

# CARACTÉRISATION DES BOUES D'ÉPURATION MUNICIPALES

## PARTIE I :

# PARAMÈTRES AGRONOMIQUES

Vincent Perron, B. Sc., étudiant à la maîtrise en science de l'environnement à l'Université du Québec à Montréal

Marc Hébert, agr., M. Sc., Direction des politiques en milieu terrestre, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

### Introduction

Le Québec compte plus de 700 stations d'épuration des eaux usées municipales générant environ 900 000 tonnes humides de boues annuellement. La majorité de ces boues municipales, appelées aussi biosolides municipaux, proviennent de deux types de stations d'épuration, soit les stations mécanisées et celles de type étangs. Les stations mécanisées, retrouvées généralement dans les grandes villes, sont compactes et produisent des boues déshydratées devant être continuellement évacuées (MENV, 2001). La plupart des stations mécanisées du Québec utilisent le procédé de traitement biologique par boues activées. En effet, on dénombre 49 stations de ce type au Québec. Suivent dans l'ordre les stations utilisant des disques biologiques (22 stations) et les stations physico-chimiques (13 stations) (MAMR, 2006). Ces 84 stations mécanisées produisent la majorité des biosolides municipaux générés au Québec (MENV, 2001).

Les stations de type étangs, localisées principalement dans les petites municipalités, sont beaucoup plus nombreuses, mais traitent un volume moindre d'eaux usées comparativement aux stations mécanisées.

Elles utilisent le principe du lagunage et sont habituellement constituées de deux à quatre bassins en série, au fond desquels les boues liquides s'accumulent sur une période de cinq à quinze ans (MENV, 2001). Après cette période, les boues sont pompées et généralement déshydratées à l'aide d'équipements mobiles en vue de leur évacuation. Les étangs aérés facultatifs constituent la technologie d'épuration des eaux domestiques la plus répandue au Québec, avec plus de 530 stations de ce type dans la province. On dénombre par ailleurs plus d'une trentaine d'étangs non aérés (MAMR, 2006).

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) évalue que 82 % des boues municipales générées au Québec sont actuellement enfouies ou incinérées et que 18 % sont valorisées comme matières fertilisantes (avec ou sans compostage au préalable), en dépit du fait que cette dernière avenue d'évacuation soit celle privilégiée par le gouvernement du Québec. En effet, il est stipulé à la section 5.6.8 de la *Politique québécoise sur la gestion des matières résiduelles (1998-2008)* qu'« Éventuellement, aucune boue ne devrait être enfouie sans démonstration qu'il n'est pas économiquement viable de la valoriser » (Gouvernement du Québec, 2000). Ce faible taux de valorisation, comparativement à celui de la France (60 %) et celui des États-Unis (55 %), peut s'expliquer par le fait que les coûts d'enfouissement sanitaire sont peu élevés au Québec et que la valorisation agricole des biosolides municipaux est perçue négativement par le public québécois (MDDEP, 2006). Il est reconnu

que le manque d'information du public contribue à alimenter l'image négative de cette pratique.

Dans un tel contexte, le MDDEP a le double mandat de soutenir les objectifs gouvernementaux en matière de valorisation des boues municipales, tout en s'assurant que cette pratique s'effectue dans le respect de l'environnement et de la santé. Le ministère doit également fournir, aux acteurs agricoles et autres intervenants, une information à jour quant aux risques et aux bénéfices reliés à la valorisation des biosolides municipaux en agriculture. Cet article, premier d'une série de deux, vise donc à fournir des statistiques descriptives actualisées relativement aux propriétés agronomiques des boues d'étangs et de stations mécanisées, expliquer les principales sources de variation et comparer les propriétés agronomiques des biosolides municipaux avec celles des fumiers de ferme.

