

La datation des évènements climatiques à partir des discontinuités culturelles en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans

Francis Périard Santos

Thèse soumise dans le cadre des exigences du
programme de Maîtrise ès sciences en géographie

Département de géographie, environnement et géomatique
Faculté des arts
Université d'Ottawa

Superviseur :
Dr. André E. Viau, Université d'Ottawa

Comité d'examen :
Dr. Marc Brosseau, Université d'Ottawa
Dr. Denis Lacelle, Université d'Ottawa

© Francis Périard Santos, Ottawa, Canada, 2020

Résumé

Cette thèse suggère que l'on peut retracer les événements climatiques terrestres en étudiant l'histoire humaine. L'archéologie de l'Amérique du Nord permet de constater les liens existants entre les événements climatiques et les changements environnementaux qu'ils induisent et les dynamiques dans les changements de mode de vie et de subsistance et les migrations. De plus, à partir de données archéologiques, datées au ^{14}C et attribuées à des cultures en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans en utilisant le test du χ^2 d'indépendance, 10 dates de discontinuités culturelles ont été identifiées, soit 13 840, 11 950, 10 410, 8480, 6410, 4810, 3270, 2470, 1190 et 720 cal BP. Toutes ces dates peuvent être corroborées avec des événements climatiques trouvés en utilisant des proxys climatiques et des méthodes plus conventionnelles. De plus, les résultats permettent de voir que ces discontinuités culturelles répondent aux variations climatiques aux échelles millénaire et centenaire durant l'Holocène dont la principale cause serait les variations dans l'intensité solaire.

Abstract

This thesis suggest that terrestrial climatic events can be traced by studying human history. The archaeology of North America shows the links between climatic events and the environmental changes they induce and the dynamic of lifestyle and subsistence changes and migration. In addition, from archaeological data C_{14} dated and attributed to cultures un North America over the last 15,000 years using the χ^2 test of independence, 10 dates of cultural discontinuities have been identified, consisting of 13,840, 11,950, 10,410, 8480, 6410, 4810, 3270, 2470, 1190 and 720 cal. yr BP. All of these dates can be corroborated with climatic events found using more conventional method and climate proxies. Furthermore, the results show that these cultural discontinuities respond to climatic variations on millennial and centennial scales during the Holocene, the main cause of which is believed to be variations in solar intensity.

Remerciements

J'aimerais dans un premier temps remercier mon superviseur, le Dr André Viau, ses connaissances approfondies en climatologie et en paléoclimatologie ont été primordiales pour compléter cette thèse. De plus, son calme, son sens de l'organisation et ses bons mots ont toujours été pour moi une source d'encouragement essentielle à la poursuite de ma maîtrise.

Je tiens aussi à remercier mon comité d'examen représenté par le Dr Denis Lacelle et le Dr Marc Brosseau pour leurs suggestions et leurs commentaires en lien avec leur spécialisation respective du domaine de la géographie.

Je voudrais aussi remercier Jean Bjornson pour son support et ses éclaircissements tout au long de mes études universitaires.

Une mention spéciale à Dr Frank Oliva d'Environnement et changement climatique Canada qui m'a donné les capacités financières nécessaires à la poursuite de mes études en m'offrant une opportunité de carrière. Pour cela, je t'en suis infiniment reconnaissant.

Sur une note plus personnelle, je voudrais remercier ma conjointe Mélina Charlebois d'avoir été présente durant toutes mes années d'études. Malgré mes hauts et mes bas, tu as toujours su me faire repousser mes limites et à agir comme un port dans l'océan de ma vie. Je t'aime.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iii
Remerciements	iv
Préambule	xii
1. Introduction	1
1.1 Hypothèse et objectifs de recherche	3
1.2 Revue de littérature	4
1.2.1 La dynamique du peuplement de l'Amérique du Nord et des changements environnementaux.....	4
1.2.2 Les causes possibles de la variabilité climatique à l'échelle millénaire.....	17
1.3 Méthodologie	22
1.3.1 Données.....	22
1.3.2 Test du khi carré (χ^2) d'indépendance.....	27
2. La datation des évènements climatiques à partir des discontinuités culturelles en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans	32
2.1 Résumé.....	32
2.2 Introduction.....	32
2.3 Méthodologie	34
2.3.1 Données.....	34
2.3.2 Analyse	36
2.4 Résultats	39
2.4.1 Itérations	39
2.4.2 Sélection des dates les plus significatives	41
2.4.3 Calcul de l'incertitude des dates retenues	47
2.5 Discussion	48
2.5.1 Les discontinuités culturelles : comparaison avec Wendland et Bryson, 1974.....	48
2.5.2 Les évènements climatiques et les discontinuités culturelles en Amérique du Nord.....	55
2.5.3 La variabilité climatique à l'échelle millénaire.....	69
2.6 Conclusion	74
3. Sommaire, limitations et considérations futures	76
3.1 Sommaire des résultats.....	76
3.1.1 Réponse au premier objectif	76
3.1.2 Réponse au second objectif	76
3.1.3 Réponse à l'hypothèse de recherche.....	77
3.2 Limitations de l'étude	78
3.2.1 Limites de la méthode.....	78
3.2.2 Limitation de l'étendue géographique étudiée.....	80
3.3 Considérations futures	81

<i>Bibliographie</i>	<i>83</i>
<i>Annexe 1 – Étapes pour mettre en œuvre la méthode utilisée dans cette thèse</i>	<i>96</i>
<i>Annexe 2 – Table du χ^2</i>	<i>100</i>
<i>Annexe 3 – Incertitudes calculées autour des discontinuités culturelles retenues dans cette étude.....</i>	<i>101</i>
<i>Annexe 4 – Cultures étudiées dans cette thèse</i>	<i>103</i>

Liste des figures

Figure 1 : Carte représentant la Béringie lorsque le niveau de la mer était 120 mètres sous le niveau actuel, lors du dernier maximum glaciaire (Hoffecker et al., 2016).....	4
Figure 2 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec ses principaux biomes et la position de glaciers vers 18 cal BP (Dyke, 2005).....	5
Figure 3 : Exemples de pointes de lance caractéristiques de la culture Clovis (O'Brien et Buchanan, 2017).....	6
Figure 4 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec ses principaux biomes et la position des glaciers vers 12 cal BP. (Dyke, 2005).	8
Figure 5 : Courbe des anomalies de température en juillet dans les derniers 14 000 ans (A) et des derniers 10 000 ans (B) en Amérique du Nord. Analyse spectrale sur la courbe des anomalies de températures des derniers 14 000 ans (C) (Viau et al., 2006).....	9
Figure 6 : Estimation de la population de l'Amérique du Nord à partir de 15 000 cal BP (Peros et al., 2010).....	10
Figure 7 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec les principaux biomes et la position des glaciers vers 6 000 cal BP (Dyke, 2005).	11
Figure 8 : Carte des 48 états contigus des États-Unis représentant les précipitations entre 950 et 650 cal BP par rapport à la moyenne de 1979 à 2015, ainsi que les cultures Lovelock (LOV), Fremont (FRE) et Anasazi (ANA) qui sont disparues à cette période (Bird et al., 2017).....	14
Figure 9 : Les cycles de Bond des derniers 6000 ans. La courbe en vert représente la quantité de sédiments déposés par la fonte d'iceberg; plus la quantité est importante, plus les températures sont froides (Wanner et al., 2008).....	18
Figure 10 : Anomalies des températures des derniers 2000 ans (b) selon plusieurs études (a) en fonction de divers forçages (f, g, h) (PAGES 2K, 2013).	19
Figure 11 : Courbes de flux cosmiques (^{10}Be et ^{14}C) comparées aux cycles d'expansion des glaciers, de la cellule polaire, ainsi qu'aux sédiments marins (Bond et al., 2001).....	21
Figure 12 : Diagramme qui permet de comprendre l'intégration des diverses unités de Willey et Phillips (1958) : phase (P), tradition (T). Le component (C) est défini comme la manifestation d'une phase (un trait culturel) à un site spécifique, par exemple une pointe de flèche. L'horizon (H), peut être défini par un ensemble de trait culturels à un moment spécifique sur une grande étendue géographique (Willey et Phillips, 1958).	23

Figure 13 : Graphique représentant le nombre de données utilise pour cette étude par intervalles de dix ans. La courbe en pointillés représente le nombre de données cumulatif.
.....26

