

GUIDE TECHNIQUE

ACCUMULATION D'EAU
DANS LES **INSTALLATIONS**
D'ENTREPOSAGE
DES FUMIERS À CIEL OUVERT



Photo © Éric Labonté, MAPAQ

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Ouranos pour sa contribution financière au projet de recherche duquel les résultats ont été utilisés pour rédiger ce guide technique. Des remerciements sont également adressés à l'IRDA pour avoir fourni les ressources humaines et financières nécessaires à la réalisation du projet. Enfin, les auteurs souhaitent remercier les collaborateurs ayant fait parti du comité d'experts du projet :

Marie-France Blais, ing., MDDEFP ;

Anne Blondlot, agr., Ouranos ;

Caroline De Foy, ing., M.Sc., MAPAQ ;

Robert Lagacé, ing., Ph.D. et agr., Université Laval ;

Myriam Renaud, MAPAQ ;

Pierre Vallée, ing., AIAQ.

CONTACT

Stéphane Godbout, ing., P.Eng., agr., Ph.D.

Chercheur et professeur associé, IRDA

2700, rue Einstein, Québec (Québec) CANADA G1P 3W8

Téléphone : 418 643-2380, poste 600

Télécopieur : 418 644-6855

stephane.godbout@irda.qc.ca

www.irda.qc.ca

ACCUMULATION D'EAU DANS LES INSTALLATIONS D'ENTREPOSAGE DES FUMIERS À CIEL OUVERT

AUTEURS

Stéphane Godbout, ing., P.Eng., Ph.D. et agr., IRDA;
Patrick Brassard, ing. jr, M. Sc., IRDA;
Frédéric Pelletier, ing. M.Sc., IRDA;
Michèle Grenier, statisticienne, M. Sc., IRDA;
Patrick Grenier, climatologue, Ph.D., Ouranos;
Luc Belzile, agroéconomiste, M. Sc., IRDA;
Christine Landry, agr., Ph.D., IRDA;
Frédéric Bolduc, agr., FERTIOR;
Oussama Benslimane, agr., COGENOR;
David Bilodeau, B. Sc., étudiant, Université Laval.

COLLABORATEURS

Marie-France Blais, ing., MDDEFP;
Anne Blondlot, agr., Ouranos;
Caroline De Foy, ing., M.Sc., MAPAQ;
Robert Lagacé, ing., Ph.D. et agr., Université Laval;
Myriam Renaud, MAPAQ;
Pierre Vallée, ing., AIAQ.



1 INTRODUCTION

Il y a deux aspects importants à considérer lors de la conception des structures d'entreposage de fumier : l'aspect technique (structure et construction) et le dimensionnement (le volume de fumier et de précipitations à entreposer). Un guide technique a été développé en lien avec le premier aspect (AIAQ, CRAAQ et IRDA, 2012) et deux documents spécifiques fournissent l'information pour le second. Le premier des deux documents sur le dimensionnement est une fiche technique sur la production journalière de déjections animales mise à jour récemment (IRDA, MAPAQ et AIAQ, 2012). Le second document, nécessaire au calcul des volumes, a pour titre : « *Accumulation d'eau dans les installations d'entreposage des fumiers à ciel ouvert pour différentes municipalités au Québec en fonction de périodes de retour* » (Joncas et al., 1993). Il sert à déterminer le volume d'eau de précipitations à considérer dans le calcul du dimensionnement des structures d'entreposage. Selon les modèles climatiques, le régime des précipitations et des températures dans le futur sera modifié. Les résultats de Joncas et al. (1993), directement influencés par ces variables météorologiques et basés sur la période 1961 à 1990, devaient donc être révisés. Le présent guide technique constitue une mise à jour de ce document et tient compte des scénarios climatiques pour la période 2016-2044. Il a été élaboré dans le cadre d'un projet intitulé « *Étude des volumes de précipitations et d'évaporation pour le calcul des structures d'entreposage de fumier dans un contexte de changements climatiques* » (Godbout et al., 2013). Les coûts relatifs à ces travaux ont été assumés par Ouranos, qui a également généré et fourni les scénarios climatiques.