### Méthodologie

Les données brutes sur les boues municipales utilisées dans cette étude proviennent de la base de données *Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux (SOMAE)*, gérée par la direction des infrastructures du ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR). Cette base de données en ligne contient les résultats d'analyses de boues fournis volontairement par près d'une centaine de stations d'épuration de type étangs et près d'une quarantaine de stations mécanisées. Toutefois, seules les stations d'épuration ayant fourni des résultats récents d'analyses de boues (entre les années 2000 et 2006) ont

été retenues dans cette étude. Au total, 35 stations mécanisées et 68 stations de type étangs ont été sélectionnées sur cette base. L'étude comparative des propriétés agronomiques des boues de stations mécanisées et de type étangs a été effectuée à l'aide des résultats de l'analyse de boues la plus récente de chacune des stations sélectionnées. Pour chaque station de type étangs, une valeur moyenne a été calculée pour tous les paramètres agronomiques à partir des données les plus récentes de chacun des étangs constitutifs, et ce, en raison de la similarité entre les propriétés agronomiques des boues issues de ces derniers.

Les paramètres agronomiques retenus dans cette étude comparative sont la siccité (pourcentage de matière sèche), le pourcentage de matière organique, le pH ainsi que les teneurs en azote total, azote ammoniacal, phosphore, potassium, calcium et magnésium. Les rapports C/N, N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et N-NH<sub>4</sub>/NTK ont également été calculés. La teneur en carbone des boues municipales, nécessaire pour déterminer le

rapport C/N de ces dernières, a été calculée en utilisant la formule suivante :  $C = M.O. (mg/kg \text{ b.s.})/2$  (Giroux et Audesse, 2004). Les tests de Wilcoxon-Mann-Withney et Student ont été utilisés avec un seuil de signification  $\alpha = 0,05$  pour comparer les valeurs moyennes des paramètres agronomiques des boues issues des stations mécanisées et de type étangs. Ces tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel JMP 5.1 de SAS Institute inc.

Il est important de noter que 31 données d'analyse sur 1 430 ont été exclues de la présente étude, soit 2 % de l'ensemble des données disponibles. De ce nombre, trois données ont été identifiées comme étant des erreurs de laboratoire par un analyste du MAMR et 28 données ont été jugées aberrantes par le MDDEP puisqu'elles étaient anormalement élevées ou basses par rapport aux autres données d'une même station et par rapport à la moyenne des données d'un même type de stations pour un paramètre donné (différence de plus de deux ordres de grandeur). Ces données aberrantes pourraient être attribuables

à des erreurs de laboratoire, de saisie de données dans SOMAE ou d'unité de mesure.

