

Baisse de la teneur en protéines des aliments pour porc : effets sur les performances, la qualité des produits et le bilan environnemental en contexte québécois

LEA CAPPELAERE¹, WILLIAM LAMBERT³, AUDE SIMONGIOVANNI³, FLORENCE GRACIA-LAUNAY², MARIE-PIERRE LETOURNEAU-MONTMINY¹

¹ Université Laval, département des sciences animales, Pavillon Paul Comtois, 2425 Rue de l'Agriculture, G1V 0A6 Québec (Québec)

² PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 le Clos, 35590 Saint Gilles, France

³ METEX Noovistago, 32 rue Guersant, 75017 Paris, France

lea.cappelaere.1@ulaval.ca

Mots clés : porc, baisse de protéine, performances, environnement.

Introduction

Les stratégies de baisse de la teneur en protéines brutes (PB) des aliments pour porcs à l'engrais sont promues pour réduire les impacts environnementaux de l'élevage porcin. La stratégie repose sur la réduction de l'excrétion azotée et des impacts liés à la fabrication d'aliment, contributeurs principaux à ces impacts (Andretta et al., 2021). Le succès de la stratégie nécessite un ajustement des apports en acides aminés (AA) pour maintenir les performances de croissance. La stratégie est bien documentée mais la réponse animale aux baisses importantes de la teneur en PB, permises par l'incorporation dans les formules d'isoleucine et d'histidine est moins bien connue (Shurson et Kerr, 2023), d'autant plus en contexte Nord-Américain. Un premier essai, réalisé avec des porcs de 25 à 80 kg logés en groupe en chambres de mesure d'émissions gazeuses, a montré une augmentation de l'ingéré avec la baisse de teneur en PB de permise par l'inclusion de L-Histidine en contexte québécois, menant à un plateau d'ingéré et d'excrétion azotés, limitant l'intérêt environnemental de la stratégie (Cappelaere et al., 2023). Ces résultats étaient à confirmer avec un essai plus proche des conditions commerciales et sur la période totale d'engraissement. De plus, les aspects de qualité des produits sont rarement explorés dans les essais de baisse de la teneur en PB, alors qu'ils restent très importants pour la rentabilité de la production. Ainsi, l'objectif de ce travail était de mesurer expérimentalement l'effet d'une baisse modérée ou importante de la teneur en PB des aliments sur les performances de croissance, la composition de la carcasse, la qualité de la viande et le bilan azoté des porcs à l'engrais. Ces résultats ont ensuite été utilisés pour effectuer une évaluation environnementale de la stratégie par analyse de cycle de vie (ACV) en contexte québécois.

Méthodologie

Trois traitements alimentaires étaient distribués *ad libitum* à 24 cases de trois femelles et trois mâles castrés en quatre phases alimentaires (25-50 kg, 50-80 kg, 80-100 kg et 100-135 kg). Les niveaux de PB des différentes phases étaient de 180, 161, 143 et 126 g/kg pour le témoin. Deux baisses de PB, de 12 et 24 g/kg, ont été formulées pour toutes les phases, en réduisant l'inclusion de tourteau de soja et en augmentant l'inclusion de maïs. Les traitements étaient iso-énergie nette, iso-lysine digestible et respectaient le profil en acides aminés recommandé par le NRC (2012). Les performances de croissance ont été mesurées par case pour chaque phase. Un animal par case a été scanné par absorptiométrie biphotonique à rayons x en début et en fin d'essai pour obtenir leur composition minérale, lipidique et protéique. Le bilan azoté a été calculé comme suit à partir des performances de croissance :

$$N \text{ ingéré (g/j)} = \frac{\sum_{i=1}^4 \text{aliment ingéré en phase } i \text{ (g)} \times \text{teneur en PB de l'aliment } i}{\text{durée de l'essai (j)}} / 6,25$$

$$N \text{ retenu (g/j)} = \text{teneur en protéines du gain obtenu par scan} \times \text{gain de poids (g/j)} / 6,25$$

$$N \text{ excrété} = N \text{ ingéré} - N \text{ retenu}$$

$$\text{Efficacité N} = N \text{ retenu} / N \text{ ingéré}$$

Les animaux ont été abattus en trois départs à une semaine d'intervalle et les caractéristiques de carcasse collectées à l'abattoir pour tous les animaux. Deux échantillons de longe par case ont été collectés et analysés visuellement immédiatement après prélèvement par une technicienne formée pour noter leur couleur selon l'échelle japonaise et leur niveau de persillage (Porc Canada, 2014). Après 24h de stockage à 5°C, le pH, la perte en eau et les valeurs CIELAB de couleur ont été mesurés. La teneur en protéines (méthode Kjeldahl) et matières grasses (méthode Soxhlet) des échantillons ont également été analysés.

Une ACV a été réalisée à l'échelle de chaque case avec l'atelier d'engraissement comme limites du système et le kg de gain de poids vif comme unité fonctionnelle. Les données ACV pour la production des matières premières constituant les aliments étaient issues de la base de données GFLI (Global Feed LCA Institute, 2022), complétée par les valeurs EcoAlim issues de la base Agribalyse 3 pour les micro-ingrédients (Wilfart et al., 2016). Les données d'excrétion de N, phosphore (P) et potassium ont été calculées à partir des performances expérimentales et utilisées pour déterminer les émissions au bâtiment, au stockage et à l'épandage de NH₃, N₂O, NO₃⁻, NO_x et CH₄, respectivement avec les méthodes EMEP Tier 2, IPCC Tier 2, McAuliffe et al. (2017), CITEPA (2021) et Rigolot et al. (2010). L'étape d'épandage du lisier a été incluse avec une extension de système prenant en compte une économie de fertilisant minéral (75% pour N, 100% pour P). Les impacts changement climatique, eutrophisation en eau douce et marine, acidification et consommation de ressources fossiles ont été calculés avec la méthode EF 3.0 (Fazio et al., 2018).

L'analyse statistique a été réalisée sous R, avec un modèle linéaire testant l'effet du niveau de baisse de la teneur en PB.

Résultats

Tableau 1 – Effet du niveau de baisse de la teneur en protéines sur les performances, le bilan azoté, la composition de carcasse, les caractéristiques de la viande et le bilan environnemental

		Baisse de protéine			ETR ¹	P-value ²
		-0pt	-1,2pt	-2,4pt		
Ingéré quotidien (kg/j)		3,04	3,14	3,06	0,12	0,72
Gain moyen quotidien (g/j)		1184	1192	1162	37	0,24
Indice de consommation		2,55	2,61	2,63	0,10	0,11
Excrétion azotée (g/j)		41,15	37,29	32,35	2,49	< 0,001
Azote retenu (g/j)		28,41	28,60	27,88	0,88	0,22
Efficacité azotée (%)		40,8	43,4	46,3	2,0	< 0,001
Poids de carcasse (kg)		108,9	110,4	107,3	8,3	0,39
Epaisseur de gras (mm)		19,16	22,43	19,57	6,08	0,76
Epaisseur de muscle (mm)		63,72	67,20	63,41	14,32	0,92
Pourcentage de maigre (%)		56,0	59,5	57,3	11,7	0,60
Couleur	L*	53,7	53,4	55,3	3,2	0,19
	a*	7,4	7,3	7,6	1,4	0,67
	b*	5,7	5,5	6,3	1,4	0,27
	Echelle japonaise	3,1	3,1	2,9	0,5	0,30
Score de persillage		2,8	3,1	3,0	0,5	0,47
pH 24h		5,68	5,65	5,64	0,11	0,32
Pertes en eau (%)		3,92	4,28	5,40	1,99	0,06
Protéine brute (% MS)		82,59	82,57	80,31	3,39	0,12
Gras brut (% MS)		12,49	13,33	13,71	2,68	0,28
Changement climatique (kg CO ₂ eq)		1,97	2,10	2,26	0,08	< 0,001
Acidification (mol H ⁺)		0,119	0,116	0,110	0,004	< 0,001
Eutrophisation, eau douce (kg Péq)		0,0853	0,0910	0,0960	0,0028	< 0,001
Eutrophisation, marine (kg Néq)		0,0197	0,0206	0,0213	0,0006	< 0,001
Utilisation des ressources, énergies fossiles (MJ)		9,08	10,4	12,1	0,38	< 0,001

Aucun effet significatif de la baisse de la teneur en PB n'a été observé sur l'ingéré, le gain ou l'indice de consommation sur la période totale de l'essai (Tableau 1). Les seuls effets significatifs sont observés en phase 1, où l'ingéré quotidien a augmenté avec la baisse de la teneur en PB (P = 0,008), entraînant une dégradation de l'indice de consommation (P = 0,02) puisque le GMQ n'est pas affecté. Le gain de poids vif a eu tendance à diminuer avec la baisse de la teneur en PB en phase 4 (P = 0,056), sans effet sur l'ingéré ou l'indice de consommation. Aucun effet significatif de la baisse de la teneur en PB n'a été observé sur la composition corporelle déterminée par scan ou sur les caractéristiques de carcasse. La couleur, le pH et la teneur en gras de la viande n'ont pas été affectées par la baisse de la teneur en PB. Le seul effet observé sur les caractéristiques de la viande est une tendance (P < 0,10) à l'augmentation de la perte en eau avec la baisse de la teneur en PB. L'ingéré azoté a été réduit linéairement avec la baisse de la teneur en PB (P < 0,001), de 4,5 g/j par point de réduction de la teneur en PB. L'azote retenu dans le gain de poids vif n'a pas été affecté par la

baisse de la teneur en PB ($P = 0,22$). Ainsi, l'excrétion azotée a été réduite linéairement ($P < 0,001$) de 4,3 g/j par point de réduction de la teneur en PB. L'efficacité azotée des porcs a été améliorée de 2,5 points de pourcentage par point de baisse de la teneur en PB ($P < 0,001$).

L'acidification était réduite linéairement de 3,4% par point de baisse de la teneur en PB ($P < 0,001$). Les autres impacts ont augmenté avec la baisse de la teneur en PB ($P < 0,001$) : +6,2% par point de baisse de teneur en PB pour le changement climatique, +5,2% pour l'eutrophisation en eau douce, +3,4% pour l'eutrophisation marine et +14% pour l'utilisation des ressources fossiles.