2 HYPOTHÈSES

Huit scénarios climatiques construits pour la période future 2016-2044, avec comme référence la période historique 1981-2009, ont été utilisés pour la conception de ce guide. Un scénario climatique décrit l'évolution de variables climatiques d'intérêt pour une application donnée (Grenier, 2013). Dans le cas présent, les variables quotidiennes produites sont les précipitations totales (liquides et solides, en mm jour⁻¹ ou en kg m⁻² jour⁻¹), ainsi que les températures minimales et maximales (en °C). Les séries temporelles ont été préparées pour un ensemble de points ayant les coordonnées (latitude et longitude) de 52 stations météorologiques du MDDEFP, réparties dans les différentes directions régionales du MAPAQ (figure 1).

Le modèle de Baier et Robertson, qui a été calibré pour le Québec par Rochette (1988), a été sélectionné pour calculer l'évaporation. Un facteur de 0,8 y a été appliqué pour tenir compte de la composition du liquide (du lisier plutôt que de l'eau), selon les résultats de l'étude de Lehoux (1994).

Des tests statistiques ont démontré que les valeurs d'accumulations moyennes présentées dans ce document, produites à partir de scénarios climatiques de la période 2016-2044, sont significativement supérieures à celles des années 1981-2009. Malgré cela, les accumulations calculées sont dans plusieurs cas plus faibles que dans l'ancien guide de Joncas et al. (1993). En effet, l'utilisation du modèle de Baier et Robertson pour évaluer l'évaporation, en remplacement du modèle de Thornthwaite, a eu comme impact de hausser l'évaporation. Par conséquent, l'augmentation des accumulations d'eau liée aux changements climatiques est en partie compensée par une plus grande évaporation calculée selon le modèle de Baier et Robertson.

3 LIMITES

Les accumulations minimales et maximales proposées dans ce document (tableaux 1, 2, 3 et 4) en fonction des périodes de retour de 10 ans et de 25 ans, et des différentes périodes d'entreposage, ont été calculées à partir des données climatiques d'un sous-ensemble de scénarios futurs plausibles pour les années 2016-2044. Ces deux valeurs sont ainsi présentées pour refléter le fait qu'il existe une certaine variabilité entre les scénarios climatiques produits, l'incertitude ne pouvant pas être calculée en appliquant une formule théorique simple.

Les huit scénarios climatiques corrigés constituent une fenêtre d'éventualités, soit un ensemble de futurs plausibles. Il est important de savoir que ce sous-ensemble ne couvre pas toute la plage des éventualités; le climat pourrait potentiellement évoluer en dehors de cette fenêtre.

