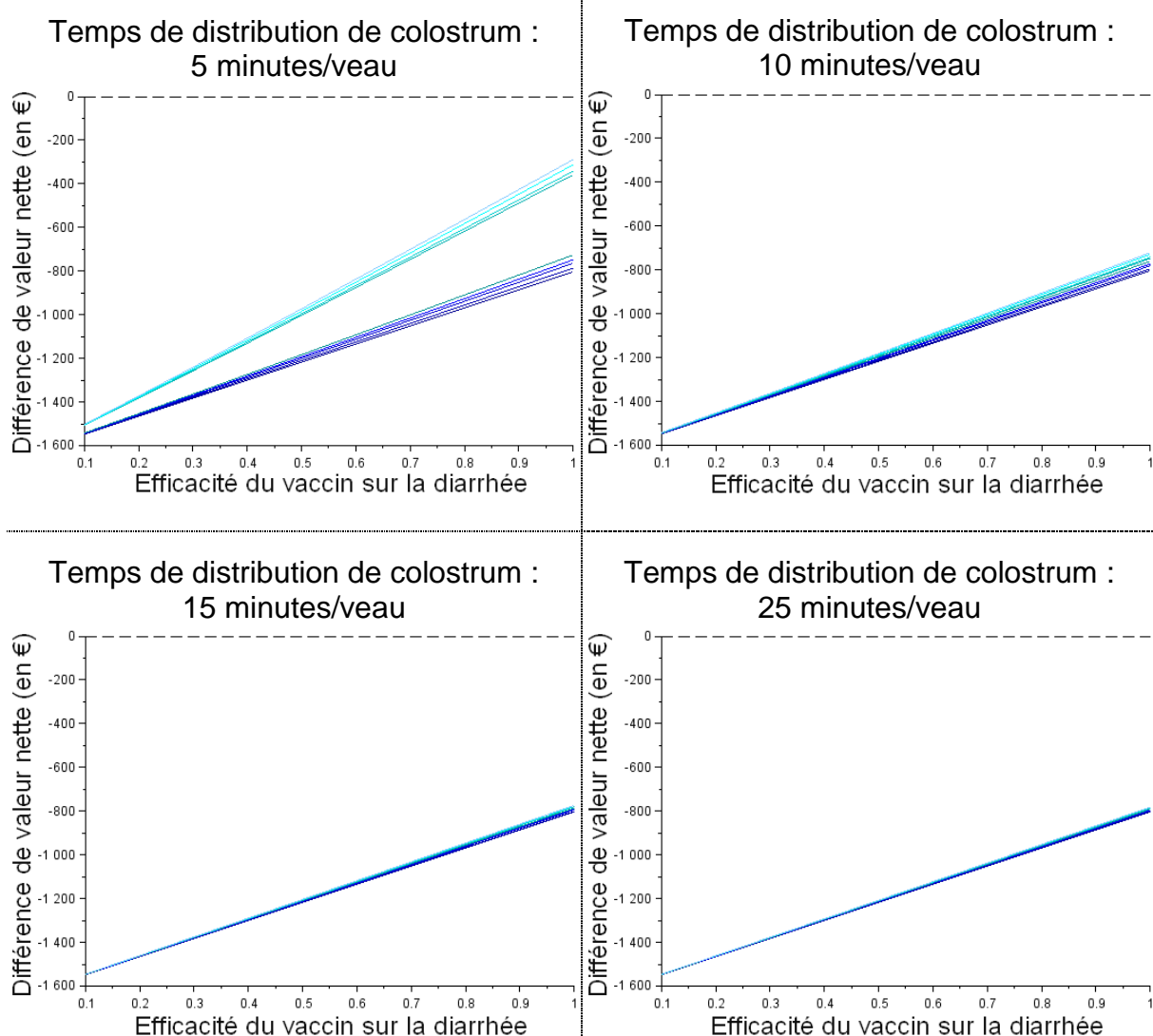
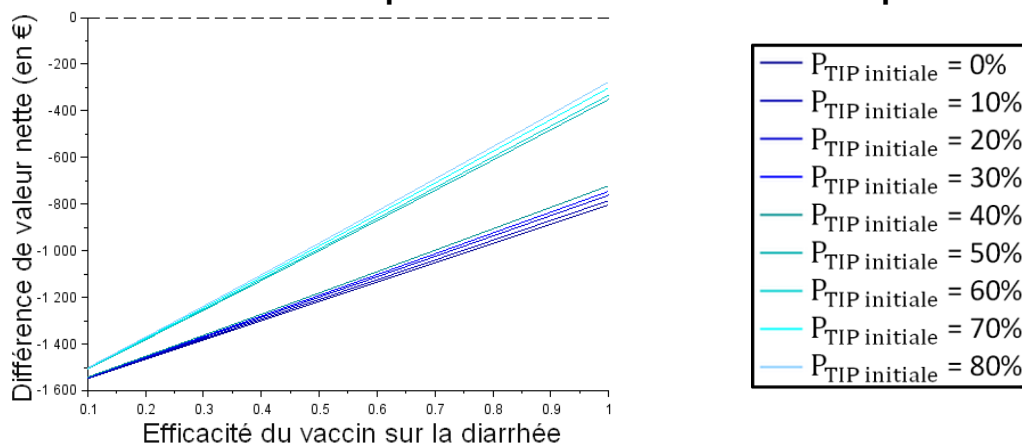


Figure 2.1 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$).

Scénario A – L1 – V1 – vaches allaitantes

(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin avec prévention

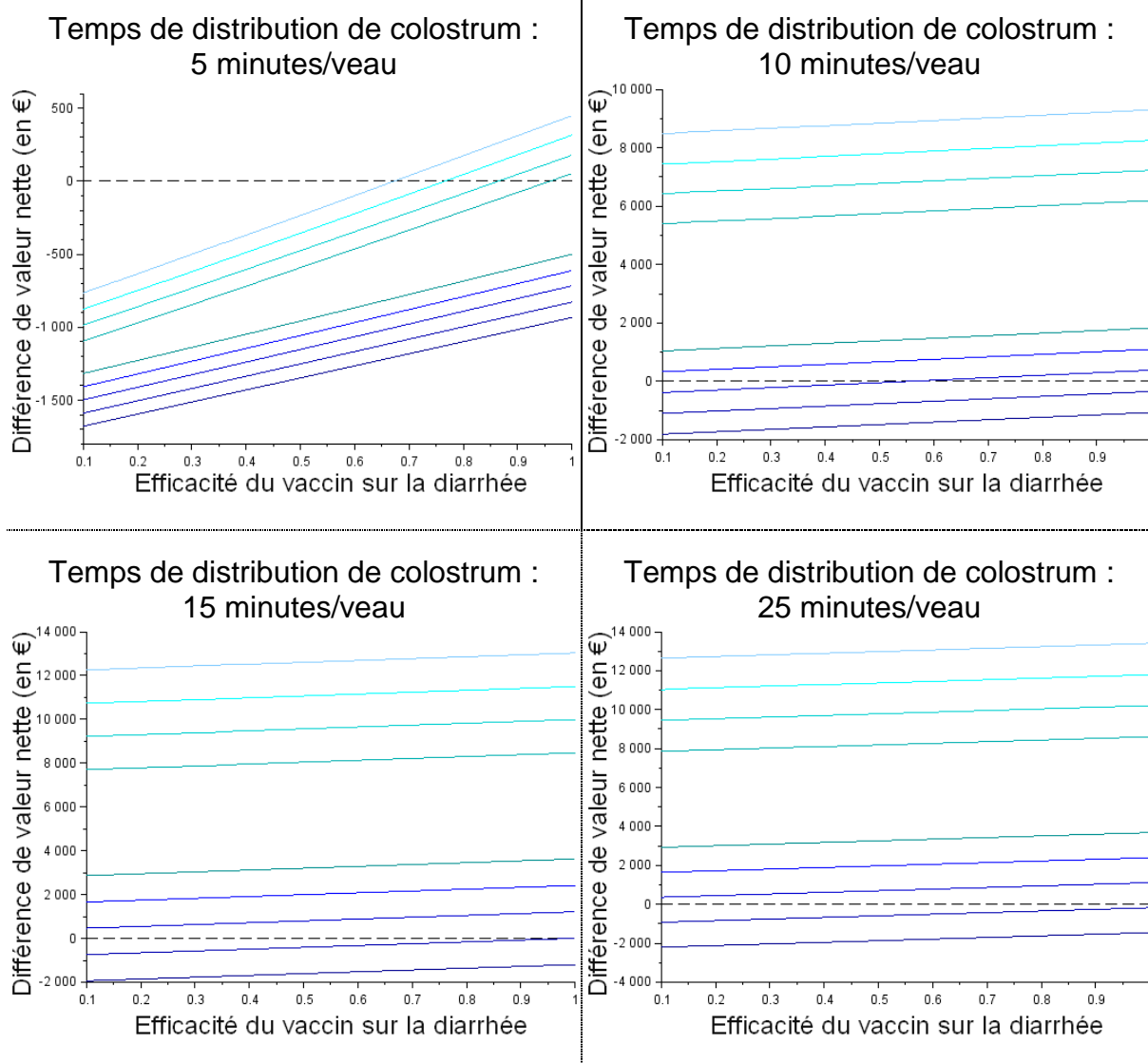


Figure 2.2 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$).
Scénario A – L1 – V1 – vaches allaitantes (sans prévention dans la situation sans vaccin)

(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0$)

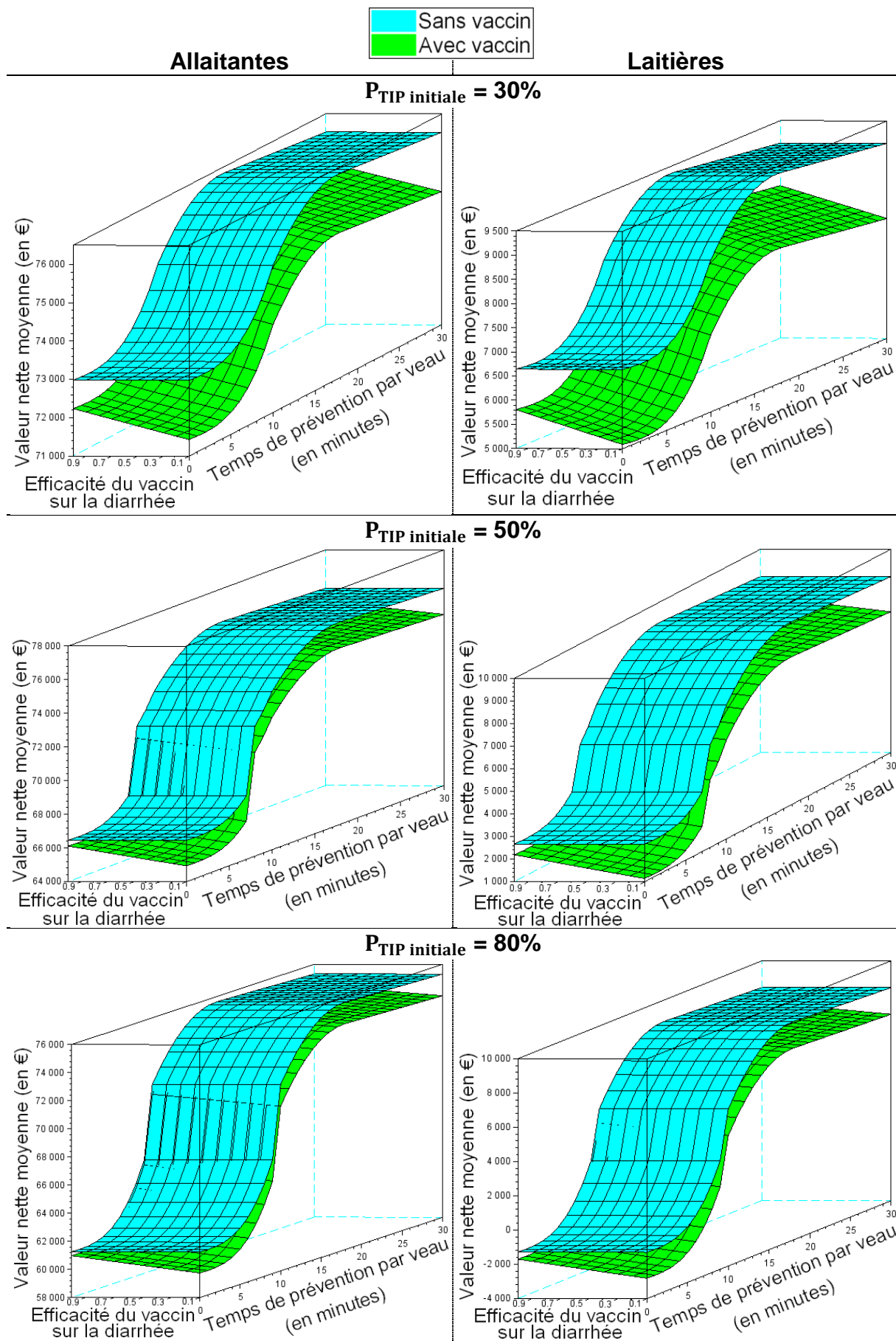


Figure 2.3 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V1 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Efficacité_{V_{TIP}}$ = 0 - Coef Eff_{Mort} = 0)

2.2. Pré-Scénario 2

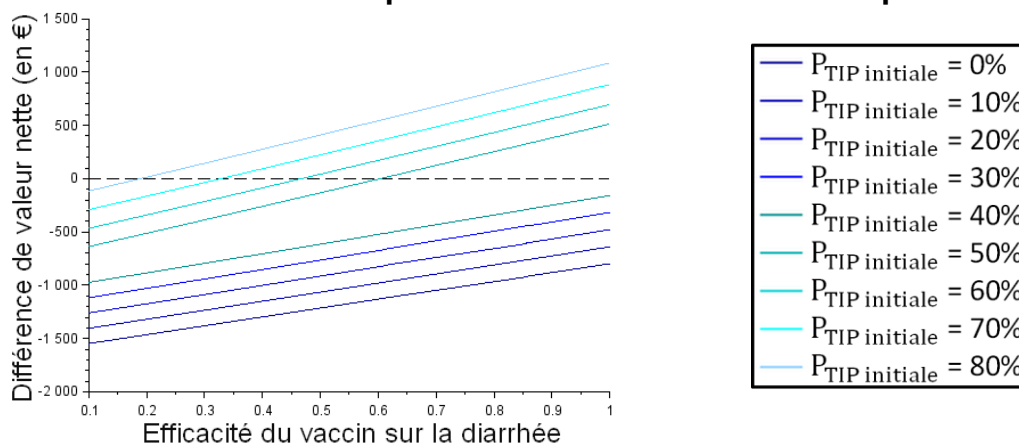
Le vaccin est ici considéré comme ayant, en plus par rapport au scénario précédent, une efficacité faible (c'est-à-dire de seulement 10%) sur l'ensemble des conséquences du défaut de TIP ($\text{Efficacité}_{V_{TIP}}$). Cette situation n'a que peu de bases épidémiologiques factuelles, mais vise à considérer un changement de sensibilité des éleveurs à la question de la prise colostrale, sans modification profonde de leurs habitudes (et donc du coût du changement de pratique).

Les résultats montrent l'absence d'intérêt économique d'un couplage entre la stratégie vaccinale et la stratégie de distribution de colostrum (Figure 2.4 à Figure 2.6) : en effet, la vaccination n'est rentable que pour des temps courts de distribution de colostrum (*i.e.* défaut de TIP élevé), sous réserve d'une bonne efficacité vaccinale et d'une $P_{TIP\text{ initiale}}$ élevée, alors que la rentabilité vaccinale disparaît pour des temps de distribution de colostrum plus longs. Ces résultats sont peu dépendants des valeurs hautes et basses de l'efficacité de la distribution de colostrum sur le défaut de TIP (Annexe 3).

Dans le cas d'un coût de défaut de TIP plus bas (B), la plage de rentabilité de la vaccination est réduite (Figure 2.7).

Dans le cas d'un coût du travail plus élevé (L7), la plage de rentabilité est peu modifiée, avec peu de différences entre les deux courbes (L1 en Figure 2.6 et L7 en Figure 2.8).

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

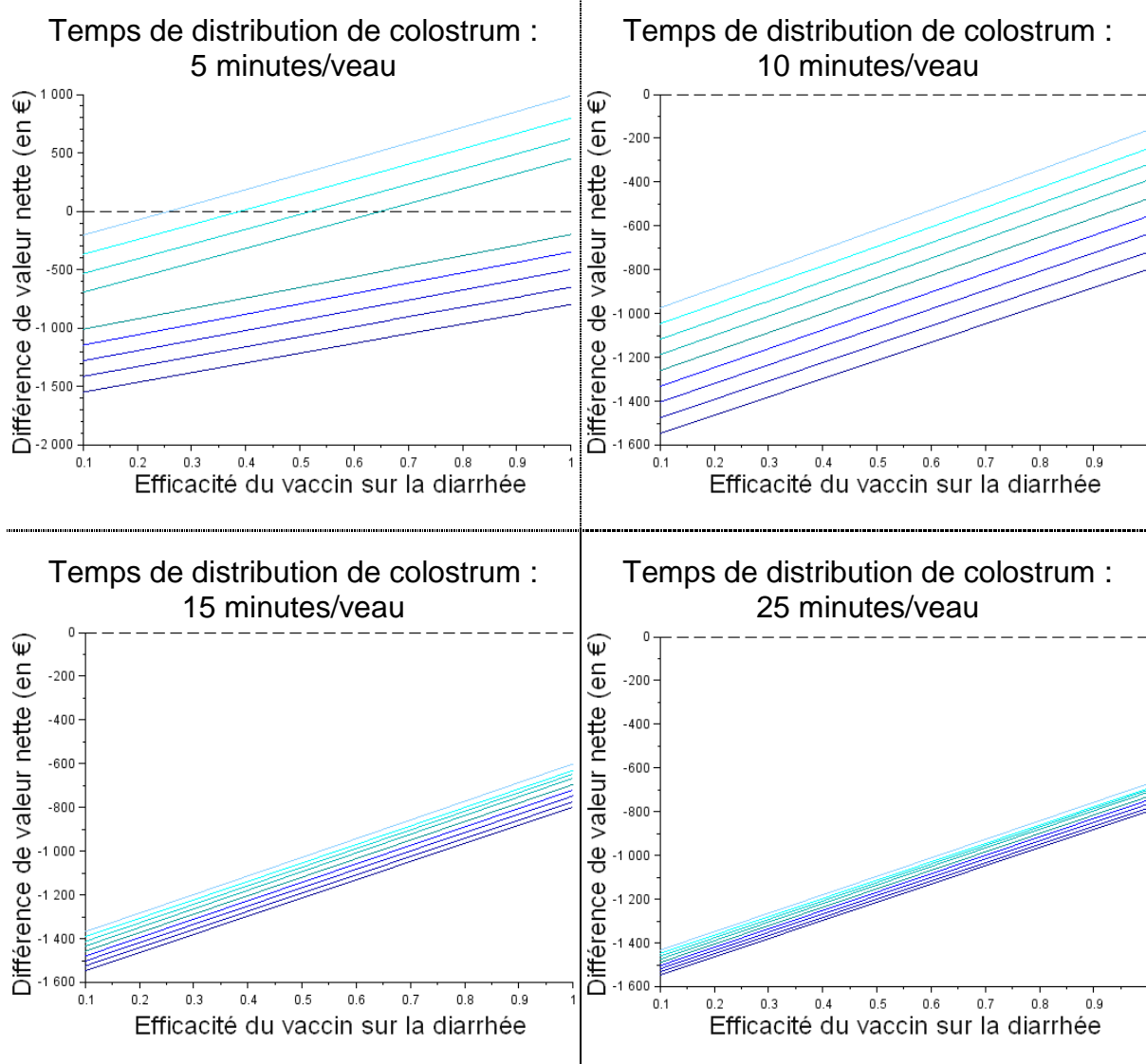
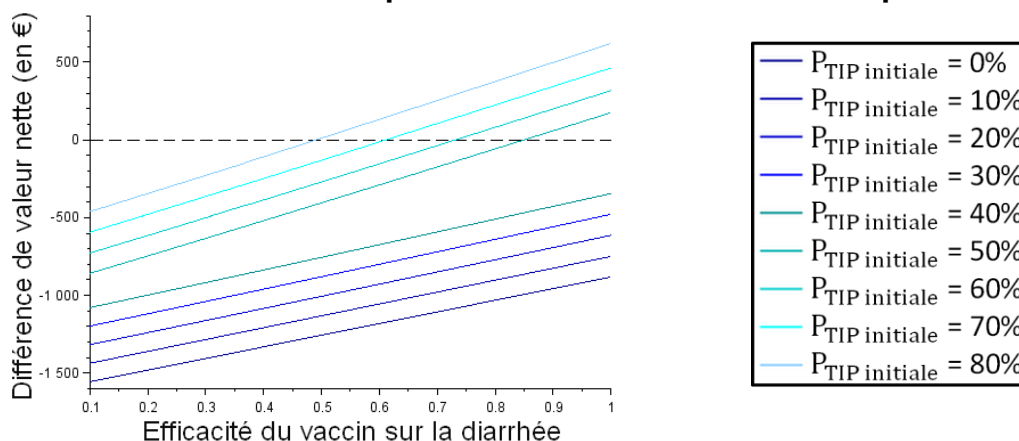


Figure 2.4 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée\ CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

Scénario A – L1 – V2 – vaches allaitantes

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Efficacité V_{TIP} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

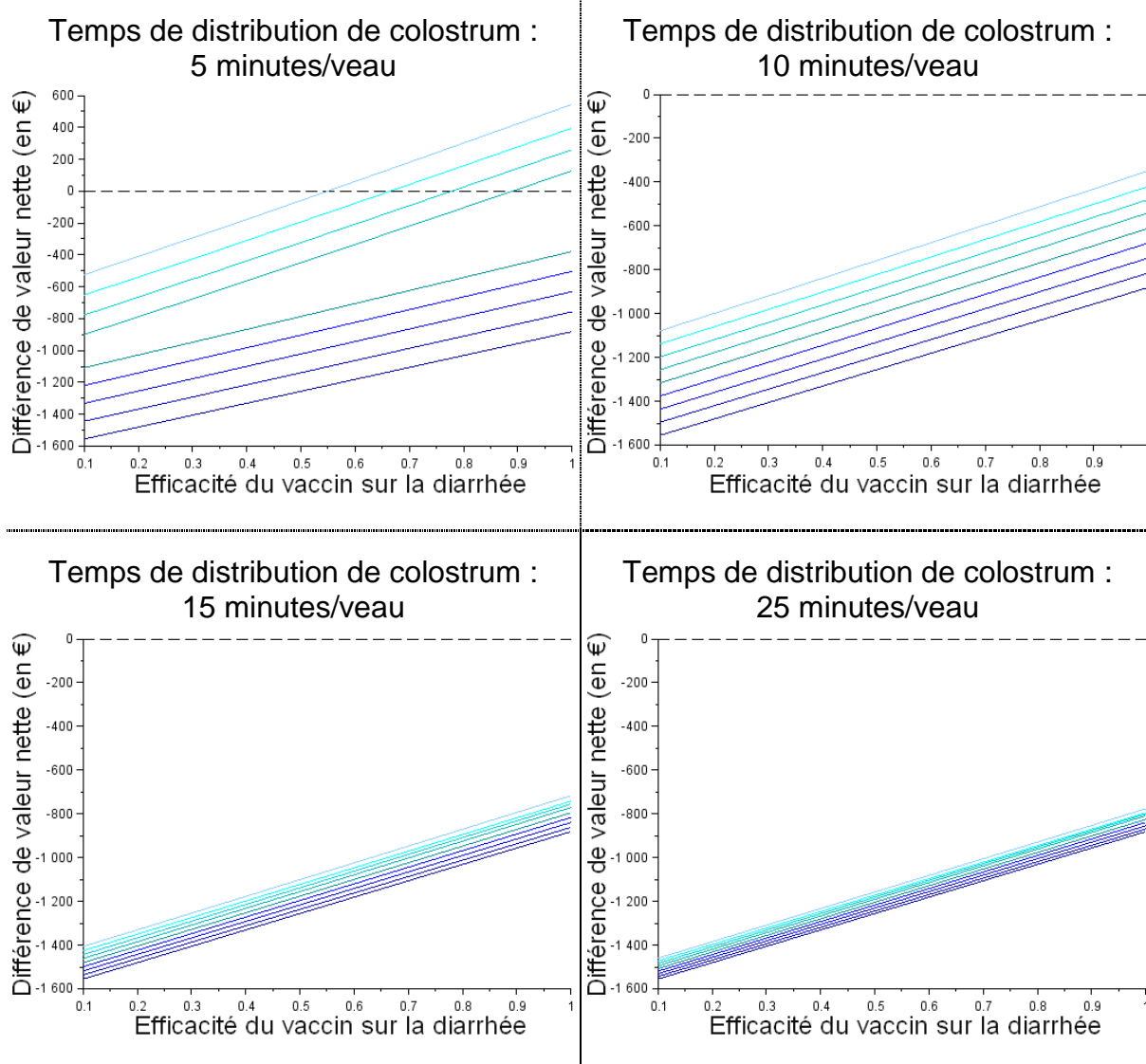


Figure 2.5 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée\ CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

Scénario A – L1 – V2 – vaches laitières

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Efficacité V_{TIP} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0)

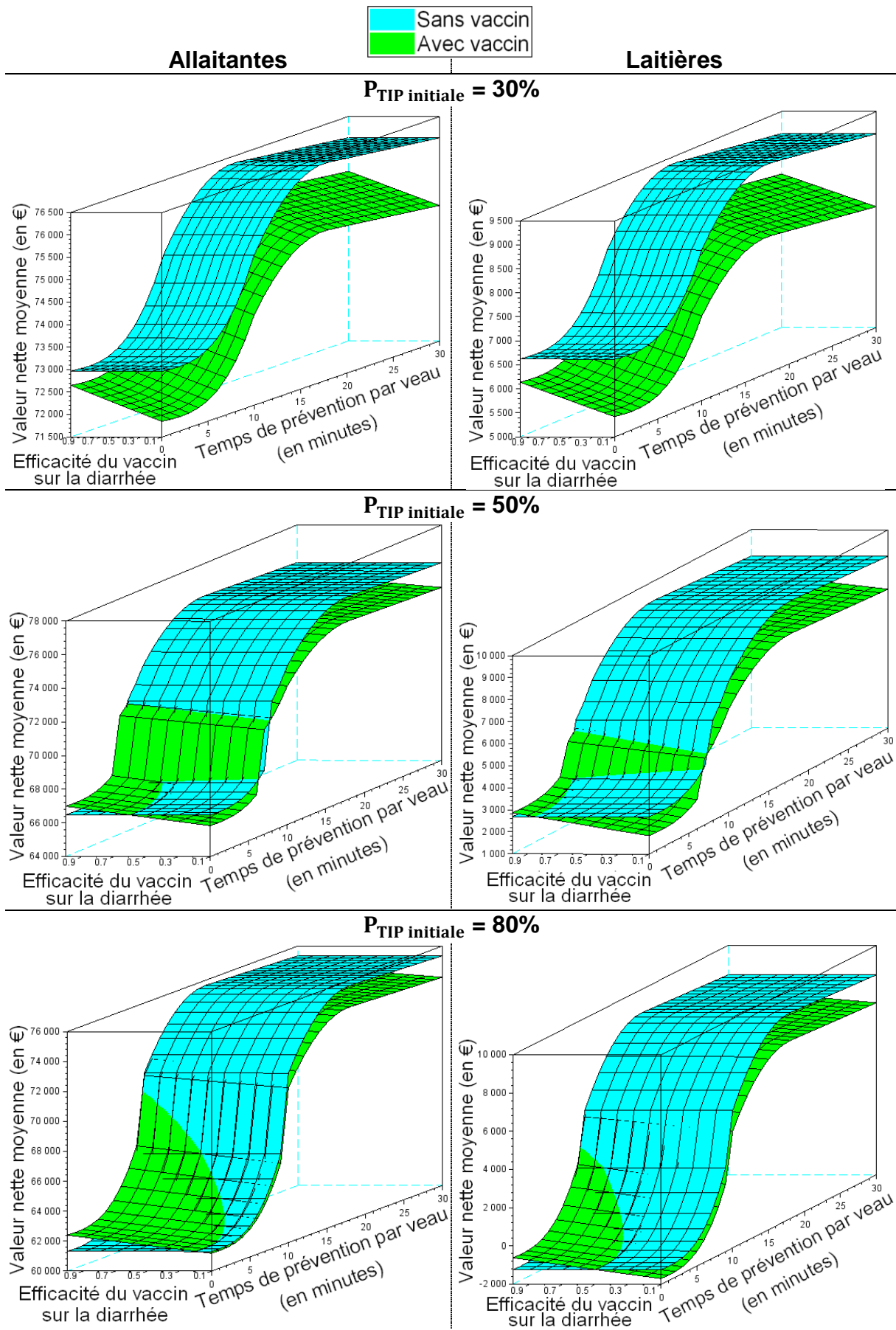


Figure 2.6 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée CT}$). Scénario A – L1 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Eff_{TIP} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0)