Conclusions

Cet essai a montré que la teneur en PB des aliments pour porcs à l'engrais pouvait être réduite de 24 g/kg avec des pratiques nutritionnelles québécoises sans effet sur les performances de croissance et la composition de carcasse et avec un impact mineur sur la qualité de la viande. L'excrétion azotée peut être efficacement réduite par cette stratégie, permettant de réduire l'impact acidification de la production porcine. Telles qu'évalués ici, les eutrophisations augmentent avec la baisse de la teneur en PB mais une meilleure qualification et quantification l'effet de la stratégie sur l'utilisation de fertilisant minéral pourrait nuancer ces résultats. L'impact changement climatique a été augmenté, en lien avec l'utilisation d'un maïs québécois à fort impact et d'un soja américain à faible impact. Une réduction de l'impact changement climatique de la production porcine au Québec devra passer par l'inclusion de matières premières à plus faible impact. La faisabilité économique de la baisse de la teneur en PB dépend du contexte économique (ratio de prix soja/céréales) pour une baisse modérée de la teneur en PB mais une baisse de 24 g/kg comme testée ici a un coût important.

Références

- Andretta I., Hickmann F.M.W., Remus A., Franceschi C.H., Marian A.B., Orso C., Kipper M., Létourneau-Montminy M.-P., Pomar C., 2021. Environmental impacts of pig and poultry production: insights from a systematic review. *Front. Vet. Sci.*, 8, 750733.
- Cappelaere L., Larios D., Lambert W., Godbout S., Garcia-Launay F., Létourneau-Montminy M.-P., 2023. Effet de la baisse de la teneur en protéines des aliments pour porcs en croissance sur les performances de croissance, les rejets azotés et les émissions gazeuses au bâtiment. *Journées Rech. Porcine*, 55, 249-254.
- CITEPA, 2021. Rapport OMINEA – 18ème édition. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Paris, 1044 p.
- EMEP/EEA. 2019. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (3. B Manure Management), European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark.
- Fazio S., Biganzioli F., De Laurentiis V., Zampori L., Sala S., Diaconu E., 2018. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, version 2, from ILCD to EF 3.0, EUR29600 EN, European Commission, Ispra, ISBN 978-92-79-98584-3, doi:10.2760/002447, PUBSY No. JRC114822
- Global Feed LCA Institute, 2022. GFLI Database of Animal Feed Production. LCA Feed database. <https://globalfeedlca.org/gfli-database/>
- IPCC, 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: emissions from livestock and manure management). The Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva, Switzerland, 207 p.
- McAuliffe G.A., Takahashi T., Mogensen L., Hermansen J.E., Sage C.L., Chapman D.V., Lee M.R.F., 2017. Environmental trade-offs of pig production systems under varied operational efficiencies. *J. Clean Prod.*, 165, 1163–1173.
- NRC, 2012. Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition. The National Academies Press, Washington, DC.
- Porc Canada, 2014. Normes canadiennes de qualité du porc pour la couleur et le persillage. Porc Canada, Ottawa, Canada.
- Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J. M., Dourmad, J. Y., 2010. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. *Animal*, 4, 1413–1424.
- Shurson G. et Kerr B., 2023. Challenges and opportunities for improving nitrogen utilization efficiency for more sustainable pork production. *Front. Anim. Sci.*, 4, 1204863.
- Wilfart, A., Dusart, L., Méda, B., Gac, A., Espagnol, S., Morin, L., Dronne, Y., Garcia-Launay, F. 2018. Réduire les impacts environnementaux des aliments pour les animaux d'élevage. *INRA Productions Animales* 31, 289-306.

Effet de la baisse de la teneur en protéine alimentaire sur les performances de croissance, la qualité des produits et le bilan environnemental des porcs à l'engrais

Léa Cappelaere(1), William Lambert(2), Aude Simongiovanni(2), Florence Garcia-Launay(3), Marie-Pierre Létourneau-Montminy(1)

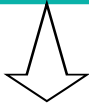
(1) Département des sciences animales, Université Laval, Québec, Canada

(2) METEX ANIMAL NUTRITION, Paris, France

(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, Saint Gilles, France

Baisse de la teneur en protéine et durabilité de l'élevage porcin

Baisse de protéine



Excrétion et émissions azotées

- ↳ excrétion N
- ↳ émissions N = NH_3 , N_2O , nitrates
- ↳ impacts acidification, changement climatique, eutrophisation

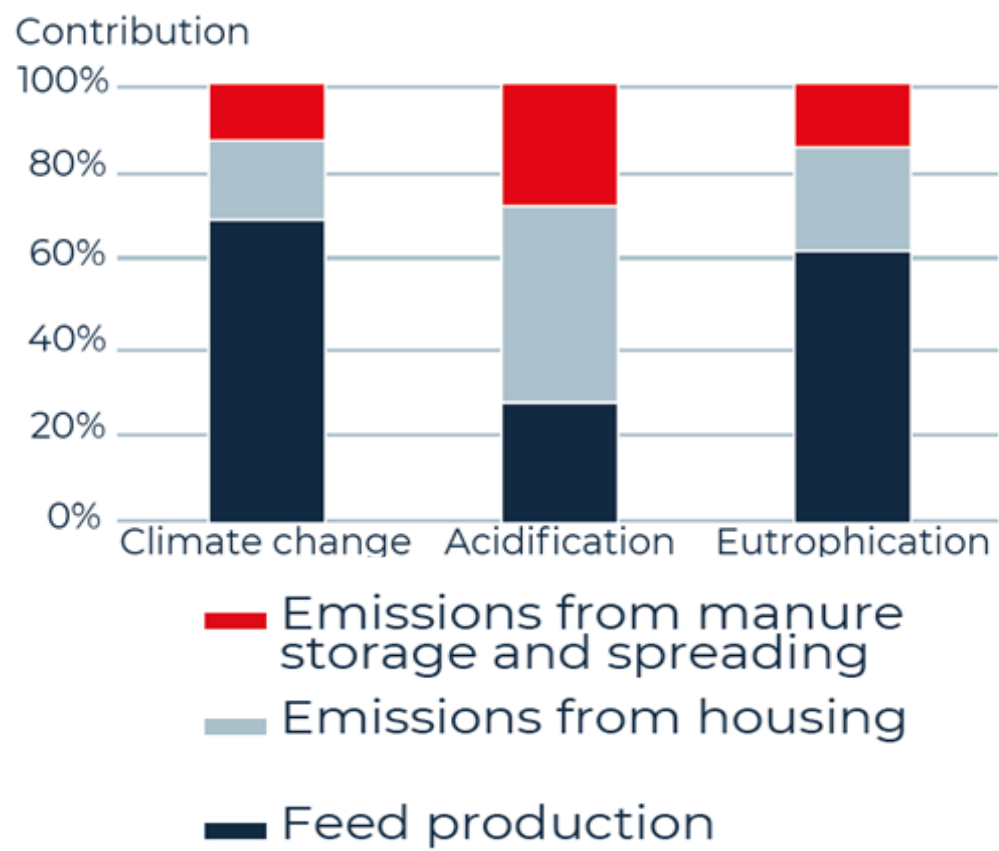
Impact de l'aliment

Réduction des impacts dépend de l'impact des MP dans contexte étudié : soja vs céréales

-

Au Québec, soja à faible impact = quel effet ?

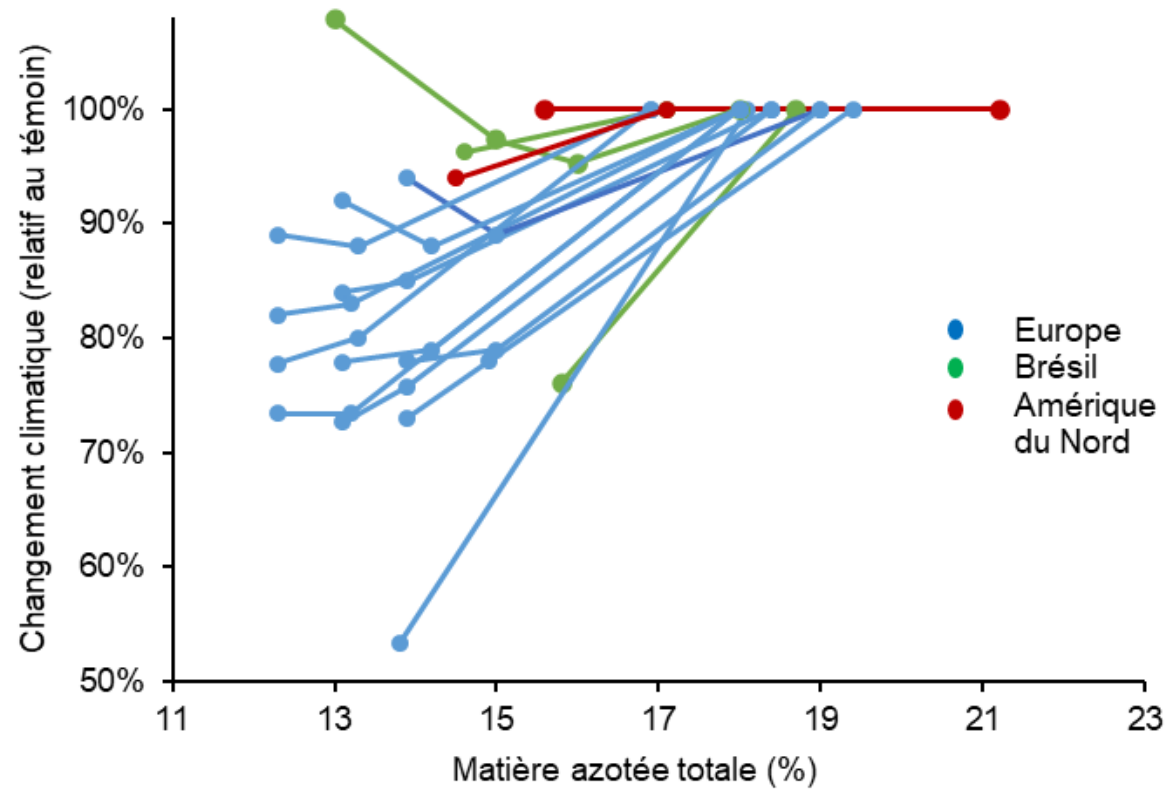
Contribution de l'aliment vs émissions du lisier : variable selon les impacts