Figure 14 : Graphique représentant le nombre de données utilise pour cette étude par intervalles de dix ans. La courbe en pointillés représente le nombre de données cumulatif.
.....35

Figure 15 : Graphiques démontrant les différentes valeurs du χ^2 dans chaque période étudiée (courbe, axe principal), à l'intérieur de chacune des 5 itérations desquelles proviennent les résultats retenus, ainsi que le nombre de données utilisé pour parvenir à ces résultats par intervalles de 10 ans, à l'intérieur de chaque intervalle étudié (histogramme, axe secondaire). a) I^{ère} itération, b) II^{ème} itération, c) III^{ème} itération, d) IV^{ème} itération, e) V^{ème} itération. Pour plus d'information concernant les différents résultats, voir les tableaux 6, 7 et 10.....44

Figure 16 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 12 030 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 13 840 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 12 030 à 15 189 cal BP. a) Position des glaciers entre 14 400 et 15 200 cal BP. b) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.....55

Figure 17 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 12 030 à 13 839 cal BP, où la date de discontinuité 12 900 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 12 030 à 13 839 cal BP. a) Position des glaciers à 14 100 cal BP. b) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.57

Figure 18 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 8530 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 11 950 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 8530 à 15 189 cal BP. a) Position des glaciers entre 14 400 et 15 200 cal BP. b) Position des glaciers à 8500 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.58

Figure 19 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 8530 à 11 949 cal BP, où la date de discontinuité 10 060 cal BP est ressortie. 10 410 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne entre 10 060, 10 490 et 10 680 cal BP. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 8530 à 11 949 cal BP. a) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. b) Position des glaciers à 8500 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers. 60

Figure 20 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 8480 cal BP est ressortie..... 61

Figure 21 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 4810 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 6410 cal BP est ressortie..... 62

Figure 22 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 3270 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 4810 cal BP est ressortie..... 64

Figure 24 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 1190 à 3269 cal BP, où la date de discontinuité 2470 cal BP est ressortie..... 65

Figure 23 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 3270 cal BP est ressortie..... 65

Figure 25 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 3269 cal BP, où la date de discontinuité 1190 cal BP est ressortie..... 67

Figure 26 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 1189 cal BP, où la date de discontinuité 820 cal BP est ressortie. 720 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne entre 620 et 820 cal BP. 68

Figure 27 : Discontinuités culturelles identifiées dans cette étude, comparées : a) aux anomalies de températures en juillet en Amérique du Nord (Viau et al., 2006), b) à la courbe de flux de ¹⁰Be (Bond et al., 2001), c) à la courbe de production de ¹⁴C (Bond et al., 2001) et d) à la courbe de pourcentage de sédiments marin déposés par la fonte d'iceberg dans l'Atlantique nord (IRD) (Bond et al., 2001). Les discontinuités culturelles identifiées par Wendland et Bryson sont celles modifiées et présentées dans le Tableau 16..... 71

Liste des tableaux

Tableau 1 : Le Method and Theory in American archaeology (Willey et Phillips, 1958) appliqué à un cas pratique.	24
Tableau 2 : Exemple fictif d'un échantillon de 300 observations où les variables sont totalement indépendantes et où les valeurs observées varient de façon parfaitement linéaire en fonction de l'effectif des catégories ($\chi^2 = 0$) H_0 n'est pas rejetée.	28
Tableau 3 : Exemple fictif d'un échantillon de 300 observations où les variables sont dépendantes et où les valeurs observées ne varient pas de façon linéaire en fonction de l'effectif des catégories ($\chi^2 = 150$) H_0 est rejetée.	29
Tableau 4: Format de tableau de contingence qui sera utilisé pour le calcul du χ^2	29
Tableau 5 : Format de tableau de contingence qui a été utilisé pour le calcul du χ^2	36
Tableau 6 : Résultats bruts obtenus qui permettent de rejeter H_0 , classés par itération, le tableau montre aussi la valeur maximale du χ^2 dans la période étudiée, le nombre de données étudiées (N), le nombre de cultures (j), le degré de liberté (DF), la valeur de t lorsqu'il y a lieu et la valeur de p. (Les périodes étudiées n'ayant pas un DF de 30 ou plus n'ont pas de t.) puisqu'ils peuvent être comparés à la Table du χ^2	39
Tableau 7 : Suite du tableau 6	40
Tableau 8 : Tableau des résultats ayant un V de Cramér de 0,5 et plus.	42
Tableau 9: Tableau comparant les résultats obtenus ayant un V de Cramér de 0,5 et plus avec divers scénarios utilisant les mêmes données.	43
Tableau 10 : Résultats finaux sélectionnés (Discontinuités), l'itération dans laquelle ils sont ressortis, la valeur de leur V de Cramér et la période étudiée desquelles proviennent les données utilisées.	45
Tableau 11 : Discontinuités divisées en deux catégories selon le V de Cramér.	46
Tableau 12 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE obtenu et l'incertitude calculée autour de ces dates.	48
Tableau 13 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude et celles de Wendland et Bryson, 1974 pour l'Amérique du Nord, ainsi que leur t. Les dates sont en cal BP.	49
Tableau 14 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude avec les résultats de Wendland et Bryson (1974) pour l'Amérique du Nord auxquels les critères établis dans cette étude-ci ont été appliqués. Les dates sont en cal BP.	51

Tableau 15 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude et celles de Wendland et Bryson, 1974 pour le monde. Les dates sont en cal BP.....	52
Tableau 16 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude avec les résultats de Wendland et Bryson (1974) pour le monde auxquels ont été appliqués les critères de sélection établis dans cette étude-ci. Les dates sont en cal BP.....	53
Tableau 17 : Différence en années entre chacune des discontinuités culturelles identifiées dans cette étude.....	69
Tableau 18 : Évènements climatiques à l'échelle millénaire observés dans plusieurs études, du Glaciaire tardif à l'Holocène.	70
Tableau 1 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 2 intervalles.	101
Tableau 2 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 5 intervalles.	101
Tableau 3 : 2 Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 25 intervalles.	102
Tableau 4 : 2 Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 50 intervalles.	102

Préambule

Cette thèse a un format par article. Le premier chapitre introduit de façon détaillée les liens existants entre la dynamique du peuplement, les changements dans le mode de vie et les migrations et les changements environnementaux et climatiques en Amérique du Nord. Le deuxième chapitre est une ébauche qui sera présentée pour l'évaluation par les pairs dans le but d'être publié et constitue le cœur de la thèse. Le troisième et dernier chapitre fait la synthèse de la thèse et fait office de conclusion générale.

Les données utilisées pour cette thèse sont disponibles sur demande et seront mise à disposition suivant la publication. Elles ont été téléchargées à partir de la *Canadian Archaeological Radiocarbon Database (CARD)* en novembre 2018.

1. Introduction

Le récent rapport du GIEC (Stocker et al., 2013) reconnaît les activités humaines comme étant la principale cause des variations climatiques dans le dernier siècle. De 1951 à 2010, plus de la moitié de la hausse des températures enregistrée à l'échelle globale était due aux émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique (Stocker et al., 2013; Skeie et al., 2011). Les activités humaines exercent aussi une influence considérable sur tous les autres aspects physiques, chimiques et biologiques du système terrestre (Ellis et Ramankutty, 2008).

S'il est aujourd'hui communément admis que l'être humain joue un rôle prépondérant dans les changements climatiques et environnementaux, cette situation est tout à fait récente à l'échelle de l'évolution humaine. En effet, jadis, l'humain, à l'instar de n'importe quel autre être vivant, évoluait pour s'adapter à son environnement. Plusieurs phénomènes en lien avec l'évolution biologique et culturelle d'*homo sapiens* peuvent s'expliquer, du moins en partie, par les changements du climat. Que ce soit l'apparition du genre *homo* avec le *Savanna hypothesis* (Ruddiman, 2008; Potts, 1998; Ishida 2006; Stanley, 1992) et les migrations à travers le globe (Stewart et Stringer, 2012). Le développement de l'agriculture et l'essor des premières civilisations peuvent aussi être attribués à des changements climatiques (Burroughs, 2005; Black et al., 2013; Zanchetta et al., 2014).

La particularité d'*homo sapiens* vient du fait qu'il est, comparativement aux autres mammifères, doté d'une intelligence supérieure (Roth et Dicke, 2005). Ainsi, il n'est dorénavant plus dépendant de sa génétique pour faire face à un changement

environnemental (Heinrich et McElreath, 2003). Il est en mesure de changer son mode de subsistance, ses traditions, ses croyances, ses valeurs, ses lois, etc., c'est-à-dire sa culture, en réponse à celui-ci (deMenocal, 2001).