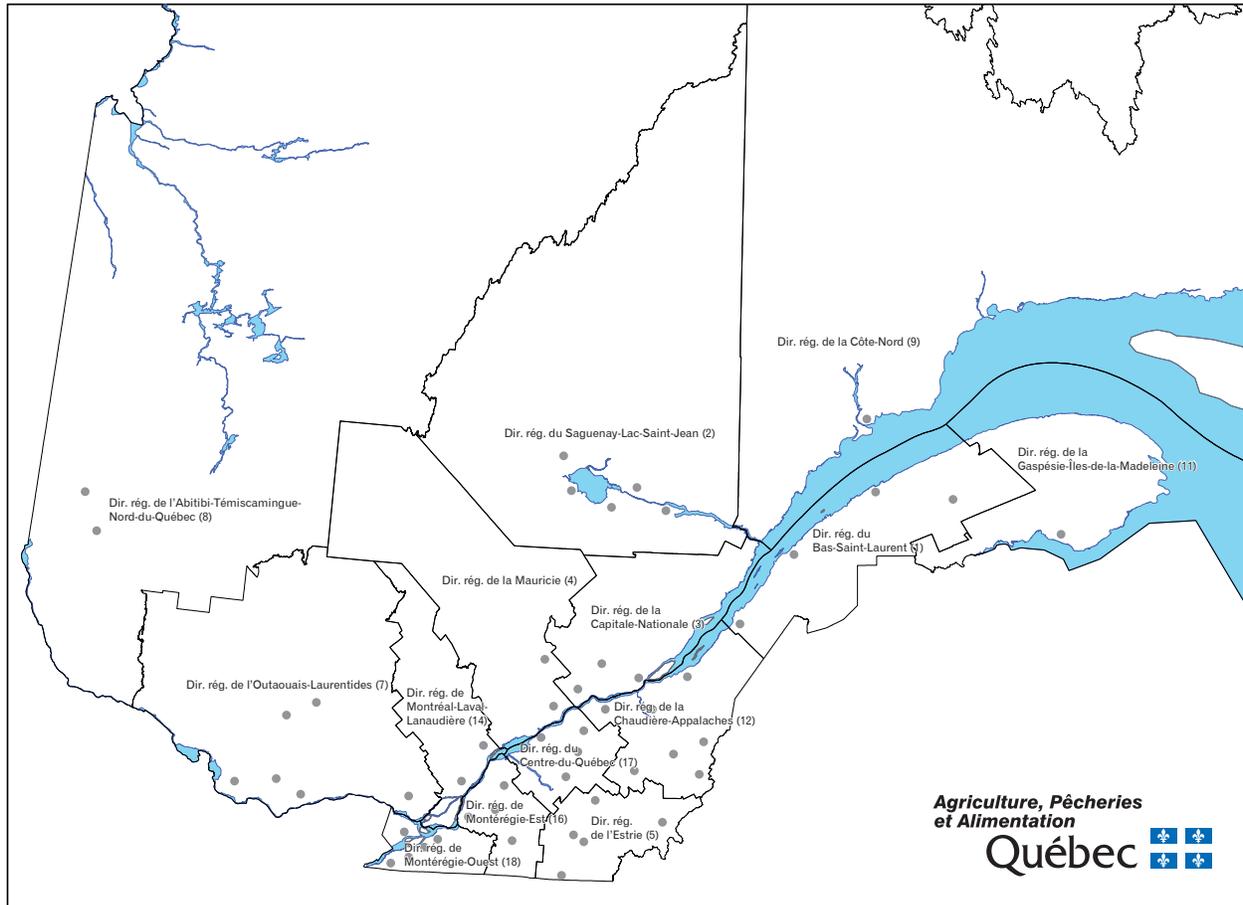
Les modèles climatiques n'étant pas parfaits, des corrections ont été appliquées aux données simulées à partir des observations aux stations météorologiques durant la période de référence 1981-2009. Ce post-traitement améliore du même coup la résolution : les résultats régionaux (45 km²) sont ramenés à l'échelle locale (le site de mesure).

4 UTILISATION DES DONNÉES FOURNIES

Les valeurs d'accumulation d'eau présentées au tableau 1 (période de retour de 10 ans) et au tableau 2 (période de retour de 25 ans) couvrent les périodes d'entreposage d'octobre à avril (7 mois), d'octobre à mai (8 mois) et d'octobre à juin (9 mois). Les valeurs d'accumulation d'eau présentées au tableau 3 (période de retour de 10 ans) et au tableau 4 (période de retour de 25 ans) couvrent les périodes d'entreposage de septembre à avril (8 mois), de septembre à mai (9 mois) et de septembre à juin (10 mois). Les accumulations des périodes de 7 à 12 mois (débutant en octobre) et de 8 à 12 mois (débutant en septembre) sont présentées dans un rapport plus exhaustif (Godbout et al., 2013) afin d'offrir encore plus de flexibilité au concepteur. Il est de la responsabilité de l'ingénieur et de l'agronome de sélectionner une période d'entreposage en fonction de l'élevage et des cultures en présence chez chacun des producteurs. Des scénarios agronomiques pour la Beauce, la Montérégie et Lanaudière sont présentés dans le rapport de Godbout et al. (2013) comme piste de réflexion pour le concepteur.



Figure 1 - Emplacement des 52 stations météorologiques (adaptée de MAPAQ, 2011)



5 VALEURS DE CONCEPTION

Tableau 1 - Accumulations minimales et maximales (mm) pour la période 2016-2044, pour 52 municipalités, selon des périodes d'entreposage débutant le 1^{er} octobre et pour une période de retour de 10 ans.