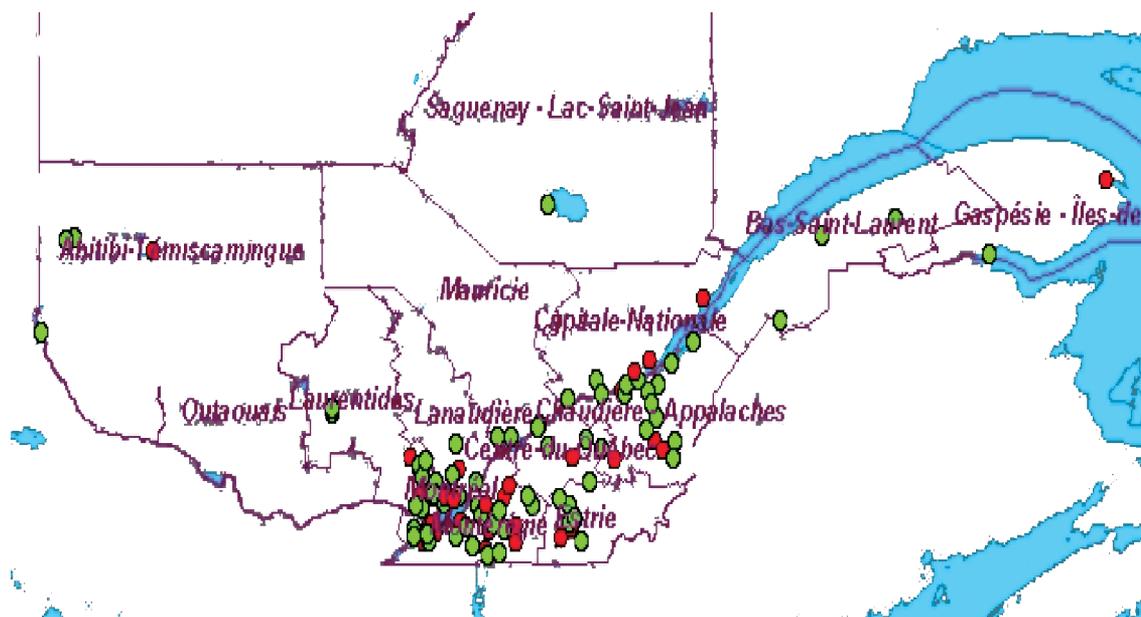
## Résultats et discussion

### Représentativité des échantillons

La figure 1 présente la répartition géographique des 35 stations mécanisées et des 68 stations de type étangs sélectionnées. Ces deux échantillons représentent environ 15 % des quelque 700 stations d'épuration retrouvées au Québec et couvrent 13 des 17 régions administratives de la province. L'échantillon de stations mécanisées est dominé par les stations utilisant le procédé de traitement biologique par boues activées (60 %). Suivent ensuite les stations physico-chimiques (20 %) et les stations utilisant des disques biologiques (20 %). Ces proportions sont similaires à celles observées au Québec. Il est important de noter que les analyses de boues des stations d'épuration des villes de Montréal, Longueuil et Québec ne sont pas incluses dans cette étude, puisqu'absentes de la base de données SOMAE. Ces trois villes ne valorisent toutefois pas leurs boues.

Figure 1

**Répartition géographique des stations d'épuration des eaux usées municipales faisant l'objet de la présente étude. Les points rouges représentent les stations mécanisées et les points verts les stations de type étangs.**



L'échantillon de stations de type étangs est pour sa part largement dominé par les étangs aérés facultatifs (95 %). Ce pourcentage est similaire à celui observé pour l'ensemble des étangs du Québec.

En somme, les deux échantillons de stations d'épuration constitués dans cette étude permettent d'obtenir un portrait représentatif de la situation québécoise, à l'exception des très grandes villes comme Montréal, Longueuil et Québec.

## Paramètres physico-chimiques

La siccité, le pourcentage de matière organique et le pH sont les trois principaux paramètres physico-chimiques analysés dans les boues d'épuration municipales.

La siccité (pourcentage de matière sèche) est un paramètre qui renseigne sur la

consistance et la concentration en solides des boues. Une siccité élevée a pour avantage de réduire le volume de boues à transporter et de permettre leur entreposage au champ, ce qui n'est pas autorisé avec les boues liquides. Une siccité élevée facilite également l'acheminement des boues vers des sites de compostage spécialisés. Les résultats de la présente étude révèlent que les boues de stations mécanisées possèdent une siccité moyenne quatre fois plus élevée que les boues d'étangs (tableau 1), ce qui leur confère une plus grande consistance. Ce résultat s'explique par le fait que la plupart des stations mécanisées possèdent des équipements de déshydratation mécanique. La siccité résultante des boues varie néanmoins d'une station mécanisée à l'autre, selon la technologie de déshydratation utilisée, comme en témoigne le coefficient de variation de 52 % (tableau

1). Les boues d'étangs, avec une siccité moyenne de 5 %, sont quant à elles d'aspect liquide. Par contre, lors de la vidange des étangs, elles sont souvent déshydratées avec des équipements mobiles et peuvent atteindre une siccité analogue à celle des boues de stations mécanisées. Lorsque les sites d'épandage sont situés à proximité de la station, il en coûtera toutefois généralement moins cher aux exploitants de procéder directement à l'épandage agricole des boues liquides que d'avoir recours à cette technique de déshydratation.

La matière organique d'un amendement est un paramètre agronomique qui revêt une grande importance en agriculture, puisqu'elle améliore la porosité et le pouvoir de rétention de l'eau des sols (N'Dayegamiye *et al.*, 2004). Elle favorise ainsi l'enracinement des plantes cultivées, leur approvisionnement en eau et en éléments nutritifs tout en apportant une source de nourriture aux vers de terre et aux microorganismes utiles (Estevez *et al.*, 1992; N'Dayegamiye *et al.*, 2004). Les résultats de la présente étude démontrent que les boues de stations mécanisées contiennent en moyenne près de 50 % plus de matière organique (exprimé sur base sèche) que les boues de stations de type étangs (tableau 1). Cet écart serait attribuable au fait que les boues d'étangs s'accumulent longtemps au fond des bassins (cinq à quinze ans comparativement à quelques jours pour les stations mécanisées). De ce fait, la matière organique contenue dans les boues d'étangs est davantage oxydée par les microorganismes.