➤ Différents leviers vont avoir plus ou moins d'importance

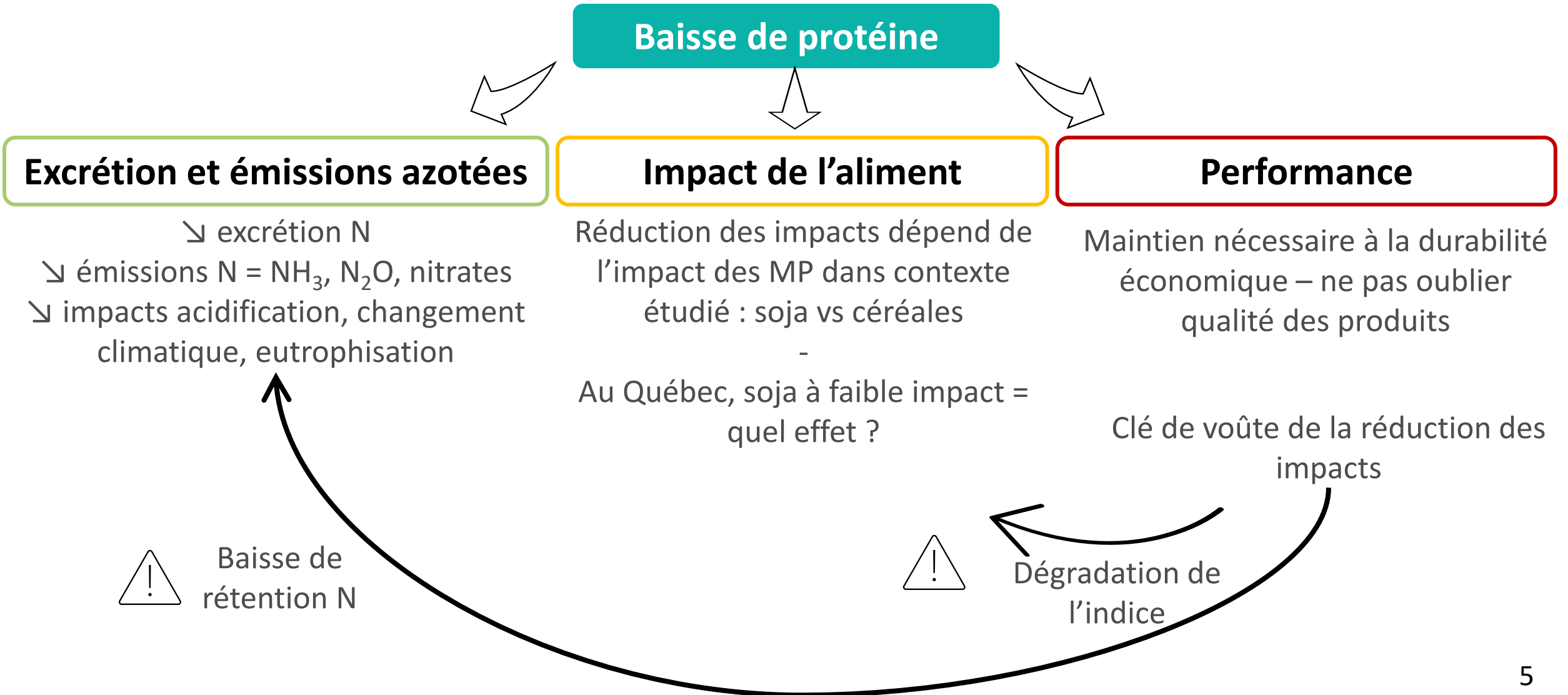
(Dourmad *et al.*, 2014)

Bénéfices environnementaux de la baisse de protéines : peu de données en Amérique du Nord



Compilation des analyses de cycle de vie publiées
(Cappelaere et al., 2021)

Baisse de la teneur en protéine et durabilité de l'élevage porcin



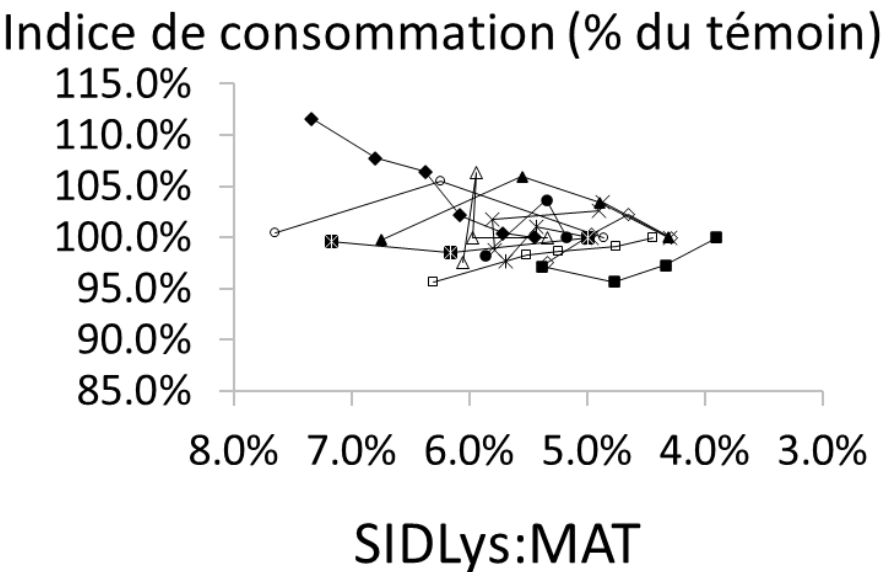
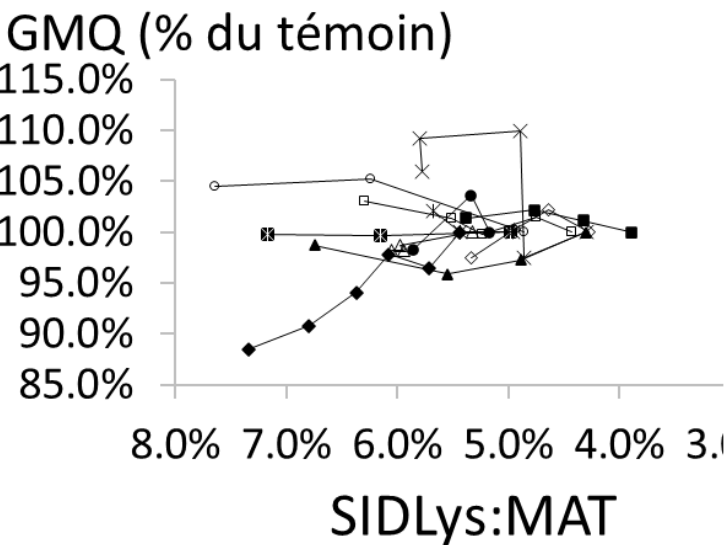
Quels effets connus sur les performances ?

MAT

= matières azotées totales = N x 6,25
≈ protéines

SIDLysine:MAT

= ratio lysine digestible / protéines
Utilisé pour caractériser le niveau de baisse de protéines

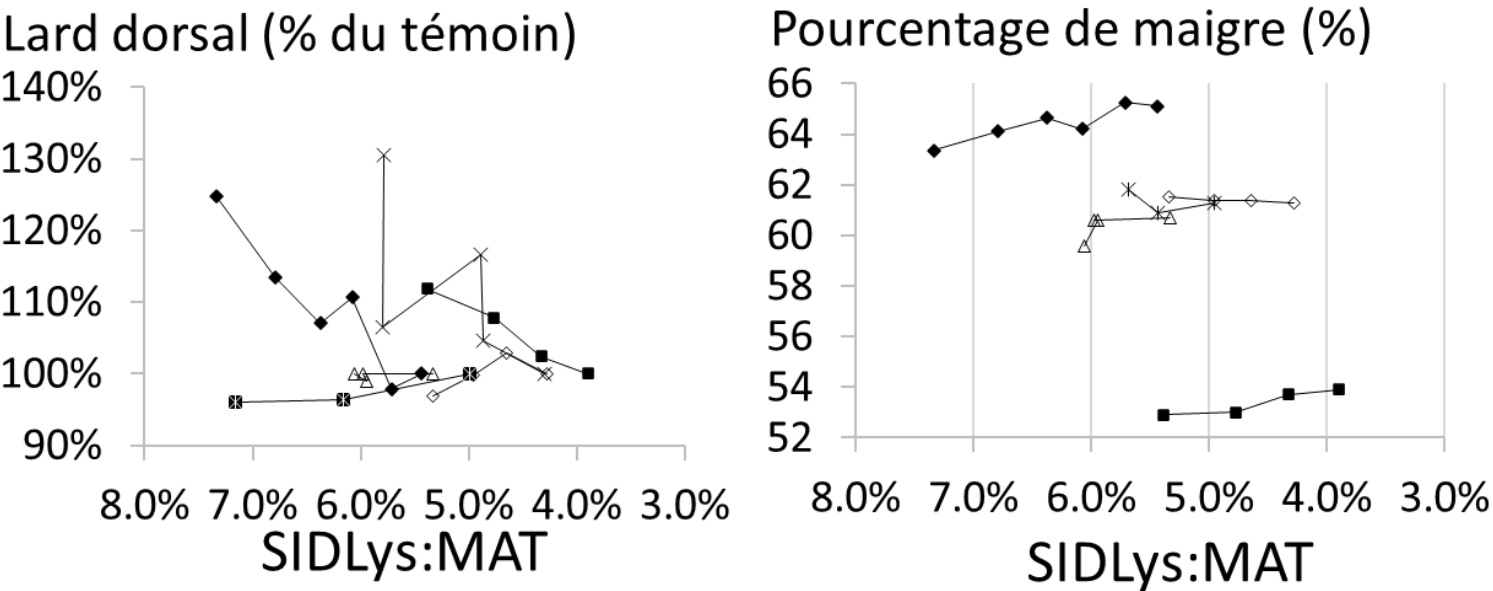


Peu d'essais testant fortes baisses de la teneur en protéines (>6,2% SIDLys:MAT)

➤ Dégradation des perfs ?

Méta-analyse :
Cappelaere et al., 2021

Quels effets connus sur les performances ?