La thèse environnementale et plus particulièrement la thèse climatique ont été largement abordées pour expliquer le déclin et la disparition de certaines cultures, tant celles vivant de la chasse et de la cueillette que celles ayant atteint un niveau technologique et politique plus complexe (deMenocal, 2001; Newby et al., 2005; Peterson et Haug, 2005; Yancheva et al., 2007). En effet, les variations climatiques peuvent affecter l'approvisionnement en ressources naturelles et agricoles essentielles, engendrant incertitude et vulnérabilité au sein de la population (Diamond, 2011; deMenocal et al., 2005). À l'inverse, la datation d'évènements climatiques à partir des changements culturels ou discontinuités culturelles, c'est-à-dire la disparition ou l'apparition de plusieurs cultures, est plus rare. En 1974, Wendland et Bryson ont utilisé une méthode proposée par Baerreis et Bryson en 1966 pour trouver les périodes de discontinuités culturelles les plus probables dans le monde. La prémisse étant que des discontinuités culturelles synchrones et à grande échelle spatiale ne peuvent être expliquées que par un changement environnemental, lui-même causé par un évènement climatique antérieur. Parce que, bien évidemment, il existe bon nombre de raisons pouvant expliquer l'essor ou le déclin d'une culture en particulier : guerres, maladies, innovations technologiques, etc. Mais quand ces discontinuités sont reconnues chez plusieurs cultures établies dans des régions distinctes, l'hypothèse climatique est la seule devenant plausible (Wendland et Bryson, 1974).

1.1 Hypothèse et objectifs de recherche

Cette étude se penchera sur les variations climatiques naturelles et leurs impacts sur les anciennes cultures en Amérique du Nord durant l'Holocène. L'hypothèse de recherche étant que la reconstitution de l'histoire humaine permet d'identifier les événements climatiques aux échelles centenaire et millénaire. Suivant cette hypothèse, deux objectifs de recherches ont été formulés :

- 1) Le premier objectif est d'identifier les dates de discontinuités culturelles les plus statistiquement significatives à partir de données archéologiques en Amérique du Nord.
- 2) Le second objectif est de comparer les résultats obtenus avec d'autres données paléoclimatiques afin de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de recherche.

1.2 Revue de littérature

1.2.1 La dynamique du peuplement de l'Amérique du Nord et des changements environnementaux.

Lors du dernier maximum glaciaire (~ 26 500 à 19 000 années calendrier avant 1950 (cal BP)) (Clark et al, 2009), le niveau de la mer était 110 à 125 mètres plus bas que



Figure 1 : Carte représentant la Béringie lorsque le niveau de la mer était 120 mètres sous le niveau actuel, lors du dernier maximum glaciaire (Hoffecker et al., 2016)

le niveau que nous connaissons aujourd'hui (voir figure 1); cette eau étant stocké dans les masses glaciaires des hautes latitudes (Ruddiman, 2008), exposant du même coup les zones peu profondes du plateau continental et formant un pont terrestre entre la Sibérie et l'Alaska : la Béringie (Hoffecker et al., 2016). La Béringie, malgré le fait qu'elle est située très au nord, n'était pas couverte par les glaciers dû à une trop

faible quantité de précipitation (Ruddiman, 2008; Lamb, 2002). Elle était plutôt cou-

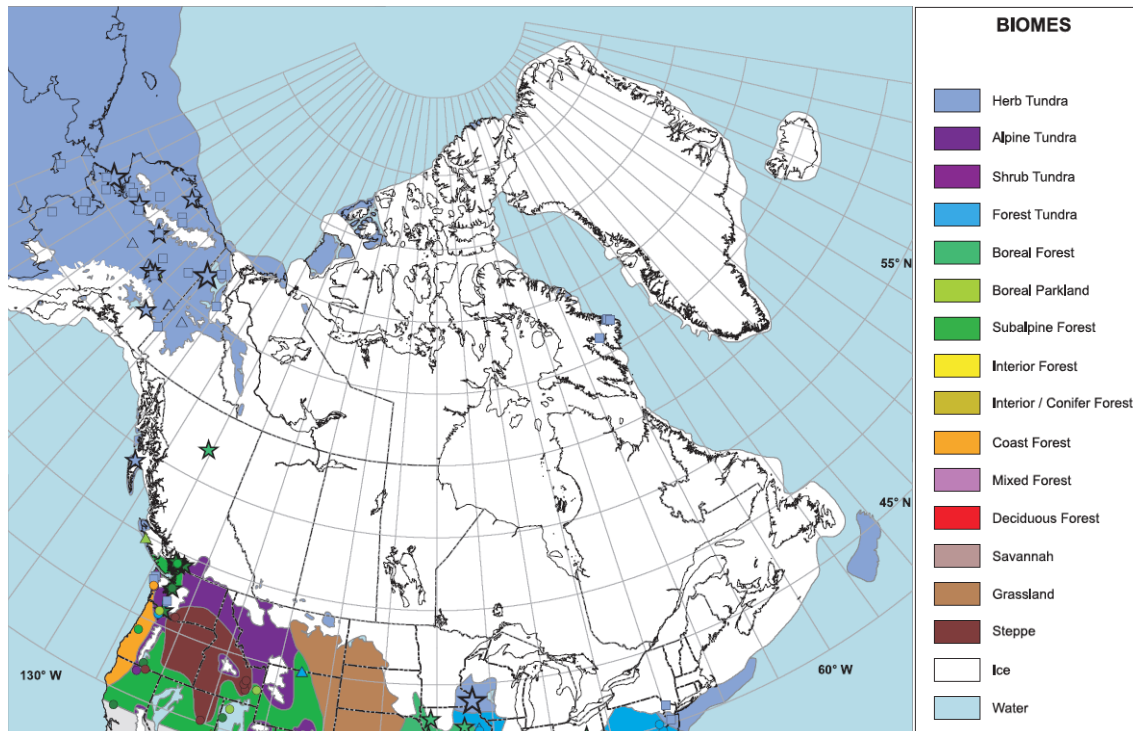


Figure 2 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec ses principaux biomes et la position de glaciers vers 18 cal BP (Dyke, 2005)

verte par une toundra herbeuse (voir figure 2) (Hoffecker et al., 2014; Dyke, 2005). La Béringie, du moins sa partie sibérienne, fut vraisemblablement colonisée autour de 30 000 cal BP (Hoffecker et al., 2016; Nichols, 1990; Graf et Buvit, 2017; Meltzer, 1993; Nikolskiy et Pitulko, 2013; Pitulko, 2004). Des évidences archéologiques sur le site des Grottes du Poisson-Bleu au Yukon, suggère une colonisation de la partie nord-américaine de la Béringie aussi hâtive que 24 000 cal BP (Bourgeon, 2017).

Entre 20 000 et 19 000 cal BP, les paramètres orbitaux permettent une insolation solaire plus importante en été, ce qui a comme conséquence le recul des glaciers dans l'Hémisphère nord : c'est le début de la déglaciation (Clark et al., 2009; Dyke et Prest, 1987). Entre 16 000 et 15 000 cal BP, le recul des glaciers laisse apparaître un corridor

le long de la côte Pacifique, reliant ainsi la Béringie au reste de l'Amérique du Nord (Erlandson et al., 2007; Goebel et al., 2008; Dixon, 2001). Certains environnements le long de la côte, telle que Haida Gwaii (anciennement les Îles de la Reine-Charlotte),



Figure 3 : Exemples de pointes de lance caractéristiques de la culture Clovis (O'Brien et Buchanan, 2017)

ont pu abriter une flore et une faune diversifiées dès 16 000 cal BP (Hetherington et al., 2003; Mandryk et al., 2001). Les premiers groupes d'humains auraient ainsi pu longer la côte à l'aide d'embarcations légères, coloniser ces territoires avant de commencer à se disperser vers l'intérieur du continent nord-américain (Pitblado, 2011; Hetherington et al., 2003; Goebel et al., 2008).