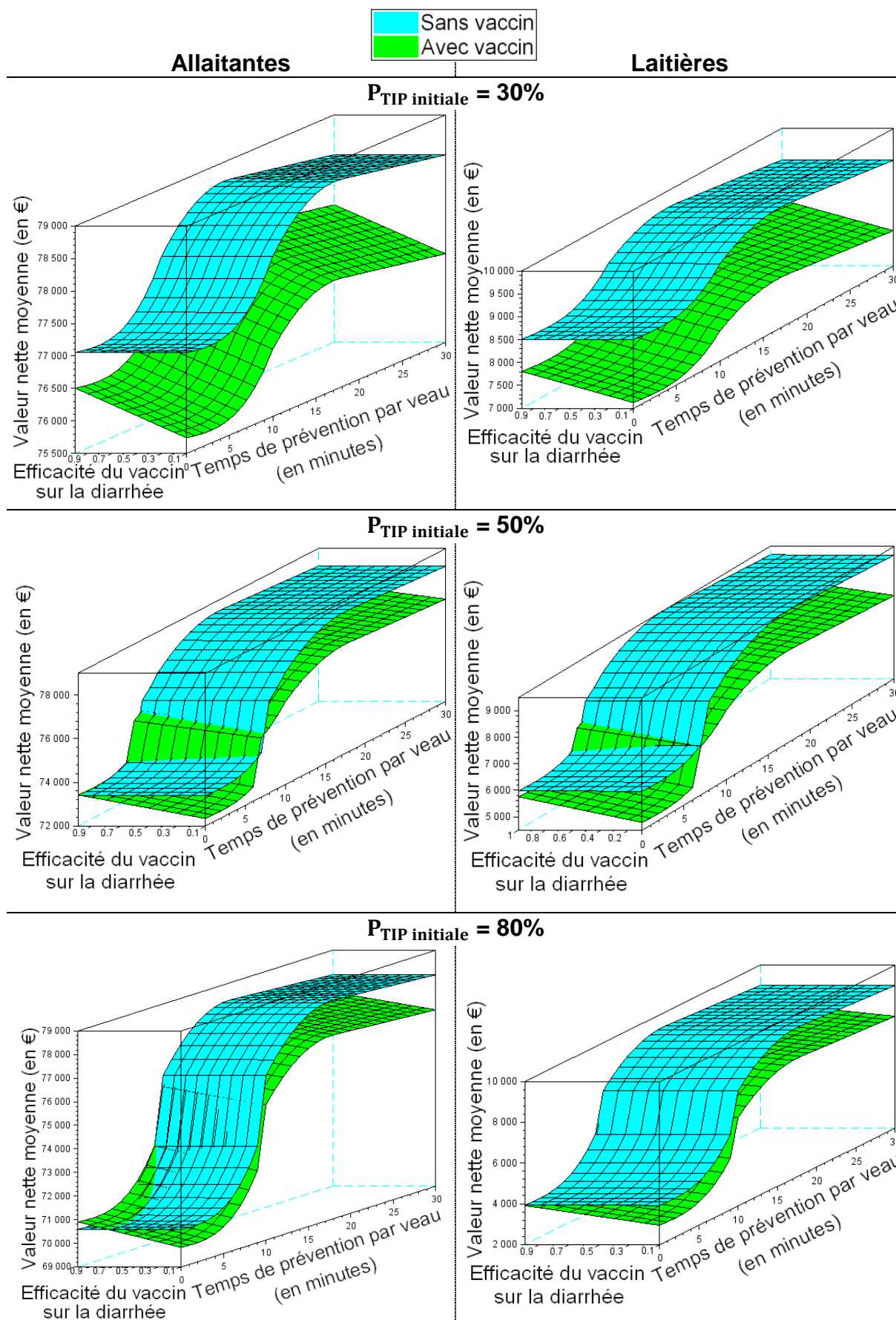


Figure 2.7 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario B – L1 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{Mort} = 0$)

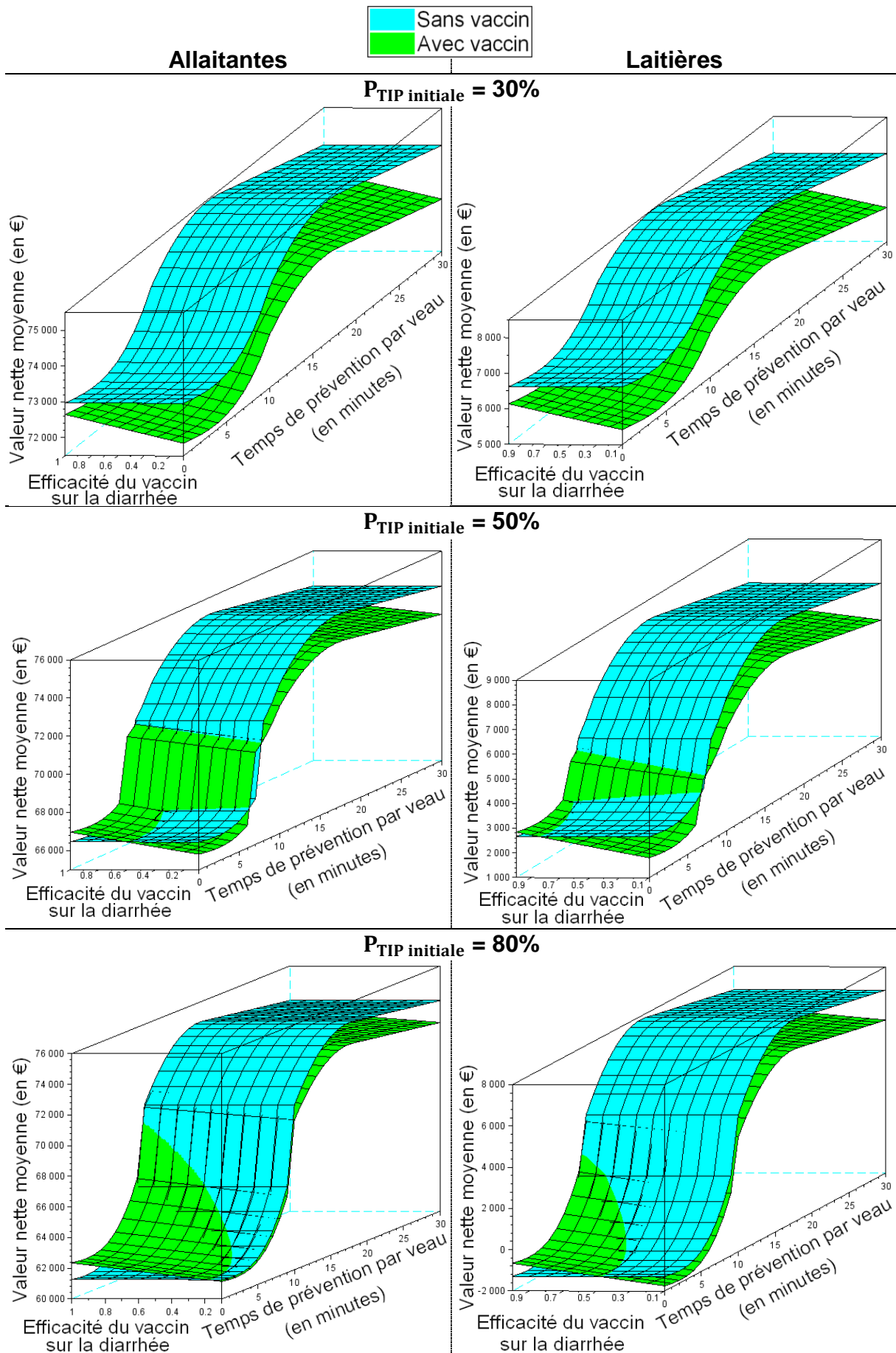


Figure 2.8 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L7 – V2 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Efficacité_{V_{TIP}}$ = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0)

2.3. Scénario 3

Le vaccin est ici considéré avec une efficacité modérée de 25% de diminution de la mortalité des veaux ($\text{Coef Eff}_{\text{Mort}}$), en plus par rapport au scénario précédent. Cette situation vise à intégrer le bénéfice sur la mortalité permis par la baisse de l'incidence des diarrhées. Ce bénéfice est appliqué totalement sur les veaux sans défaut de TIP mais partiellement (via $\text{Coef Eff}_{\text{TIP}}$) sur les veaux avec défaut de TIP.

Les résultats (Figure 2.9, Figure 2.10 et Figure 2.11) montrent, comme attendu, une amélioration de la rentabilité de la vaccination par rapport à la situation précédente (Figure 2.4, Figure 2.5 et Figure 2.6). De plus, le calcul des intervalles de confiance et de prédiction à 95% (IC95 et IP95) montre des valeurs assez peu dispersées (Annexe 4 et Annexe 5).

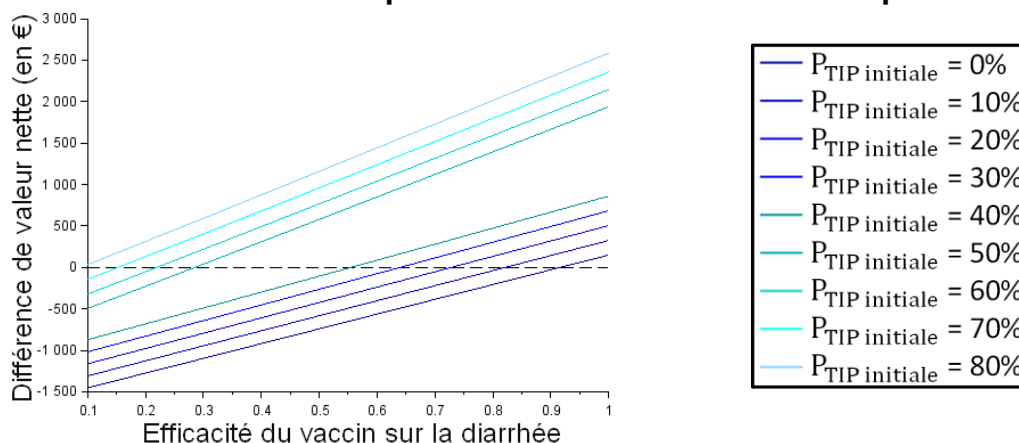
Sous réserve d'une très bonne efficacité du vaccin, la rentabilité vaccinale est toujours assurée, y compris pour des temps longs de distribution de colostrum, en élevage allaitant (Figure 2.11). En accord avec les résultats du scénario précédent, la rentabilité du vaccin est assurée même pour des efficacités du vaccin faibles à très faibles, lorsque le temps de distribution est court et $P_{\text{TIP initiale}}$ est élevée. La situation en laitier est plus semblable au scénario précédent, avec une non-rentabilité vaccinale lors de faibles $P_{\text{TIP initiale}}$, mais une profitabilité vaccinale qui apparaît pour des $P_{\text{TIP initiale}}$ modérées à élevées lors de temps courts passés à la distribution de colostrum.

Ces résultats sont peu dépendants des valeurs hautes et basses de l'efficacité du temps passé à la distribution de colostrum sur le défaut de TIP (Annexe 6 et Annexe 7).

Dans le cas d'un coût de défaut de TIP plus bas (B), la plage de rentabilité de la vaccination est réduite (Figure 2.12). La dispersion des valeurs est là encore assez réduite (Annexe 8).

Dans le cas d'un coût du travail plus élevé (L7), la plage de rentabilité est peu modifiée (Figure 2.13), comme pour les scénarios précédents.

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

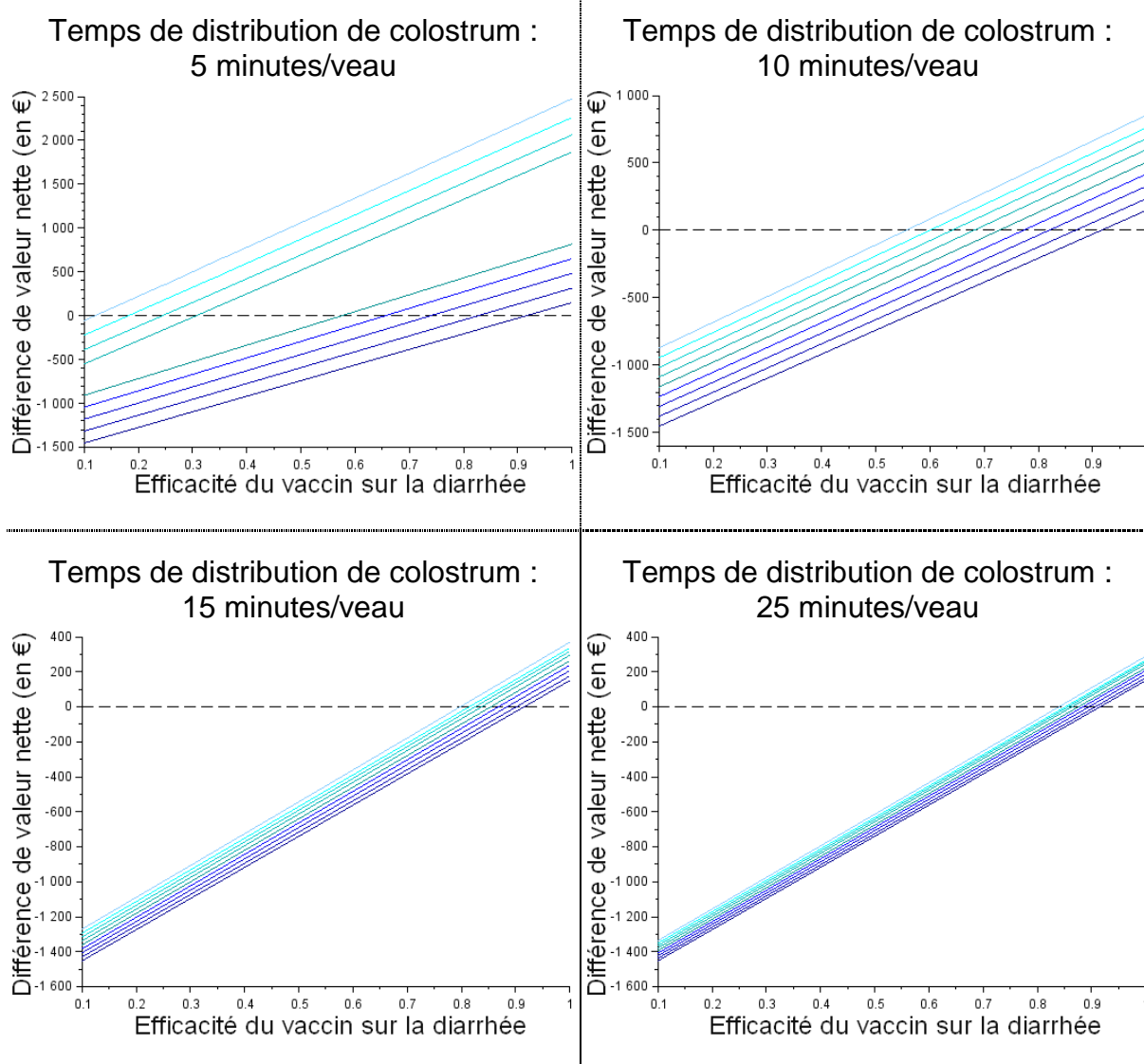
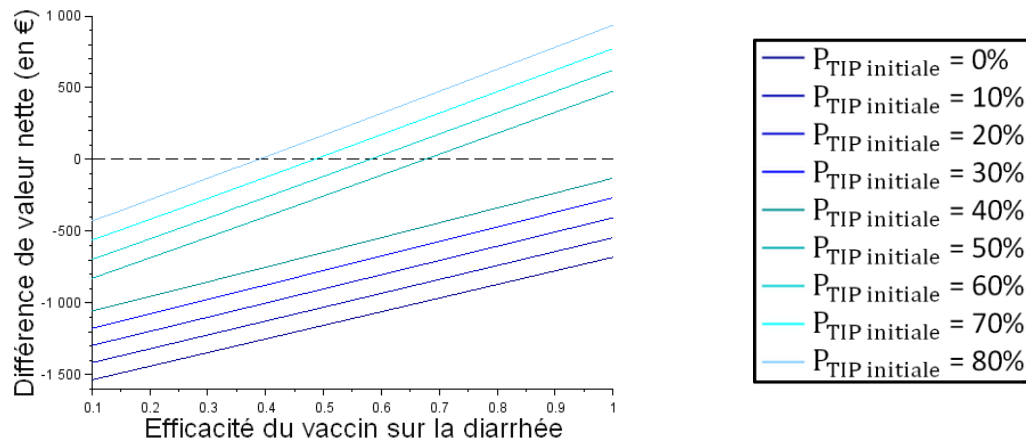


Figure 2.9 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée\ CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\ initiale}$).

Scénario A – L1 – V3 – vaches allaitantes

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Eff_{V_{TIP}}$ = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

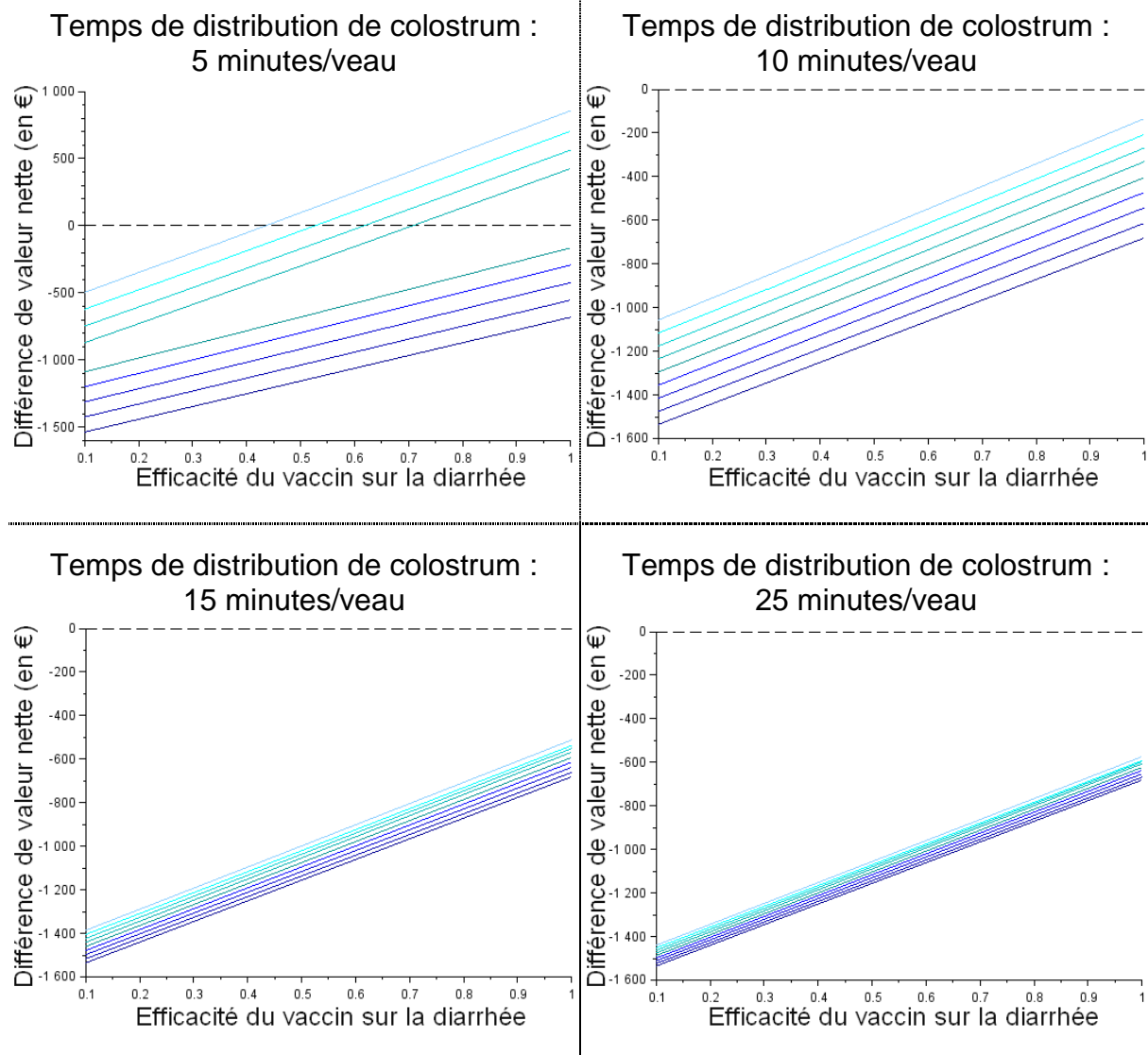


Figure 2.10 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP \text{ initiale}}$).

Scénario A – L1 – V3 – vaches laitières

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{Mort} = 0,25$)

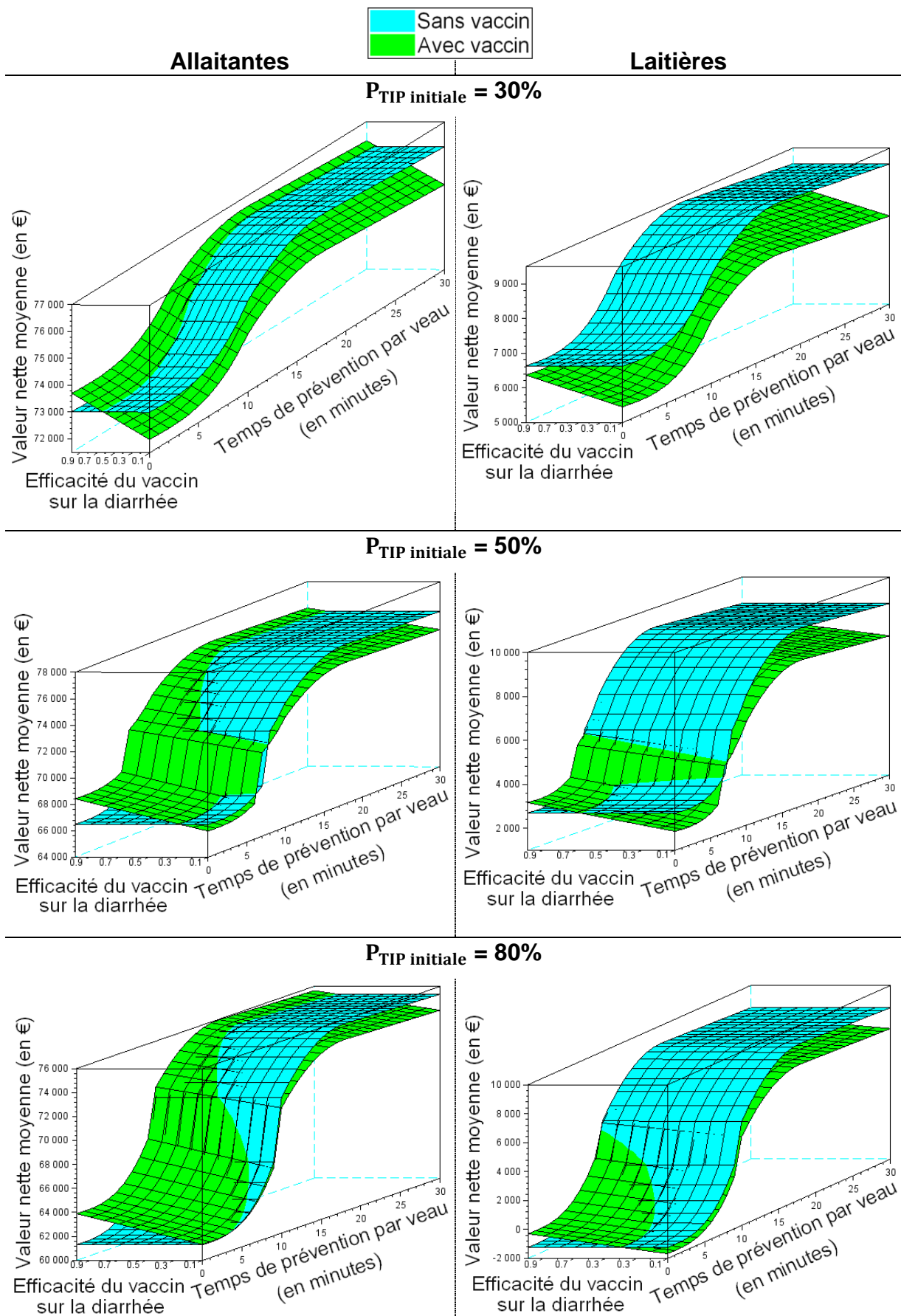


Figure 2.11 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée CT}$). Scénario A – L1 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Eff_{CT} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

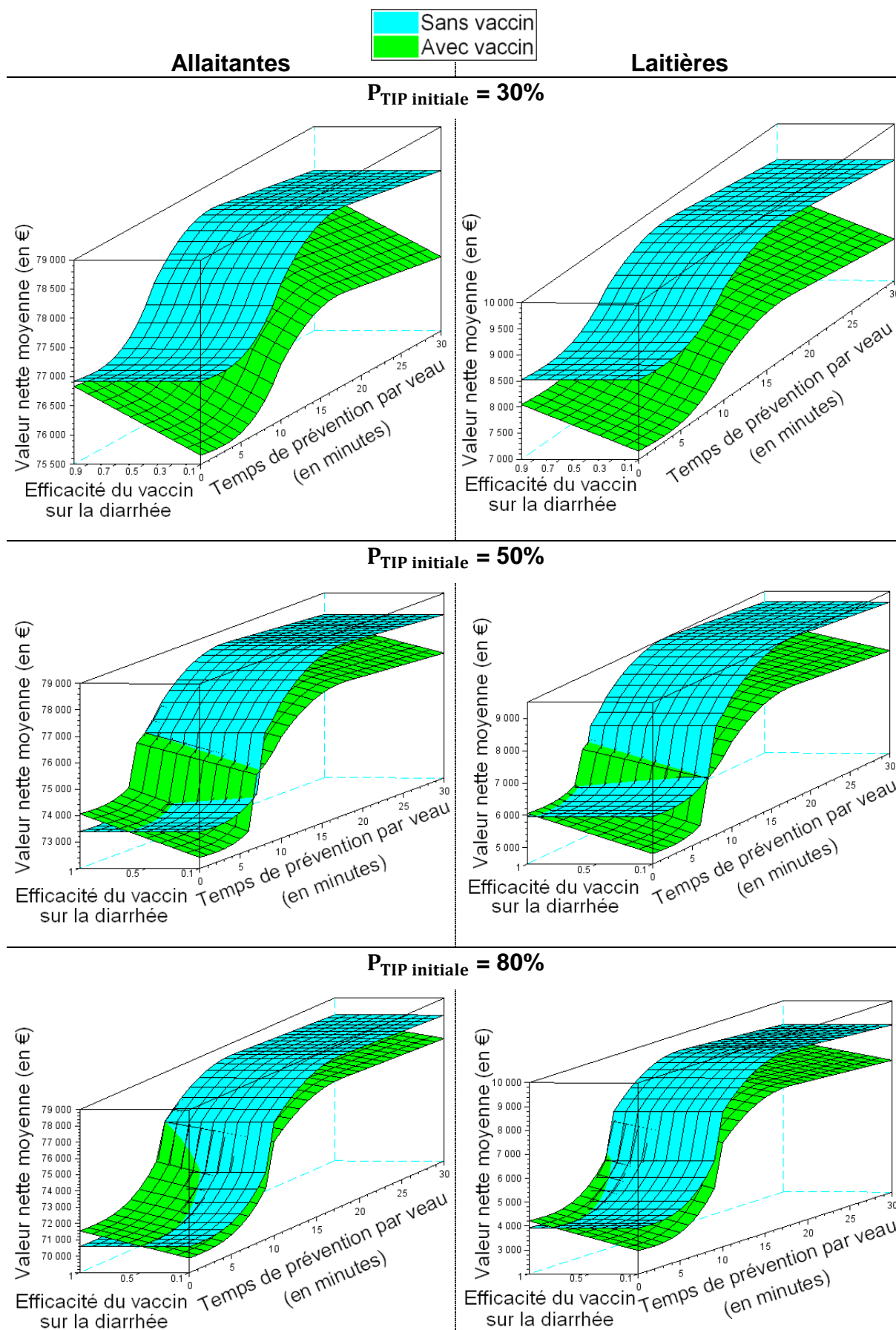


Figure 2.12 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée_{CT}}$). Scénario B – L1 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Eff_{V_{TIP}}$ = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

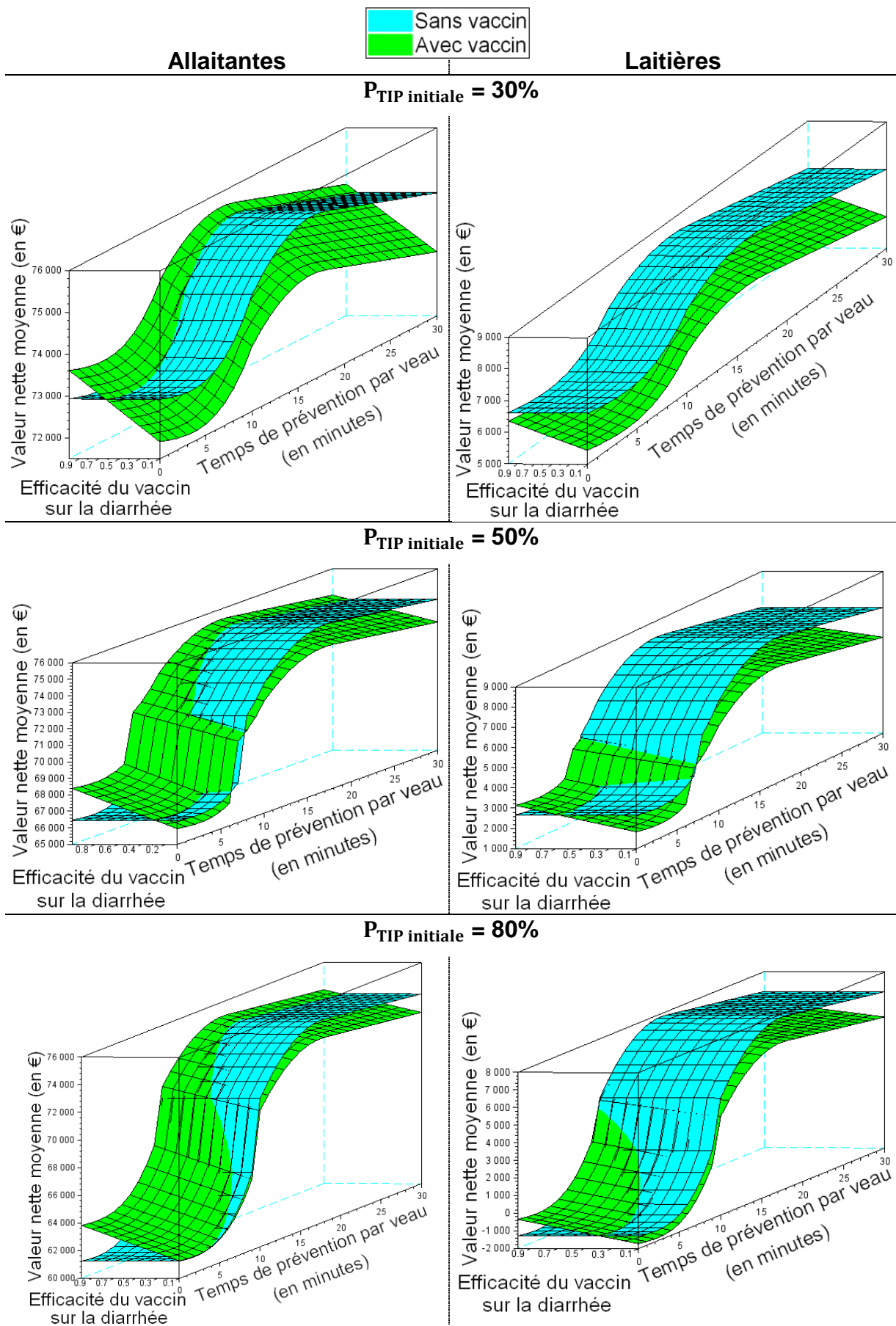


Figure 2.13 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L7 – V3 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Efficacité_{V_{TIP}}$ = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

2.4. Analyse de sensibilité : scénario 4

Réduire (Figure 2.14 et Figure 2.15) ou augmenter (Figure 2.16 et Figure 2.17) l'efficacité ($\text{Coef Eff}_{\text{TIP}}$) de la vaccination chez les animaux avec défaut de TIP conduit à une rentabilité de la vaccination (chevauchement des courbes avec et sans vaccination) obtenue pour des efficacités respectivement plus élevées ou plus faibles par rapport à la situation moyenne (Figure 2.11). La différence de valeur nette par rapport à l'absence de vaccination est ainsi plus élevée ou plus faible que dans la situation moyenne (Figure 2.9) pour respectivement une efficacité de la vaccination chez les animaux avec défaut de TIP augmentée (Annexe 9 et Annexe 10) ou réduite (Annexe 11 et Annexe 12).