D'autre part, les boues municipales traitées à la chaux vive ou hydratées, comme celles de Sherbrooke par exemple, peuvent avoir un impact positif sur le pH des sols acides. Toutefois, le pH moyen des boues se situant près de la neutralité (tableau 1) démontre que l'utilisation de ce type de traitement est peu répandue au Québec.

Tableau 1

### Comparaison des propriétés agronomiques des boues issues des deux principaux types de stations d'épuration des eaux usées municipales retrouvées au Québec pour la période 2000-2006

Paramètres †	TYPE DE STATIONS				Valeur p €
	Mécanisées (n = 35)		Étangs (n = 68)		
	Moyenne	c.v. (%) ‡	Moyenne	c.v. (%) ‡	
Siccité (% b.h.)	21	52	5	43	< 0,0001
M.O. (% b.s.)	66	22	42	25	< 0,0001
C/N	9,0	52	9,8	22	0,05
N-NTK (% b.s.)	4,4	38	2,2	41	< 0,0001
N-NH <sub>4</sub> /N-NTK	0,09	69	0,13	70	0,05
N/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,45	57	0,74	94	< 0,0001
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (% b.s.)	3,9	53	4,5	61	0,40
K <sub>2</sub> O (% b.s.)	0,3	68	0,2	74	0,06
Ca (% b.s.)	1,5	45	2,7	52	< 0,0001
Mg (% b.s.)	0,4	42	0,6	71	0,10
pH	7,0	16	7,1	6	0,03

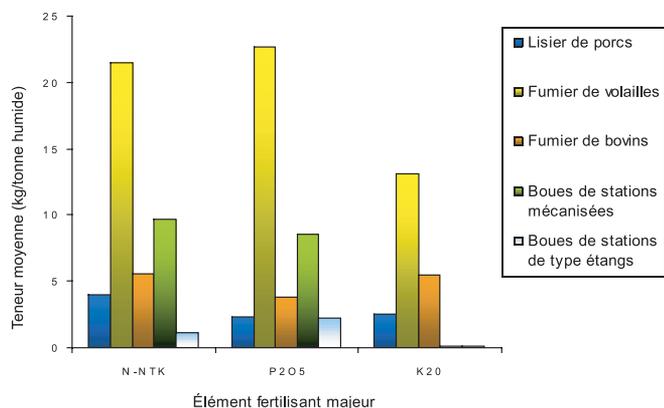
† Moyennes exprimées sur base sèche (b.s.), sauf pour la siccité qui est sur base humide (b.h.). Les rapports C/N, N-NH<sub>4</sub>/N-NTK et N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> représentent la moyenne de l'ensemble des rapports.

‡ c.v. (%) = écart-type / moyenne \* 100

€ Valeur p selon le test de Wilcoxon-Mann-Withney ( $\alpha = 0,05$ ). Le test de Student a été utilisé pour la M.O. ( $\alpha = 0,05$ ). Les valeurs p inférieures à 0,05 signifient qu'il y a une différence significative entre les boues de stations mécanisées et de type étangs pour un paramètre agronomique donné.

Figure 2

**Comparaison de la teneur moyenne en éléments fertilisants majeurs de cinq engrais organiques. Les données pour les fumiers de volailles et de bovins ainsi que pour le lisier de porcs sont tirées de Hébert (2005).**



### Teneurs en azote et phosphore

Outre leurs propriétés d'amendement organique, les boues municipales contiennent des éléments fertilisants. Leur contenu en azote et en phosphore leur confère même des propriétés d'engrais organiques. Elles peuvent donc constituer un substitut ou un complément aux engrais minéraux de synthèse.

