

Études des propriétés physico-chimiques et antimicrobiennes des solutions électro-activées produites à base d'anions lactate, propionate et sorbate

Kamen^{1,2}, NJ*, Fliss^{1,2}, L, Aider¹, M.

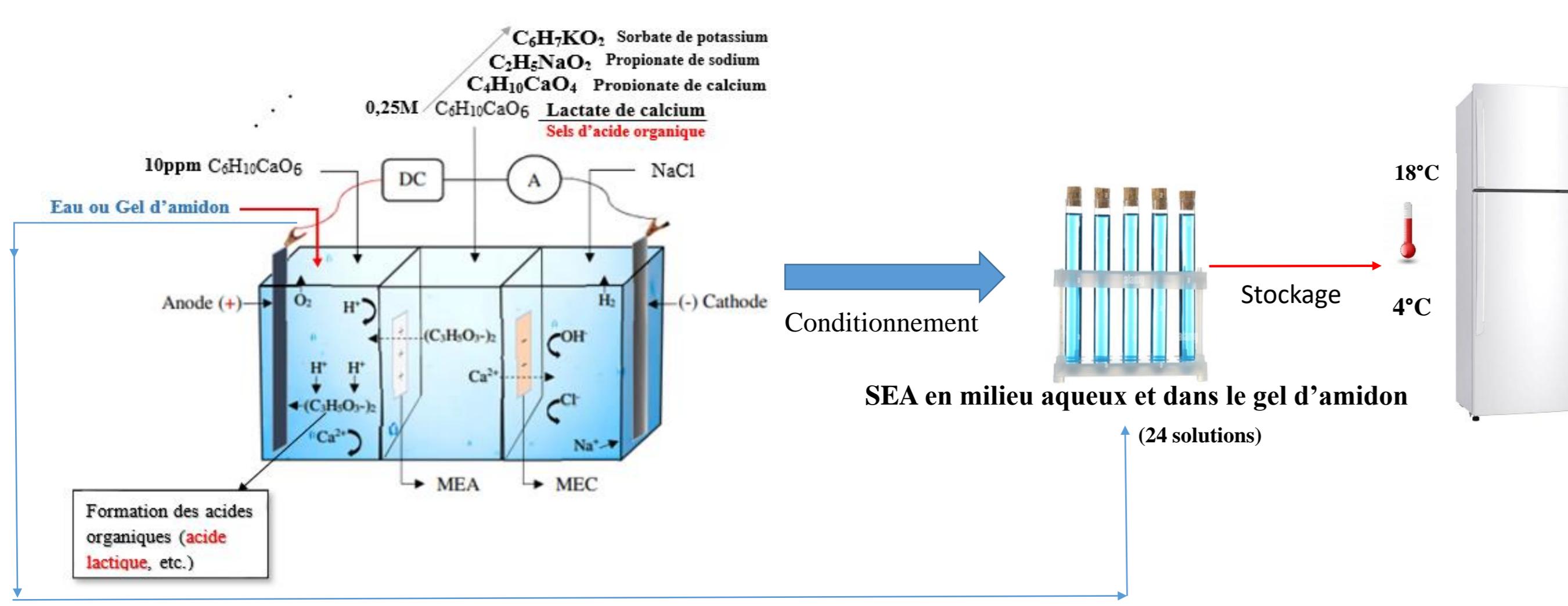
(1) Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, (2) STELA, INAF, Université Laval.