Comme précédemment, la plage de rentabilité de la vaccination est réduite (Figure 2.18 et Figure 2.19) dans le cas d'un coût de défaut de TIP plus bas (B), et est peu modifiée (Annexe 13 et Annexe 14) dans le cas d'un coût du travail plus élevé (L7).

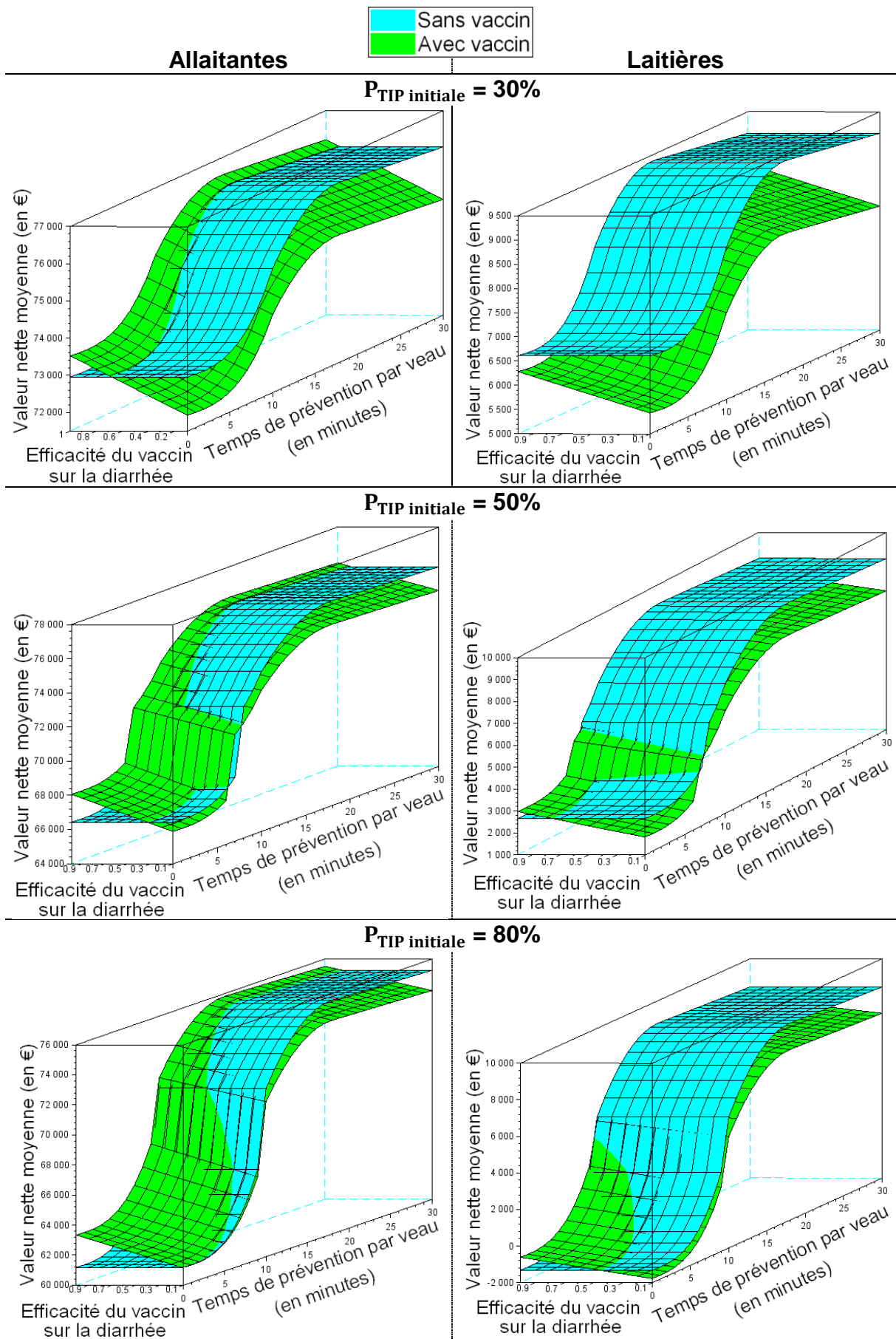


Figure 2.14 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef $\text{Eff}_{TIP}=0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum
 (Coef $\text{Eff}_{TIP}=0,4$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}}=0,1$ - Coef $\text{Eff}_{Mort}=0,25$)

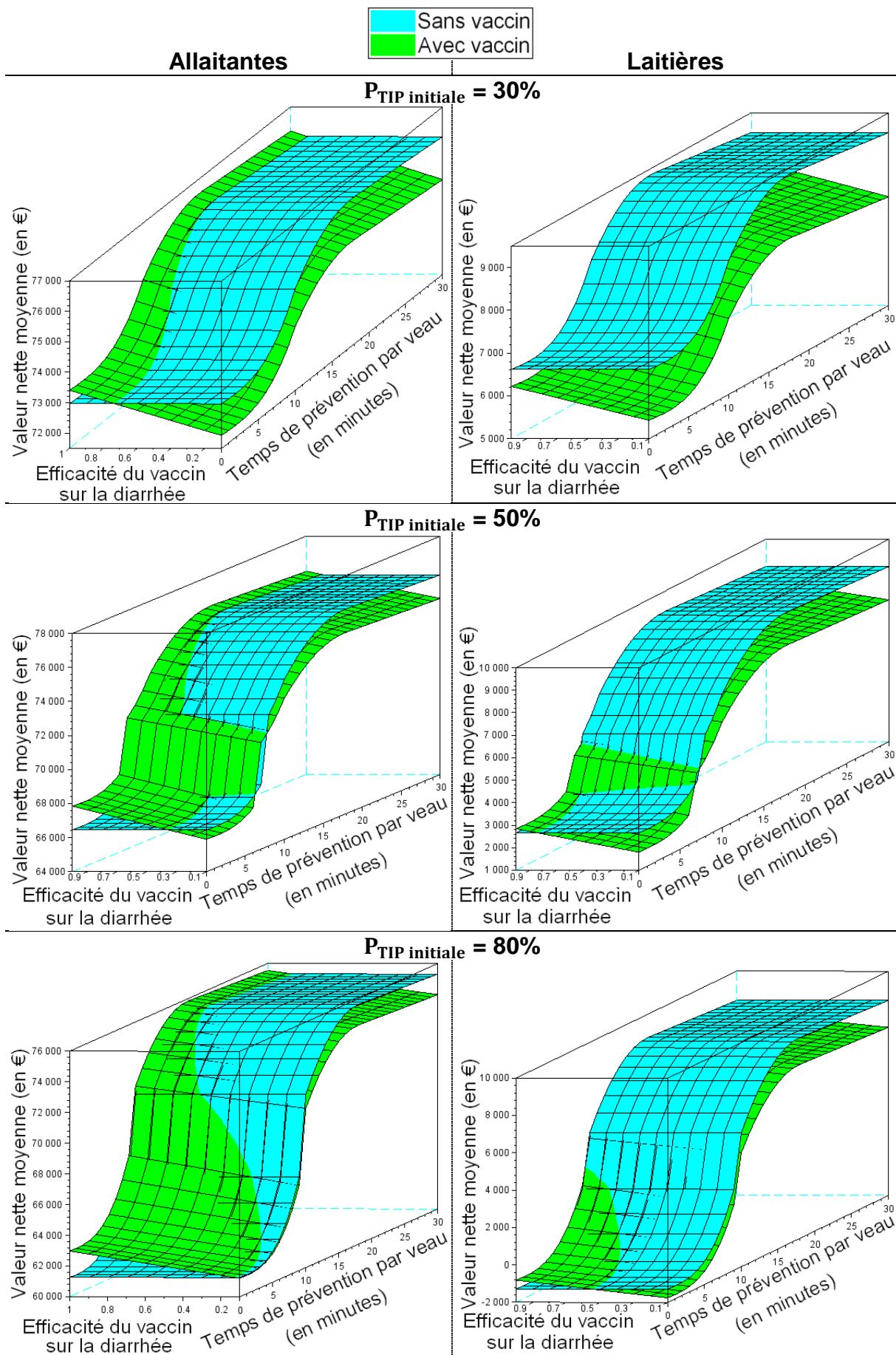


Figure 2.15 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée\ CT}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef $Eff_{TIP}=0,3$ - Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP}=0,3$ - Efficacité $V_{TIP}=0,1$ - Coef $Eff_{Mort}=0,25$)

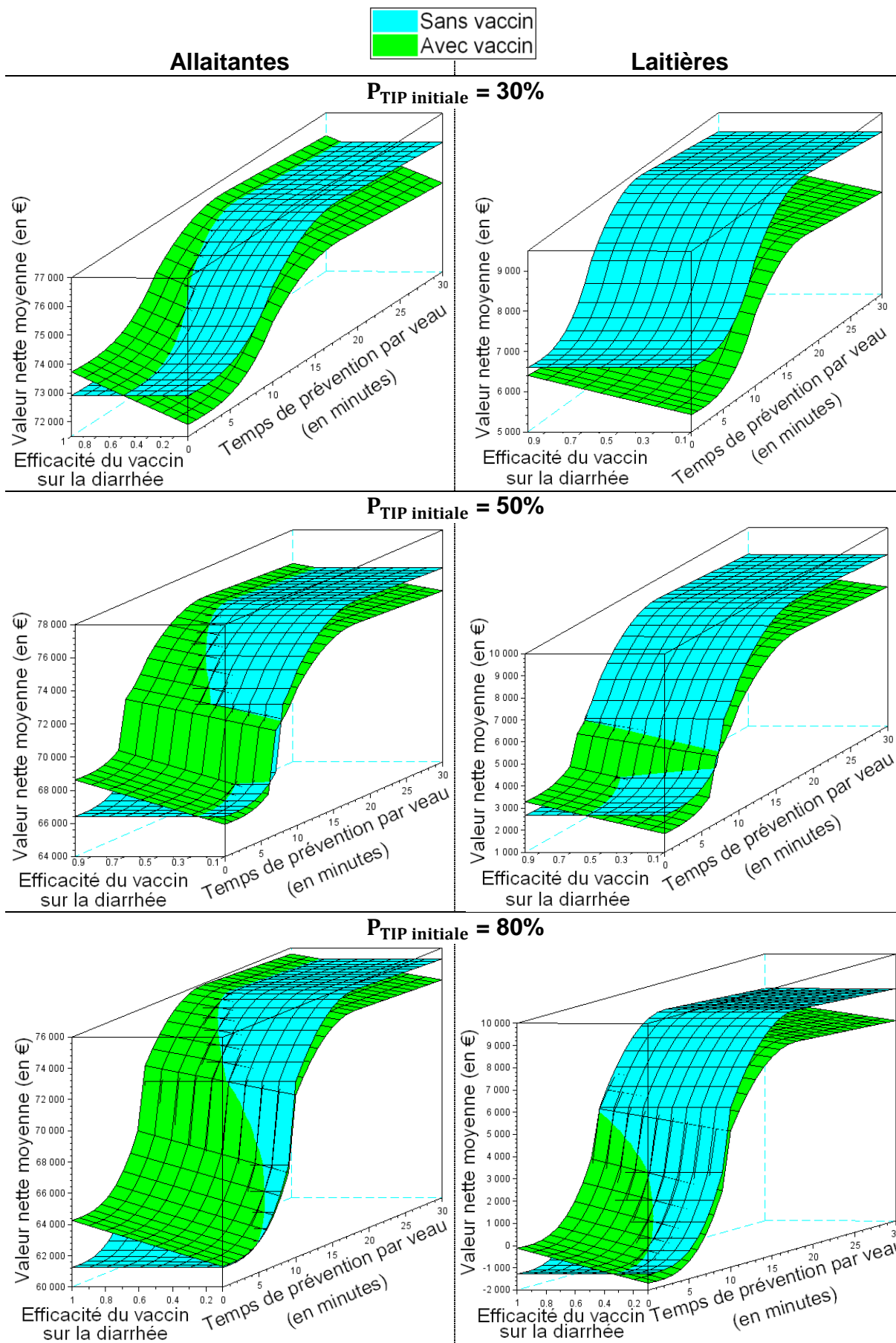


Figure 2.16 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef $Eff_{TIP}=0,6$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP}=0,6$ - Efficacité $V_{TIP}=0,1$ - Coef $Eff_{Mort}=0,25$)

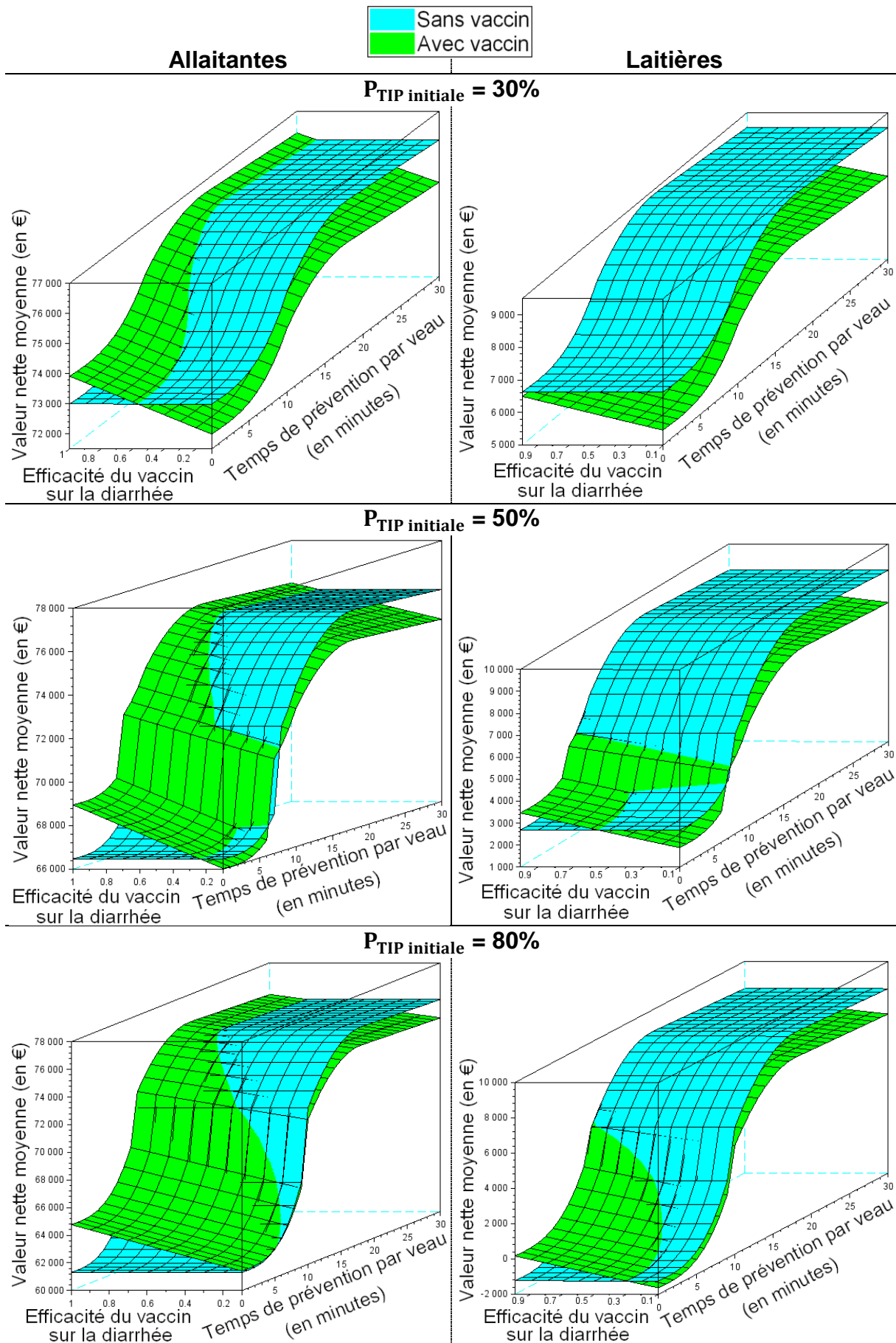


Figure 2.17 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée CT}$). Scénario A – L1 – V4 – Coef $Eff_{TIP}=0,7$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum
 (Coef $Eff_{TIP}= 0,7$ - Efficacité $_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort}= 0,25$)

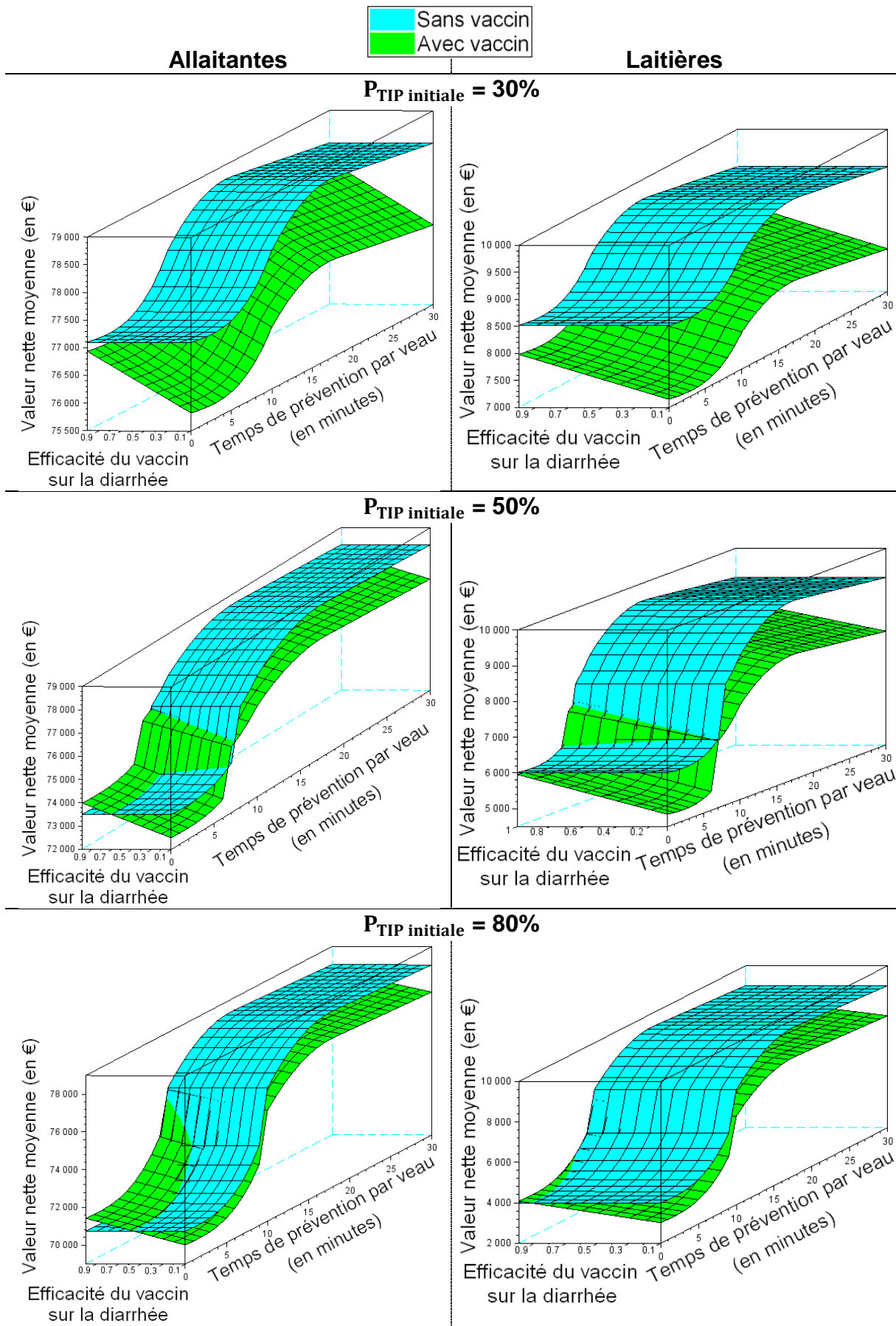


Figure 2.18 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée_{CT}}$). Scénario B – L1 – V4 – Coef $Eff_{TIP}=0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP}= 0,4$ - Efficacité $_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort}= 0,25$)

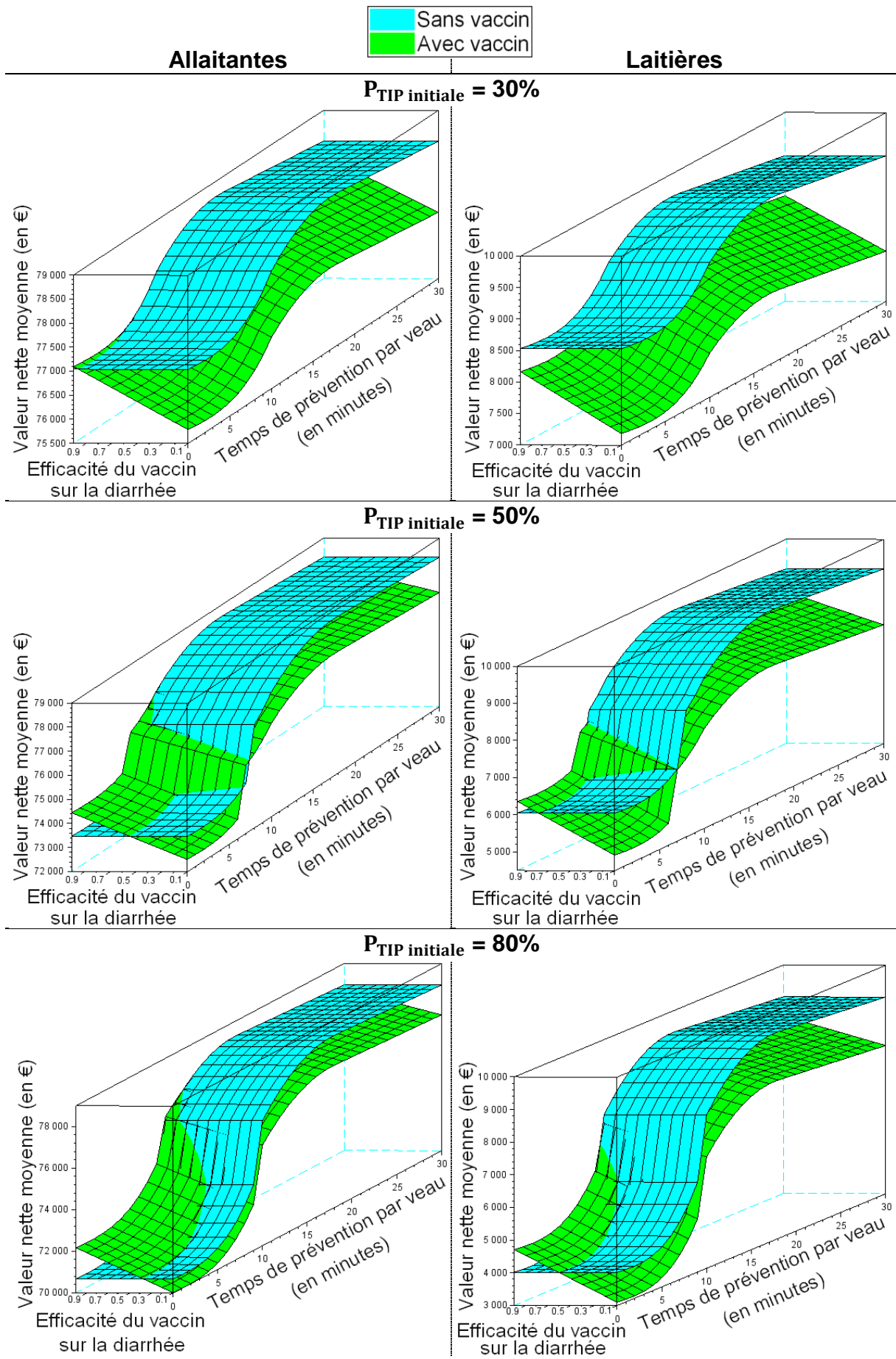


Figure 2.19 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V4 – Coef Eff_{TIP}=0,7 – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef Eff_{TIP}= 0,7 - Efficacité_{V_{TIP}}= 0,1 - Coef Eff_{Mort}= 0,25)

2.5. Analyse de sensibilité : scénario 5

2.5.1. *Efficacité*_{V_{TIP}} = 0

Ce scénario vise à valider l'hypothèse du pré-scénario 2 : le vaccin a un effet bénéfique général sur le défaut de TIP. Comme attendu, l'absence de cette composante réduit la rentabilité vaccinale, de manière générale (Figure 2.20, Annexe 15, Annexe 16). Si la rentabilité de la vaccination baisse en élevage allaitant (avec un point de rupture obtenu pour des efficacités plus élevées) dans ce scénario (Figure 2.20) comparé au scénario 3 (Figure 2.11), le profil reste inchangé, en particulier pour les fortes efficacités. Au contraire, en élevage laitier, la suppression de la composante ($\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$) conduit à passer d'une situation de vaccination partiellement profitable à une situation de vaccination non rentable. Cette différence de comportement est liée à la différence entre le prix du vaccin et le bénéfice de la vaccination entre les veaux allaitants et les veaux laitiers. Ces éléments soulignent l'importance de considérer ou non cette composante ($\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$), qui n'est pas réellement justifiée par la physiopathologie et l'épidémiologie de l'affection défaut de TIP (voir 2.2).

Ces résultats ne sont pas modifiés par la calibration du coût du travail plus élevée (L7, Annexe 17). Par contre, la calibration coût de défaut de TIP plus bas (B) conduit à une perte de rentabilité pour la quasi-totalité des situations en allaitant (Figure 2.21 et Annexe 18) et d'autant plus en laitier (Annexe 19).

Comme dans le scénario 3, les IC95 (non rapporté) et IP95 (Annexe 20 et Annexe 21) sont assez étroits autour de la moyenne.

2.5.2. *Efficacité*_{V_{TIP}} = 0,2 , 0,3 et 0,4

Comme attendu, augmenter l'efficacité du vaccin sur les veaux avec défaut de TIP conduit à une amélioration forte de la rentabilité vaccinale, en particulier en allaitant et pour des temps courts de distribution de colostrum, où le gain net est important (Figure 2.22 à Figure 2.24). Cette situation reste cependant peu vraisemblable.