Entre 14 000 et 13 000 cal BP, le retrait des glaciers s'accélère (Dyke et Prest, 1987), les températures continuent d'augmenter rapidement et le climat devient plus humide (Viau et al., 2006; Ruddiman, 2008). Un corridor entre l'Inlandsis laurentidien et celui de la cordillère s'ouvre, permettant un second passage entre la Béringie et l'intérieur du continent (Pitblado et al., 2011; Heintzman et al., 2016). Vers 13 300 cal BP,

on voit se développer la culture Clovis, caractérisée par ses larges pointes de lances cannelées (voir figure 3), qui vit de la chasse à la mégafaune (mastodontes, bisons, etc.) et dont les artefacts se retrouveront à travers toute l'Amérique du Nord (O'Brien et Buchanan, 2017; Kelly et Todd, 1988). Entre 12 600 et 12 500 cal BP, le corridor interglaciaire s'élargit de quelques centaines de kilomètres permettant à la faune et à la flore de s'y étendre (Pedersen et al., 2016). Les estimations démontrent une population humaine relativement dense dans cette région à cette période (Chaput et al., 2015). Néanmoins, certaines évidences démontrent que la colonisation du corridor interglaciaire aurait pu s'être faite du sud vers le nord et non pas l'inverse (Goebel et al., 2013).

L'importante décharge d'eau douce, due à la fonte des glaciers nord-américains causera un important ralentissement de la circulation thermohaline. C'est cette théorie qui est la plus répandue pour expliquer la survenue du Dryas récent (12 900 à 11 700 cal BP) qui marquera un bref retour des conditions glaciaires : refroidissement et assèchement du climat (Williams et al., 2004; Anderson, 1997). Le Dryas récent correspond à des transitions dans la végétation partout en Amérique du Nord (Williams et

al., 2004; Viau et al., 2002) et son impact se fera aussi sentir ailleurs dans le monde (Anderson, 1997; Cwynar et al., 1994).

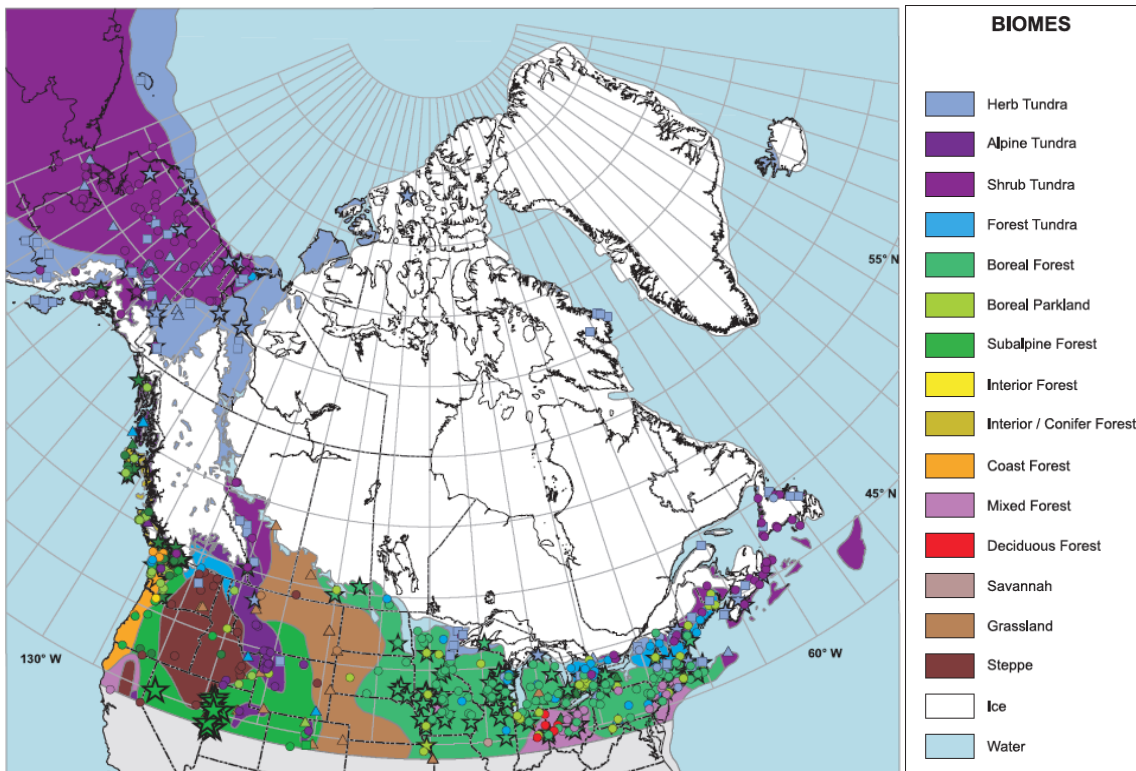


Figure 4 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec ses principaux biomes et la position des glaciers vers 12 cal BP. (Dyke, 2005).

Vers 12 000 cal BP, les zones nouvellement déglacées étaient couvertes d'une toundra herbeuse ou arbustive et la forêt boréale commençait son ascension vers de plus hautes latitudes (voir figure 6) (Dyke, 2005; Williams et al., 2004). La fin du Dryas récent correspond au début de l'Holocène (O'Brien et al., 1995). La rapide augmentation des températures qui s'en suit, associée à des bouleversements environnementaux, dont la disparition de la mégafaune, coïncide avec des changements importants dans le mode de vie des humains (Newby et al., 2005), par exemple, le développement de styles de pointes mieux adaptées à la chasse aux gibiers de plus petite taille

(Zettler, 2016). Les températures continuent leur ascension soutenue jusqu'à 10 000 cal BP et ensuite plus lente jusqu'à 8 000 cal BP (voir figure 5) (Viau et al., 2006).

La fonte de la calotte laurentidienne cause la formation d'immenses lacs pro-gla-

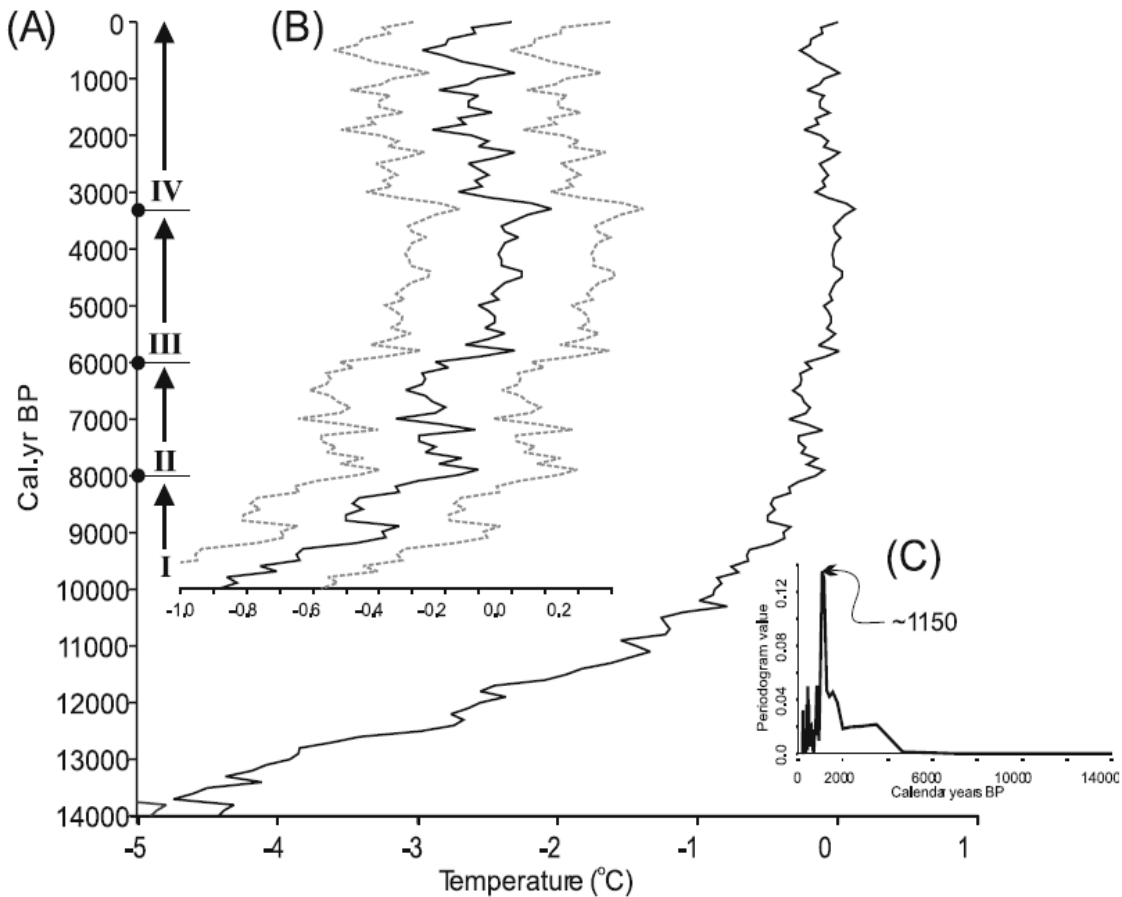


Figure 5 : Courbe des anomalies de température en juillet dans les derniers 14 000 ans (A) et des derniers 10 000 ans (B) en Amérique du Nord. Analyse spectrale sur la courbe des anomalies de températures des derniers 14 000 ans (C) (Viau et al., 2006).