INTRODUCTION

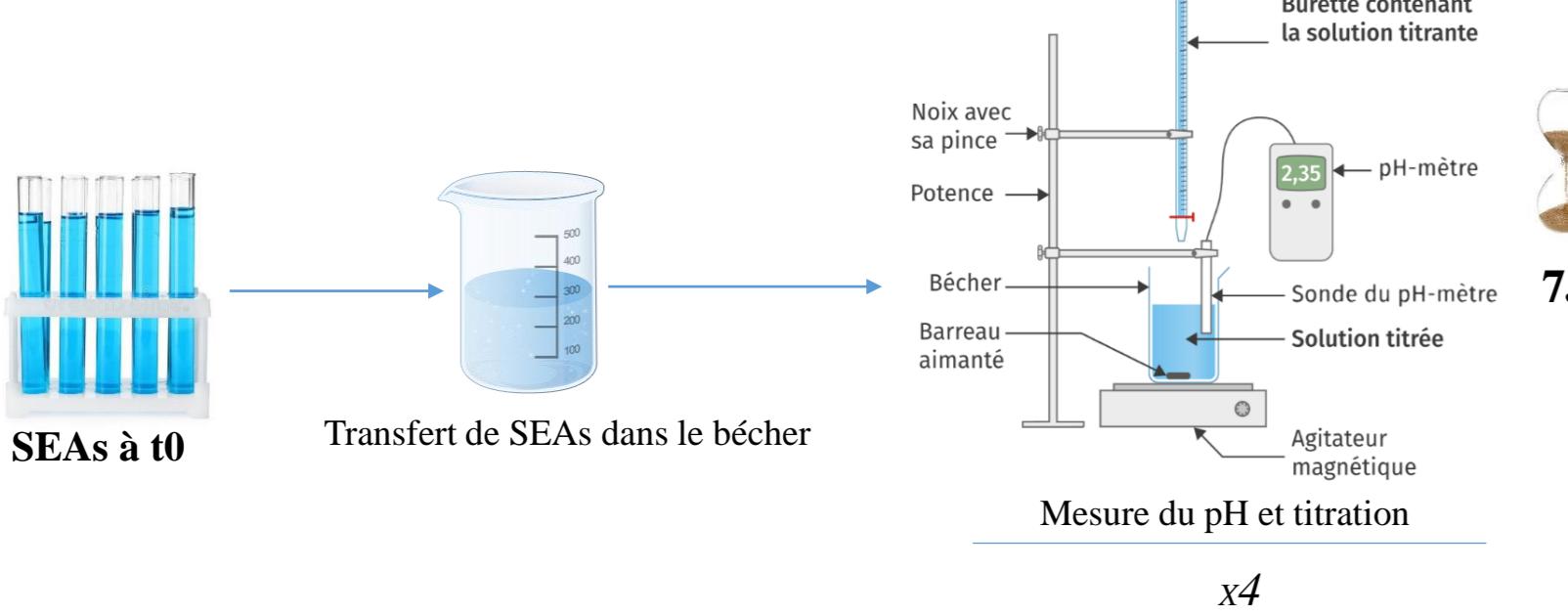
Les bactéries sont les principaux agents responsables des maladies d'origine alimentaire liées à la consommation mondiale de fromage. Les espèces les plus fréquemment impliquées sont *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella enterica* (Fox et al., 2017c). Afin de lutter contre ces pathogènes, cette étude a eu pour but d'évaluer l'efficacité antimicrobienne in vitro d'acides organiques produits par électroactivation, avec pour perspective leur utilisation comme additifs dans des films et emballages comestibles destinés au fromage. L'électroactivation est un procédé électrochimique se déroulant à l'interface électrode/solution et reposant sur des phénomènes d'oxydation/réduction. Les réactions électrochimiques qui se produisent sur les électrodes induisent des modifications du pH et du potentiel redox, ainsi que la formation d'espèces hautement oxydantes (Liatto et al., 2016). Dans cette étude, des solutions d'acides lactique, propionique et sorbique ont été électroactivées en milieu aqueux et amidonné, sous trois intensités de courant (750, 500 et 250 mA) pendant 45 minutes, puis testées sur *E. coli* afin d'identifier celles présentant la plus forte activité antimicrobienne. Les analyses microbiologiques (CMI/CMB, cinétique de croissance et cinétique de destruction) ont révélé que les acides lactique et propionique produits à 750 mA et conservés au froid étaient les plus efficaces, avec des CMI/CMB comprises entre 10 et 40 % de la concentration initiale.

MATERIEL ET METHODES :

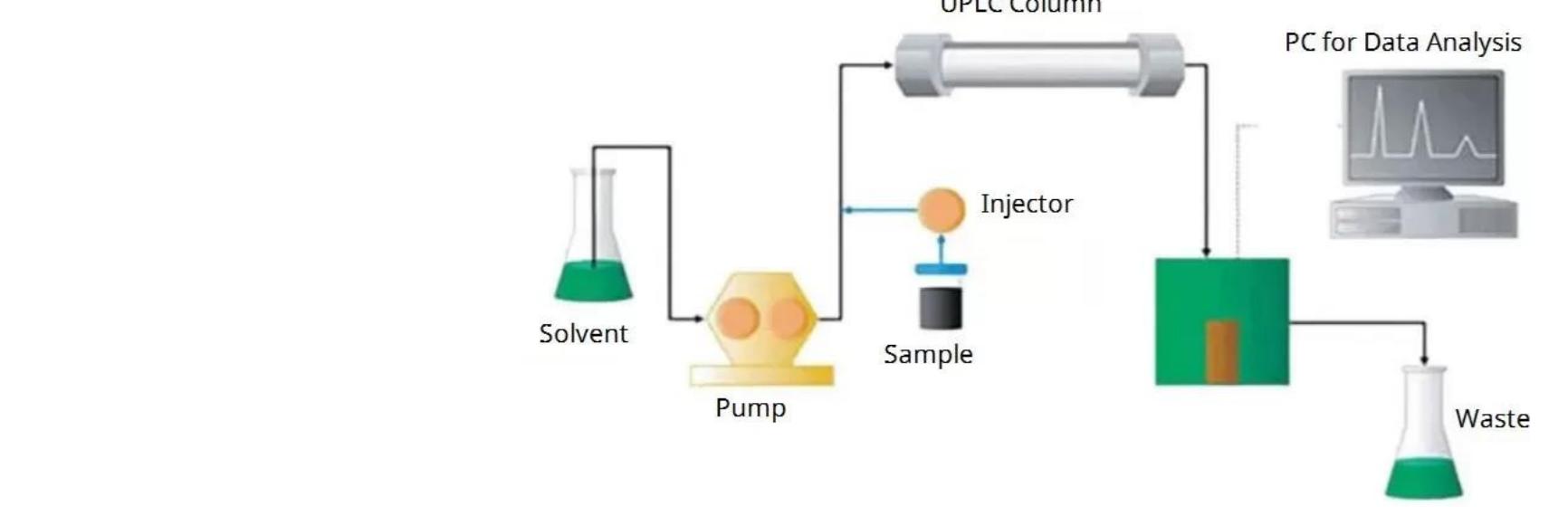
1. Productions des solutions électroactives (SEA)