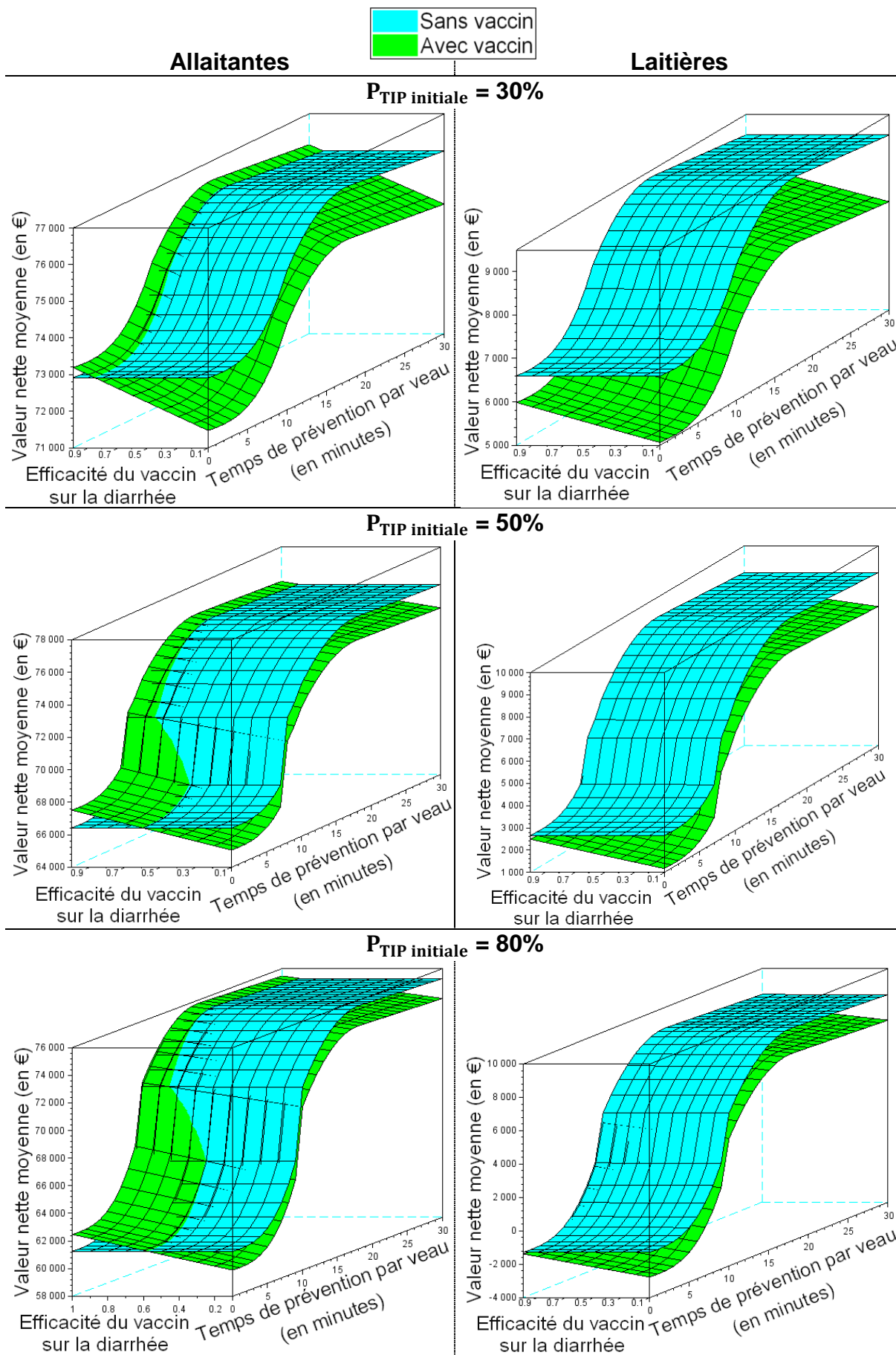


Figure 2.20 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{Mort} = 0,25$)

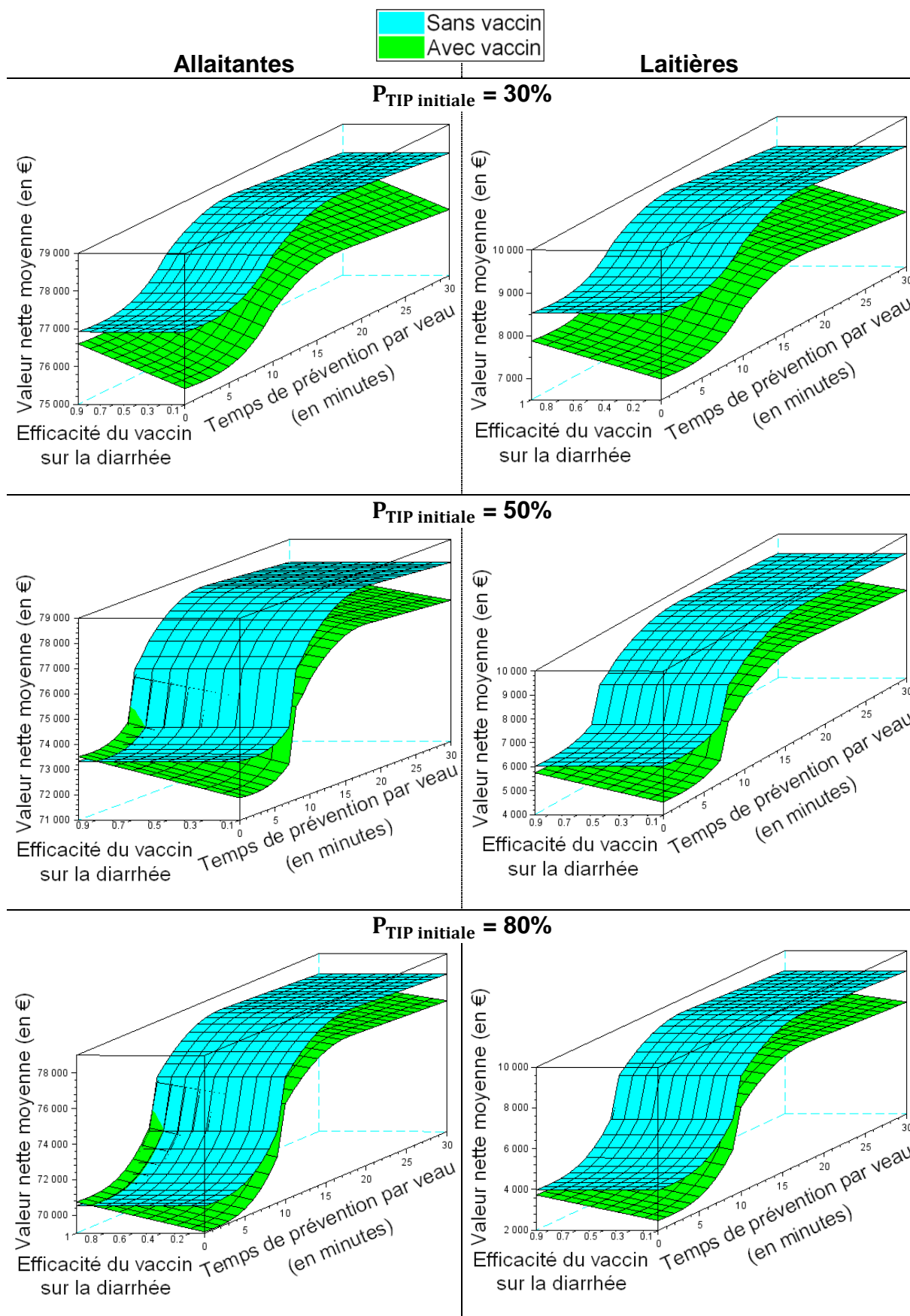


Figure 2.21 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum
 (Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

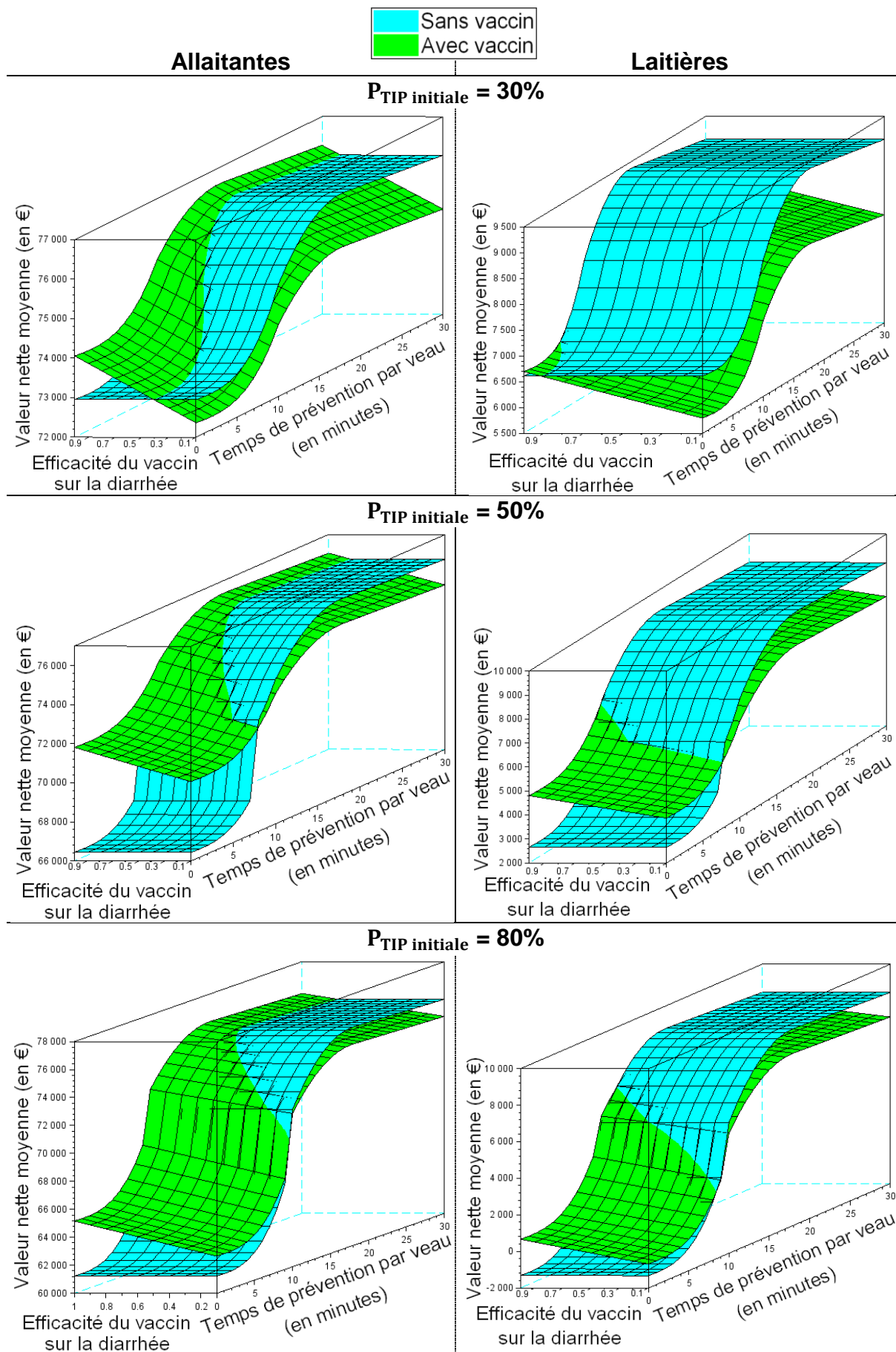


Figure 2.22 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V5 – $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,2$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,2$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

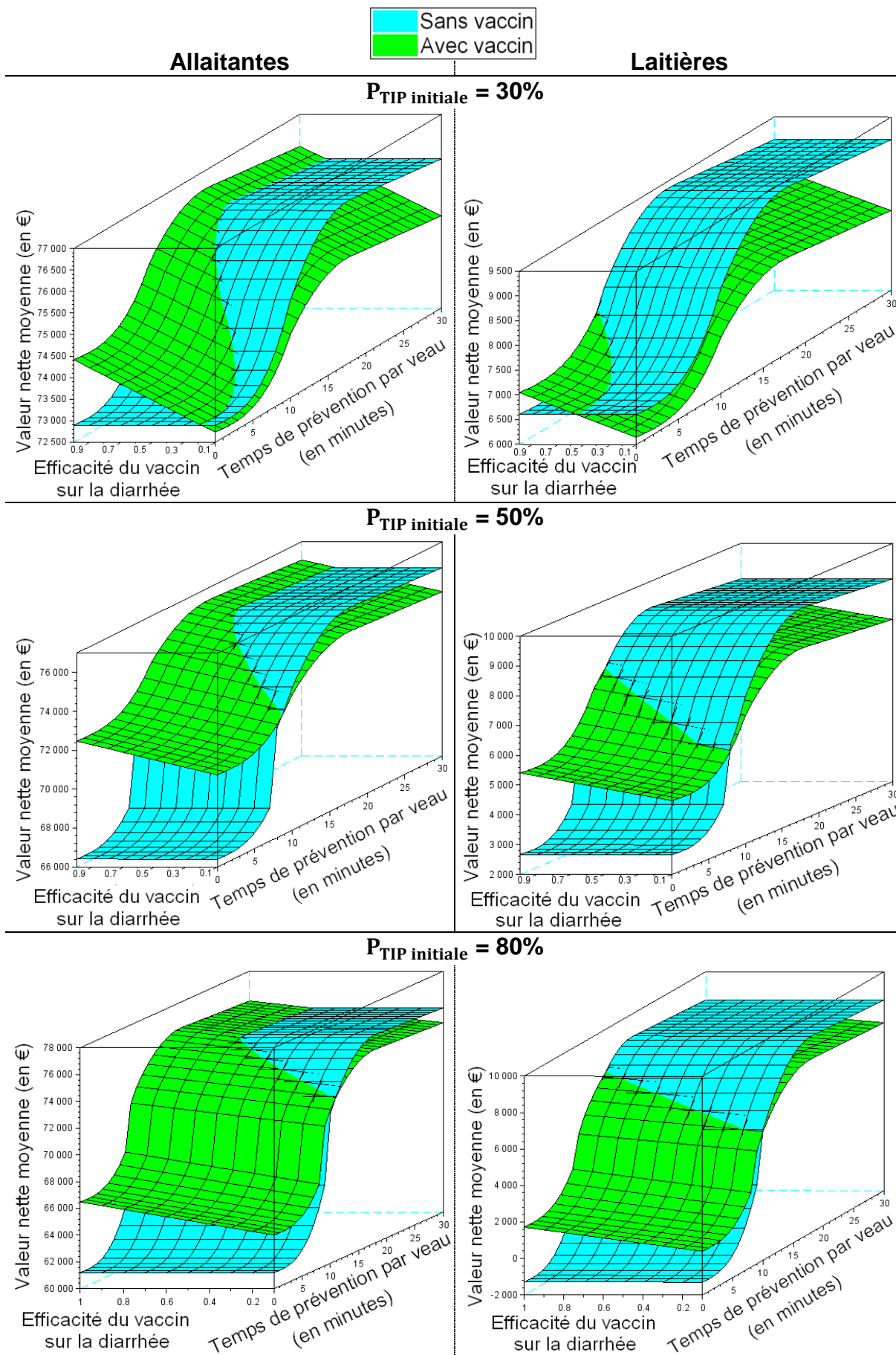


Figure 2.23 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée_{CT}}$). Scénario A – L1 – V5 – $Eff_{V_{TIP}} = 0,3$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0,3$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

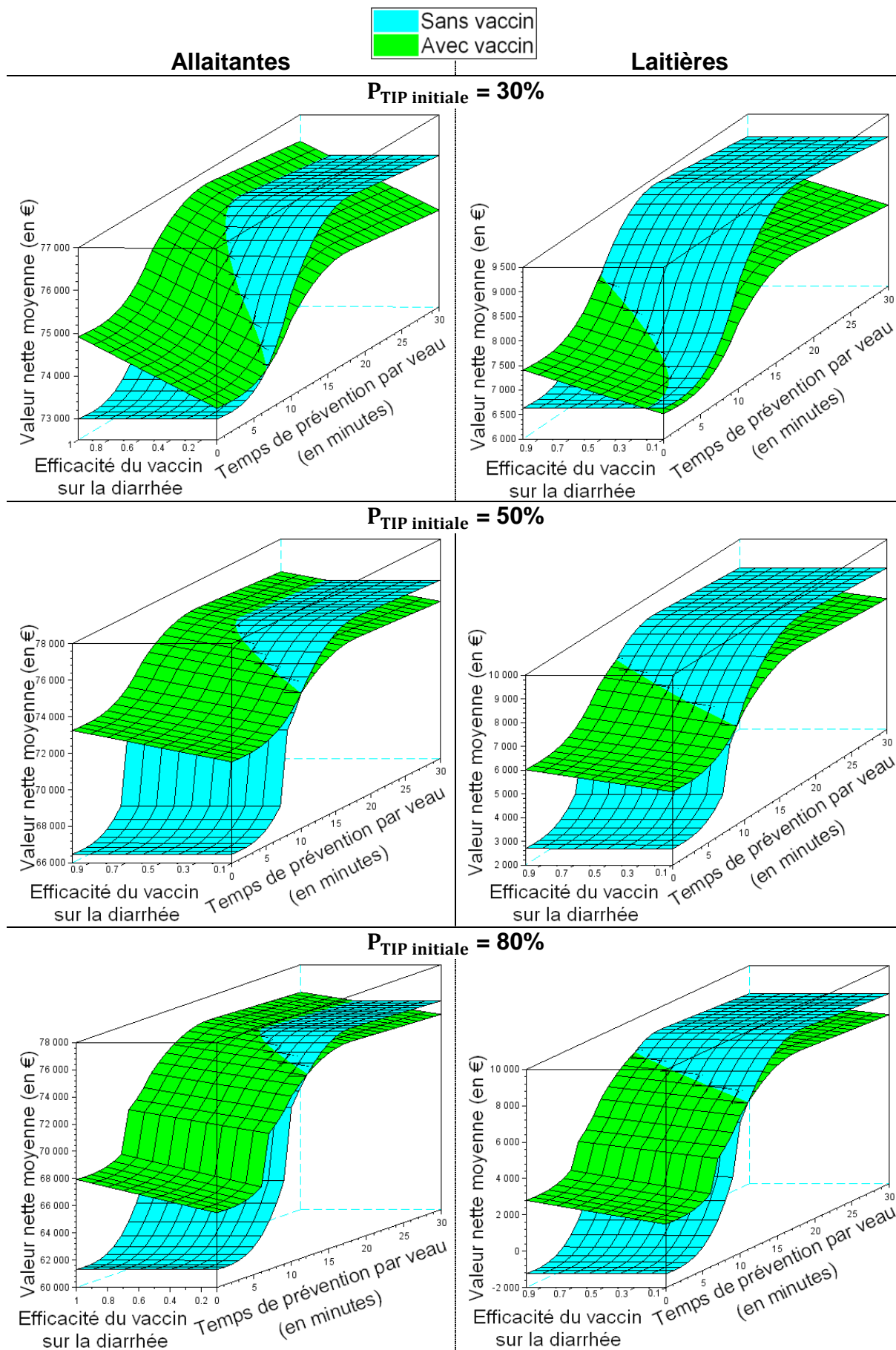


Figure 2.24 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V5 – $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,4$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

2.6. Analyse de sensibilité : scénario 6

La rentabilité de la vaccination est sensible à la réduction de la mortalité permise par le vaccin. La baisse de $\text{Coef Eff}_{\text{Mort}}$ (de 0,25 à 0,15), soit une capacité plus faible du vaccin de prévenir la mortalité, conduit à une réduction substantielle des situations de rentabilité de la vaccination en élevage allaitant, alors que l'impact en laitier reste limité à nul (Figure 2.25). Cette différence est probablement liée au poids de la mortalité plus important en élevage allaitant qu'en élevage laitier. Une évolution similaire est observée pour le coût du défaut de TIP plus faible (scénario B en Figure 2.26).

De manière similaire, une meilleure capacité du vaccin à prévenir la mortalité ($\text{Coef Eff}_{\text{Mort}} = 0,35$) conduit à une augmentation de la rentabilité de la vaccination en élevage allaitant, alors que l'impact en laitier reste là encore limité à nul (Figure 2.27). L'effet est moindre pour un coût du défaut de TIP plus faible (scénario B en Figure 2.28).

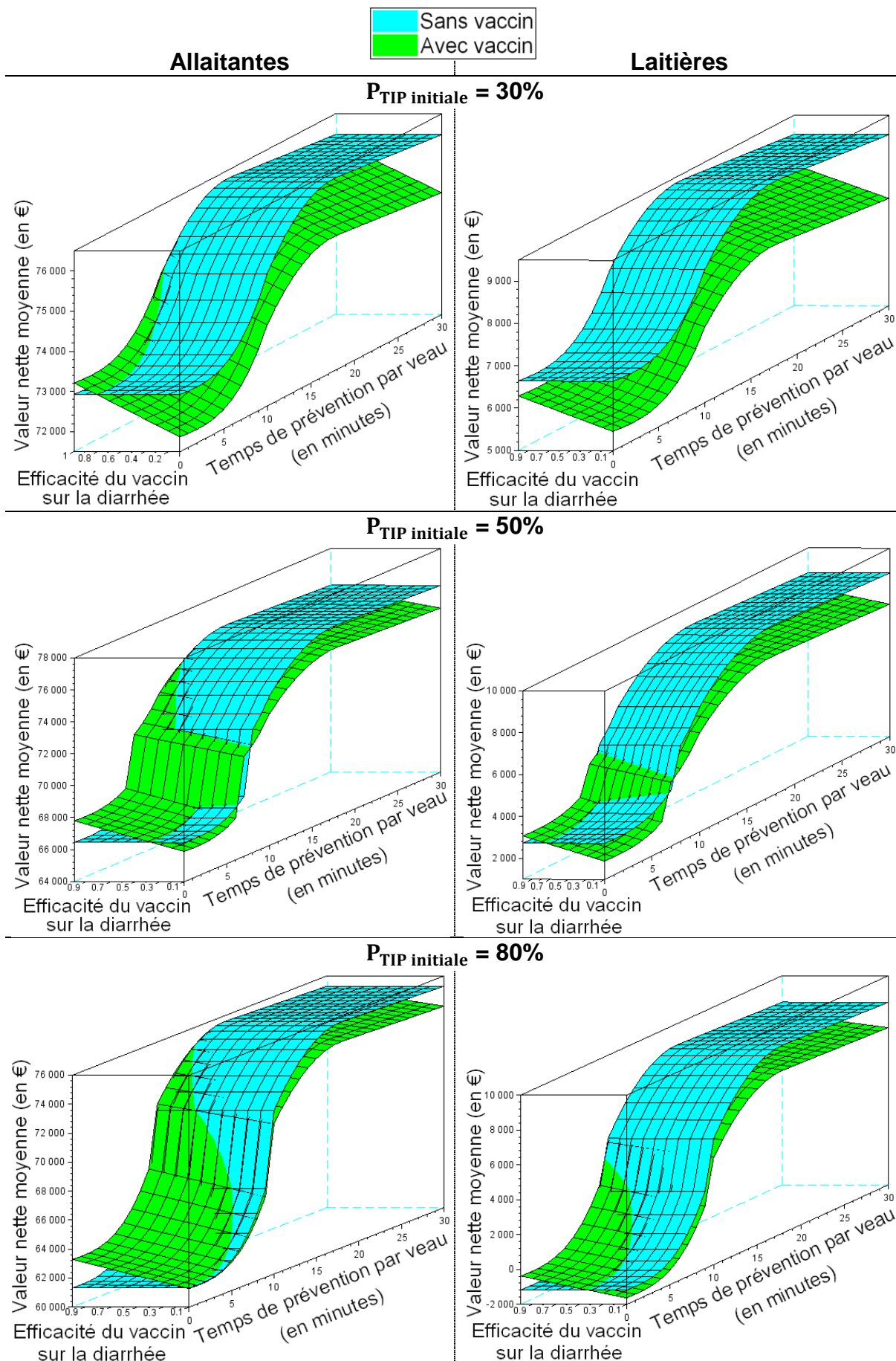


Figure 2.25 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$). Scénario A – L1 – V6 – Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,15$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,15$)

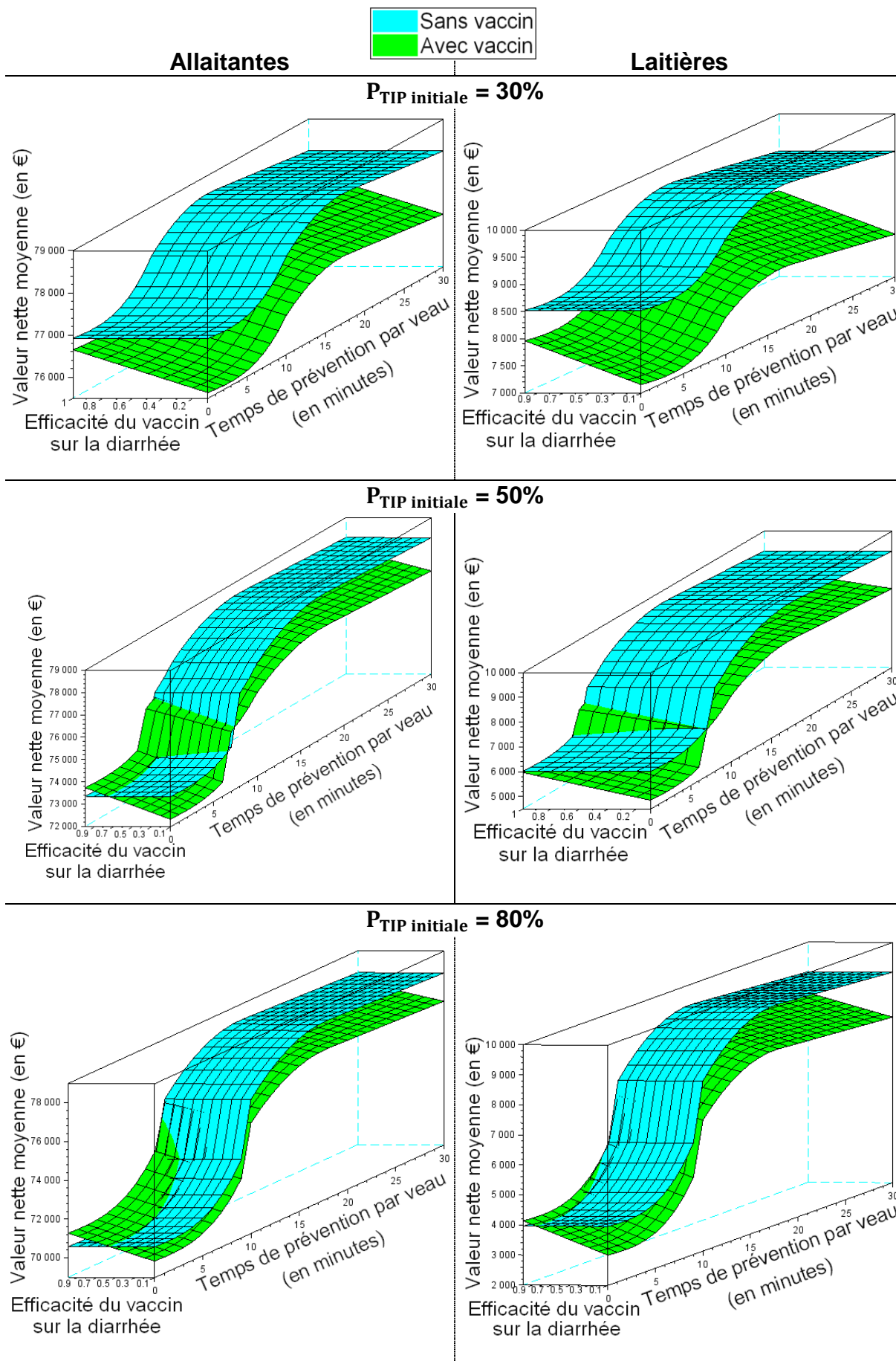


Figure 2.26 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($E_{V_{Diarrhée\ CT}}$). Scénario B – L1 – V6 – Coef $Eff_{Mort} = 0,15$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - Efficacité $V_{TIP} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,15$)

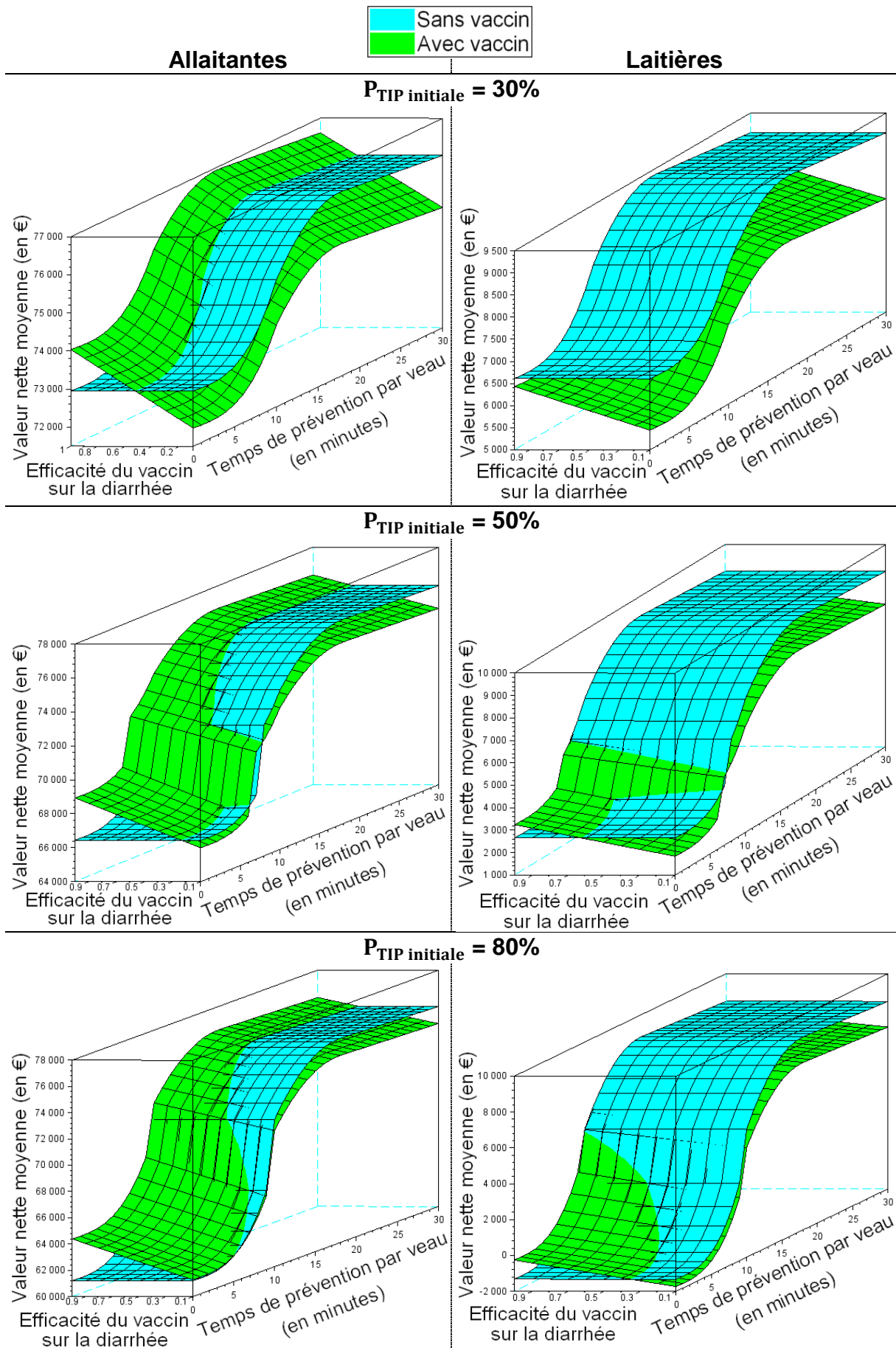


Figure 2.27 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V6 – Coef $Eff_{Mort} = 0,35$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,35$)

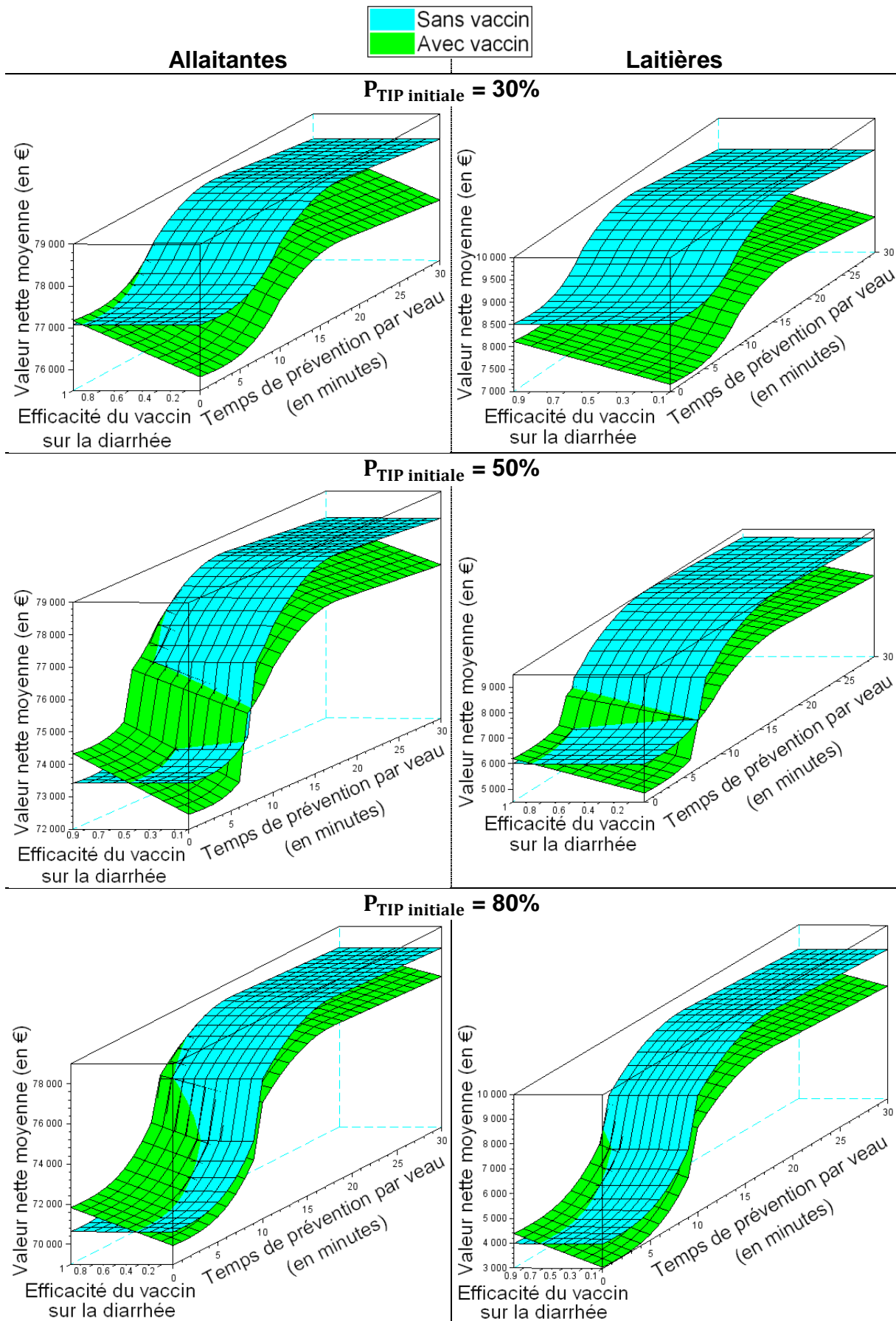


Figure 2.28 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée CT}$). Scénario B – L1 – V6 – Coef $Eff_{Mort} = 0,35$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,35$)

Partie 3 : DISCUSSION

3.1. Méthodes

Les méthodes utilisées dans cette étude restent statiques : elles considèrent que les caractéristiques de la population ne sont pas modifiées à long terme. Cependant, la pertinence de la réponse reste assurée dans la mesure où les événements analysés sont fortement concentrés dans le temps (période postnatale) et ont peu de conséquences à long terme. Vu les difficultés de calibration du modèle statique et l'impact de la variation des paramètres (analyse de sensibilité), ce choix paraît judicieux car un modèle dynamique serait encore plus incertain à paramétrer.