ciaires, plus particulièrement les lacs Agassiz et Ojibwé qui se vident rapidement dans la baie d'Hudson vers 8 450 cal BP (Clarke et al., 2004). Ceci, combiné à une accélération de la fonte des glaciers, causera un autre ralentissement de la circulation thermohaline et aura comme conséquence le refroidissement du 8.2 ka event (Törnqvist et Hijma, 2012). Les effets de ce refroidissement, en Amérique du Nord, se feront sentir jusque vers 6 000 cal BP (voir figure 5) (Viau et al., 2006; Alley et al., 1997). Dans

le centre du continent, le *8.2 ka event* se manifeste par un important assèchement du climat (Alley et al., 1997). Sur les Rocheuses et dans l'Arctique, les glaciers se remettent à avancer (Denton et Karlen, 1973; Alley et Agustsdottir, 2005). La période qui suit est marquée par une augmentation de la population humaine en Amérique du Nord, qui s'accélère à partir de 6 000 cal BP (voir figure 6) (Peros et al., 2010). Cette date est aussi marquée par une augmentation de la densité de la population sur les îles aléoutiennes qui se déplacera vers l'est durant les 1 500 années suivantes

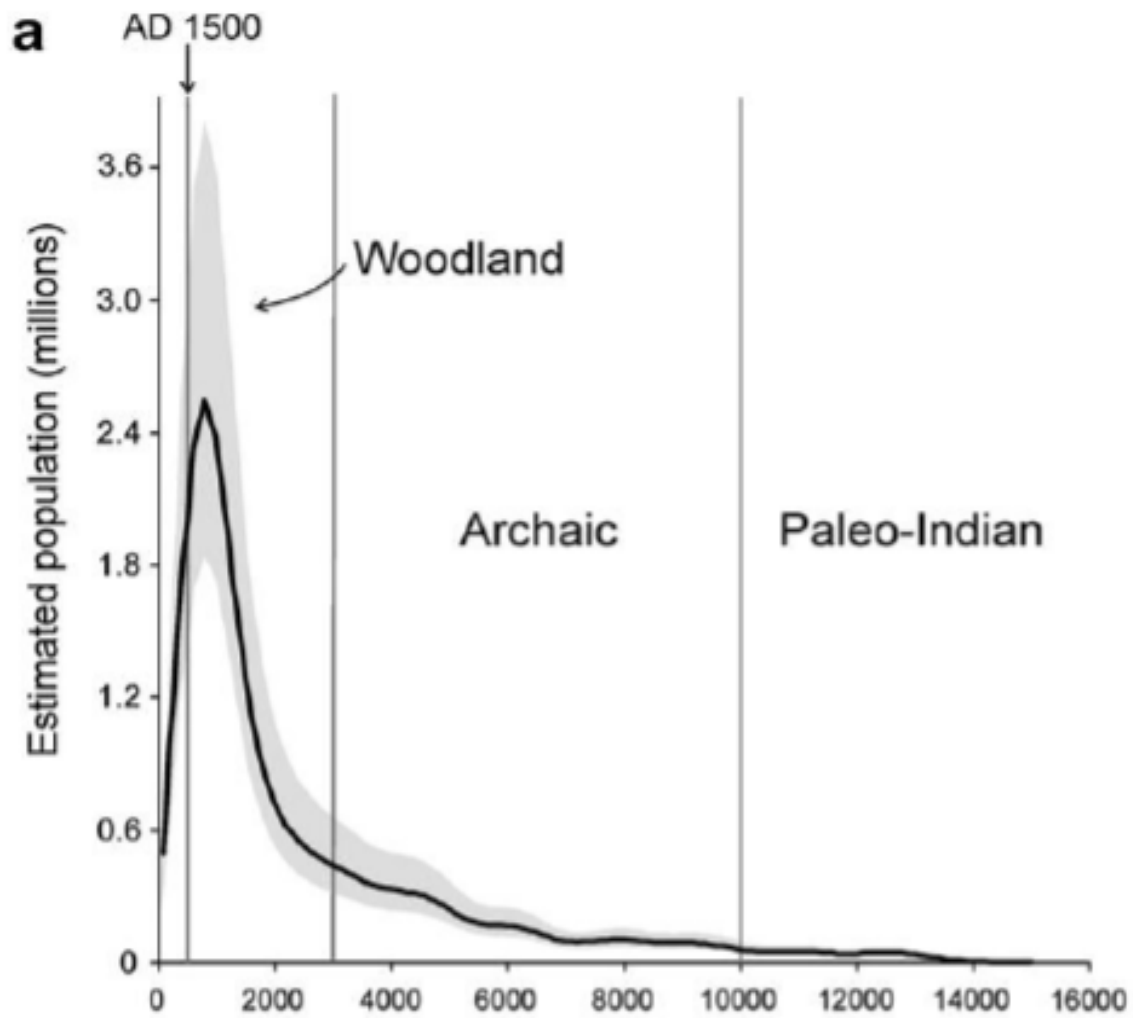


Figure 6 : Estimation de la population de l'Amérique du Nord à partir de 15 000 cal BP (Peros et al., 2010)

(Chaput et al., 2015) et qui correspond à la colonisation des îles centrales par les populations aléoutiennes (West et al., 2007).

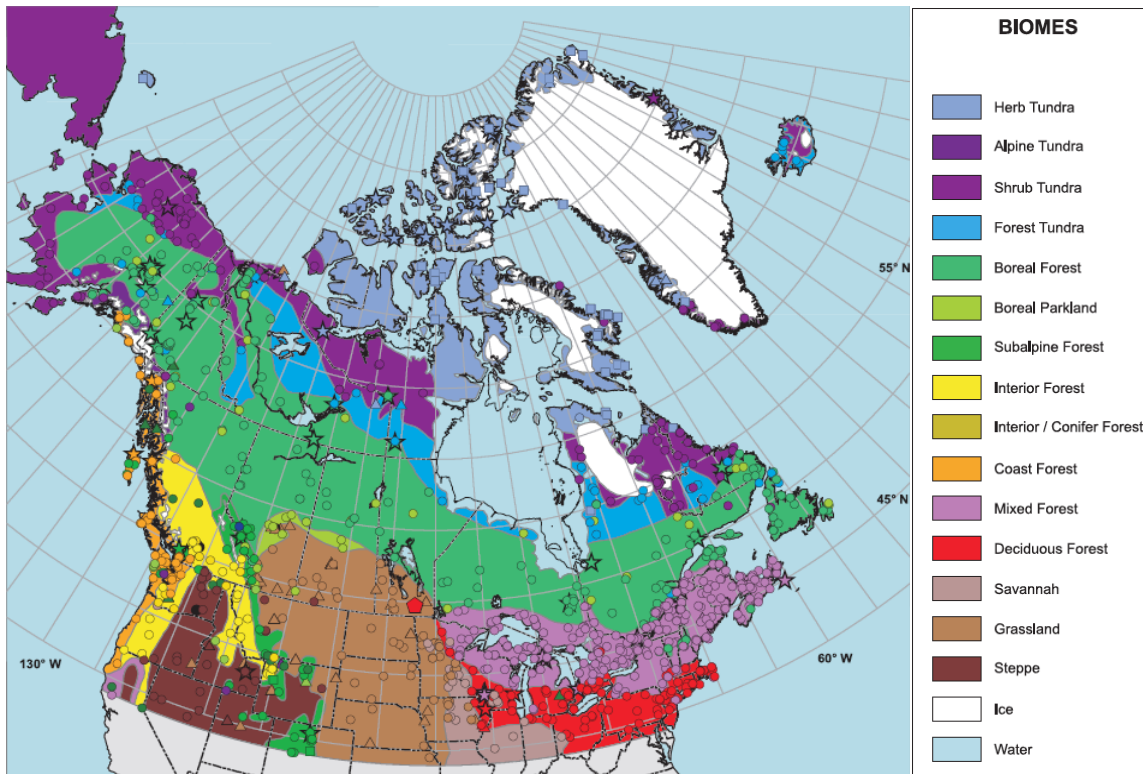


Figure 7 : Carte représentant le nord de l'Amérique du Nord avec les principaux biomes et la position des glaciers vers 6 000 cal BP (Dyke, 2005).