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		7 mois		8 mois		9 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	Causapscal	606	653	637	684	629	708
	La Pocatière	559	613	577	628	584	655
	Mont-Joli	570	637	606	647	600	673
	Trois-Pistoles	593	646	615	663	617	698
2	Bagotville	465	529	478	528	473	563
	Hébertville	470	508	471	510	453	542
	Normandin	438	473	412	481	409	498
	Roberval	448	492	434	500	422	502
	Saint-Ambroise	479	518	488	534	472	570
3	Québec	632	723	659	729	698	808
	Saint-Alban	603	676	628	685	659	760
	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	676	769	708	783	751	869
4	Lac-aux-Sables	616	682	630	688	655	752
	Sainte-Anne-de-la-Pérade	590	664	613	668	638	738
5	Asbestos	660	708	685	707	734	772
	Lac-Mégantic	664	721	679	755	713	815
	Lennoxville	644	679	672	699	697	744
	Sherbrooke	641	684	674	707	695	758
	Stanstead	721	788	753	811	784	867
7	Angers	530	592	533	585	552	579
	Lachute	591	668	607	646	611	655
	Maniwaki	471	533	462	522	464	516
	Mont-Laurier	513	572	511	567	522	585
	Shawville	429	512	429	484	426	470
	Wakefield	488	555	492	532	507	531
8	Amos	440	483	442	482	432	500
	Val-d'Or	460	484	456	481	444	497
9	Baie-Comeau	584	659	645	679	642	726
11	Caplan	626	724	656	747	658	754

Tableau 1 - SUITE

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		7 mois		8 mois		9 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
12	Disraeli	673	719	704	753	748	807
	Montmagny	582	660	597	675	622	731
	Lac-Etchemin	643	735	660	762	700	789
	Saint-Ephrem-de-Beauce	583	647	595	671	625	716
	Saint-Flavien	613	680	625	690	656	753
	Saint-Prosper	557	643	568	665	600	690
	Saint-Théophile	565	642	573	668	603	707
	Scott	603	675	611	703	649	752
14	Berthierville	561	643	576	624	574	660
	L'Assomption	578	656	578	632	562	630
16	Farnham	635	668	631	664	646	679
	Fleury	572	639	584	622	572	650
	Saint-Hubert	597	652	599	633	584	621
	Saint-Hyacinthe	591	645	596	625	588	648
17	Daveluyville	574	634	593	626	607	678
	Drummondville	594	651	604	630	610	664
	Nicolet	541	602	554	581	549	620
	Saint-Guillaume	578	638	584	615	574	652
18	Coteau-du-Lac	568	630	580	616	573	603
	Huntingdon	567	635	580	624	558	600
	Saint-Anicet	558	626	570	615	552	592
	Sainte-Clotilde	565	602	574	599	567	582
	Sainte-Martine	574	615	579	610	576	594

Tableau 2 - Accumulations minimales et maximales (mm) pour la période 2016-2044, pour 52 municipalités, selon des périodes d'entreposage débutant le 1^{er} octobre et pour une période de retour de 25 ans.

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		7 mois		8 mois		9 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	Causapsca	632	751	668	752	689	751
	La Pocatière	589	668	605	692	615	683
	Mont-Joli	596	708	627	703	630	728
	Trois-Pistoles	619	693	624	709	628	762
2	Bagotville	485	575	492	559	482	592
	Hébertville	501	549	501	538	472	576
	Normandin	458	514	433	512	440	538
	Roberval	482	528	467	525	450	548
	Saint-Ambroise	515	557	513	556	480	606
3	Québec	677	778	732	822	783	849
	Saint-Alban	656	734	697	766	742	806
	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	720	831	777	859	832	909
4	Lac-aux-Sables	657	739	699	733	736	784
	Sainte-Anne-de-la-Pérade	653	729	684	752	717	781
5	Asbestos	733	756	733	807	802	832
	Lac-Mégantic	680	811	719	817	733	864
	Lennoxville	702	771	689	805	742	835
	Sherbrooke	697	782	696	819	743	851
	Stanstead	771	875	776	929	826	959
7	Angers	577	661	597	670	608	654
	Lachute	654	798	659	805	634	768
	Maniwaki	480	576	501	575	504	597
	Mont-Laurier	510	615	546	607	563	642
	Shawville	462	541	495	543	482	557
	Wakefield	519	611	540	600	553	607
8	Amos	458	501	463	523	457	529
	Val-d'Or	483	513	492	507	477	539
9	Baie-Comeau	622	725	700	732	686	827
11	Caplan	657	752	728	806	699	829