Le modèle utilisé est stochastique : la variabilité des paramètres est assurée dans les entrées du modèle par l'utilisation de lois de distribution. Des intervalles de prédiction (IP95) et de confiance à 95% (IC95) ont ainsi pu être calculés pour les différences de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination. La variabilité prise en compte dans ces intervalles s'approche de la variabilité biologique.

En raison du manque de données épidémiologiques pour définir précisément certains paramètres, différents scénarios ont été proposés. Il est difficile à ce jour de hiérarchiser ces scénarios en fonction de leur vraisemblance. Toutefois, le scénario 3 a été considéré comme scénario principal, car considéré pour le plus représentatif de la situation moyenne. La principale inconnue du modèle mécanistique provient de la considération ou non du paramètre $\text{Efficacité}_{V_{TIP}}$, c'est-à-dire de savoir si la vaccination a un impact sur le défaut de TIP de manière générale. Les mécanismes physiopathologiques suggèrent l'absence d'une telle entité, mais le fait même de vacciner va conduire à une plus grande sensibilisation de l'exploitant à la question du colostrum, et donc du défaut de TIP. Les changements de pratiques discrets alors opérés peuvent être considérés comme sans surcoût. L'analyse montre toutefois une sensibilité modérée des résultats de rentabilité vaccinale à ce paramètre, suggérant de ne pas pouvoir écarter la question de l'impact (direct ou indirect) de la vaccination sur le défaut de TIP de manière générale.

Les scénarios de type A semblent plus vraisemblables que ceux de type B (Raboison *et al.*, 2016). Le coût unitaire retenu pour le vaccin pourrait être jugé bas par certains acteurs, mais il semblait important de ne pas le surestimer, en particulier dans la mesure où une des conclusions de l'étude est la non rentabilité de la vaccination dans certains cas.

Les résultats de rentabilité vaccinale sont relativement sensibles à la prévalence de défaut de TIP sans intervention de l'éleveur. Cette prévalence doit être considérée comme une des caractéristiques du système de production en question. Aussi, les différentes simulations permettent de représenter une grande diversité de systèmes d'élevage.

3.2. Résultats

Ces travaux démontrent deux principaux résultats empiriques :

- **La nécessaire reconsidération du dogme de la rentabilité de la prévention.** En effet, la prévention vaccinale n'est rentable que sous certaines conditions, sous réserve des hypothèses formulées. Les résultats considérés globalement montrent que les conditions de rentabilité de la prévention vaccinale des diarrhées des veaux sont relativement importantes. Cependant, ces résultats ne démontrent pas une absence de rentabilité de prévention de manière générale, dans la mesure où la distribution de colostrum est une mesure préventive rentable dans la majorité des situations.
- **La non-additivité économique des deux stratégies de prévention** (gestion du colostrum et vaccination des mères), sous réserve des hypothèses du modèle. En effet, les scénarios 2 et 3 montrent clairement que la vaccination et la bonne distribution du colostrum sont deux pratiques complémentaires, et que la rentabilité de la vaccination est assurée dans les situations avec mauvaise distribution du colostrum. Ceci suggère de ne conseiller la vaccination que lorsque la distribution du colostrum ne peut être assurée. Dans la majorité des cas, et exception faite d'une excellente efficacité du vaccin, la distribution de colostrum seule permet d'approcher la valeur nette maximale possible. Ces éléments vont à l'encontre des conseils prodigués à ce jour en élevage.

Par ailleurs, le modèle montre une forte sensibilité des résultats aux efficacités du vaccin, que cela soit sur la prévention des diarrhées ou sur la mortalité en élevage allaitant. Une meilleure connaissance de ces deux paramètres est indispensable pour justifier économiquement l'utilisation des vaccins. Il semble urgent pour l'industrie pharmaceutique de les fournir.

Partie 4 : CONCLUSIONS

L'étude proposée analyse la rentabilité de la vaccination des vaches contre les diarrhées des veaux, sous différentes situations de distribution de colostrum, de coût du travail et pour différents systèmes d'élevage. Une forte hétérogénéité de la rentabilité vaccinale est observée.

Les résultats montrent une **nécessaire reconsidération du dogme de la rentabilité de la prévention**, au moins pour les diarrhées du jeune veau, et la **non-additivité économique des deux stratégies de prévention usuelles** que sont la gestion du colostrum et la vaccination des mères. Par ailleurs, la rentabilité vaccinale est très sensible aux efficacités du vaccin, que cela soit sur la prévention des diarrhées ou sur la mortalité en élevage allaitant.

Ces éléments confortent la nécessité d'investigations supplémentaires sur les incitations à la vaccination contre les diarrhées des jeunes veaux. Le contexte de réduction des usages d'antibiotiques en élevage suggère de plus des clés de lecture au delà des aspects financiers. Par ailleurs, la transposition de cette étude à d'autres maladies ou syndromes des animaux de production pourrait apporter des éclairages nouveaux sur les conseils pratiques en élevage.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, Didier RABOISSON, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de ANSELME-MOISAN Marie intitulée « **Intérêt économique de la vaccination des bovins contre les diarrhées des veaux.** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 14 novembre 2016
Docteur Didier RABOISSON
Maître de Conférences
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :
Le Président du jury :
Professeur Laurent MOLINIER



Melle ANSELME-MOISAN Marie
a été admis(e) sur concours en : 2011
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 25/06/2015
a validé son année d'approfondissement le : 03/11/2016
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

Vu :
La Directrice de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Isabelle CHMITELIN




Vu et autorisation de l'impression :
Président de l'Université
Paul Sabatier
Monsieur Jean-Pierre VINEL




Le Président de l'Université Paul Sabatier
par délégation,
La Présidente de la CFVU
Regine ANDRE-OBRECHT

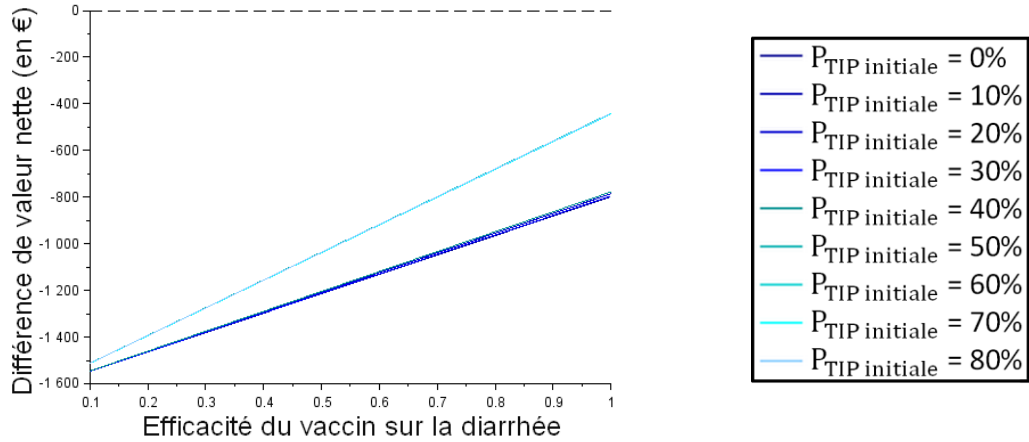
BIBLIOGRAPHIE

- BESSER, T. E., & GAY, C. C.** (1993). Colostral transfer of immunoglobulins to the calf. *Veterinary Annual (United Kingdom)*, pp. 53-61.
- BESSER, T. E., GAY, C. C., & PRITCHETT, L.** (1991). Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 198(3), pp. 419-422.
- BRUGÈRE, H.** (2007). Acquisition de la maturité physiologique. *Le veau : de la naissance au sevrage. Numéro spécial. Le Point Vétérinaire*, 38, pp. 9-14.
- Centravet.** *Centravet > Portail* [En ligne]. Consulté en 2014, sur www.centravet.com
- CHIGERWE, M., TYLER, J. W., SUMMERS, M. K., MIDDLETON, J. R., SCHULTZ, L. G., & NAGY, D. W.** (2009). Evaluation of factors affecting serum IgG concentrations in bottle-fed calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234(6), pp. 785-789.
- DONOVAN, G. A., DOHOO, I. R., MONTGOMERY, D. M., & BENNETT, F. L.** (1998). Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Preventive veterinary medicine*, 34(1), pp. 31-46.
- GAY, C. C.** (1994). Colostrum research says feed 4 quarts for healthier calves. *Hoard's Dairyman*, 139(6), p. 256.
- GODDEERIS, B. M.** (1998). Immunology of cattle. *Handbook of Vertebrate Immunology*, pp. 439-484.
- Institut de l'Élevage.** (2013). *Résultats 2011 des exploitations bovines viande : Résultats nationaux*. Collection résultats annuels. Réseaux d'élevage pour le conseil et la prospective, 40 pages.
- KASKE, M., WERNER, A., SCHUBERTH, H., KEHLER, W., & REHAGE, J.** (2004). Intérêt du sondage oro-gastrique pour la gestion colostrale chez les veaux. *Journées européennes de la Société Française de Buiatrie* (pp. 71-74). Paris: F Schelcher et E Schmitt éd.
- KISTING, K.** (1998). Neonatal disease and passive transfer of immunity. *Society for Theriogenology*, pp. 44-47.
- La France Agricole.** (2012). Cours et marchés. (n°3443 & n°3455 ; Disponibles sur : <http://www.lafranceagricole.fr/>).
- LEBRETON, P.** (2000). Les transferts de l'immunité colostrale chez le veau. *XVe journée technique du GTV Bourgogne*, (pp. 20-38). Autun.

- MAILLARD, R.** (2006a). Composition et rôle du colostrum chez les bovins. *Reproduction des ruminants : gestation, néonatalogie et post-partum. Numéro spécial. Le Point Vétérinaire, 37*, pp. 106-109.
- MAILLARD, R.** (2006b). Le transfert de l'immunité colostrale chez le veau. *Reproduction des ruminants : gestation, néonatalogie et post-partum. Numéro spécial. Le Point Vétérinaire, 37*, pp. 110-114.
- MCGUIRK, S. M., & COLLINS, M.** (2004). Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 20*(3), pp. 593-603.
- OLSON, D. P., BULL, R. C., WOODARD, L. F., & KELLEY, K. W.** (1981). Effects of maternal nutritional restriction and cold stress on young calves: absorption of colostrum immunoglobulins. *American journal of veterinary research, 42*(5), pp. 876-880.
- ODAR, J., LARVOR, P., DARDILLAT, J., & RICHARD, Y.** (1976). L'immunité d'origine colostrale chez le veau. *Rev Méd Vét Toulouse, 10*, pp. 1309-1346.
- QUIGLEY, J., & DREWRY, J.** (1998). Practical considerations of transition cow and calf management. *Journal of Dairy Science*, pp. 2779-2790.
- RABOISSON, D., MAIGNE, E., SANS, P., ALLAIRE, G., & CAHUZAC, E.** (2014). Factors influencing dairy calf and replacement heifer mortality in France. *Journal of Dairy Science, 97*(1), pp. 202-211.
- RABOISSON, D., TRILLAT, P., & CAHUZAC, C.** (2016). Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences and Assessment of the Economic Impact. *PloS one, 11*(3), p. e0150452.
- Scilab Enterprises.** (2016). Scilab : Le logiciel open source gratuit de calcul numérique. (Scilab 6.0.0 beta 1 ; Disponible sur : www.scilab.org).
- STOTT, G. H., & FELLAH, A.** (1983). Colostral immunoglobulin absorption linearly related to concentration for calves. *Journal of Dairy Science, 66*(6), pp. 1319-1328.
- TRILLAT, P.** (2015). *Coût du défaut de transfert d'immunité passive chez le veau et économie des stratégies préventives associées*. Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 170 pages.
- WITTUM, T. E., & PERINO, L. J.** (1995). Passive immune status at postpartum hour 24 and long-term health and performance of calves. *American journal of veterinary research, 56*(9), pp. 1149-1154.

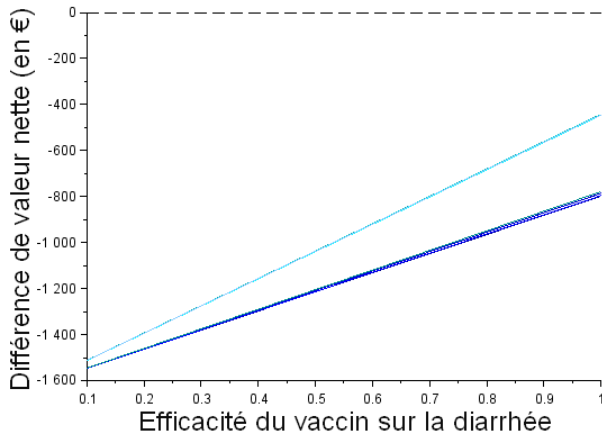
ANNEXES

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention

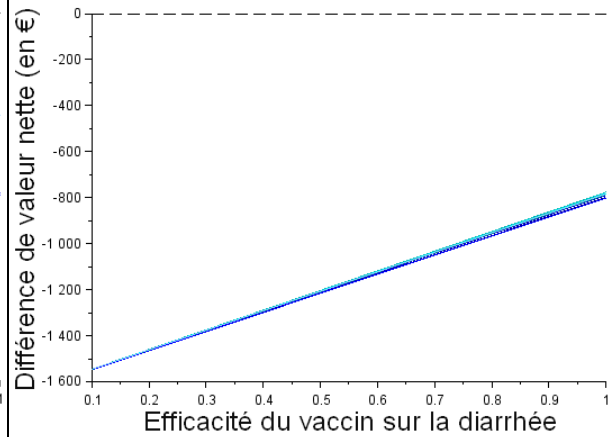


Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

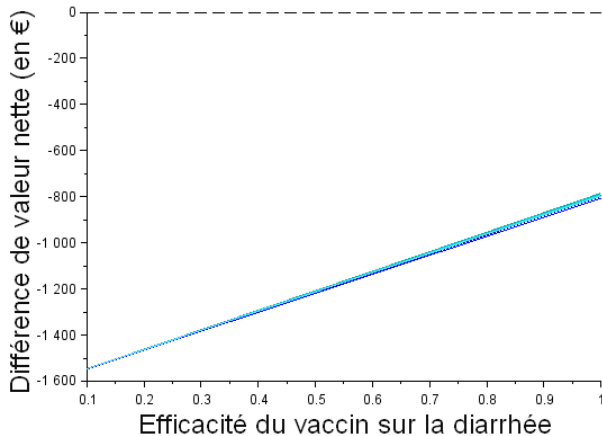
Temps de distribution de colostrum :
5 minutes/veau



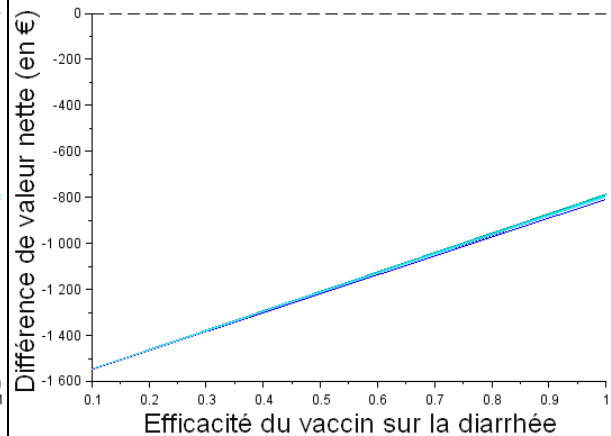
Temps de distribution de colostrum :
10 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
15 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
25 minutes/veau

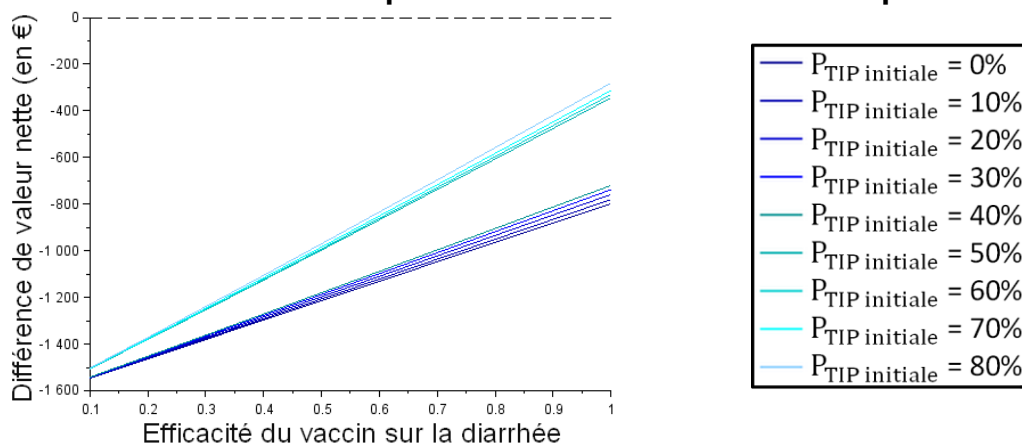


Annexe 1 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$).

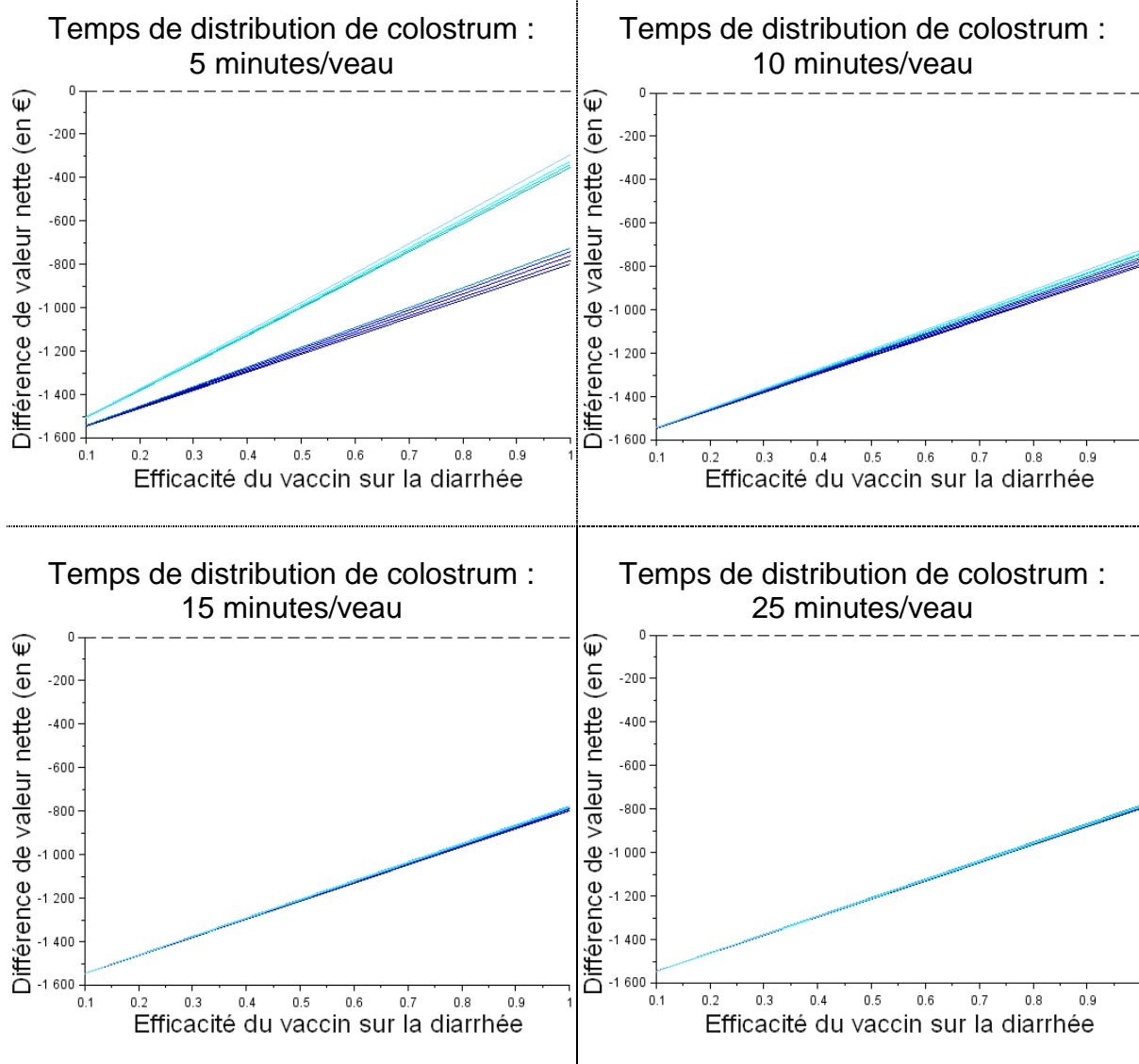
Scénario B – L1 – V1 – allaitantes

(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention

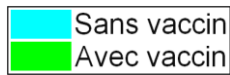


Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention



Annexe 2 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).
Scénario A – L7 – V1 – allaitantes

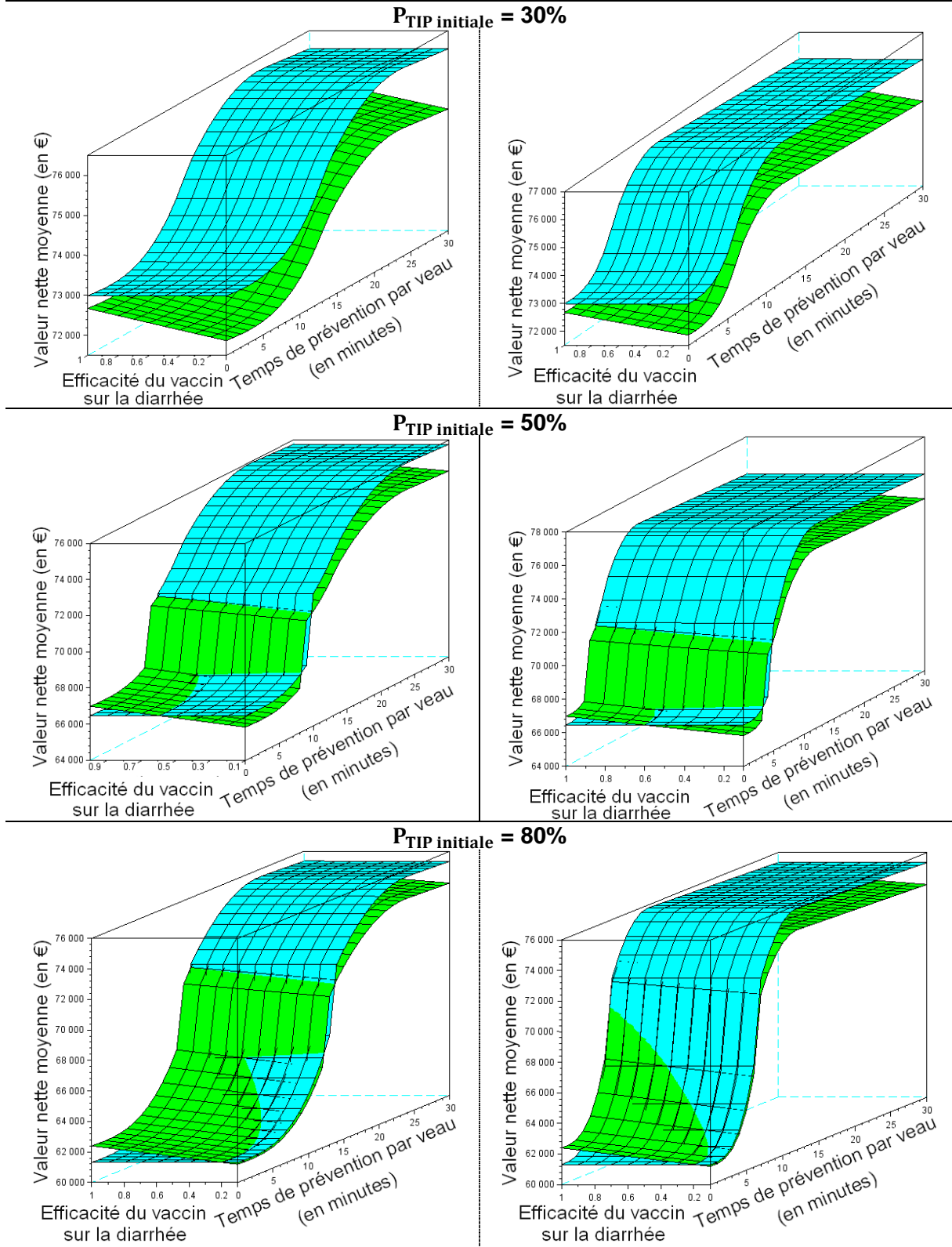
(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{Mort} = 0$)



Efficacité de distribution du colostrum...