Après 6 000 cal BP, le climat se réchauffe et devient globalement plus sec en Amérique du Nord (Wanner et al., 2008; Winkler et al., 1986). Le climat sec qui prévalait sur le du continent à l'époque était surtout dû aux paramètres orbitaux favorisant une forte saisonnalité (Harrison et al., 2003), ce qui, en Afrique et en Asie, a comme conséquence de fortes moussons estivales et la formation de lacs dans l'actuel désert du Sahara (Kutzbach, 1981), mais aussi à des conditions analogues à La Niña qui cause des températures froides à la surface de l'océan Pacifique (Forman et al., 2001). À partir de cette période, la calotte laurentidienne n'a plus d'effet sur le climat (Wanner et al., 2008) et les biomes deviennent semblables à ceux qu'on connaît aujourd'hui, sauf dans les régions dont la déglaciation est tardive, comme le nord du Québec et l'île

de Baffin (voir figure 7) (Dyke, 2005). Cette situation, mieux connue sous le nom d'Optimum climatique de l'Holocène, est la période la plus chaude depuis le début de l'interglaciaire et perdurera, en Amérique du Nord, jusqu'à 3 000 cal BP (Viau et al., 2006). Le réchauffement du climat permet aussi à des arbres fruitiers de se répandre plus au nord et donne aux populations autochtones une occasion de diversifier leurs sources de nourriture. Pour en favoriser leur croissance, ils vont brûler d'importantes parcelles de forêt (Abrams et Nowacki, 2008; Fowler et Konopik, 2007). La diversification des végétaux en Amérique du Nord a conduit les humains à vouloir en apprendre davantage sur leur utilité et leurs caractéristiques, ce qui les mènera éventuellement à l'agriculture (Gupta, 2004). Déjà à partir de 5 500 cal BP, certaines espèces originaires du nord du Mexique, telles que le *sumpweed* (*Iva annual*), le tournesol (*Heliantus annuus*) et certaines variétés de courges, vont être domestiquées dans l'est de l'Amérique du Nord (Smith, 1989; Price, 2009), ce qui coïncide avec une augmentation de la population dans cette région (Chaput et al., 2015). Vers 4 000 cal BP, le maïs, plante originaire d'Amérique centrale, sera domestiqué dans le sud-ouest des actuels États-Unis (Merrill et al., 2009).

L'an 2 800 cal BP marque la transition, dans certaines régions, entre le mode de vie de chasseur-cueilleur, nomade, à celui de communautés sédentaires s'installant dans les vallées et les plaines alluviales afin de profiter de leurs sols fertiles, dans le but de favoriser la croissance de leurs cultures (Fowler et Konopik, 2007). C'est aussi à cette période que les glaciers de la cordillère nord-américaine se remettent à avancer; signe d'un refroidissement du climat et même de l'initiation d'une nouvelle glaciation ou *neoglaciale* (Denton et Karlén, 1973; Porter et Denton, 1967). Ceci est dû à une

diminution de l'insolation solaire en été dans l'hémisphère nord, conséquence des variations climatiques à l'échelle orbitale (Wright et al., 1993). À partir de 2 100 cal BP, le climat en Amérique du Nord devient aussi de plus en plus humide (Shuman et Marsicek, 2016), probablement causé par une augmentation des températures à la surface de l'océan Pacifique (Kim et al., 2004). Parallèlement, la culture du maïs se développe dans l'est du continent (Riley et al., 1994; Price, 2009) et la croissance démographique devient exponentielle (Munoz, 2010; Peros et al., 2010). Celle-ci se fait particulièrement sentir dans la région de Cahokia (dans le sud de l'actuel Illinois) (Chaput et al., 2015). Il existe effectivement certains liens entre le développement de la culture du maïs, l'établissement de villages et la croissance démographique, à tout le moins pour le nord-est des États-Unis (Hart et Lovis, 2013).

À l'échelle hémisphérique, le millénaire suivant est caractérisé par deux phases climatiques distinctes, soit : l'Optimum climatique romain (OCR) (entre 1950 et 1550 BP) et le *Dark Ages Cool period* (DAC) (entre 1550 et 1250 BP) (Trouet et al., 2013). Pour l'hémisphère nord, l'OCR montre clairement un réchauffement des températures et le DAC un refroidissement (Ljungqvist, 2010; Moberg et al., 2005; PAGES 2k, 2013). Par contre, en ce qui a trait aux températures, ces périodes sont plus difficilement observables en Amérique du Nord avec une variation spatiale importante (Viau et al., 2012; 2006). Néanmoins, la transition entre les deux périodes est marquée par un assèchement au nord, mais par une humidité plus soutenue pour le sud-ouest et le centre du continent (Ladd et al., 2018) coïncidant avec l'émergence de la culture Anasazi dans la région des *Four Corners* (Utah, Arizona, Nouveau-Mexique et Colorado), qui est caractérisée par l'introduction de la poterie et un mode de vie chasseur-

cueilleur associé à la culture du maïs (Cordell, 1994 dans Benson et al., 2007), ainsi que celle de la culture Fremont en Utah (Spangler et al, 2000). Sur la côte est, l'humidité s'accroît de façon générale (Ladd et al., 2018) et correspond au développement, à la fin du DAC, de la culture du maïs, des haricots et des courges dans le nord-est (Rieth, 2002 dans Hart et Rieth, 2002) et à la transition entre les cultures Owasco et Iroquoise (Lenig, 2000).

La période suivante est connue sous le nom d'Optimum climatique médiéval (OCM) (entre 1150 et 750 BP) (Trouet et al., 2013). L'OCM aurait pu atteindre des températures supérieures à celles d'aujourd'hui à l'échelle de l'hémisphère selon Ljungqvist (2010). La plupart des études s'entendent par contre pour dire que celle-ci fût chaude, mais moins que les dernières décennies (Moberg et al., 2005; Mann, 2007; Mann et Jones 2003; Mann et al., 2009). En Amérique du Nord, les températures s'accroissent

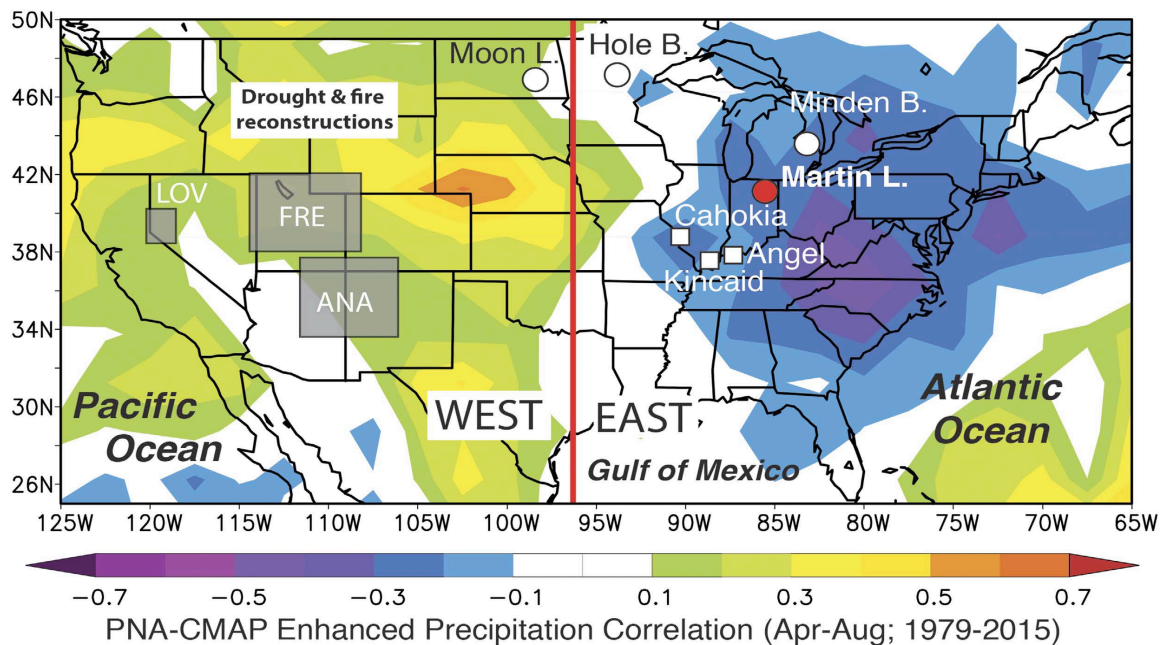


Figure 8 : Carte des 48 états contigus des États-Unis représentant les précipitations entre 950 et 650 cal BP par rapport à la moyenne de 1979 à 2015, ainsi que les cultures Lovelock (LOV), Fremont (FRE) et Anasazi (ANA) qui sont disparues à cette période (Bird et al., 2017).

de façon générale (Viau et al., 2012). Cette période correspond à l'âge d'or de la

Civilisation du Mississippi; la population de la cité de Cahokia passe de moins de 3000 habitants à plus de 15 000, entre 900 et 850 cal BP (Pauketat, 2003). À l'échelle continentale, la population atteint son apogée (avant la colonisation européenne), à 2,5 millions d'habitants, vers 800 cal BP, avant un déclin important (Peros et al., 2010).