L'azote est l'élément fertilisant qui influence le plus la productivité végétale (Hébert *et al.*, 2003). Les résultats de l'étude indiquent que les boues de stations mécanisées contiennent en moyenne deux fois plus d'azote total que les boues d'étangs (tableau 1). Ceci peut être expliqué par le fait que les boues d'étangs séjournent longtemps au fond des bassins et sont plus susceptibles de subir des pertes en azote, notamment par les phénomènes de nitrification/dénitrification et de solubilisation. À titre comparatif, la figure 2 présente les teneurs moyennes en azote total (N-NTK), exprimées en kg/tonne humide, des boues municipales et de trois engrais de ferme. Les résultats révèlent que les boues de stations mécanisées possèdent des teneurs en azote supérieures au fumier de bovins et au lisier de porcs. Les boues d'étangs liquides présentent cependant les plus faibles teneurs en cet élément, et ce, principalement en raison de leur faible siccité et d'une perte accrue en azote.

Il est important de préciser que seule une fraction de l'azote total des boues sera rapidement rendue disponible aux plantes. Il s'agit de l'azote ammoniacal et de l'azote organique facilement minéralisable. Le ratio  $N-NH_4/N-NTK$  indique la proportion d'azote sous forme ammoniacale des boues municipales. Ce ratio est plutôt faible, quelque soit le type de stations d'épuration qui les génèrent (tableau 1). Il y a toutefois lieu de croire que ce ratio

pourrait s'accroître lors du stockage des boues au champ, comme c'est le cas avec les biosolides papetiers (Hébert, 2005).

Il est reconnu que les engrais organiques ayant des rapports C/N inférieurs à 20 se minéralisent rapidement et peuvent libérer des quantités importantes d'azote aux cultures (Bipfubusa *et al.*, 2006). Le rapport C/N constitue donc un indice de la fraction d'azote organique facilement minéralisable des boues municipales et des fumiers de ferme non compostés (Hébert, 2005). Le rapport C/N moyen des boues issues de stations mécanisées et de type étangs est inférieur à 10 dans les deux cas (tableau 1). De ce fait, la minéralisation de la matière organique contenue dans les boues de ces deux types de stations devrait débuter peu de temps après leur épandage, rendant ainsi rapidement disponibles de grandes quantités d'azote aux cultures. Toutefois, il est possible que l'azote des boues d'étangs soit davantage humifié, comme c'est le cas avec les boues compostées. Le rapport C/N serait alors inapproprié comme indicateur de la libération de l'azote, à l'instar des composts. Cette hypothèse devra néanmoins être validée.

Le phosphore est un autre élément très important pour la croissance des plantes. Par contre, il se retrouve déjà en quantités excessives dans plusieurs sols agricoles situés dans les bassins versants dégradés du Québec. À ces endroits, il est recommandé d'utiliser des amendements possédant des teneurs plus faibles en phosphore et un ratio N/P plus élevé. Les résultats de cette étude démontrent que les boues d'étangs et de stations mécanisées possèdent des teneurs similaires en phosphore (tableau 1, p. 50). Par contre, sur base humide, les boues d'étangs renferment moins de phosphore en raison de leur faible siccité (figure 2, p. 51). Ces dernières possèdent toutefois un rapport  $N/P_2O_5$  inférieur à celui des boues de stations mécanisées, ce qui rend leur utilisation moins avantageuse dans les secteurs où les teneurs en phosphore limitent les doses d'épandage. Il est important de noter que les sels d'aluminium, utilisés comme agents coagulant lors du traitement des eaux usées, s'accumulent dans les boues municipales. Ces sels d'aluminium permettent de limiter les pertes en phosphore par ruissellement que pourraient subir les boues municipales épandues.

### Teneurs en autres éléments fertilisants

Le potassium est le troisième élément fertilisant en importance pour les plantes. Toutefois, il est présent en faible concentration dans les deux types de boues (tableau 1, p. 50). En effet, le potassium excrété dans l'urine, étant très soluble, a tendance à demeurer en solution dans les eaux usées et à être rejeté dans l'effluent épuré des stations. Les boues municipales sont donc nettement moins concentrées en potassium comparativement aux engrais de ferme (figure 2, p. 51). Toutefois, cette particularité des boues municipales peut être avantageuse pour la culture de fourrages dans les sols

naturellement riches en potassium.