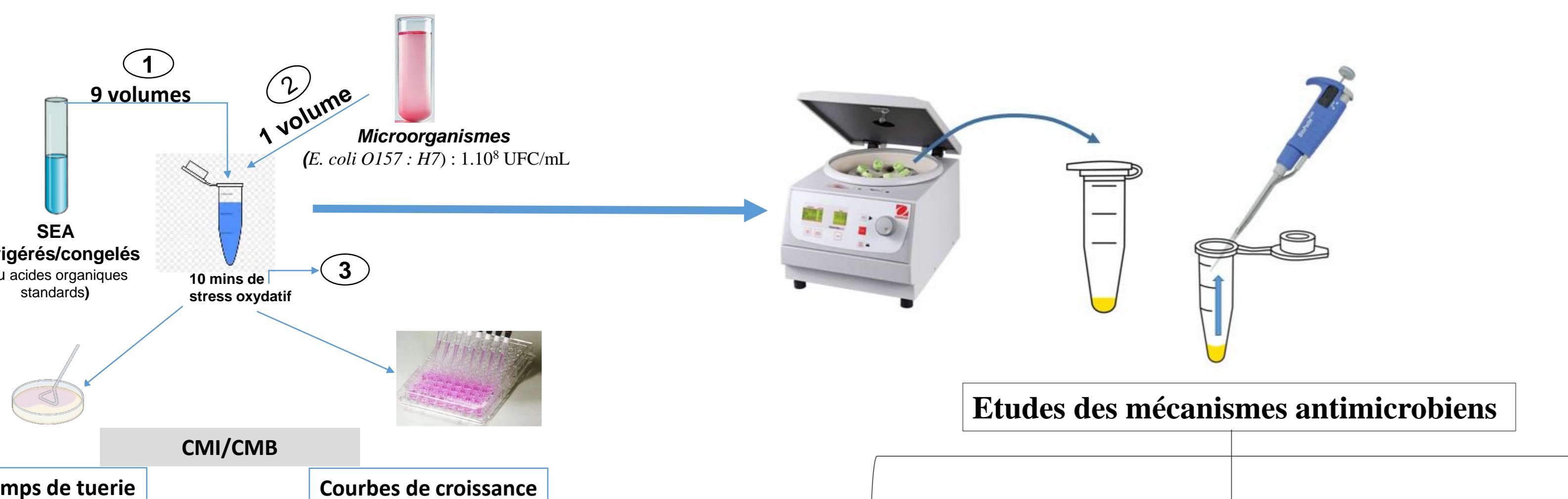
2. Analyses physicochimiques : pH, pKa et acidité titrable



3. Analyses qualitatives et quantitatives des SEA par HPLC



4. Analyses microbiologiques



Etudes des mécanismes antimicrobiens

Visualisation microscopique (TEM, SEM et LIVE/DEAD)

Dosage de K+/Ca2+

Dosage de CO2

RÉSULTATS:

1. Analyses de physicochimiques des SEA

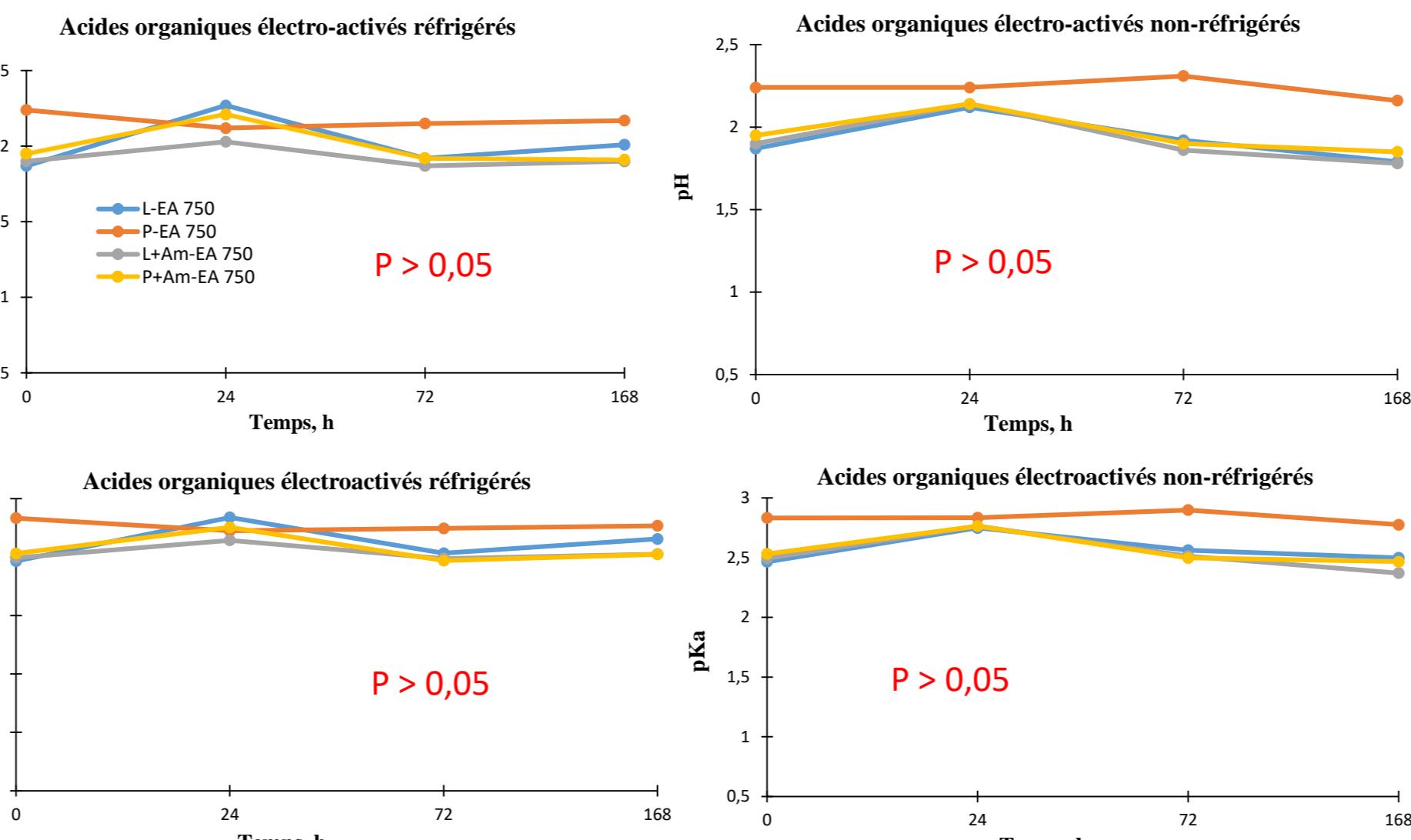


Figure 1 : Cinétique d'évolution du pH et de pKa des SEA