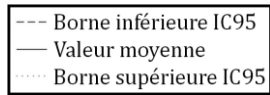
... basse

... haute



Annexe 3 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L1 – V2 – allaitantes

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Efficacité_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0$)

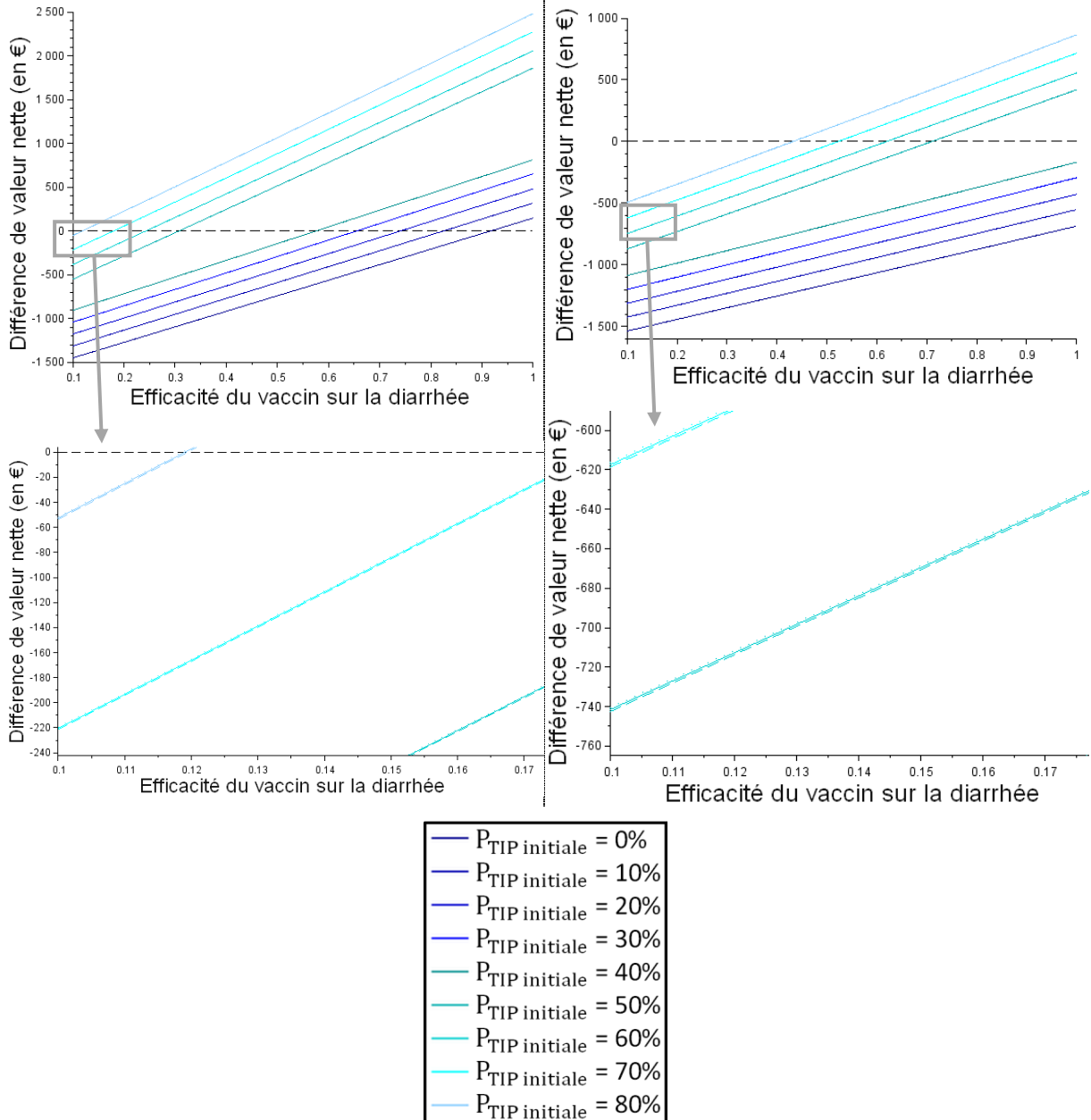


Allaitantes

Laitières

Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

Temps de distribution de colostrum : 5 minutes/veau



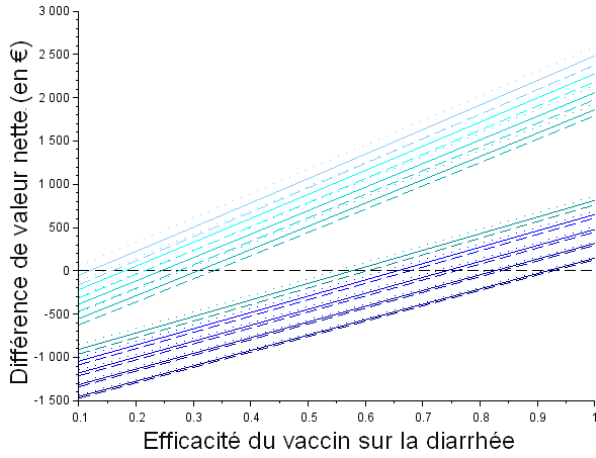
Annexe 4 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec Intervalle de Confiance à 95% (IC95), en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{V_{Diarrhée CT}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\ initiale}$). Scénario A – L1 – V3
 (Coef Eff_{TIP} = 0,5 - $Eff_{V_{TIP}}$ = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

Allaitantes
Laitières

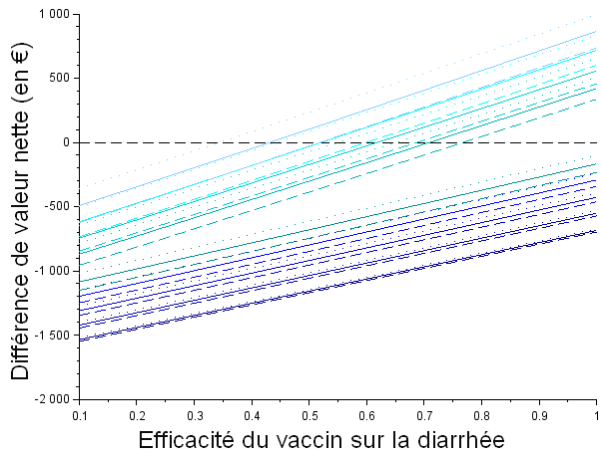
Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

--- Borne inférieure IP95
 — Valeur moyenne
 Borne supérieure IP95

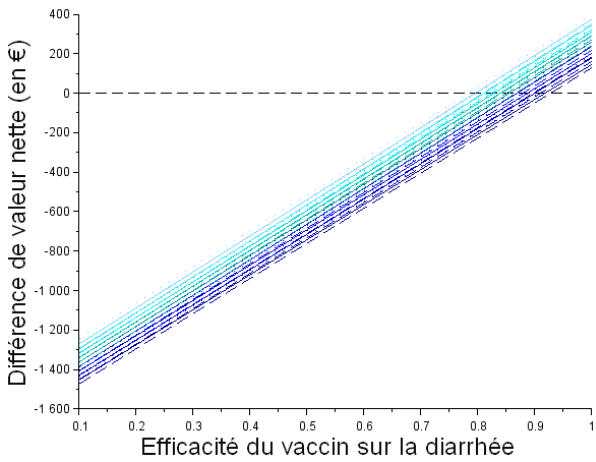
Temps de distribution de colostrum :
5 minutes/veau



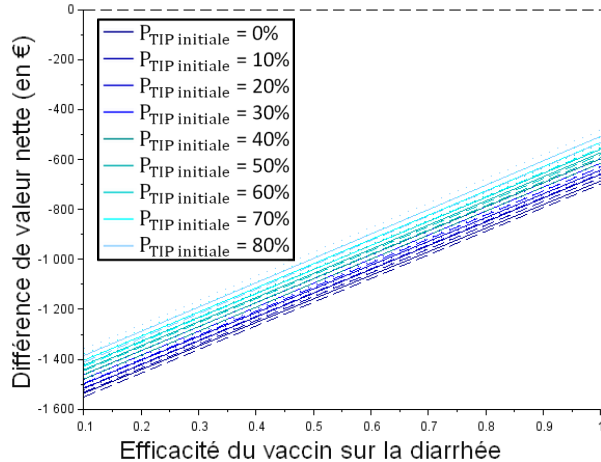
Temps de distribution de colostrum :
5 minutes/veau



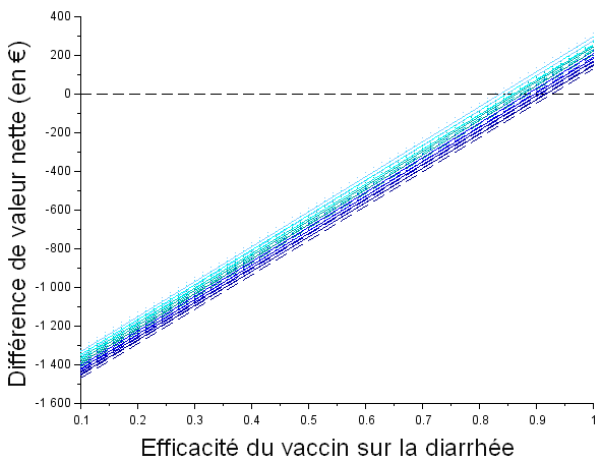
Temps de distribution de colostrum :
15 minutes/veau



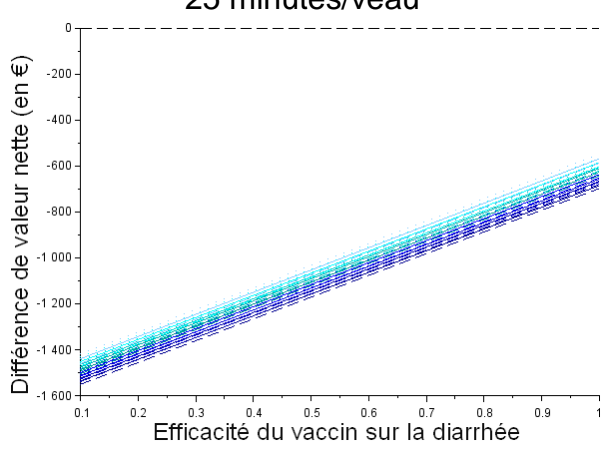
Temps de distribution de colostrum :
15 minutes/veau



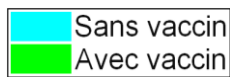
Temps de distribution de colostrum :
25 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
25 minutes/veau

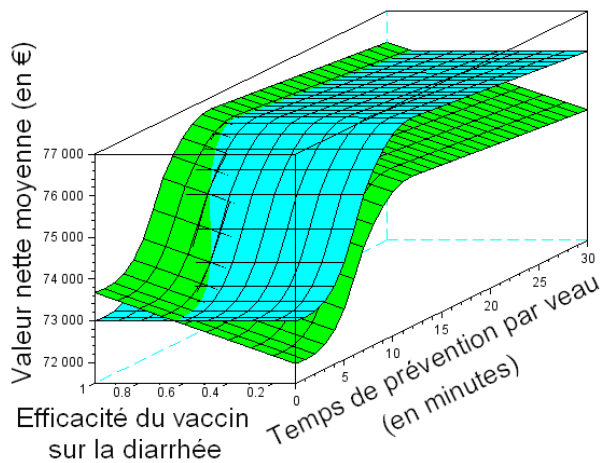
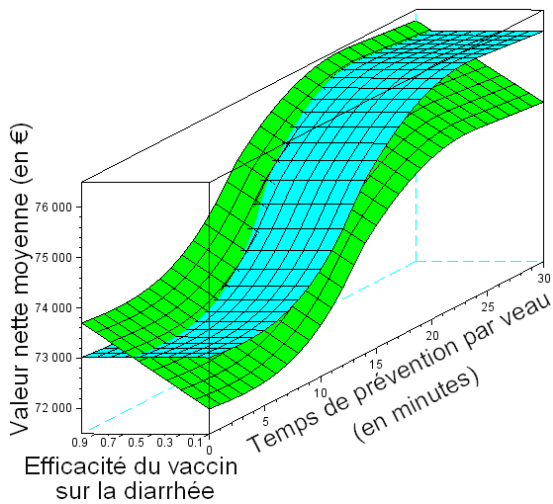


Annexe 5 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec Intervalle de Prédiction à 95% (IP95), en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V3
(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

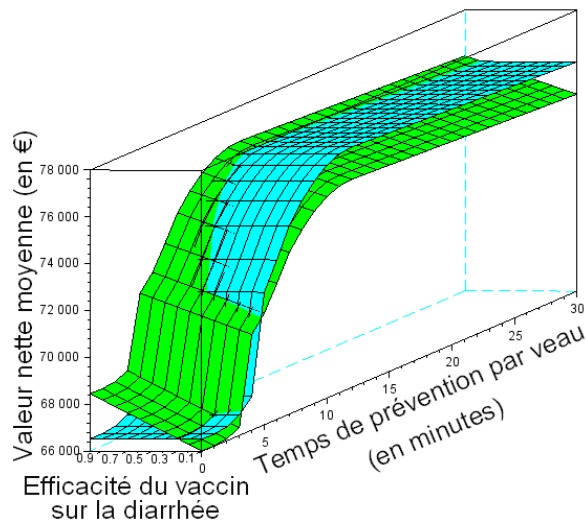
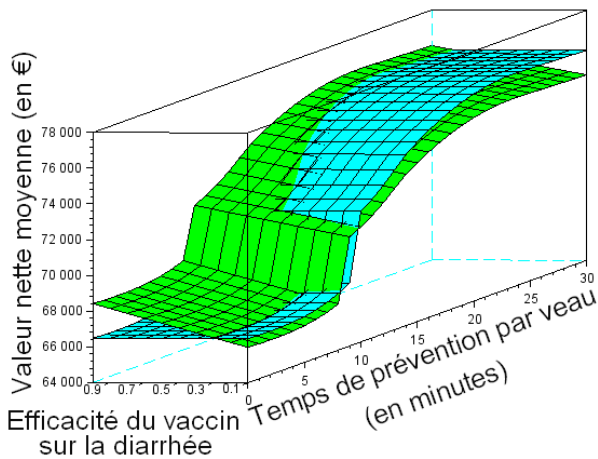


Efficacité de distribution du colostrum...
... basse **... haute**

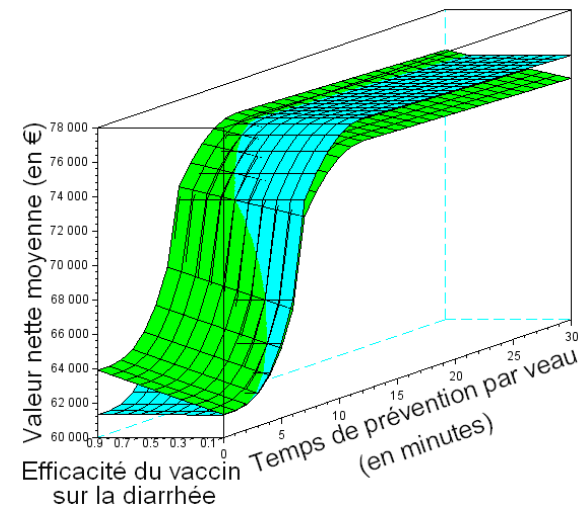
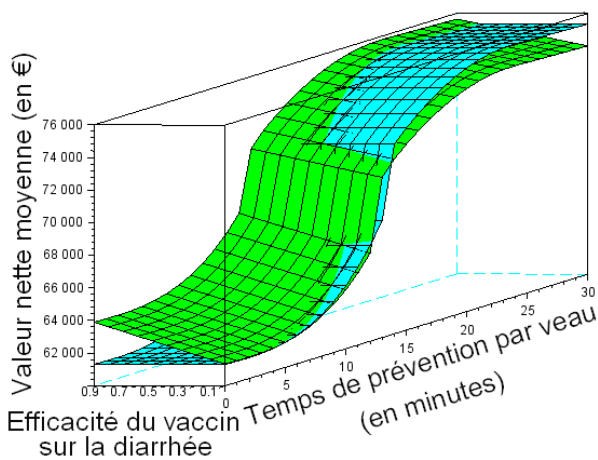
P_{TIP} initiale = 30%



P_{TIP} initiale = 50%



P_{TIP} initiale = 80%



Annexe 6 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}). Scénario A – L1 – V3 – vaches allaitantes

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Efficacité_{V_{TIP}} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)

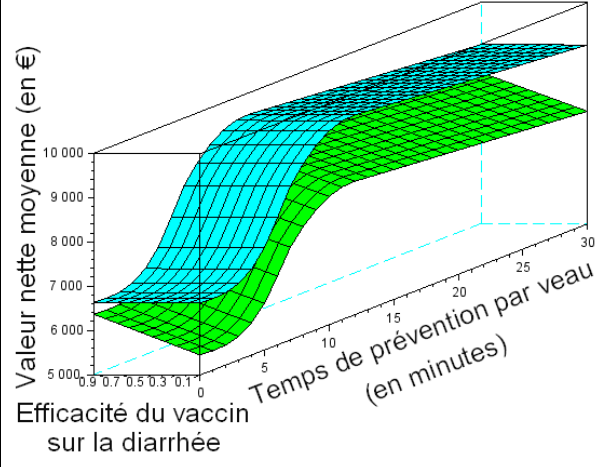
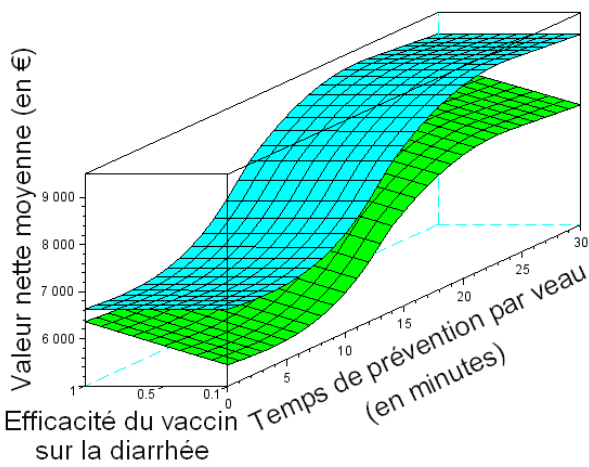


Efficacité de distribution du colostrum...

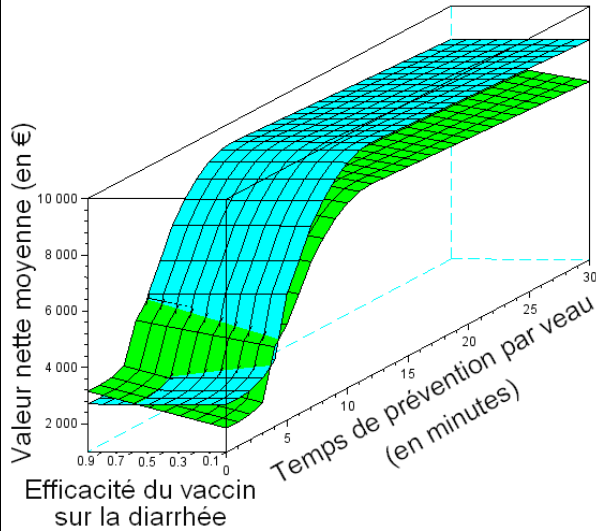
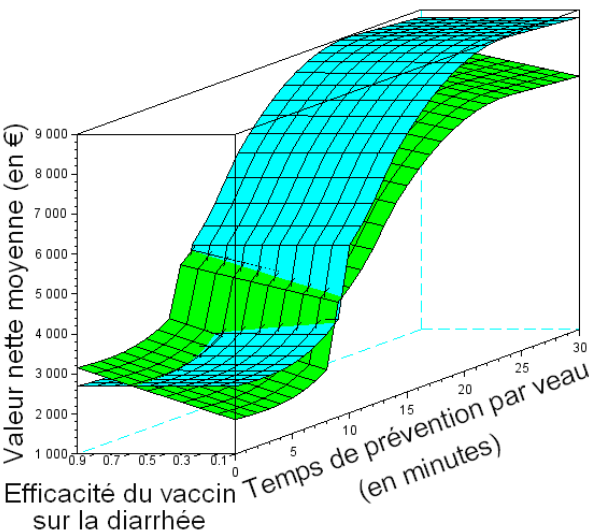
... basse

... haute

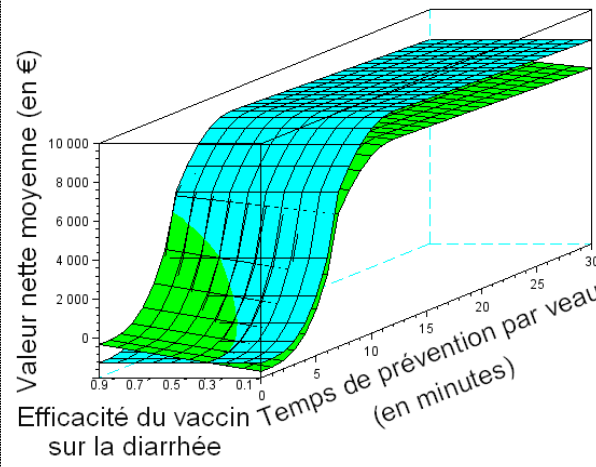
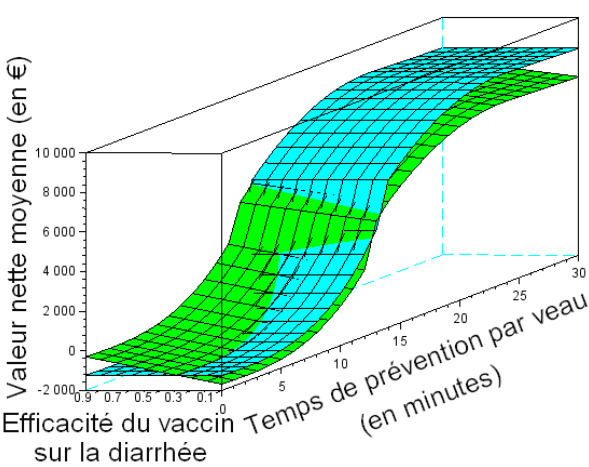
P_{TIP} initiale = 30%



P_{TIP} initiale = 50%

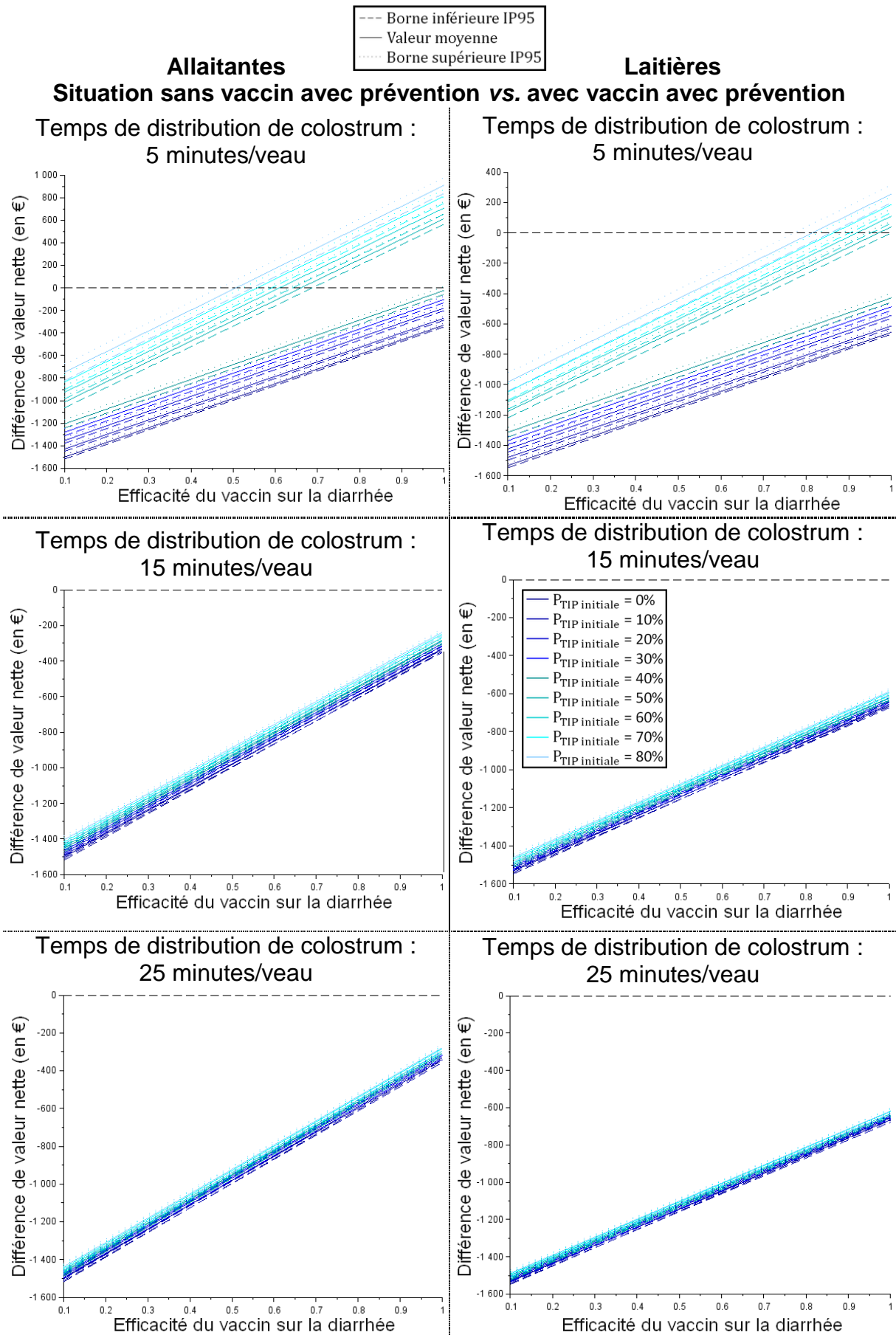


P_{TIP} initiale = 80%



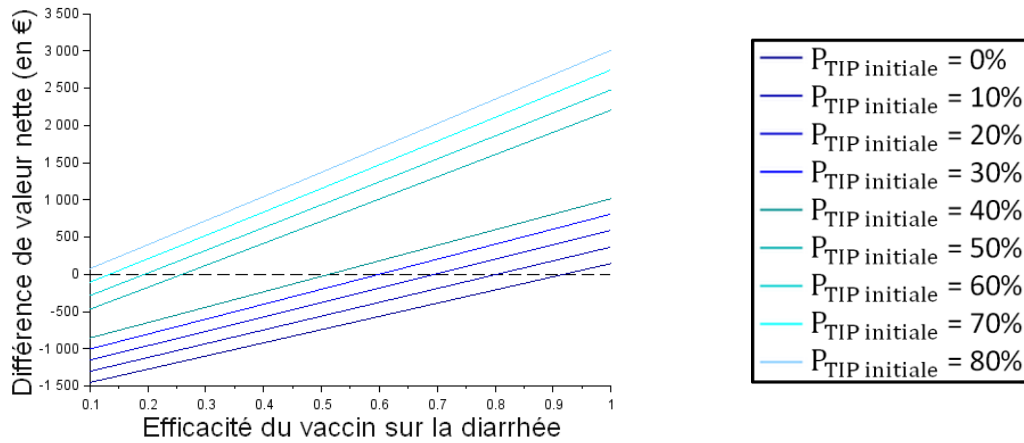
Annexe 7 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin (Efficacité_{V_{Diarrhée} CT}). Scénario A – L1 – V3 – vaches laitières

(Coef Eff_{TIP} = 0,5 - Efficacité_{V_{TIP}} = 0,1 - Coef Eff_{Mort} = 0,25)



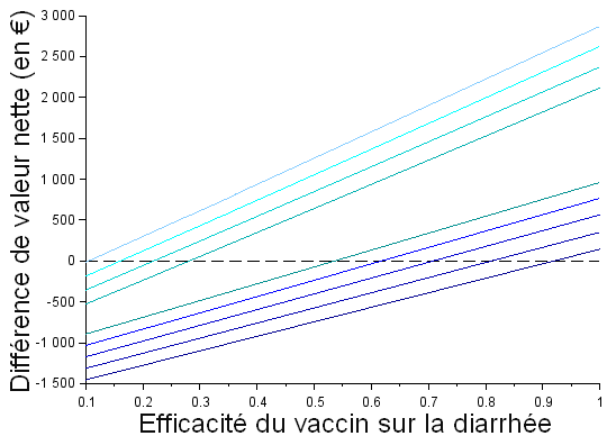
Annexe 8 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec Intervalle de Prédiction à 95% (IP95), en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{\text{V}_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V3
(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{\text{V}_{\text{TIP}}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention

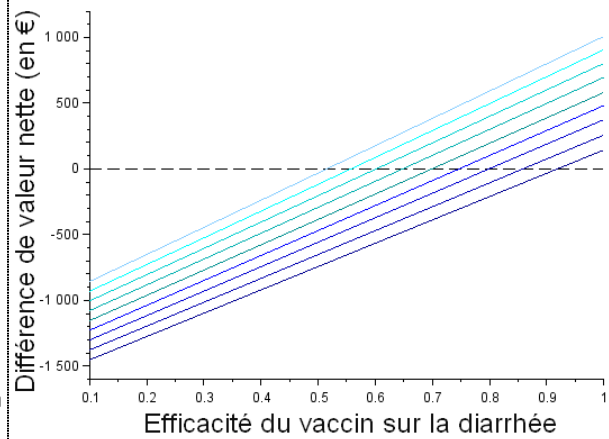


Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

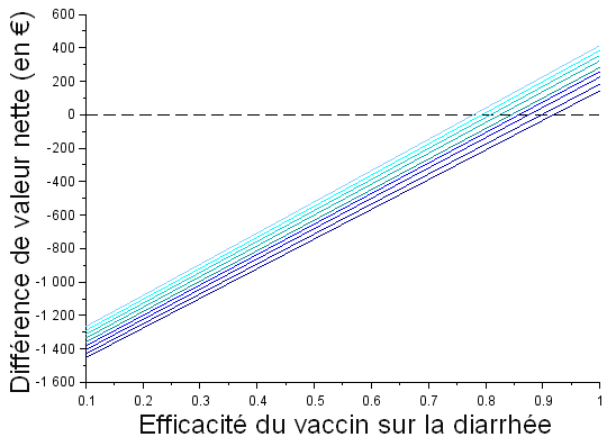
Temps de distribution de colostrum :
5 minutes/veau



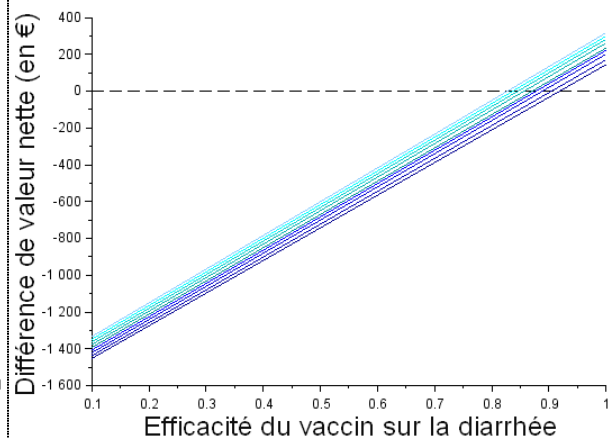
Temps de distribution de colostrum :
10 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
15 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
25 minutes/veau