Toutefois, cette période (1000 à 700 cal BP) correspond aussi à des épisodes de sécheresses généralisées sur le centre du continent et aurait pu aussi atteindre la côte est (Booth et al., 2006; Willard et al., 2003). Ceci pourrait être dû à un retour des conditions analogues à La Nina dans le Pacifique (Forman et al., 2001). Ces sécheresses auraient d'abord frappé l'ouest des actuels États-Unis; on observe l'effondrement des cultures Anasazi, Fremont et Lovelock entre 950 et 650 cal BP (voir figure 10) (Benson et al., 2007) et par la suite le centre, avec le déclin de la cité de Cahokia entre 600 et 500 cal BP (Bird et al., 2017). La croissance de la population nord-américaine de l'époque commence à s'essouffler à partir de 1000 cal BP et décline rapidement à partir de 800 cal BP (voir figure 6) (Peros et al., 2010).

Le Petit âge glaciaire (PAG) est la dernière phase climatique avant l'ère industrielle. Elle s'étend de 800 à 100 cal BP (Trouet et al., 2013) ou de 650 à 150 cal BP et présente la plus forte baisse globale des températures en 8 000 ans (Wanner et al., 2008). En Amérique du Nord, le PAG s'étend de 450 à 150 cal BP et présente des températures plus froides à travers tout le continent, sauf dans certaines régions boréales de la Saskatchewan, du Manitoba et du Labrador, comparativement à aujourd'hui, mais représente un refroidissement, lorsque comparé aux valeurs de l'OCM (Viau et al., 2012). Un des meilleurs témoins d'un refroidissement durant le PAG est l'avance des glaciers

aux quatre coins du globe (Koch et Clague, 2006; Denton et Karlén, 1973), dont les glaciers de la cordillère nord-américaine (Porter et Denton, 1967). Les causes de ce refroidissement sont multiples. La diminution graduelle de l'insolation solaire à cause des paramètres orbitaux se poursuit (Wanner et al., 2008). De plus, la période qui s'étend de la fin du XIIe siècle au début du XIXe de notre ère est marquée par une activité volcanique intense, par l'émission d'aérosols d'origine volcanique dans l'atmosphère (Gao et al., 2008). Enfin, l'intensité solaire durant cette période est plus faible que la normale et est représentée par le Minimum de Maunder et le Minimum de Spörer, qui sont des périodes où le nombre de taches solaires observées est faible. Un faible nombre de tache solaire correspondrait à une faible intensité solaire (Shindell et al., 2001; Eddy, 1977). En ce qui a trait à l'humidité, en Amérique du Nord, le PAG fut plus humide que l'OCM sur le centre et le nord-ouest du continent, mais plus sec à l'est (Ladd et al., 2018).

C'est durant le PAG que débutera la conquête européenne de l'Amérique du Nord et bien que les Européens amènent avec eux fusils et canons, la principale source de mortalité pour les autochtones fût les maladies, auxquelles les populations nord-américaines n'avaient pas encore été confrontées et n'avaient donc pas un système immunitaire assez performant pour les combattre (Denevan, 1992; Crosby, 2004; Cronon, 2011). Combinée à la dépossession de leur terre et même jusqu'à leur extermination pure et simple, comme ce fut le cas des Béothuks de l'île de Terre-Neuve (Budgel, 1992; Upton, 1977), la population autochtone poursuit donc son déclin (Peros et al., 2010). Les écosystèmes ne sont pas non plus épargnés et sont bousculés par l'introduction d'espèces végétales et animales d'origine européenne (Whitney 1996).

1.2.2 Les causes possibles de la variabilité climatique à l'échelle millénaire

Tel que décrit dans la section précédente, les changements climatiques sont des phénomènes récurrents qui affectent les humains et leur mode de vie. Il existe plusieurs échelles de variations climatiques. La plus grande et celle qui donne des changements de plus grandes amplitudes est l'échelle tectonique, mais les changements qu'on lui attribue se font sur des millions, voire des milliards d'années. Il existe aussi l'échelle orbitale et l'échelle millénaire. Ces deux dernières engendrent des changements climatiques plus facilement observables pour ce qui est de l'Holocène (Ruddiman, 2008).

Les variations climatiques à l'échelle orbitale, ou Cycles de Milankovitch sont constitués de trois paramètres principaux qui peuvent être parfaitement calculés, que ce soit pour le passé ou le futur (Wanner et al., 2008). Soit : l'obliquité, qui est la variation dans l'axe de rotation de la Terre sur un cycle d'environ 40 000 ans, l'excentricité, qui est la variation de l'orbite terrestre de quasi-circulaire à l'ellipse et qui a un cycle de 100 000 ans et finalement, la précession, qui est le changement de direction de l'axe de rotation de la Terre et dont le cycle est de 23 000 ans (Lorenz et al., 2006). Ce sont ces paramètres qui causent, entre autres, les cycles glaciaires et interglaciaires, dus aux changements qu'ils induisent à l'intensité solaire sur Terre. On peut affirmer qu'à l'échelle orbitale, qui est somme toute très longue, le climat se refroidit (Kobashi et al., 2017; Shuman et al., 2005).

Superposées à cette échelle, on retrouve les variations millénaires. Durant la dernière glaciation, les évènements de Dansgaard-Oeschger, qui suivaient un cycle de 1500 ans, étaient des changements brutaux du climat (Bond et Lotti, 1995; Dansgaard et al., 1993; Bond et al., 1992; Grimm et al., 1993; Guiot et al., 1993). Néanmoins, en étudiant