réfrigérées et non-réfrigérées (température ambiante)

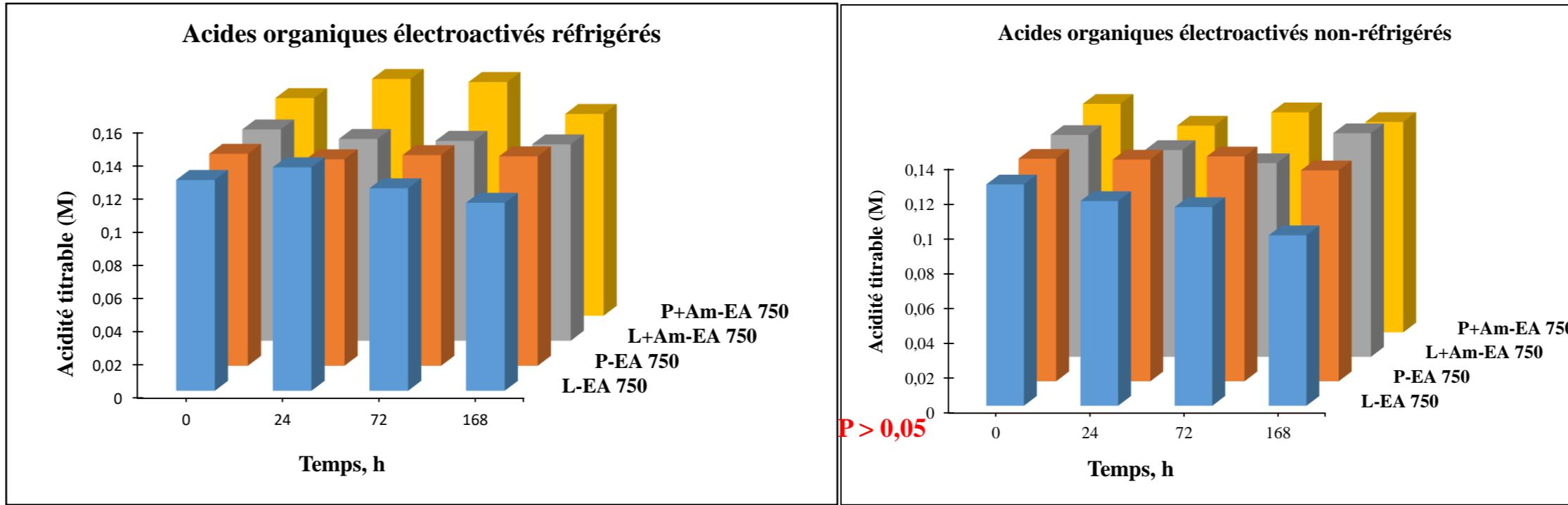
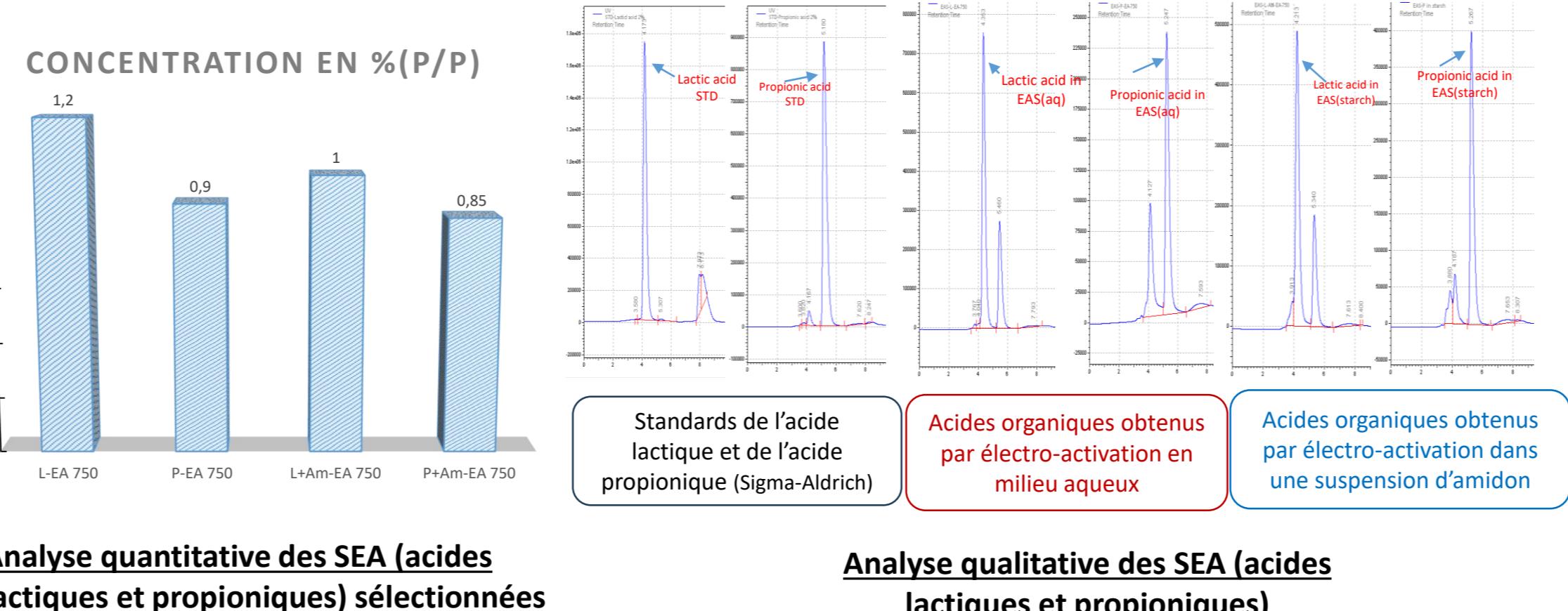