- Peu de données sur composition de carcasse et qualité de la viande
 - Augmentation du dépôt de gras ?
- Encore moins de données sur la qualité de la viande

Méta-analyse :
Cappelaere et al., 2021

Objectifs

- Evaluer les effets d'une très faible teneur en protéines en engraissement sur les performances, la composition de carcasse et la qualité de la viande
- Intégrer ces résultats à une évaluation environnementale

En contexte québécois

3 femelles
3 mâles castrés



8 cases



3 traitements

→ témoin

→ -1,2 points de protéines

→ -2,4 points de protéines

Ad libitum



Phase 1



Phase 2



Phase 3



Phase 4

25 kg

50 kg

80 kg

100 kg

135 kg



abattage

Epaisseur de
gras dorsal

Epaisseur de
gras dorsal

2 /case

1 /case

2 /case

1 /case

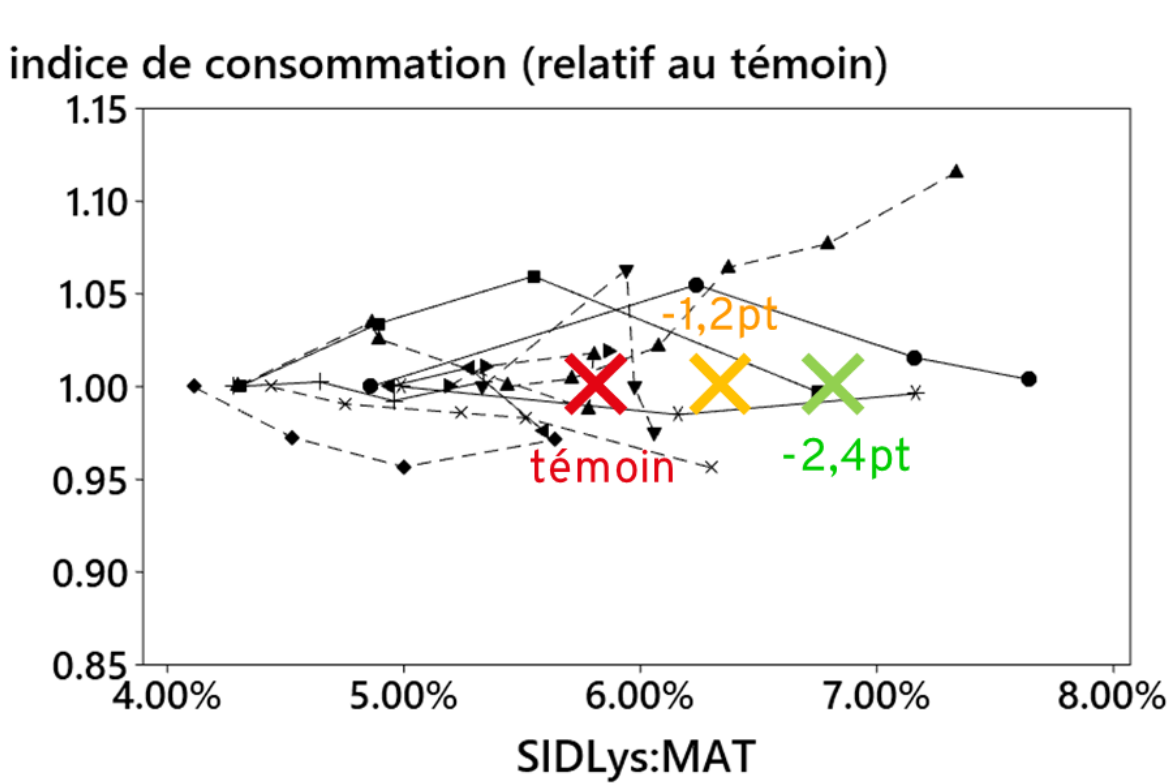


- **Composition de carcasse** mesurée à l'abattoir pour tous les porcs
- *Longissimus dorsi* collecté pour 2 porcs / case **pour analyse de qualité de viande**



Composition des aliments expérimentaux

	25-50kg			50-80kg			80-100kg			100-130kg		
Baisse de MAT	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4
MAT (%)	18,00	16,80	15,59	16,09	14,89	13,69	14,31	13,11	11,91	12,62	11,41	10,20
LYSINE digestible (%)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,82	0,82	0,82	0,70	0,70	0,70
SIDLys : MAT	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6,9%	6,9%	6,9%	5,6%	6,1%	6,9%
Energie nette (kcal/kg)	24	24	24	24	24	24	2526	2560	2562	2560	2562	2561





Ingrédients principaux

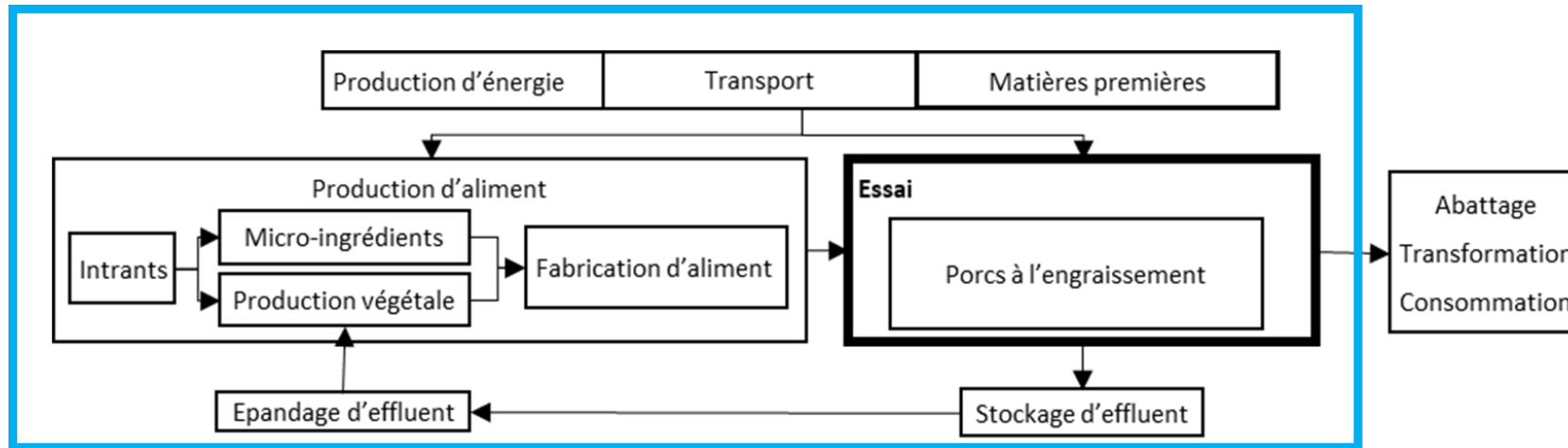
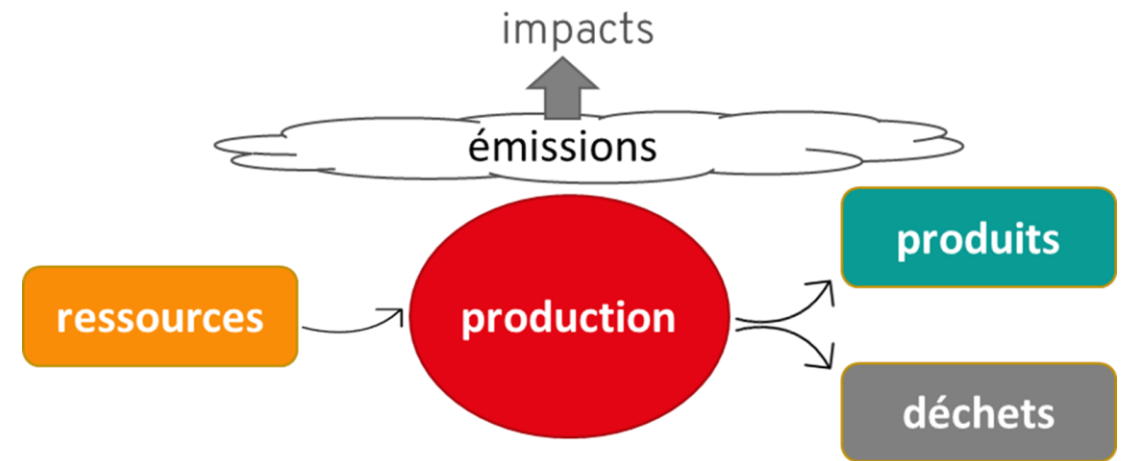
	25-50kg			50-80kg			80-100kg			100-130kg		
Baisse de MAT	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4	0	1,2	2,4
Maïs (%)	56,1	59,9	63,9	59,5	63,3	67,3	62,7	66,1	70,1	68,5	72,2	76,3
Tourteau de soja (%)	19,0	15,3	11,4	11,3	7,6	3,7	9,7	5,6	1,7	7,6	3,9	0
BLE DUR	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15
DRECHE de DISTILLERIE	10	10	10	15	15	15	8.8	9.5	9.5	5.3	5.3	5.3
L-Lys, DL-Met, L-Thr, L-Trp, L-Val, L-Ile	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
L-His			x			x			x			x

Balance azotée

- calculée à partir des performances et des scans

- $N \text{ ingéré (g/j)} = \frac{\sum_{i=1}^4 \text{aliment ingéré en phase } i \text{ (g)} \times \text{teneur en MAT de l'aliment } i}{\text{durée de l'essai (j)}} / 6,25$
- $N \text{ retenu (g/j)} = \text{teneur en protéines du gain obtenu par scan} \times \text{gain de poids (g/j)} / 6,25$
- $N \text{ excrété} = N \text{ ingéré} - N \text{ retenu}$
- $\text{Efficacité N} = N \text{ retenu} / N \text{ ingéré}$

- calculée pour chaque case
- Unité fonctionnelle : Kg de gain de poids vif



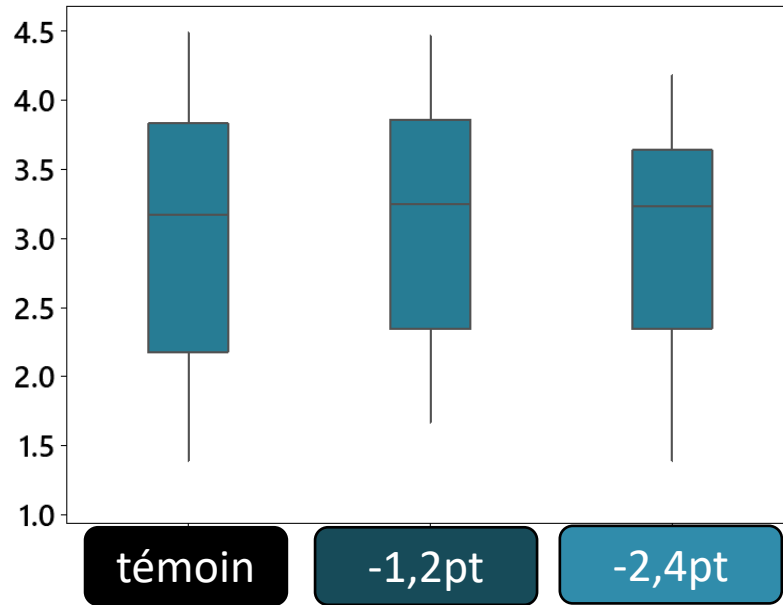
- Base de données GFLI pour l'impact des aliments – représentatif contexte QC
- Utilisation de facteurs d'émission fixes pour calculer les émissions
- Extension de système avec économie de fertilisant minéral
- Méthode EF 3.0