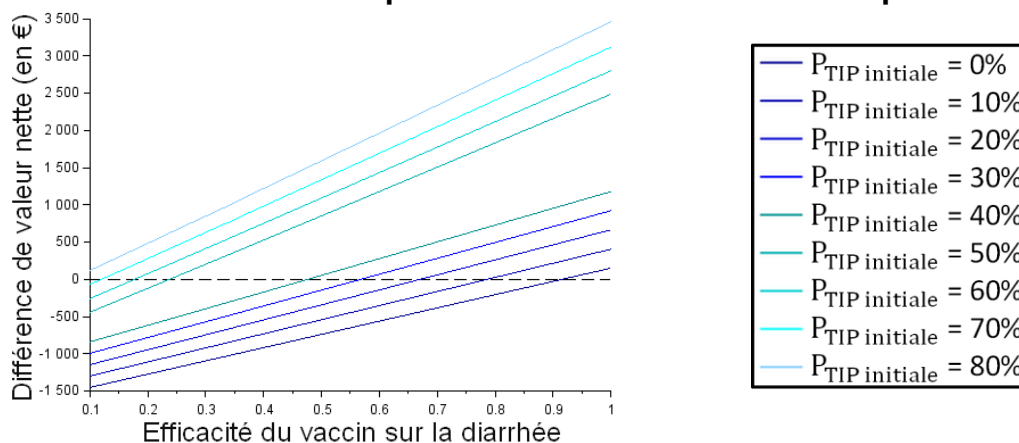


Annexe 9 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

Scénario A – L1 – V4 – Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,6$ – allaitantes

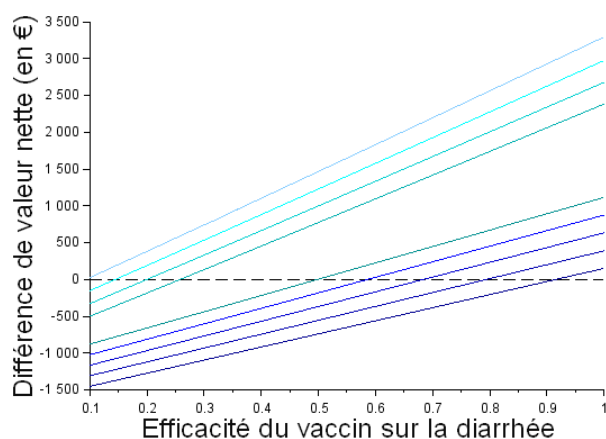
(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,6$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention

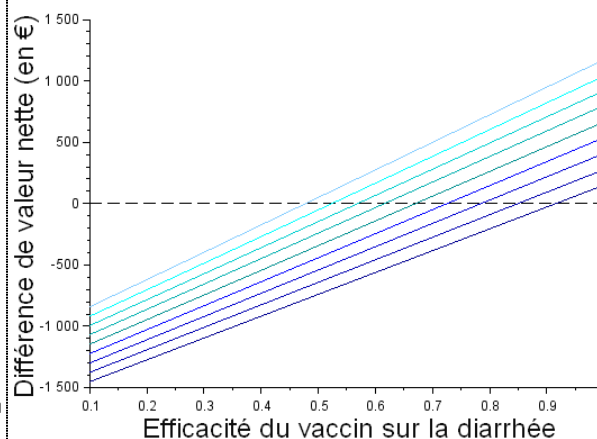


Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

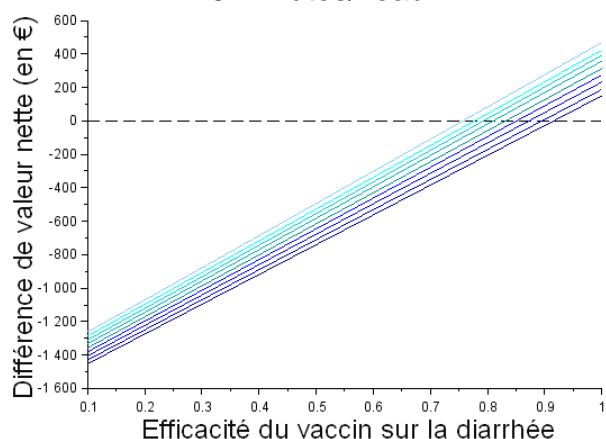
Temps de distribution de colostrum :
5 minutes/veau



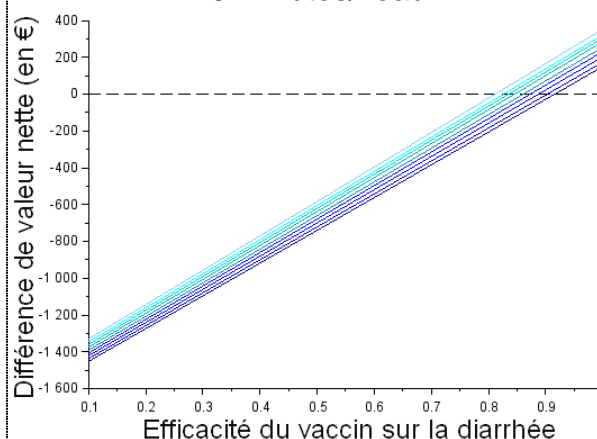
Temps de distribution de colostrum :
10 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
15 minutes/veau



Temps de distribution de colostrum :
25 minutes/veau

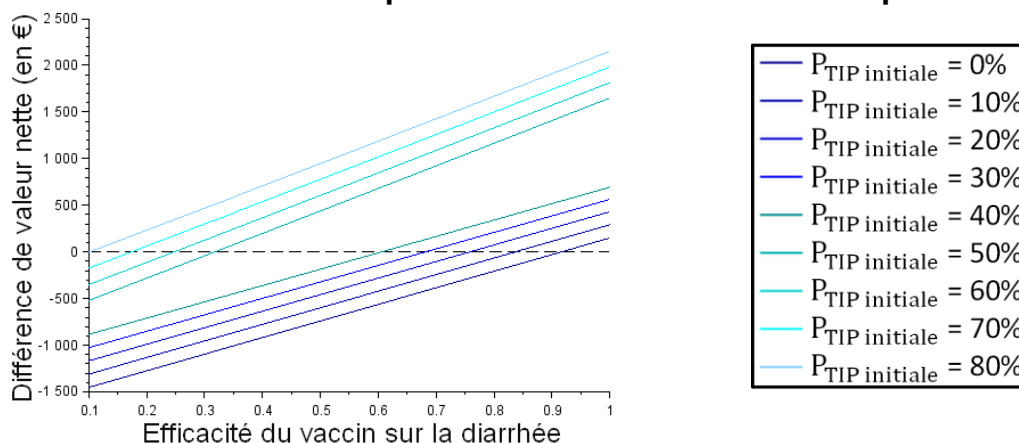


Annexe 10 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

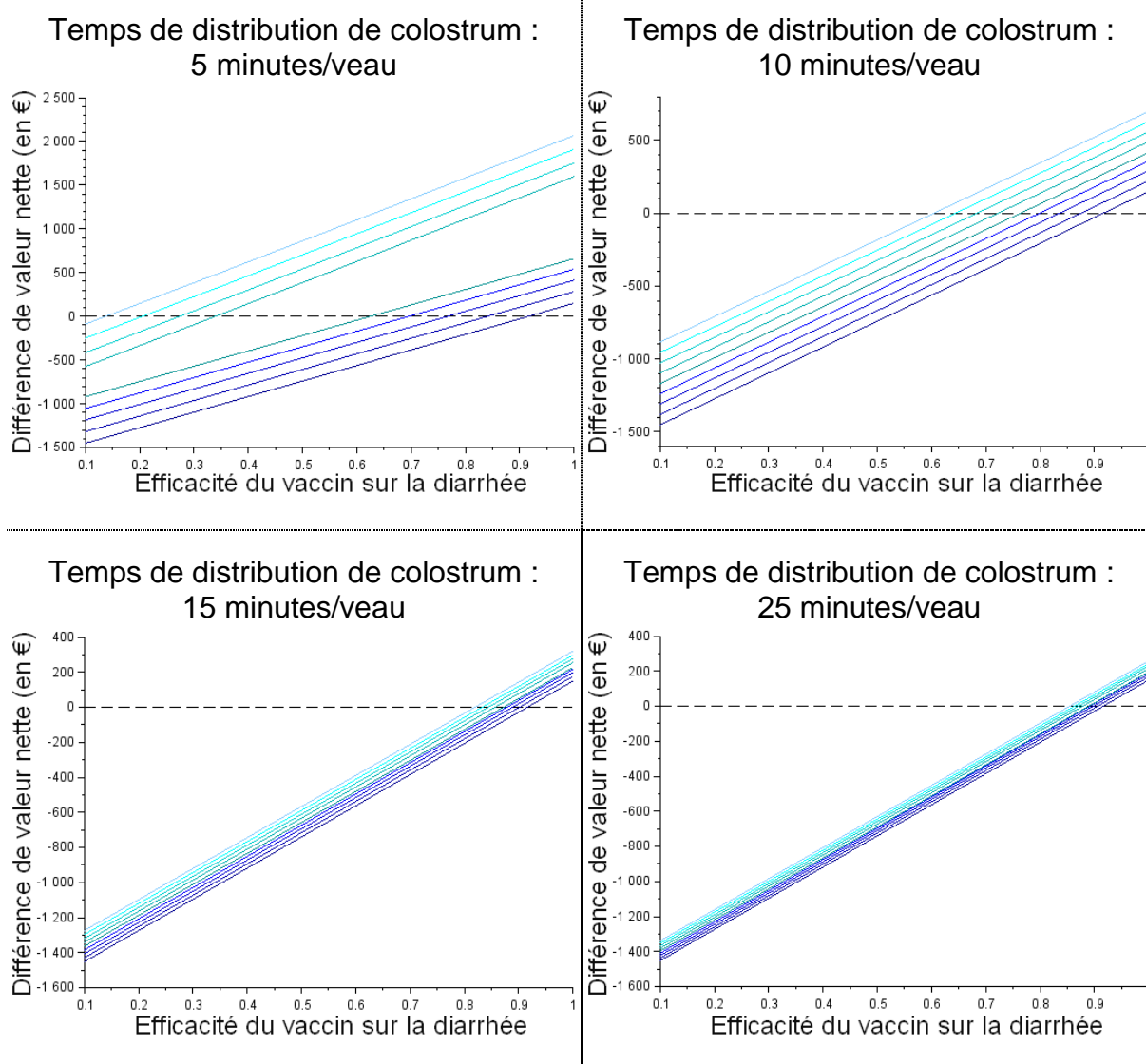
Scénario A – L1 – V4 – Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,7$ – allaitantes

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,7$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

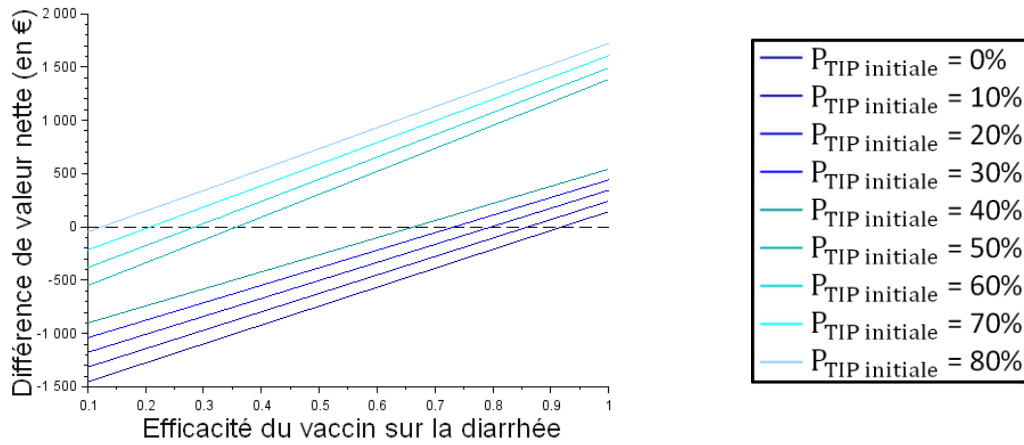


Annexe 11 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée\ CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

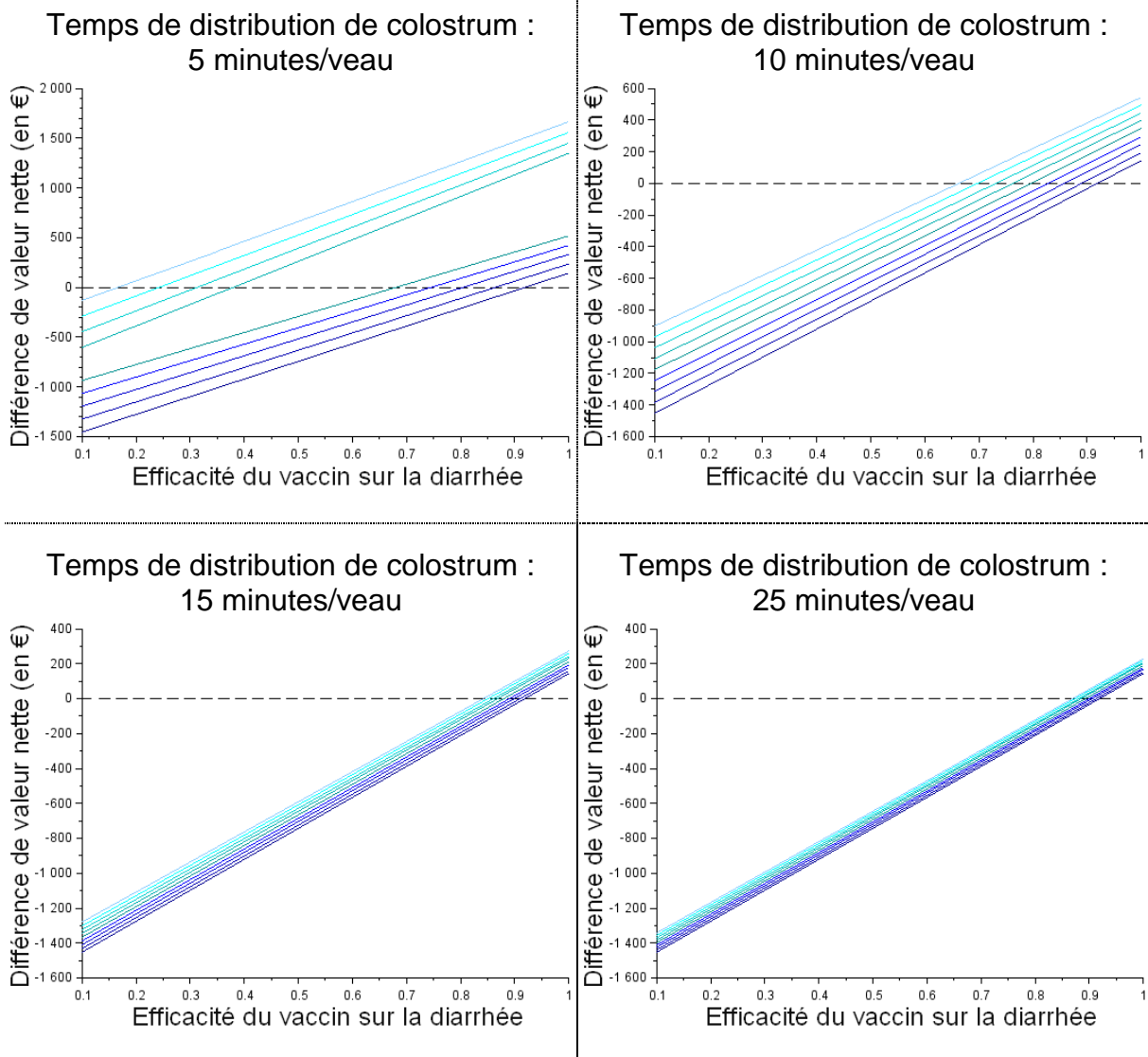
Scénario A – L1 – V4 – Coef $Eff_{TIP} = 0,4$ – allaitantes

(Coef $Eff_{TIP} = 0,4$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention

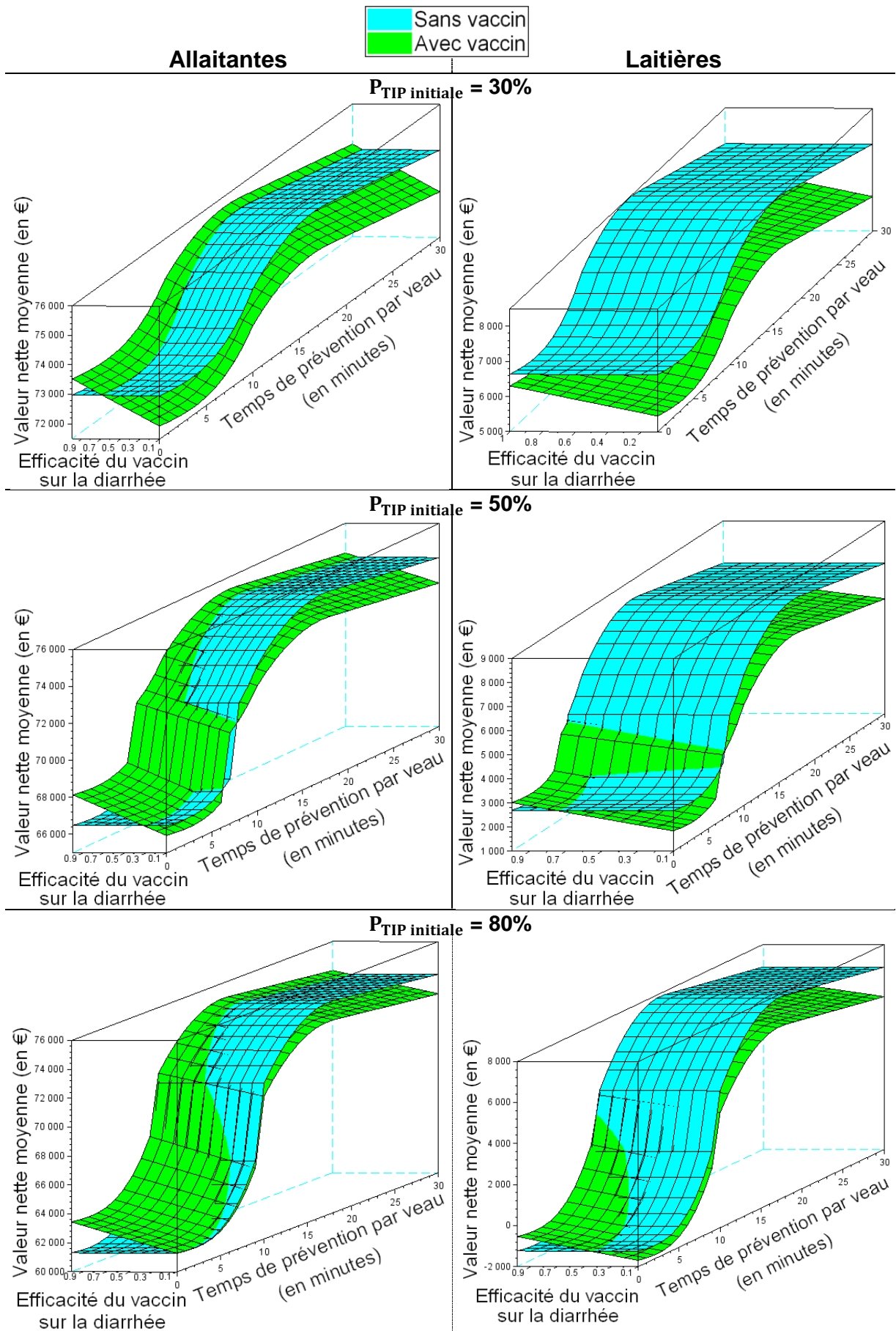


Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention



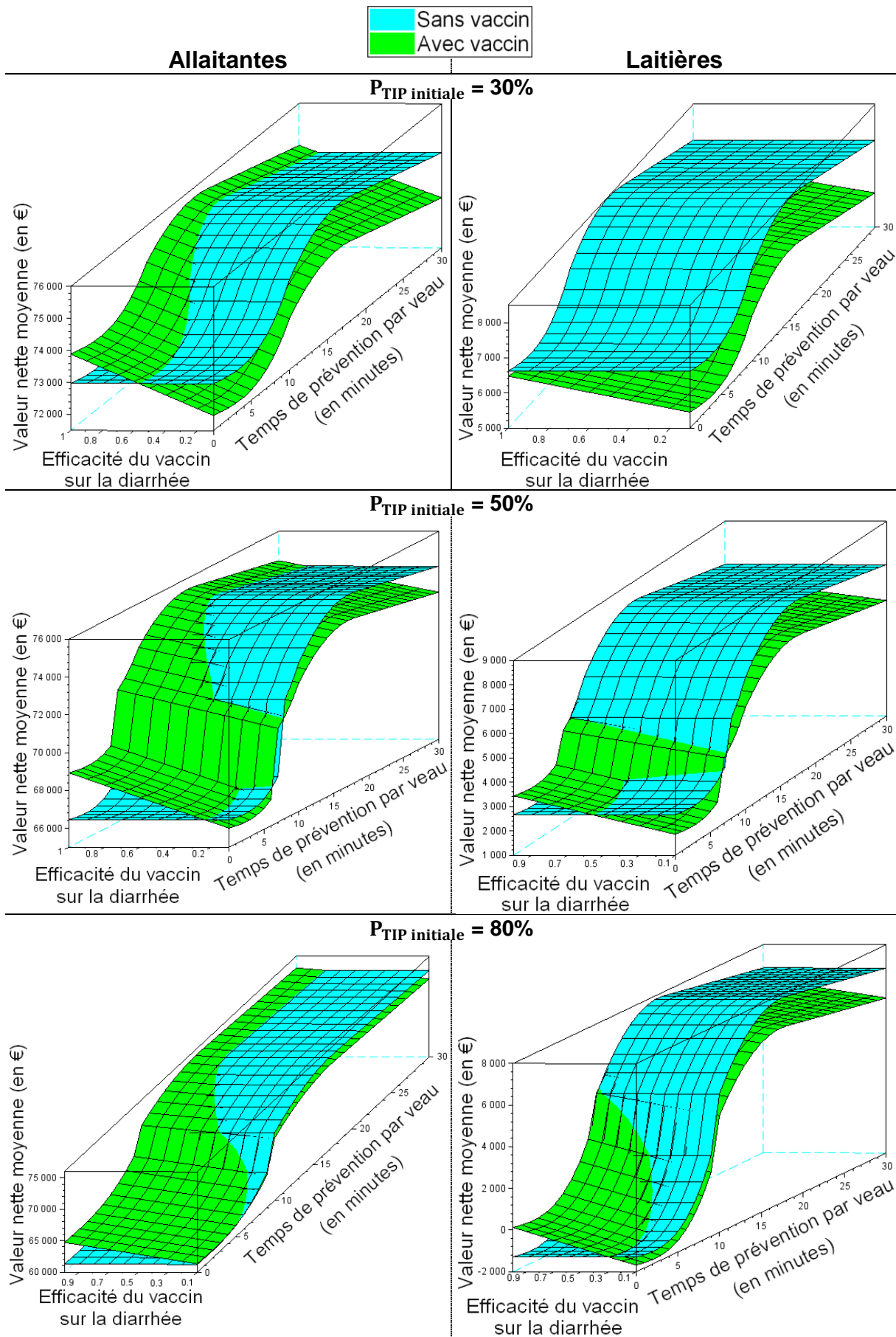
Annexe 12 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

Scénario A – L1 – V4 – Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,3$ – allaitantes
 (Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,3$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $\text{Eff}_{Mort} = 0,25$)



Annexe 13 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L7 – V4 – Coef $Eff_{TIP} = 0,4$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

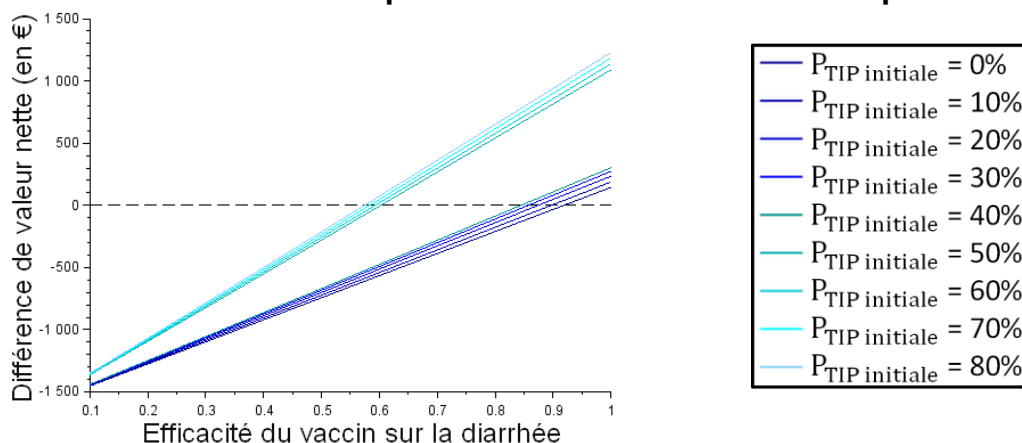
(Coef $Eff_{TIP} = 0,4$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)



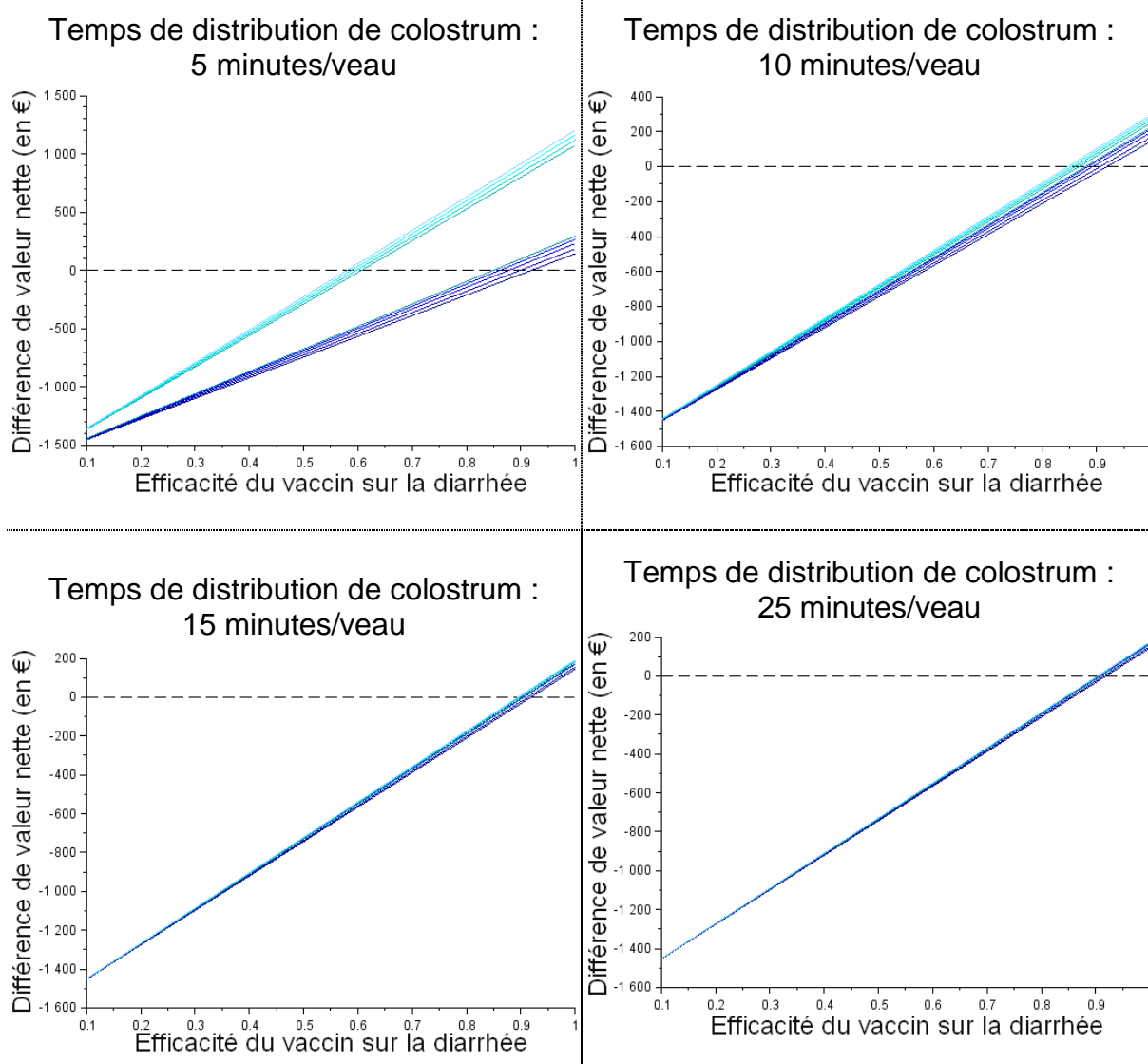
Annexe 14 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Eff_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L7 – V4 – Coef $Eff_{TIP} = 0,7$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,7$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0,1$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

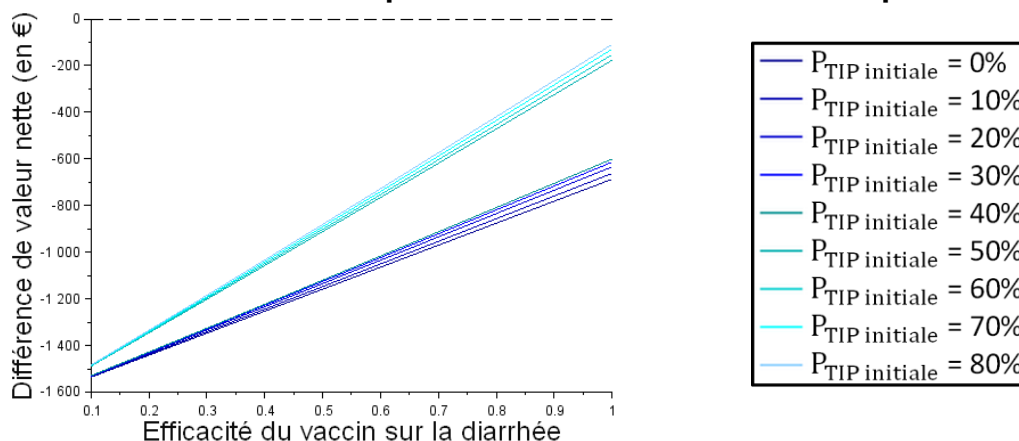


Annexe 15 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée\ CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