Figure 2 : Évolution de la concentration des acides organiques dans le temps (7 jours)

2. Analyses de HPLC



3. Analyses microbiologiques

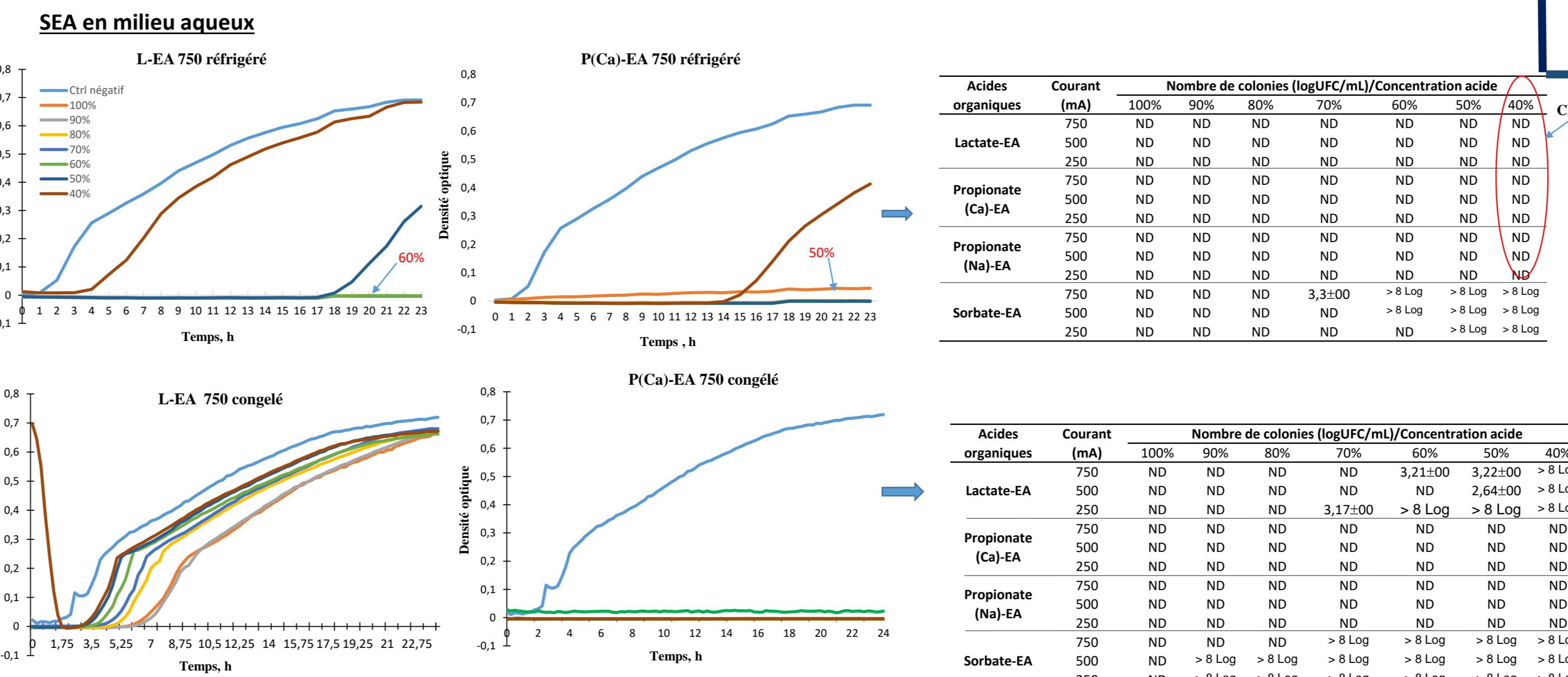


Figure 3 : Profil de croissance d'E. coli dans SEA réfrigérées et congelées

SEAs en milieu amidonné

Concentration	réfrigérées				Contrôle positif
	L+Am-EA 750	P+Am-EA 750	L-EA 750	Control	
100%	ND	ND	-	-	-
90%	ND	ND	-	-	-
80%	ND	ND	-	-	-
70%	ND	ND	-	-	-
60%	ND	ND	-	-	-
50%	ND	ND	-	-	-
40%	ND	ND	-	-	-

Concentration	congelées				P < 0,05
	L+Am-EA 750	P+Am-EA 750	L-EA 750	Control	
100%	ND	ND	-	-	-
90%	ND	ND	-	-	-
80%	ND	ND	-	-	-
70%	ND	ND	-	-	-
60%	ND	ND	-	-	-
50%	ND	ND	-	-	-
40%	ND	ND	-	-	-

Basik, E., Galus, S., & Lenart, A. (2015). Characterisation of composite edible films based on wheat starch and whey-protein isolate. International Journal of Food Science & Technology, 50(2), 372-380.

Cayemite, P. E. (2021). Électro-activation de solutions aqueuses de lactate et ascorbate de calcium et étude de leurs effets antibactériens sur les cellules végétatives et spores de *Bacillus cereus*. ATCC 14579.

Cayemite, P. E., Gerliani, N., Raymond, P., & Aider, M. (2021). Study of the Electro-Activation Process of Calcium Lactate, Calcium Ascorbate Solutions, and Their Equimolar Mixture: Assessment of Their Physicochemical Properties. ACS Omega, 6(12), 8531-8547. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00345>

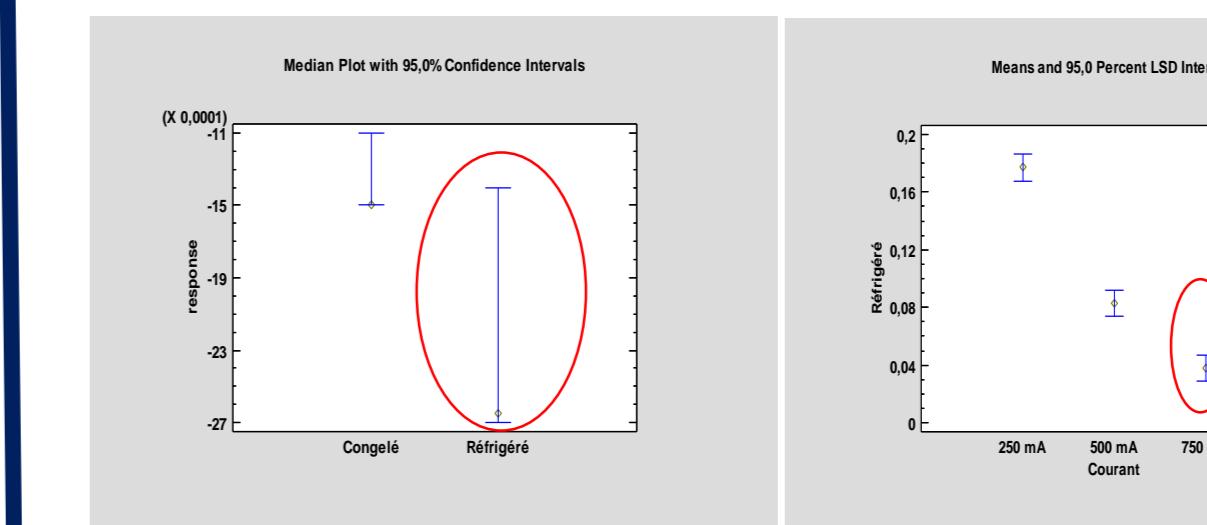
Fox, P. F., Guiney, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017c). Pathogens in Cheese and Foodborne Illnesses. In *Fundamentals of cheese science* (pp. 681-713).