- ☐ Modèle linéaire : effet du **niveau de baisse de protéine**
- ☐ Modèle mixte avec effet aléatoire de la case pour les données individuelles

RÉSULTATS

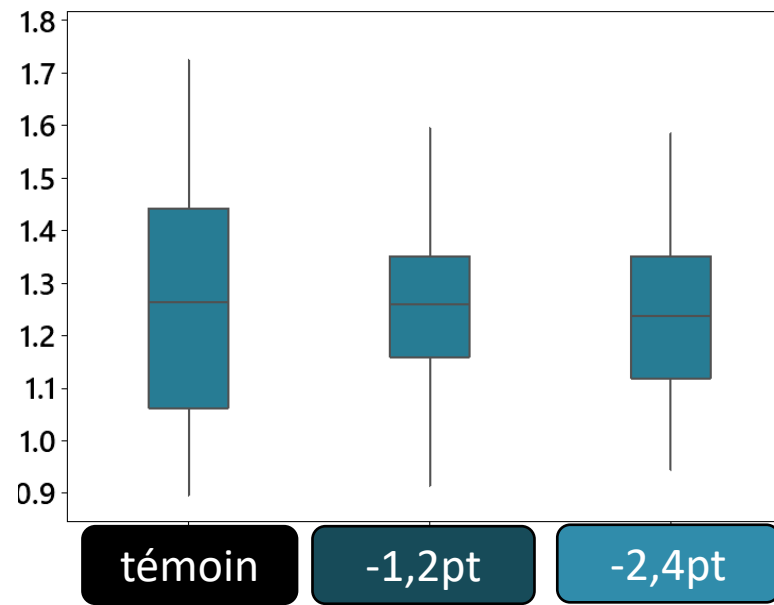
Pas d'effet sur les performances pour la période totale d'engraissement

Ingéré quotidien (kg/j)



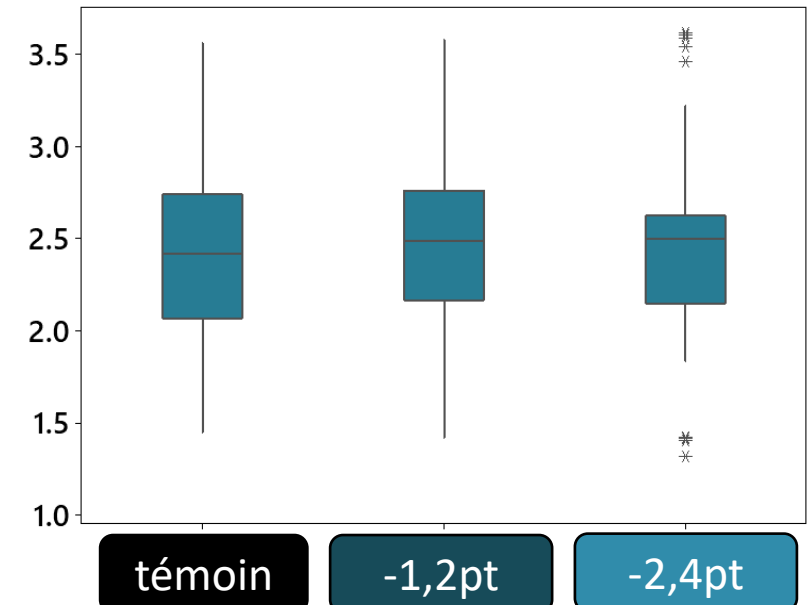
$P > 0,1$

GMQ (kg/j)



$P > 0,1$

Indice de consommation

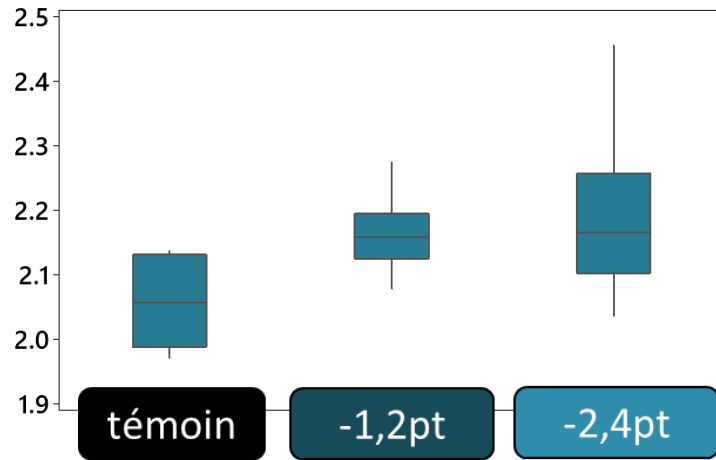


$P > 0,1$

Quelques effets en phase 1 et 4

Phase 1

Ingéré quotidien (kg/j)

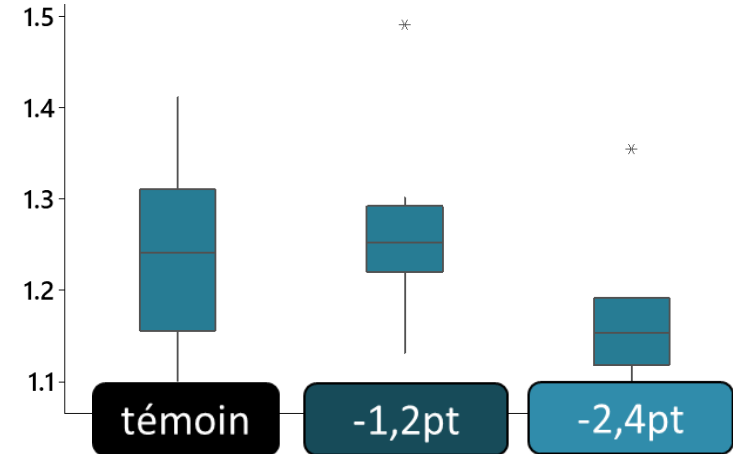


Indice de consommation

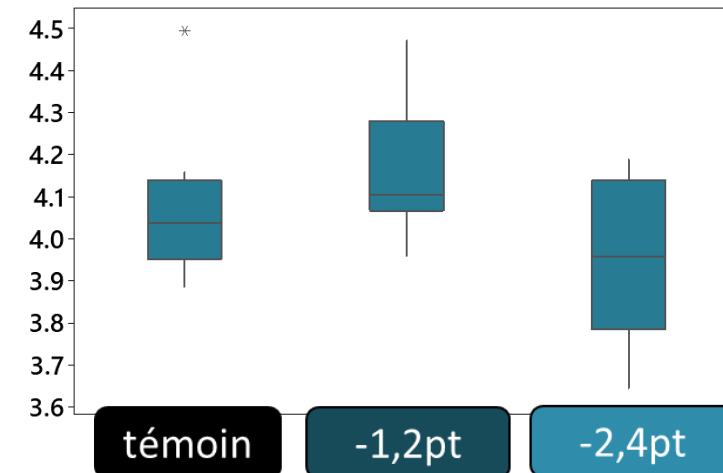


Phase 4

GMQ (kg/j)

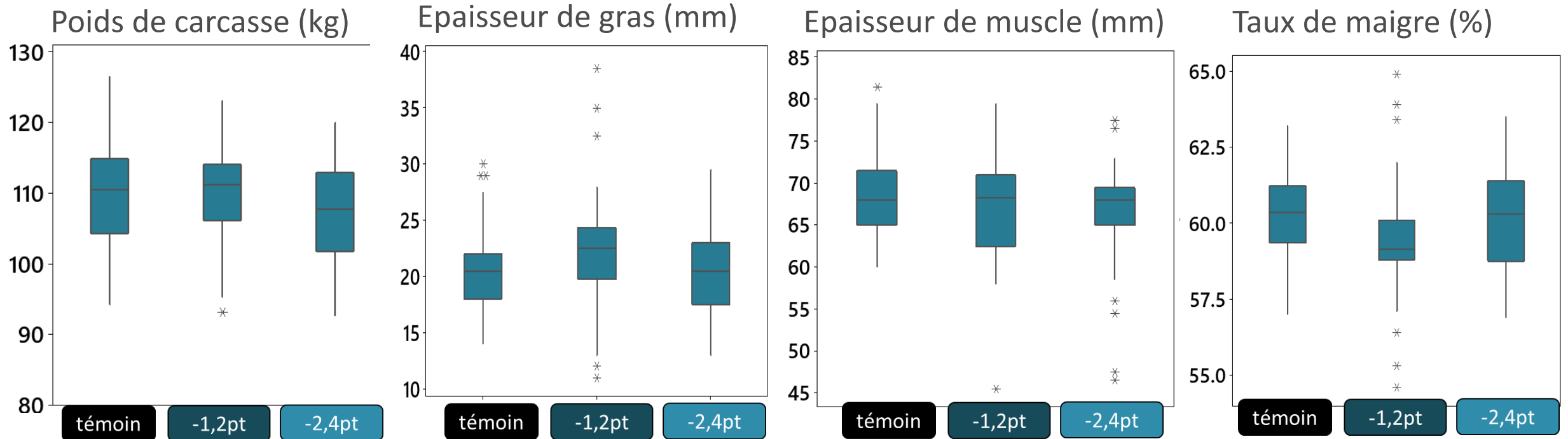


Indice de consommation



Pas d'effet sur la composition de carcasse

- Lard dorsal mesurée par ultrason durant l'essai
- Composition de carcasse analysée par scan DEXA
- Paramètres recueillis à l'abattoir :