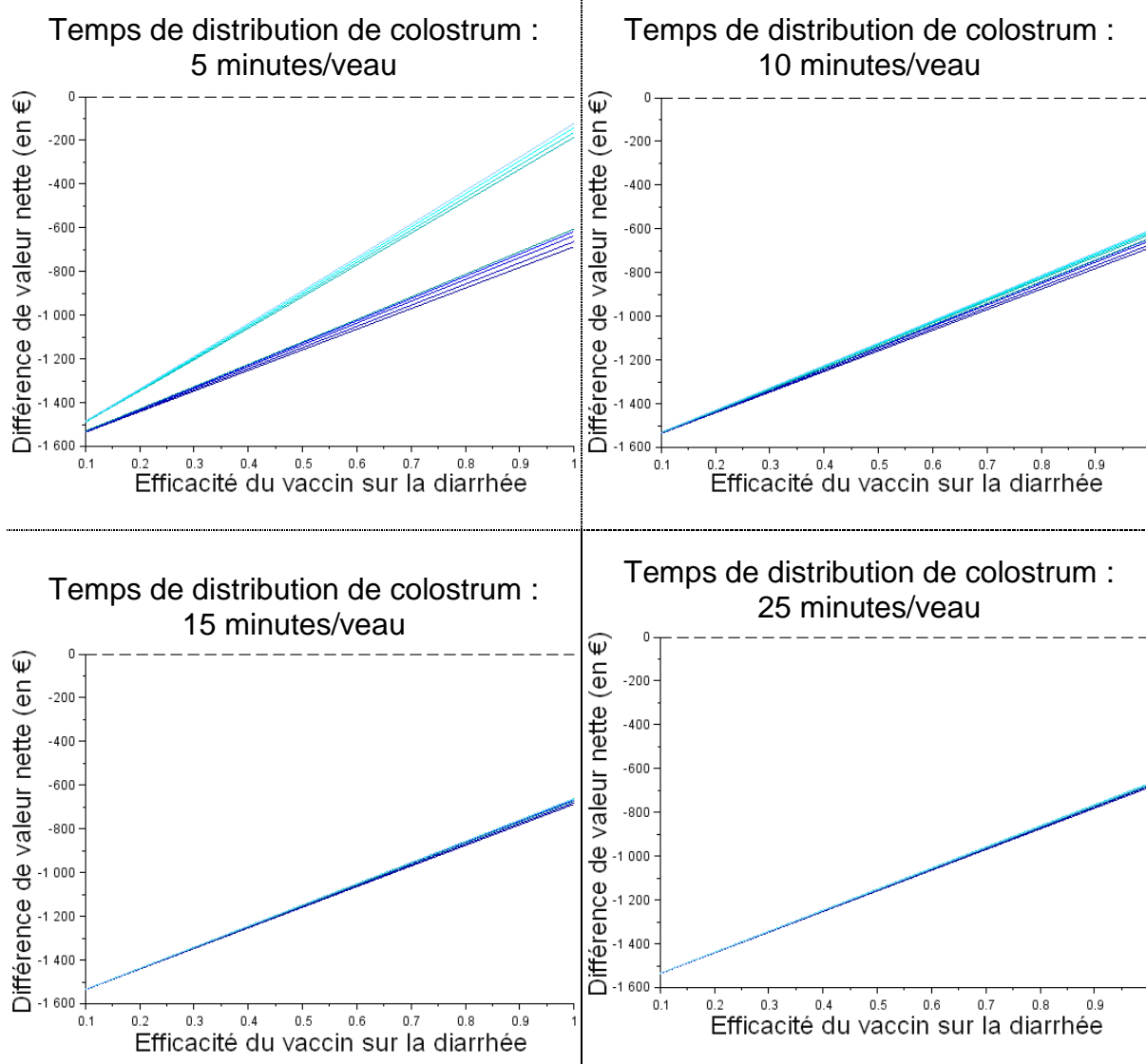
Scénario A – L1 – V5 – $Eff_{V_{TIP}} = 0$ – allaitantes

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Eff_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



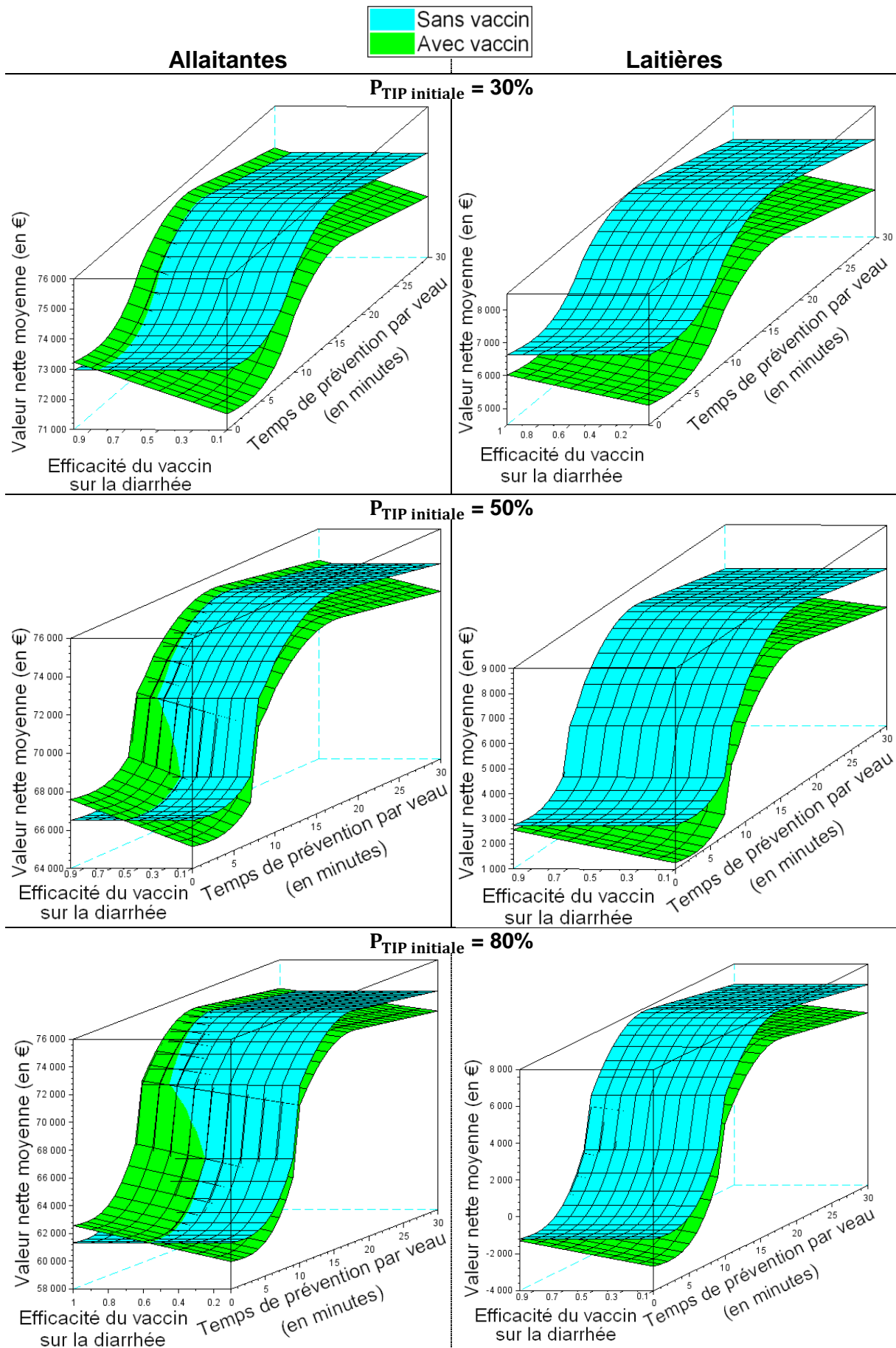
Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention



Annexe 16 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$).

Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ – laitières

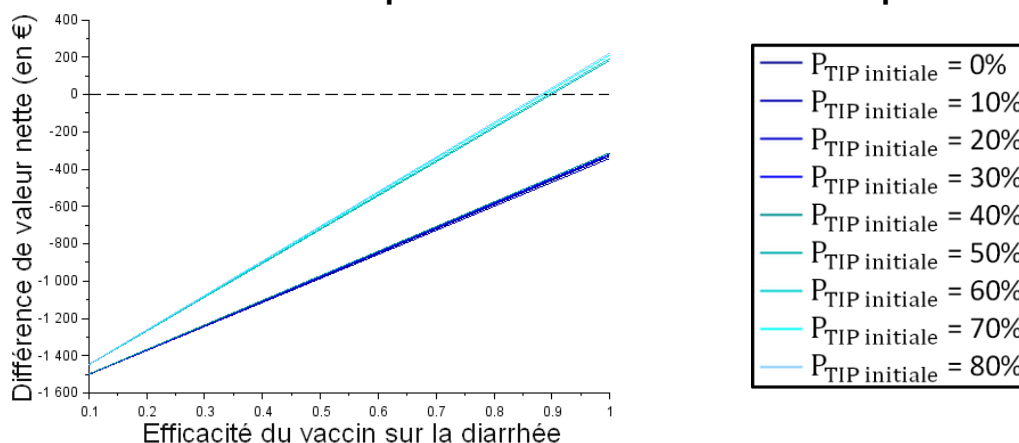
(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)



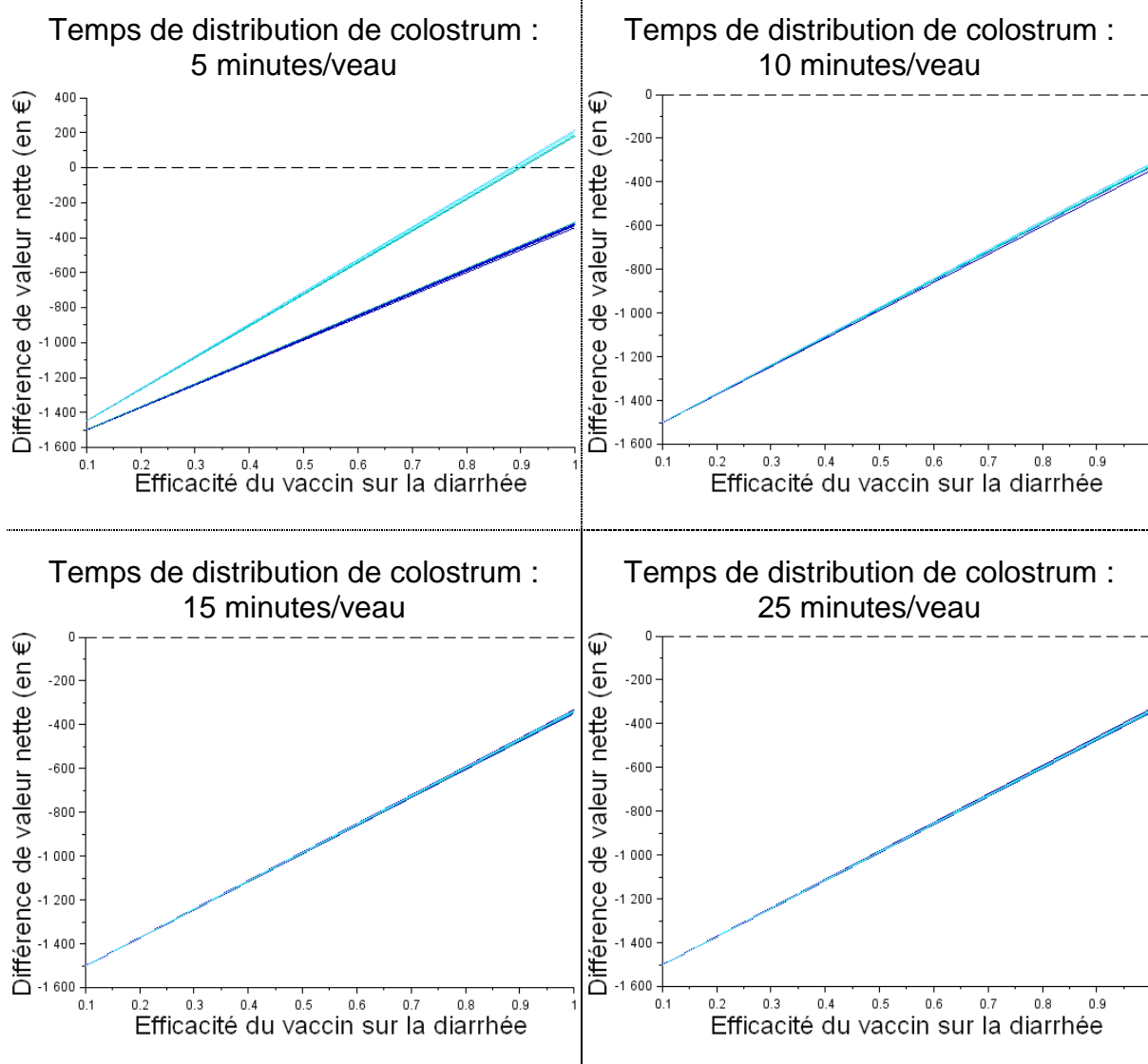
Annexe 17 : Valeur nette avec et sans vaccination, en fonction du temps de distribution de colostrum et de l'efficacité du vaccin ($Efficacité_{V_{Diarrhée CT}}$). Scénario A – L7 – V5 – $Efficacité_{V_{TIP}} = 0$ – Efficacité moyenne de distribution du colostrum

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Efficacité_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention

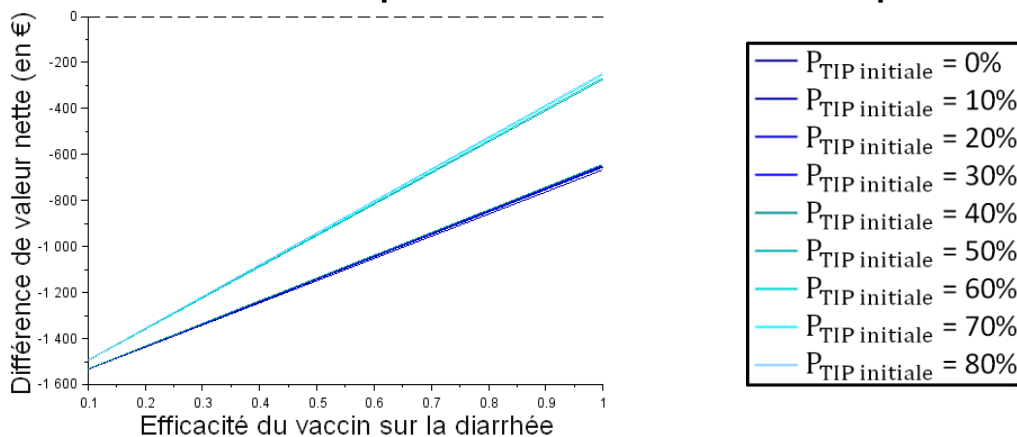


Annexe 18 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP\text{ initiale}}$).

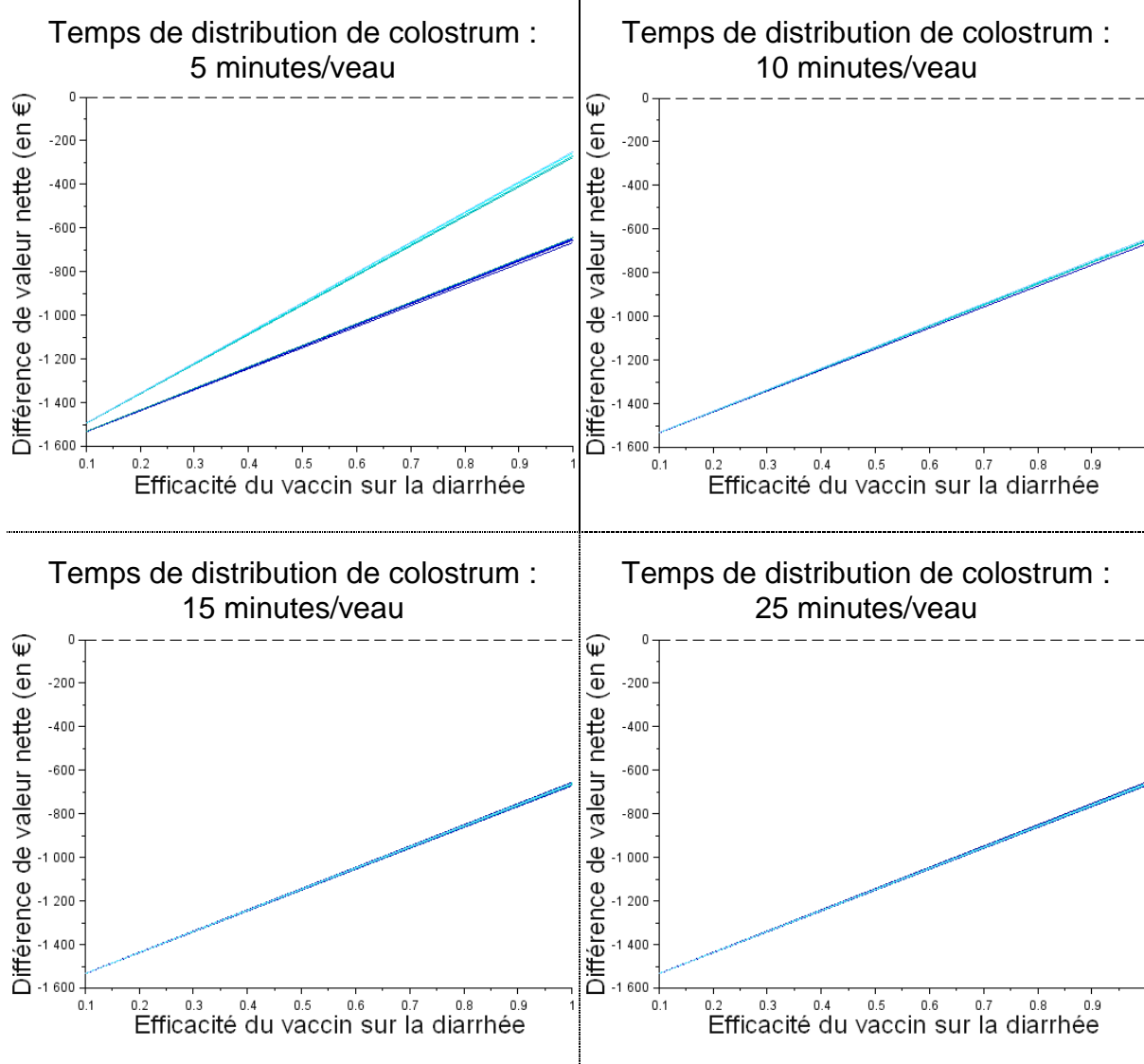
Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ – allaitantes

(Coef $\text{Eff}_{TIP} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{TIP}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

Situation sans vaccin sans prévention vs. avec vaccin sans prévention



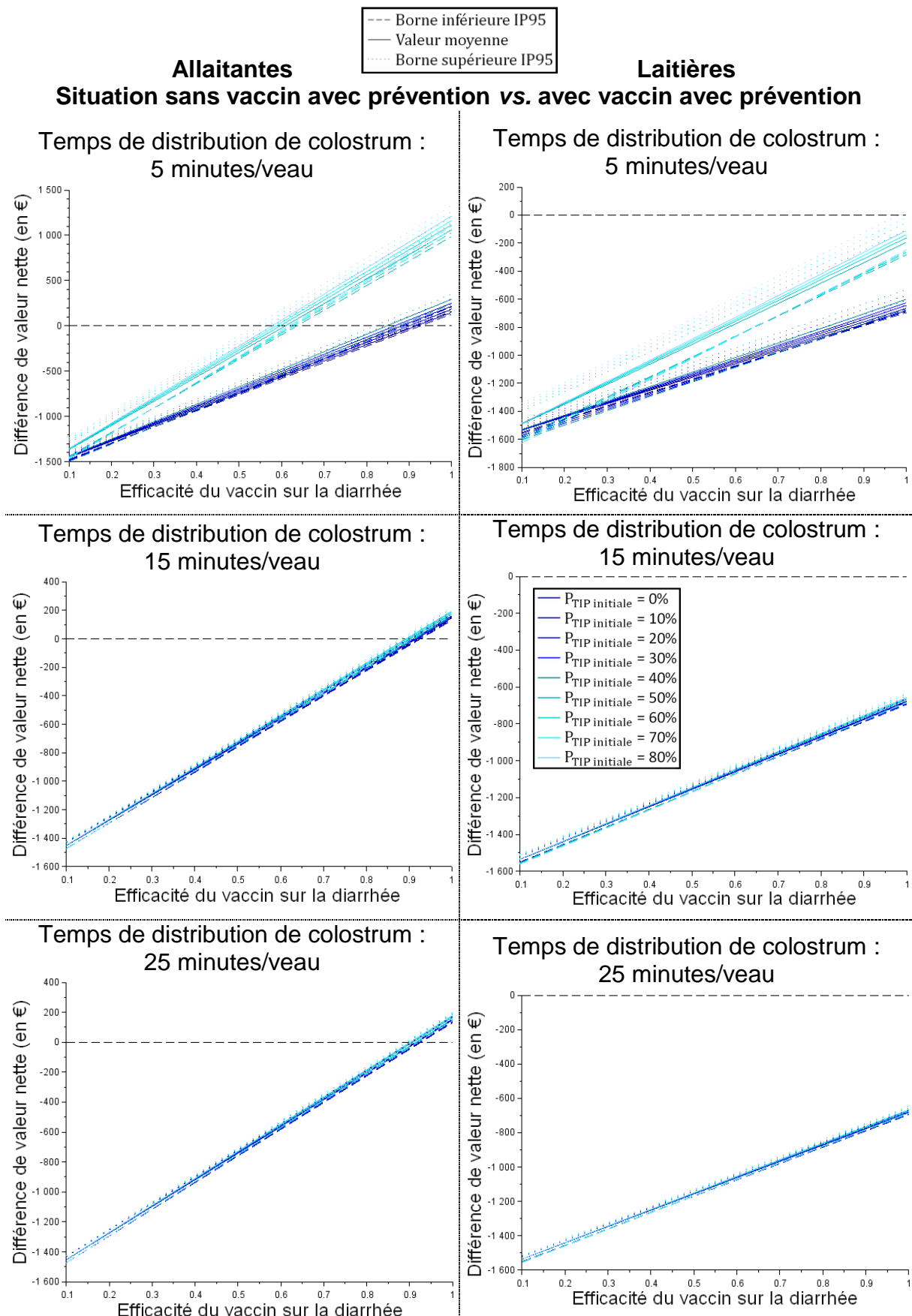
Situation sans vaccin avec prévention vs. avec vaccin avec prévention



Annexe 19 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, en fonction de l'efficacité du vaccin ($Eff_{Diarrhée CT}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{TIP initiale}$).

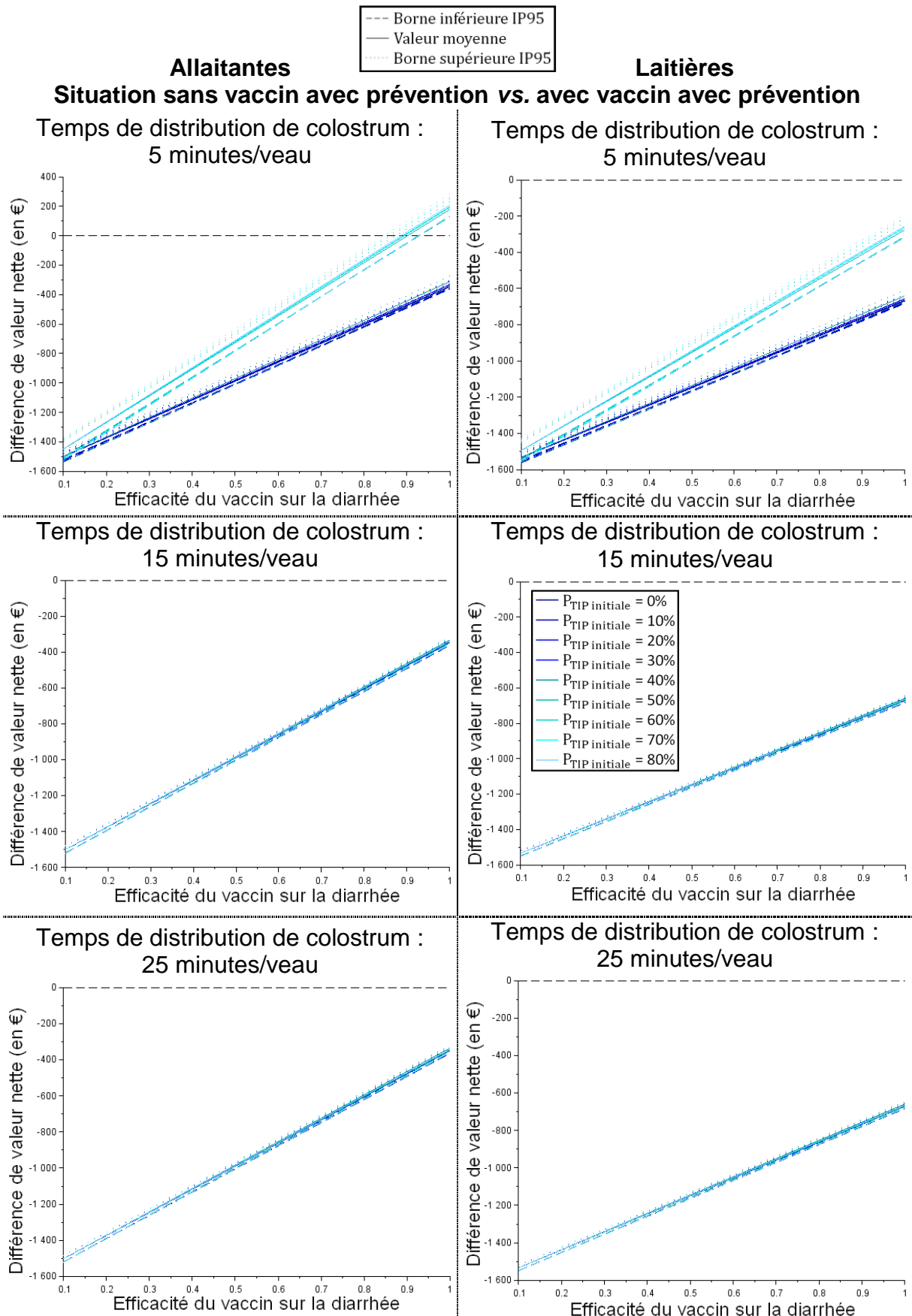
Scénario B – L1 – V5 – $Eff_{VTIP} = 0$ – laitières

(Coef $Eff_{TIP} = 0,5$ - $Eff_{VTIP} = 0$ - Coef $Eff_{Mort} = 0,25$)



Annexe 20 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec Intervalle de Prédiction à 95% (IP95), en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario A – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$

$$(\text{Coef Eff}_{\text{TIP}} = 0,5 - \text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0 - \text{Coef Eff}_{\text{Mort}} = 0,25)$$



Annexe 21 : Différence de valeur nette entre les situations avec et sans vaccination, avec Intervalle de Prédiction à 95% (IP95), en fonction de l'efficacité du vaccin ($\text{Efficacité}_{V_{\text{Diarrhée CT}}}$) et de la prévalence de défaut de TIP initiale ($P_{\text{TIP initiale}}$). Scénario B – L1 – V5 – $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$

(Coef $\text{Eff}_{\text{TIP}} = 0,5$ - $\text{Efficacité}_{V_{\text{TIP}}} = 0$ - Coef $\text{Eff}_{\text{Mort}} = 0,25$)

ANSELME-MOIZAN Marie, Anne, Cécile

Titre : **INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DE LA VACCINATION DES BOVINS CONTRE LES DIARRHÉES DES VEAUX**

Mots-clés : économie, rentabilité, vaccin, bovin, diarrhées, défaut de transfert d'immunité passive.

Résumé :

L'étude proposée analyse la rentabilité de la vaccination des vaches contre les diarrhées des veaux, sous différentes situations de distribution de colostrum, de coût du travail et pour différents systèmes d'élevage. Une forte hétérogénéité de la rentabilité vaccinale est observée. Les résultats montrent une **nécessaire reconsidération du dogme de la rentabilité de la prévention**, au moins pour les diarrhées du jeune veau : la prévention vaccinale n'est pas rentable dans de nombreuses situations. Les résultats montrent aussi **la non-additivité économique des deux stratégies de prévention usuelles** que sont la gestion du colostrum et la vaccination des mères : le vaccin est souvent non rentable lors de bon transfert d'immunité passive. Par ailleurs, la rentabilité vaccinale est très sensible aux efficacités du vaccin, que cela soit sur la prévention des diarrhées ou sur la mortalité en élevage allaitant.

Title : **ECONOMIC ASSESSMENT OF BOVINE VACCINATION AGAINST CALF DIARRHOEA**

Keywords : economics, profitability, vaccine, bovine, diarrhoea, passive immune transfer failure

Abstract :

The present work analyses the profitability of dam vaccination against calf diarrhoea, in various situations. Results of profitability are heterogeneous. The results show that **the dogma of profitable prevention may be re-considered**, at least for calf diarrhoea, since vaccine prevention is not profitable in many situations. Moreover, **the two strategies commonly used for calf diarrhoea prevention** – colostrum management and dam vaccination – **are not additive**, since vaccination is often not profitable in case of good colostrum ingestion, and tends to be more profitable when colostrum distribution is done improperly. Lastly, vaccination profitability is highly sensitive to vaccine efficacy, in its ability to prevent both diarrhoea and mortality.