Liatto, V., Labrie, S., & Aider, M. (2016). Electro-activation of potassium acetate, potassium citrate and calcium lactate: impact on solution acidity, Redox potential, vibrational properties of Raman spectra and antibacterial activity on *E. coli* O157:H7 at ambient temperature. Springerplus, 5(1), 1760. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3453-1>

Liatto, V., Labrie, S., Benali, M., & Aider, M. (2015a). Application of response surface methodology for the optimization of the production of electro-activated solutions in a three-cell reactor. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 8(4), 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.eaf.2015.03.003>

Park, Y., & Lee, J. (2006). Effect of freezing on organic acid contents and lipolytic index of plain soft and Monterey Jack goat milk cheeses. Small Ruminant Research, 63(1-2), 58-65.

Résultats relatifs aux écarts de moyennes de DO entre les facteurs



4. Temps d'action bactéricide des SEA

	Temps (min)	L-EA 750	P-EA 750	L+Am-EA 750	P+Am-EA 750	Contrôle positif
Effet inhibiteur	1	> 8 Log	ND	> 8 Log	> 8 Log	> 8 Log
	2	> 8 Log	ND	> 8 Log	ND	> 8 Log
	3	> 8 Log	ND	3,45±00	ND	> 8 Log
	4	2,23±00	ND	ND	ND	> 8 Log
Effet bactéricide	5	ND	ND	ND	ND	> 8 Log
	6	ND	ND	ND	ND	> 8 Log
	7	ND	ND	ND	ND	> 8 Log
	9	ND	ND	ND	ND	> 8 Log
	10	ND	ND	ND	ND	> 8 Log

5. Effet sur l'équilibre membranaire

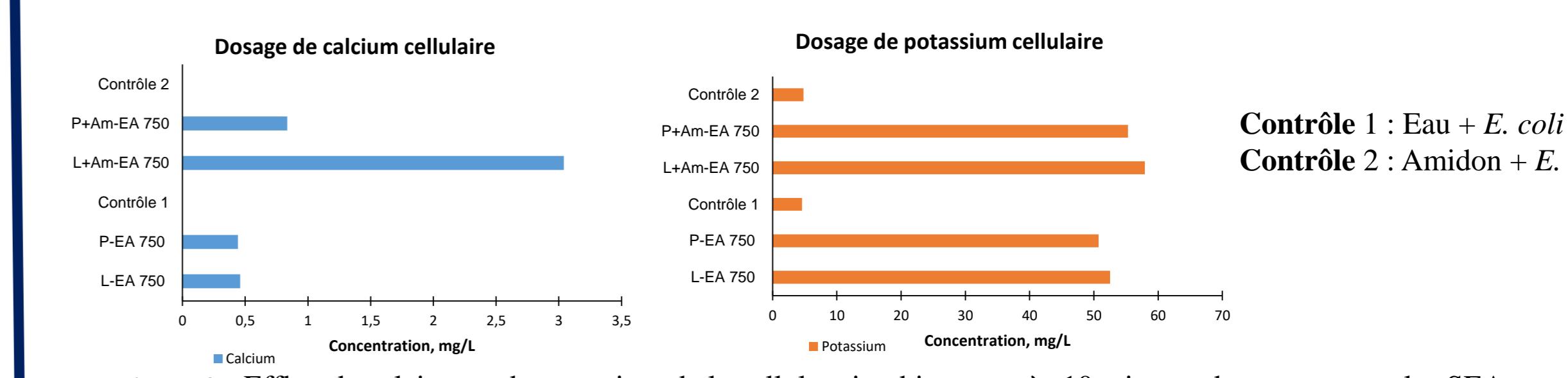


Figure 4 : Efflux de calcium et de potassium de la cellule microbienne après 10 minutes de contact avec les SEA