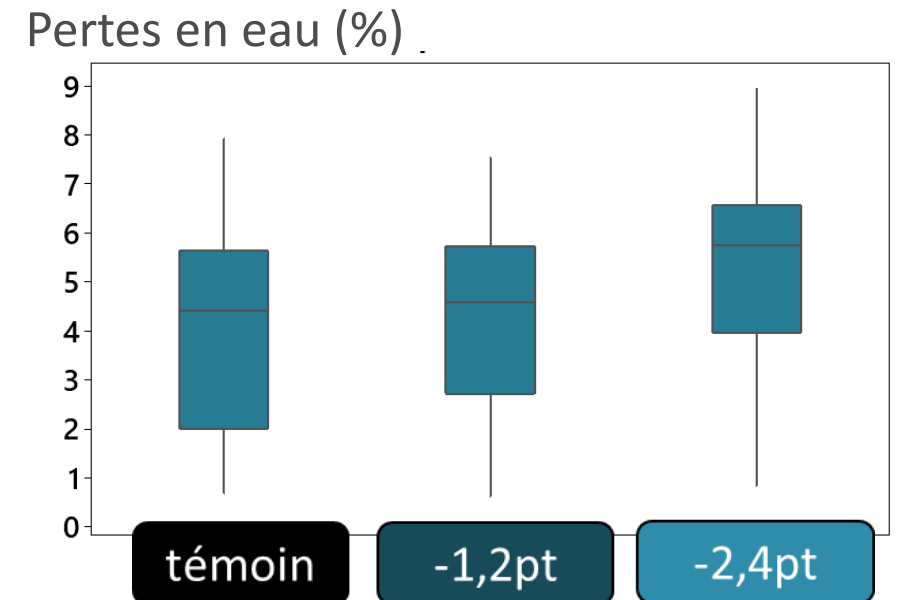
La qualité de la viande n'est pas dégradée

Pas d'effet observé sur :

- Couleur (échelle japonaise et CIELAB)
- Gras intra-musculaire (évaluation visuelle et analyse chimique)
- pH à 24h

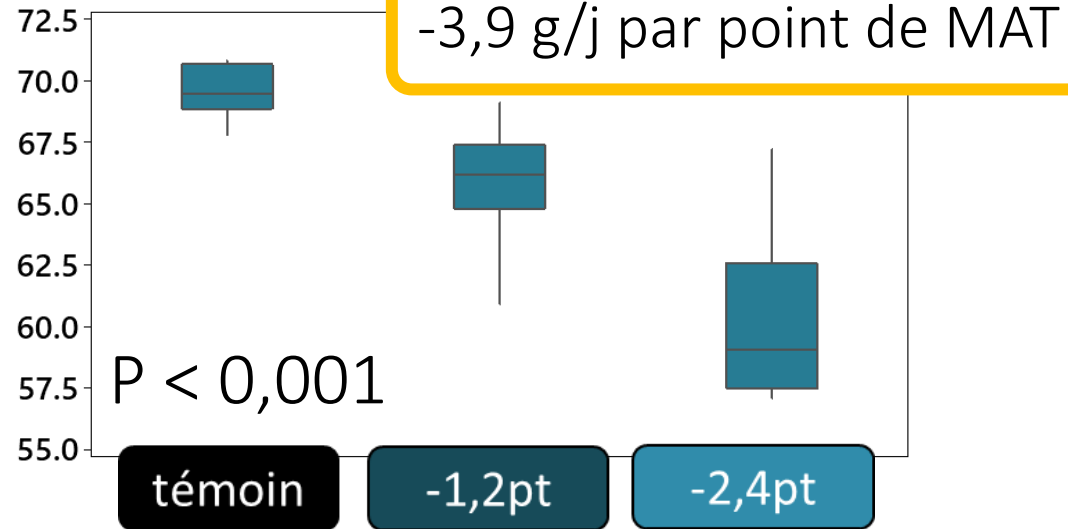
Mais

les pertes en eau tendent à augmenter ($P = 0,054$)

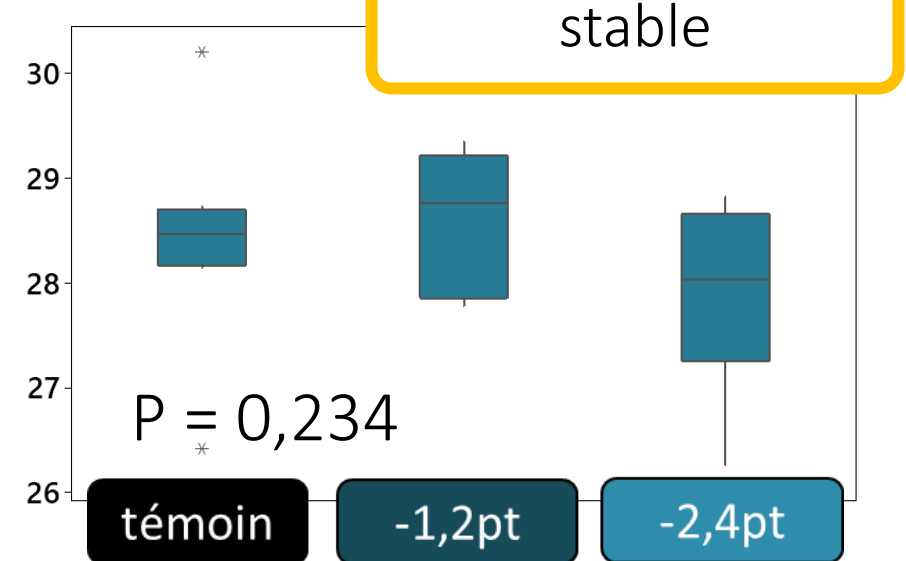


Amélioration linéaire de la balance azotée

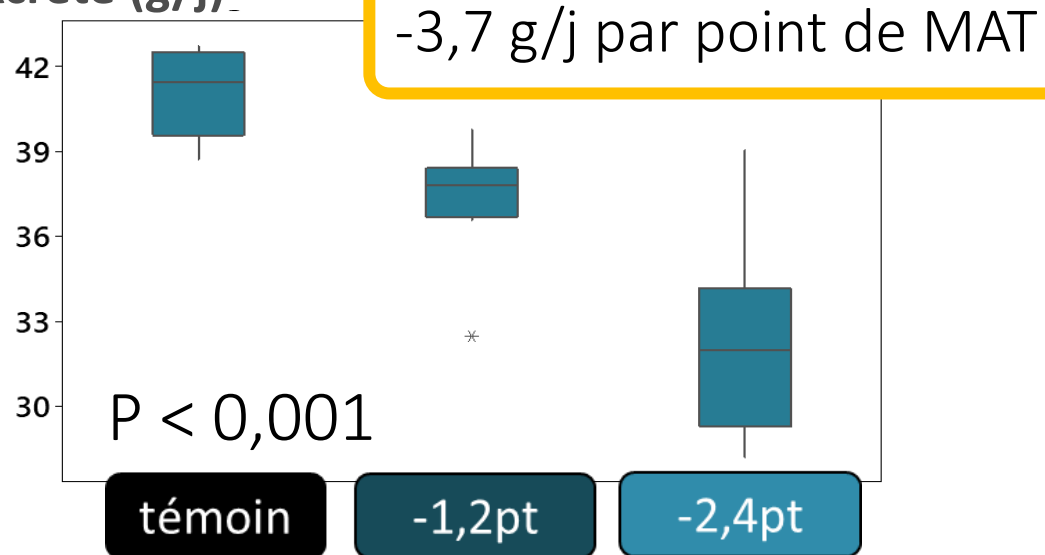
N ingéré (g/j)



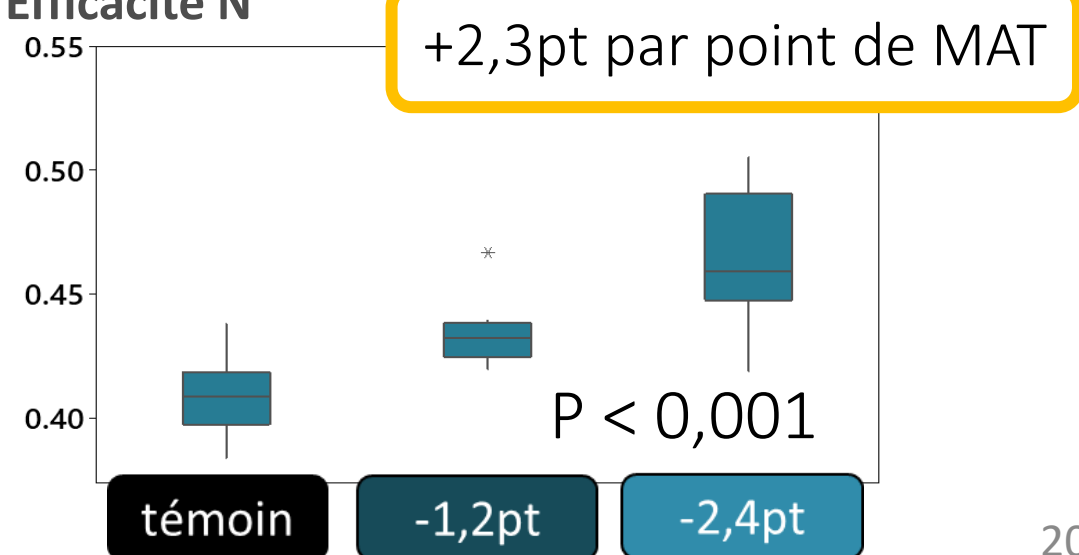
N retenu (g/j)



N excrété (g/j)