La teneur en calcium est en moyenne deux fois plus élevée dans les boues d'étangs que dans les boues de stations mécanisées (tableau 1, p. 50). Ceci peut s'expliquer en partie par le phénomène de concentration de cet élément qui résulte de la diminution de la masse des boues d'étangs à la suite de l'oxydation de la matière organique qu'elles contiennent. Pour ce qui est du magnésium, la teneur moyenne des boues d'étangs en cet élément a tendance à être plus élevée que celle des boues de stations mécanisées (tableau 1, p. 50).

## Conclusion

Cette étude démontre que la valeur agronomique des boues de stations mécanisées est supérieure à celle des boues d'étangs en raison d'une meilleure conservation de la matière organique et de l'azote lors du processus d'épuration des eaux usées et d'une plus grande siccité liée à la déshydratation mécanique. Les concentrations en azote et en phosphore des boues de stations mécanisées, lorsqu'exprimées sur base humide, sont également supérieures à celles des principaux engrais de ferme produits au Québec. Cette étude précise enfin que les teneurs en éléments fertilisants des boues municipales sont assez variables d'une station à l'autre. Il importe donc de fonder les recommandations agronomiques sur une analyse précise, plutôt que sur les teneurs moyennes en éléments fertilisants des boues générées au Québec.

Afin de compléter le portrait des boues municipales, un deuxième article, portant cette fois-ci sur la comparaison des teneurs en éléments traces métalliques des boues issues des stations mécanisées et de type étangs, sera publié dans le prochain numéro de *VECTEUR environnement*.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les nombreuses personnes qui ont commenté l'article, soit messieurs Alain Roseberry et

Michel Laurin, de la Direction des infrastructures du MAMR, ainsi que Marcel Giroux de l'IRDA et François Granger du Groupe Conseil UDA inc. Merci également à madame Yolaine Blais de la Direction des politiques en milieu terrestre du MDDEP pour son étroite collaboration.

## Références bibliographiques

- Bipfubusa, M., A. N'Dayegamiye et H. Antoun. (2006). « Évaluation des effets de boues mixtes fraîches et de leurs composts sur les rendements des cultures et leur nutrition minérale ». *Agrosolutions*, 17 (1), p. 65-72.
- Estevez, B., D. Coderre et F. Pagé. (1992). « Effet de la fertilisation sur les vers de terre et leur impact sur la porosité et la stabilité structurale du sol ». *Agrosol*, 5 (2), p. 26-31.
- Giroux, M. et P. Audesse. (2004). « Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme ». *Agrosol*, 15 (2), p. 107-110.
- Gouvernement du Québec. (2000). *Politique québécoise sur la gestion des matières résiduelles (1998-2008)*. Gazette officielle du Québec, 30 septembre 2000, 132<sup>e</sup> année, n° 39, p. 968-974.
- Hébert, M., V. Rioux et É. Gagnon. (2003). « Contrôle de qualité indépendant des MRF par le MENV – partie 2 : Pathogènes et paramètres agronomiques ». *VECTEUR environnement*, 36 (1), p. 34-40.
- Hébert, M. (2005). « Épandage automnal des MRF – risques environnementaux et mesures préventives ». *Agrosol*, 16 (1), p. 61-78.
- MAMR. (2006). *Liste des stations d'épuration*. Ministère des Affaires municipales et des Régions, Direction des infrastructures, Québec, 12 p.
- MDDEP. (2006). *Questions et réponses sur des éléments soulevés par le documentaire Tabou(e)! sur la valorisation des boues municipales*. [En ligne]. [www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou\(e\).asp](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou(e).asp).
- MENV. (2001). *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*. Ministère de l'Environnement, Québec.
- MENV. (2004). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Critères de référence et normes réglementaires*. Ministère de l'Environnement, Québec, 127 p.
- N'Dayegamiye, A., A. Drapeau, S. Huard et Y. Thibeault. (2004). « Intégration de boues mixtes et de fumiers dans des rotations agricoles : Réponse des cultures et interactions avec les propriétés du sol ». *Agrosol*, 15 (2), p. 83-90. ◀