6. Effet sur le métabolisme respiratoire

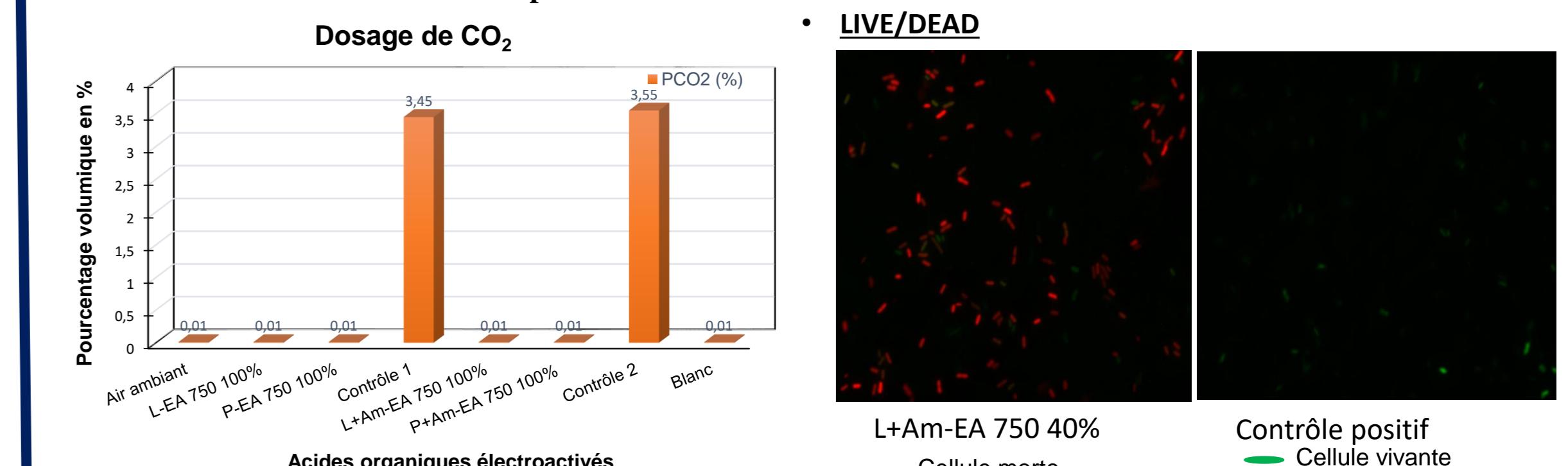
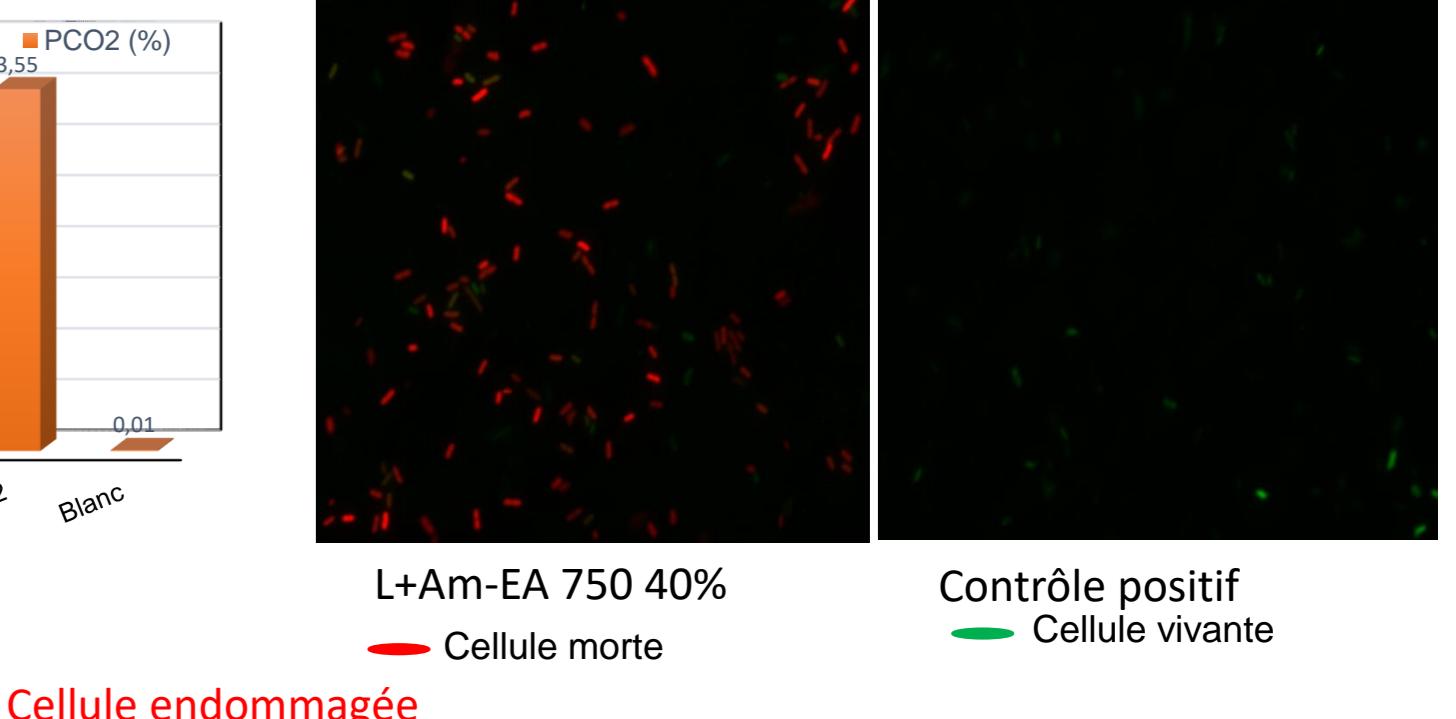


Figure 5 : Visualisation microscopique

LIVE/DEAD



Cellule endommagée



E. Coli + L-EA 750

CONCLUSION

➤ L'électro-activation anodique a permis de convertir les anions lactate et propionate en leurs formes acides non dissociée grâce aux réactions entre eux et les ions H+ fortement accumulés aux interfaces anode et membrane.

➤ L'acide lactique et l'acide propionique produits par électro-activation (EA) sont plus hautement efficaces contre *E. coli* avec une CMI/CMB équivalente à 40 % de la puissance initiale et un temps d'action à 5 minutes.

➤ La réfrigeration à 4 °C est meilleure pour la conservation des propriétés physico-chimiques (pH et acidité titrable) et antimicrobiennes des SEA.

➤ Les acides lactique et propionique produits par électro-activation et englobés dans une suspension d'amidon ont un effet antibactérien hautement significatif contre *Escherichia coli*; ce qui présente un potentiel d'utilisation comme emballage ou film comestible.

REFERENCES