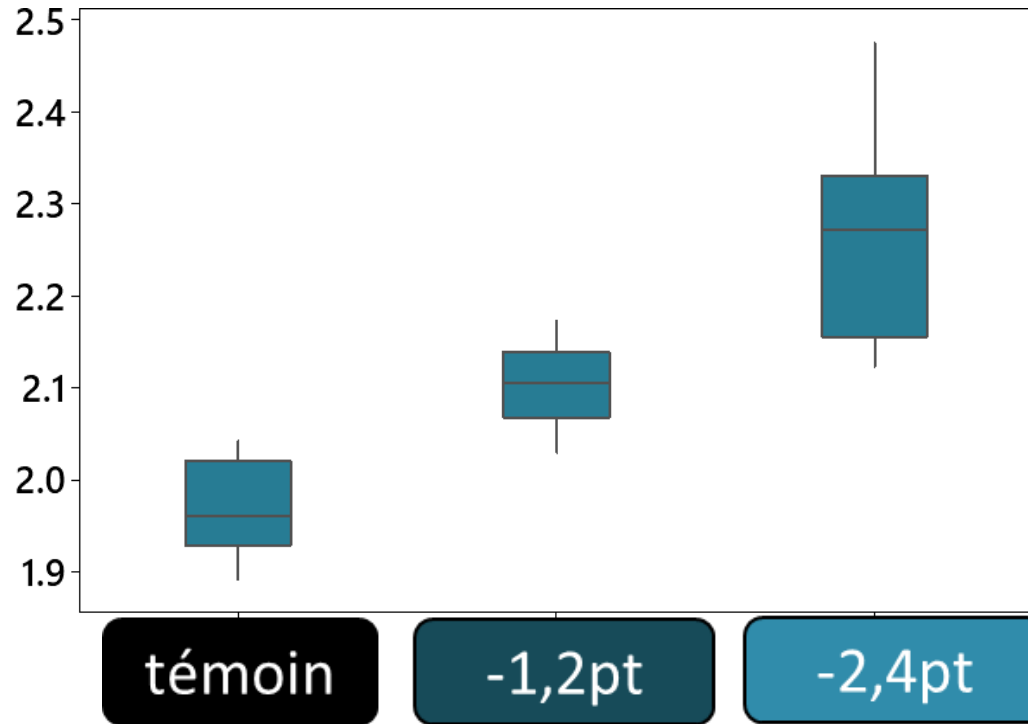


Efficacité N

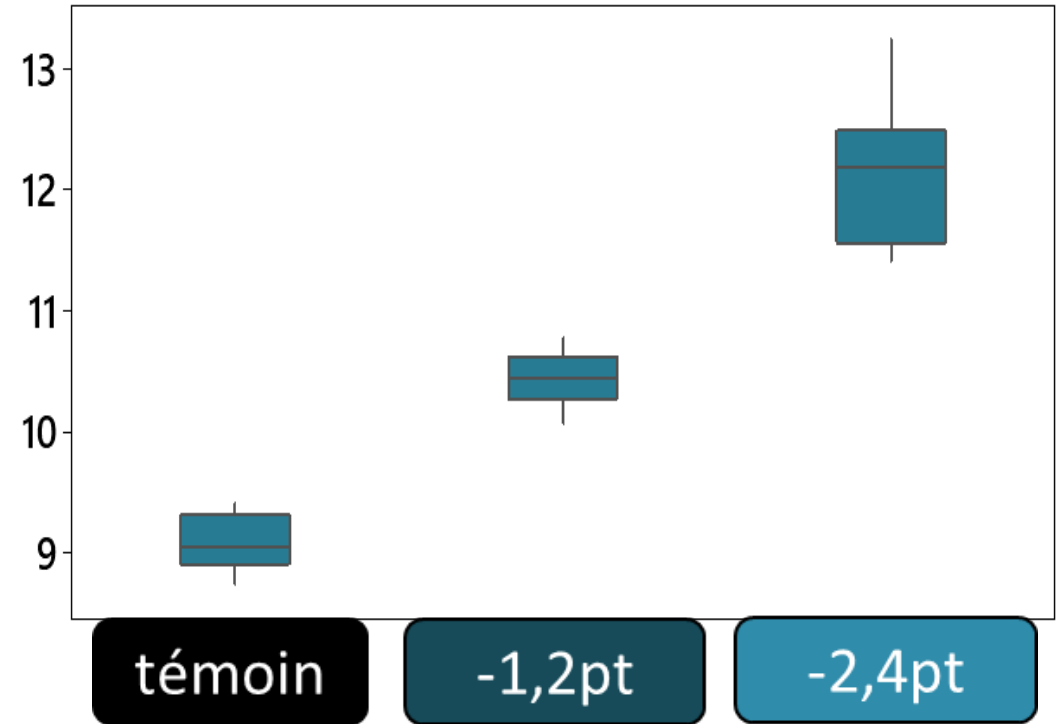


Et quel effet sur les impacts environnementaux ?

Changement climatique (kg CO₂éq / kg gain)



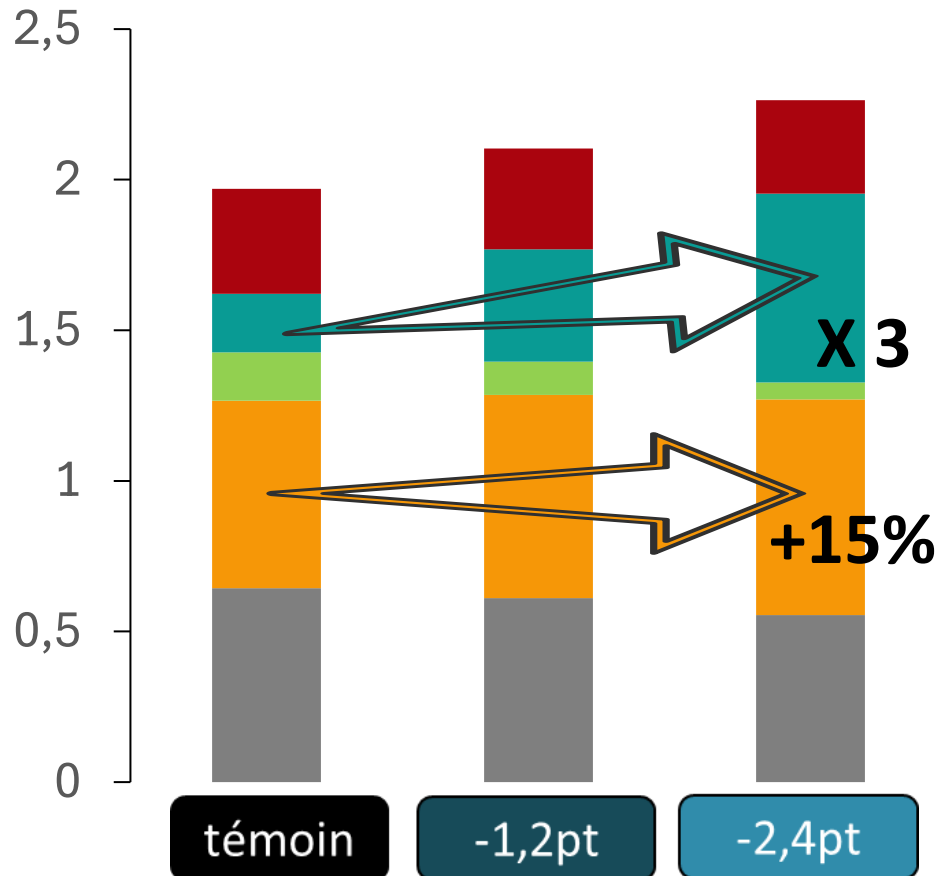
Consommation d'énergie (MJ/ kg gain)



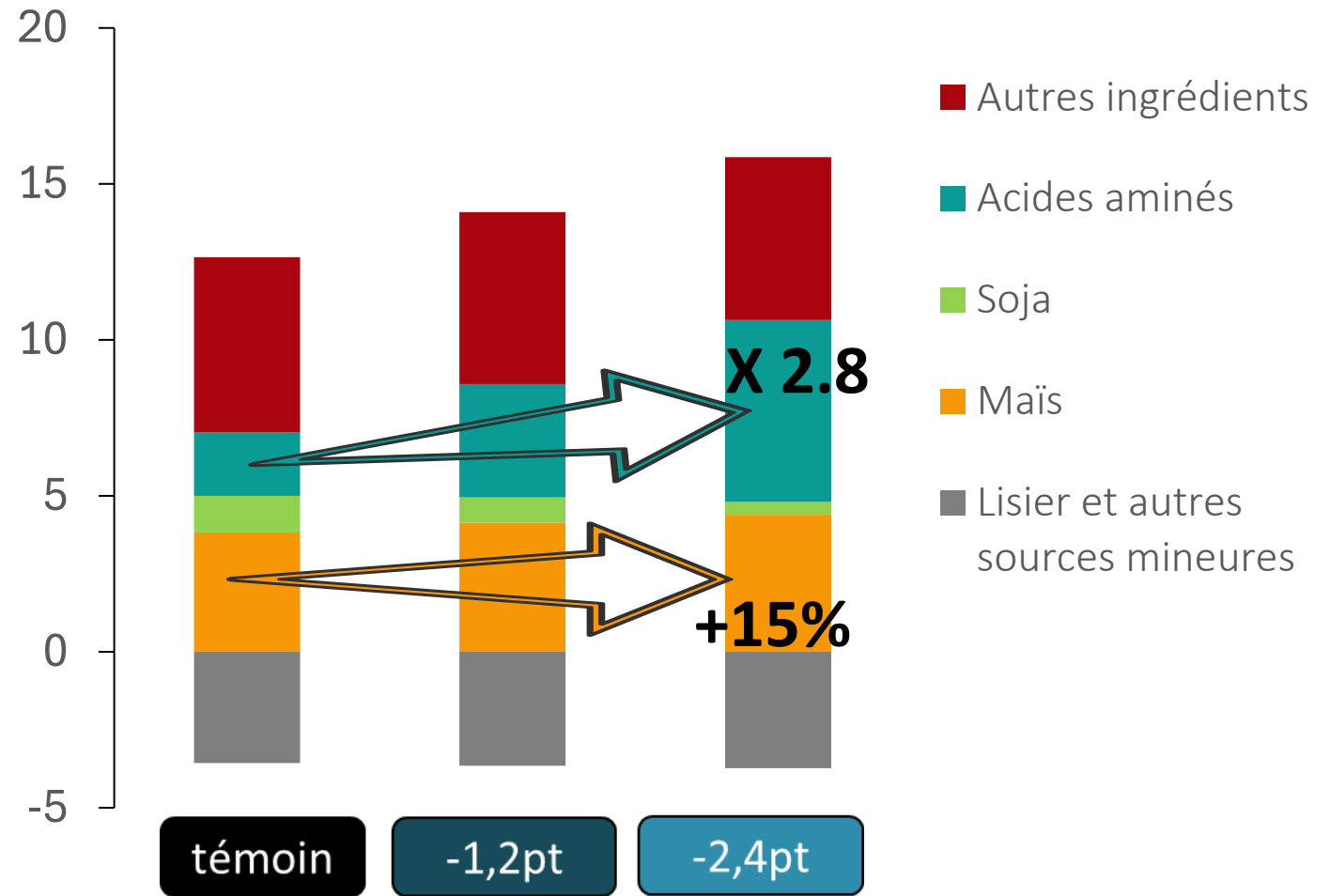
Augmentation des impacts principalement liés à la production d'aliment