Tableau 2 - SUITE

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		7 mois		8 mois		9 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
12	Disraeli	750	787	760	821	819	870
	Montmagny	614	702	639	744	651	766
	Lac-Etchemin	670	797	717	826	765	846
	Saint-Ephrem-de-Beauce	627	708	651	731	683	779
	Saint-Flavien	663	762	674	768	709	805
	Saint-Prosper	577	724	621	719	659	754
	Saint-Théophile	584	739	611	712	641	750
	Scott	636	742	666	779	725	804
14	Berthierville	636	709	634	741	646	737
	L'Assomption	646	747	643	765	644	722
16	Farnham	708	769	683	810	704	783
	Fleury	656	721	653	753	655	738
	Saint-Hubert	688	773	671	791	647	742
	Saint-Hyacinthe	672	733	662	763	662	729
17	Daveluyville	646	703	643	723	686	739
	Drummondville	660	722	661	746	702	733
	Nicolet	621	661	619	682	634	685
	Saint-Guillaume	669	715	658	740	670	725
18	Coteau-du-Lac	649	773	630	777	622	722
	Huntingdon	630	778	626	792	614	729
	Saint-Anicet	627	766	620	774	600	706
	Sainte-Clotilde	640	744	629	760	615	700
	Sainte-Martine	655	753	645	770	624	714

Tableau 3 - Accumulations minimales et maximales (mm) pour la période 2016-2044, pour 52 municipalités, selon des périodes d'entreposage débutant le 1^{er} septembre et pour une période de retour de 10 ans.

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		8 mois		9 mois		10 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	Causapschal	663	708	673	737	665	764
	La Pocatière	617	673	640	676	630	711
	Mont-Joli	609	688	636	702	626	734
	Trois-Pistoles	630	691	651	714	654	750
2	Bagotville	533	603	535	605	531	642
	Hébertville	548	587	537	596	528	623
	Normandin	479	539	468	547	455	565
	Roberval	501	548	487	547	477	566
	Saint-Ambroise	559	608	552	621	542	655
3	Québec	730	816	751	834	794	919
	Saint-Alban	699	763	710	789	739	867
	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	787	861	811	898	858	992
4	Lac-aux-Sables	684	749	698	768	724	843
	Sainte-Anne-de-la-Pérade	680	758	683	774	720	842
5	Asbestos	726	796	756	805	796	873
	Lac-Mégantic	727	781	760	811	776	869
	Lennoxville	699	753	733	758	752	805
	Sherbrooke	697	754	732	761	742	819
	Stanstead	777	836	820	871	855	933
7	Angers	572	653	572	634	590	651
	Lachute	641	720	659	716	657	732
	Maniwaki	498	613	487	587	492	580
	Mont-Laurier	541	646	538	634	558	644
	Shawville	455	563	454	541	450	522
	Wakefield	529	617	528	599	548	604
8	Amos	522	582	516	595	501	596
	Val-d'Or	537	575	525	578	518	586
9	Baie-Comeau	647	704	680	738	676	786
11	Caplan	678	755	714	783	703	798

Tableau 3 - SUITE

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		8 mois		9 mois		10 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
12	Disraeli	741	812	762	827	803	906
	Montmagny	657	756	690	762	697	812
	Lac-Etchemin	730	811	760	835	783	874
	Saint-Ephrem-de-Beauce	638	715	652	735	684	796
	Saint-Flavien	685	780	692	788	731	862
	Saint-Prosper	625	707	654	729	679	756
	Saint-Théophile	632	693	647	716	668	754
	Scott	664	765	686	780	720	842
14	Berthierville	619	689	627	689	616	734
	L'Assomption	618	689	625	679	600	701
16	Farnham	677	736	677	732	690	763
	Fleury	619	679	608	668	624	710
	Saint-Hubert	631	690	637	674	625	675
	Saint-Hyacinthe	630	691	619	678	631	704
17	Daveluyville	636	707	639	715	663	772
	Drummondville	647	712	642	705	664	739
	Nicolet	602	672	600	675	594	712
	Saint-Guillaume	631	695	625	684	625	722
18	Coteau-du-Lac	611	678	603	662	605	671
	Huntingdon	607	707	603	698	593	667
	Saint-Anicet	603	695	597	683	592	669
	Sainte-Clotilde	602	664	601	658	596	676
	Sainte-Martine	616	668	613	666	609	678

Tableau 4 - Accumulations minimales et maximales (mm) pour la période 2016-2044, pour 52 municipalités, selon des périodes d'entreposage débutant le 1^{er} septembre et pour une période de retour de 25 ans.