Augmentation principalement liée aux acides aminés

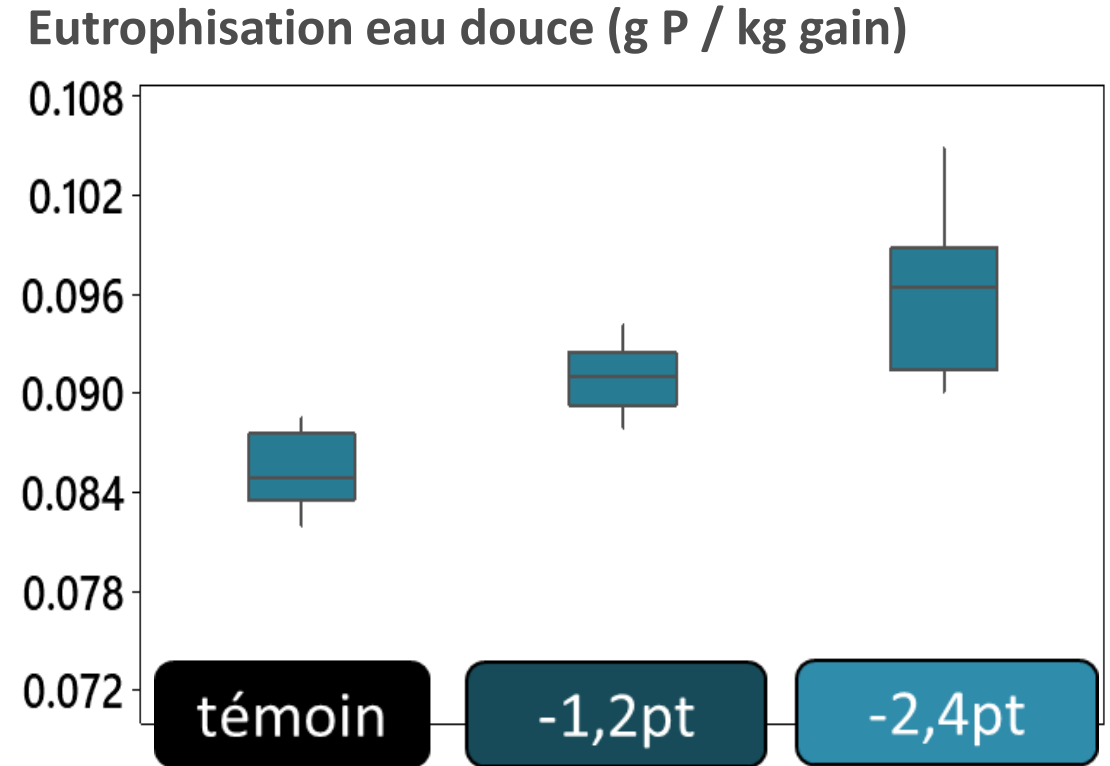
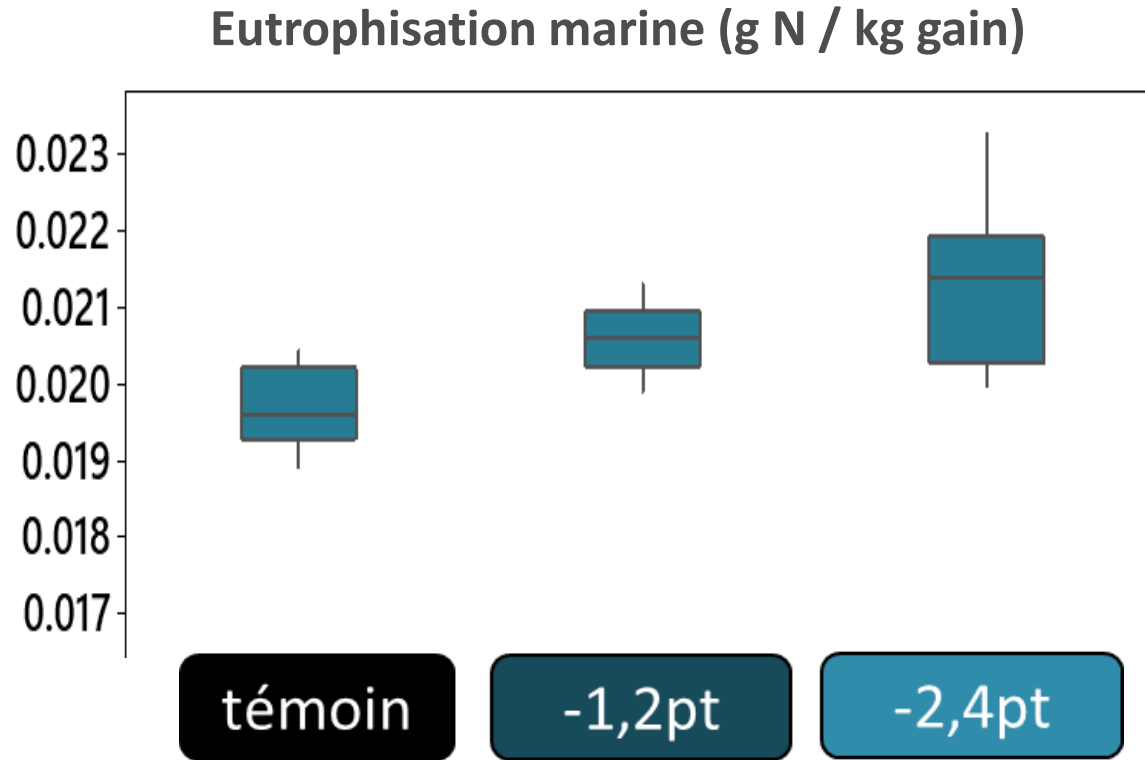
Contributions au changement climatique



Contributions à la consommation d'énergie

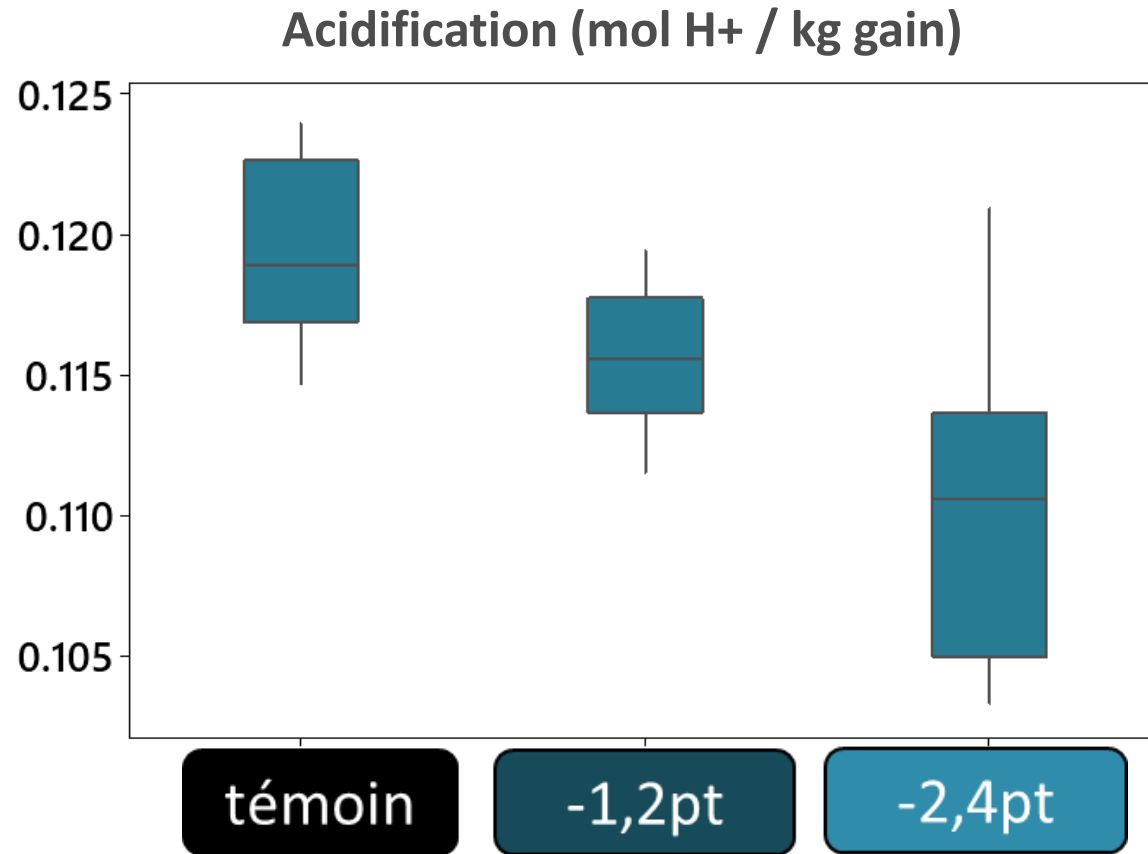


Et quel effet sur les impacts environnementaux ?



La baisse de l'excrétion ne compense pas l'augmentation des impacts de l'aliment pour les eutrophisations

Et quel effet sur les impacts environnementaux ?



L'acidification est le seul impact qui est réduit

Conclusions

- Dans un contexte québécois, une baisse de 2,4 points de la protéine a maintenu les performances de croissance, la qualité de carcasse et la qualité de la viande
- L'excrétion azotée est efficacement réduite, permettant de réduire l'acidification
- En contexte québécois, le remplacement de soja à faible impact par du maïs à impact plus élevé et des nouveaux acides aminés à fort impact entraîne l'augmentation des autres impacts malgré des performances constantes

Perspectives

Les contraintes de formulation sur le niveau de protéines peuvent être levées sans affecter les performances, pouvant mener à des gains économiques avec une baisse modérée de protéines

Baisse de protéines à combiner avec d'autres stratégies réduisant l'impact de l'aliment pour obtenir des bénéfices environnementaux satisfaisants

➤ À explorer : nouvelles matières premières, économie circulaire, amélioration des pratiques culturelles

Merci aux équipes de l'université Laval et du CRSAD pour leur aide précieuse !

Hélène, Laurie, Samuel, Rachel, Mylène, Marlon, Julien, Béatrice...

Partenaires et financements



UNIVERSITÉ
LAVAL



Canada
PARTENARIAT
CANADIEN pour
l'AGRICULTURE
Innov. Croître. Prospérer.



METEX
ANIMAL NUTRITION



Merci de votre attention