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		8 mois		9 mois		10 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	Causapschal	692	778	730	777	764	806
	La Pocatière	653	738	677	728	672	767
	Mont-Joli	647	741	696	737	675	771
	Trois-Pistoles	646	742	711	754	700	816
2	Bagotville	575	667	557	648	550	706
	Hébertville	556	638	536	650	557	701
	Normandin	510	589	494	605	479	633
	Roberval	522	597	495	603	513	637
	Saint-Ambroise	575	657	562	674	572	729
3	Québec	813	875	867	883	888	971
	Saint-Alban	746	848	790	835	810	933
	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	860	932	912	944	929	1047
4	Lac-aux-Sables	733	844	777	859	772	928
	Sainte-Anne-de-la-Pérade	727	845	785	821	801	888
5	Asbestos	792	919	832	890	870	935
	Lac-Mégantic	769	866	816	866	855	922
	Lennoxville	765	843	817	867	848	873
	Sherbrooke	761	841	809	857	848	889
	Stanstead	857	929	880	981	902	1004
7	Angers	626	730	651	728	659	714
	Lachute	692	836	726	856	698	829
	Maniwaki	553	663	531	656	514	680
	Mont-Laurier	572	699	577	686	599	741
	Shawville	495	604	511	573	503	583
	Wakefield	562	660	585	646	598	651
8	Amos	556	627	531	653	536	656
	Val-d'Or	557	637	539	651	537	642
9	Baie-Comeau	726	783	748	785	718	887
11	Caplan	730	837	787	837	783	848

Tableau 4 - SUITE

RÉGIONS	MUNICIPALITÉS	ACCUMULATIONS D'EAU (MM)					
		8 mois		9 mois		10 mois	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
12	Disraeli	814	895	870	895	917	948
	Montmagny	700	820	756	822	785	910
	Lac-Etchemin	807	880	859	903	890	992
	Saint-Ephrem-de-Beauce	687	799	754	798	777	875
	Saint-Flavien	741	853	785	858	825	925
	Saint-Prosper	699	754	741	778	782	842
	Saint-Théophile	678	767	725	761	755	803
	Scott	732	853	787	849	825	924
14	Berthierville	674	815	695	796	724	809
	L'Assomption	687	817	700	811	715	779
16	Farnham	737	877	786	864	774	851
	Fleury	696	812	710	794	704	786
	Saint-Hubert	705	836	723	831	708	792
	Saint-Hyacinthe	698	820	714	799	710	793
17	Daveluyville	692	797	730	778	741	809
	Drummondville	720	815	749	788	750	803
	Nicolet	656	794	692	756	680	770
	Saint-Guillaume	696	832	731	780	712	804
18	Coteau-du-Lac	661	807	676	822	644	778
	Huntingdon	643	831	678	859	640	800
	Saint-Anicet	640	819	675	835	643	767
	Sainte-Clotilde	664	804	687	823	662	772
	Sainte-Martine	673	808	700	828	675	780



Photo © Éric Labonté, MAPAQ



Photo © Éric Labonté, MAPAQ

6 CONCLUSION

Plusieurs structures d'entreposage des fumiers et des lisiers ne sont pas couvertes et reçoivent librement les eaux provenant des précipitations de pluie et de neige. Ces apports supplémentaires d'eau doivent être pris en considération par le concepteur de ces ouvrages. Le présent guide constitue une mise à jour du précédent préparé par Joncas et al. (1993) et tient compte des changements climatiques en cours.

Les accumulations d'eau proposées dans ce guide prennent en considération la variabilité des bornes inférieure (min) et supérieure (max) provenant des modèles climatiques. Les scénarios climatiques ont été construits pour la période 2016-2044, avec comme référence la période 1981-2009. Lors de l'utilisation de ces données, il faut demeurer prudent et prendre en considération que la plage de valeurs présentées ne couvre pas tous les futurs possibles. Le climat pourrait prendre une trajectoire au-dessus ou en-dessous des bornes indiquées.

Les valeurs fournies dans ce guide tiennent compte indirectement de la variabilité naturelle du climat. En effet, les accumulations extrêmes ont été estimées pour des périodes de retour de 10 et 25 ans.

Pour faciliter l'application des résultats à la réalité opérationnelle, différentes périodes d'entreposage ont été considérées: d'octobre à avril (7 mois), d'octobre à mai (8 mois), d'octobre à juin (9 mois), de septembre à avril (8 mois), de septembre à mai (9 mois) et de septembre à juin (10 mois). Il est de la responsabilité de l'ingénieur et de l'agronome de sélectionner une période d'entreposage en fonction de l'élevage et du type de culture en présence chez chacun des producteurs.

Une analyse économique a révélé que la construction d'un ouvrage d'entreposage pouvant contenir les accumulations ayant une récurrence de 25 ans, comparativement à 10 ans, augmenterait les coûts de construction de moins de 2 % du coût total de construction (Godbout et al., 2013). Compte tenu de cette faible différence de coûts, le concepteur aurait avantage à considérer les valeurs associées à la période de retour de 25 ans.

Il faut noter qu'en plus de l'évaporation et des précipitations, divers facteurs peuvent affecter les accumulations d'eau dans une structure d'entreposage. Par exemple, la présence de bâtiments ou d'autres obstacles près de la structure d'entreposage ayant un effet brise-vent, pourrait influencer considérablement l'accumulation de neige. Des vents dominants peuvent aussi influencer les apports de pluie et de neige. Ainsi, un facteur de sécurité spécifié dans le *Guide technique d'entreposage des fumiers* (AIAQ, CRAAQ et IRDA, 2012), de l'ordre de 100 à 300 mm, doit obligatoirement être appliqué afin de s'assurer du non-débordement de la structure d'entreposage.

Tous les résultats présentés dans le présent guide se trouvent dans le rapport de Godbout et al. (2013), téléchargeable sur le site d'Ouranos. (www.ouranos.ca)

7 RÉFÉRENCES

AIAQ, CRAAQ et IRDA. 2012. *L'entreposage des fumiers (3^e édition)*. Guide technique. 50 pages.

Godbout, S., P. Brassard, F. Pelletier, M. Grenier, P. Grenier, L. Belzile, C. Landry, F. Bolduc, O. Benslimane et D. Bilodeau. 2013. *Étude des volumes de précipitations et d'évaporation pour le calcul des structures d'entreposage de fumier dans un contexte de changements climatiques*. Rapport final. IRDA-Ouranos. 150 pages.

Grenier, P. 2013. *Étude des volumes de précipitations et d'évaporation pour le calcul des structures d'entreposage de fumier dans un contexte de changements climatiques*. Rapport interne sur les données climatiques fournies dans le cadre du projet. Ouranos. 27 pages.

IRDA, MAPAQ et AIAQ. 2012. *Déjections animales - Production 2012*. Fiche synthèse. 2 pages.

Joncas, R., J. Champagne et G. Jacques. 1993. *Accumulation d'eau dans les installations d'entreposage des fumiers à ciel ouvert pour différentes municipalités au Québec en fonction de périodes de retour*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec, Canada. 35 pages.

Lehoux, N. 1994. *L'évaporation du lisier et fumier pour quelques sites au Québec*. Mémoire de maîtrise. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Département de génie rural. Université Laval. 72 pages.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 2011. Directions régionales. Québec, Canada.

Rochette P. 1988. *Contribution au zonage agroclimatique du Québec méridional*. Thèse de doctorat. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Département de phytologie. Université Laval. 272 pages.





POUR L'ENVIRONNEMENT.

CE GUIDE TECHNIQUE EST IMPRIMÉ SUR DU ROLLAND ENVIRO100 PRINT,
CONTENANT 100% DE FIBRES POSTCONSOMMATION, FABRIQUÉ À PARTIR D'ÉNERGIE BIOGAZ,
CERTIFIÉ ÉCOLOGO ET PROCÉDÉ SANS CHLORE.



Photo © Marc Lajoie, MAPAQ