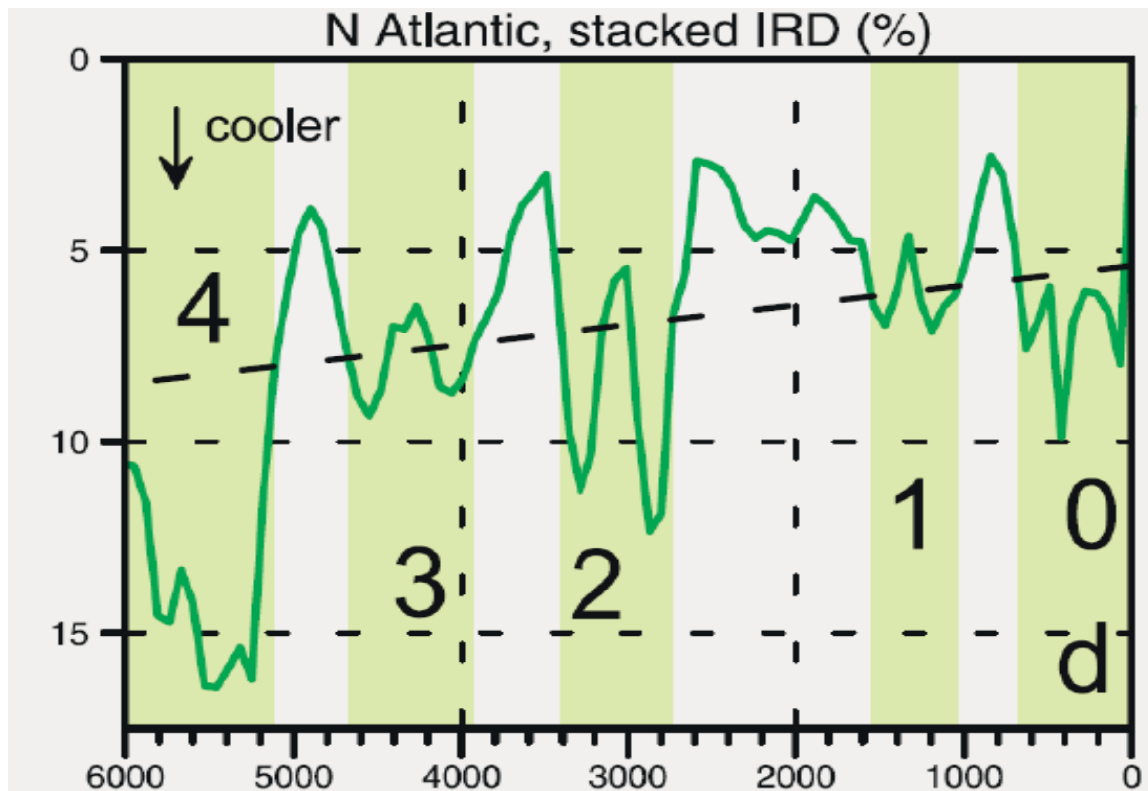


Figure 9 : Les cycles de Bond des derniers 6000 ans. La courbe en vert représente la quantité de sédiments déposés par la fonte d'iceberg; plus la quantité est importante, plus les températures sont froides (Wanner et al., 2008).

les sédiments provenant du vêlage d'icebergs déposés au fond de l'Atlantique Nord en fondant, Bond et al. (1997, 2001), ont suggéré que ce cycle avait aussi lieu durant l'Holocène. Par contre, la quantité des débris est d'une importance moindre que lors des glaciations. On nommera par ailleurs « Cycles de Bond » l'équivalent des évènements Dansgaard-Oeschger durant l'Holocène (voir figure 9). Ce qui est en accord avec ce que Denton et Karlén (1973) avaient trouvé en étudiant les variations des fronts glaciaires en Amérique du Nord et en Europe et avec O'Brien et al. (1995) qui

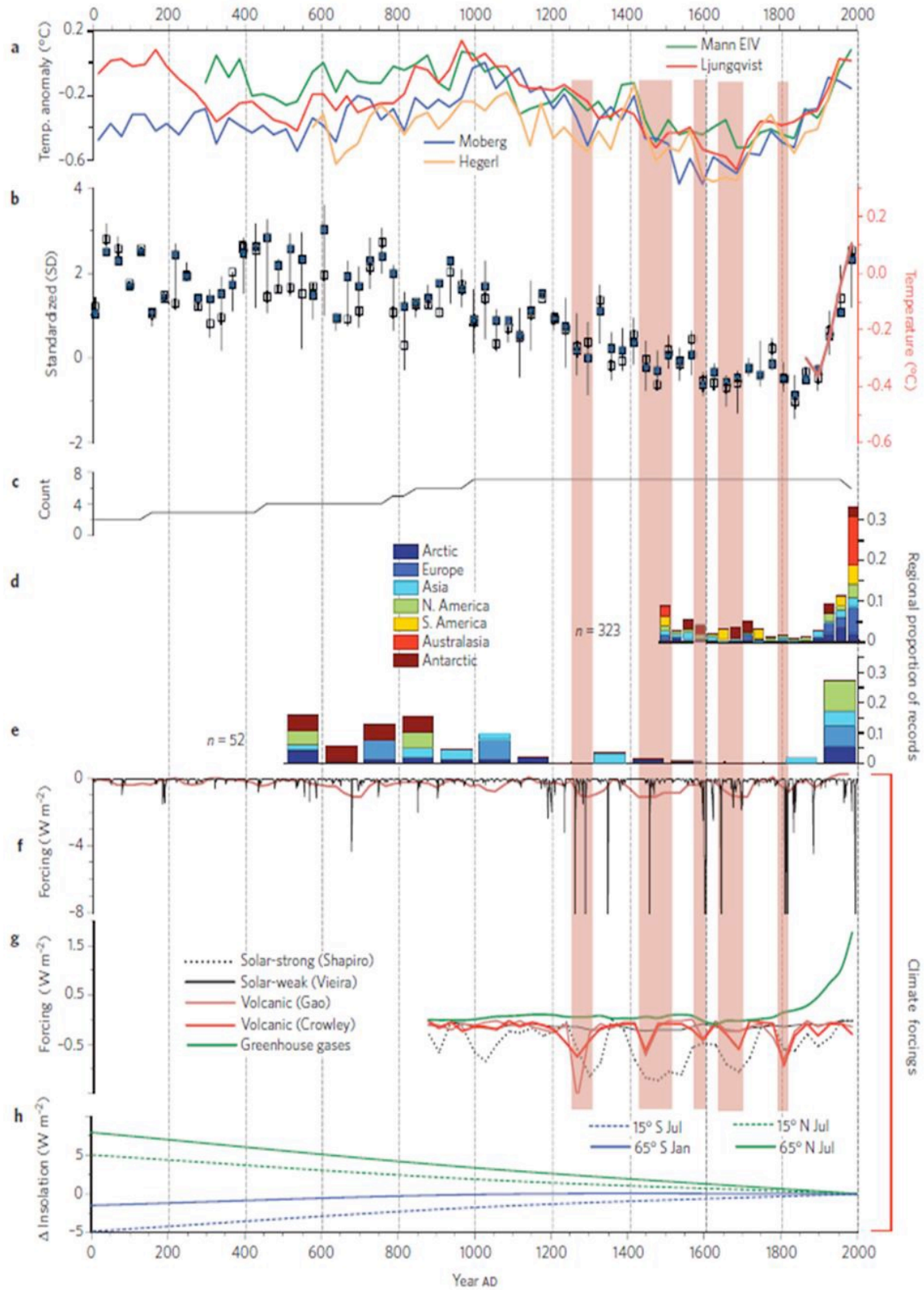


Figure 10 : Anomalies des températures des derniers 2000 ans (b) selon plusieurs études (a) en fonction de divers forçages (f, g, h) (PAGES 2K, 2013).

avaient, quant à eux, étudié les carottes glaciaires du Groenland. Il semblerait par contre que ces variations se fassent suivant un cycle de 900 à 1100 ans, à tout le moins en Amérique du Nord, selon Viau et al. (2006). Par ailleurs, le PAG et l'OCM sont les dernières conséquences des variations à l'échelle millénaire (Gajewski, 1987; Esper et al., 2002; Moberg et al., 2005).

Néanmoins, contrairement à l'échelle tectonique et à l'échelle orbitale, les causes des changements climatiques à l'échelle millénaire restent nébuleuses (Ruddiman, 2008). Plusieurs théories tentent de l'expliquer, comme par exemple, les changements dans la circulation thermohaline. La circulation thermohaline dans l'océan contribue à redistribuer la chaleur des tropiques aux pôles (Trenberth et Caron, 2001). Ainsi, son ralentissement peut provoquer un refroidissement important, particulièrement aux hautes latitudes (Broecker et Denton, 1989; Rind, 1999). Par contre, sans grands influx de la part de l'eau de fonte des glaciers, les changements dans la circulation thermohaline restent négligeables et de moindre importance durant un interglaciaire que durant une période glaciaire (Bond et Lotti., 1995; Ruddiman, 2008). Un forçage de la part des gaz à effet de serre pourrait aussi être plausible. Néanmoins, les changements dans la concentration de méthane (CH₄) semblent plutôt être un produit du réchauffement que le contraire et le rôle du dioxyde de carbone (CO₂) reste encore à éclaircir (Ruddiman, 2008; Louergue et al., 2008).

En 2007, Ammann et al. ont proposé, en utilisant un modèle climatique, que les deux principaux forçages naturels qui contrôlent les changements climatiques à l'échelle millénaire soient les variations de l'intensité solaire, ainsi que le volcanisme (Van Geel

et al., 1999; PAGES 2k, 2013) (voir figure 8). Une série d'éruptions volcaniques durant l'Holocène semble avoir causé des changements climatiques à l'échelle globale, selon la carotte glaciaire GISP (Zielinski et al., 1996; Kobashi et al., 2017). La variabilité solaire peut, quant à elle, être retracée avec la production de nucléides provenant du rayonnement cosmique (béryllium-10 [^{10}Be] et carbone-14 [^{14}C]). En effet, quand l'activité solaire est intense, elle a tendance à « souffler » le rayonnement cosmique, donc

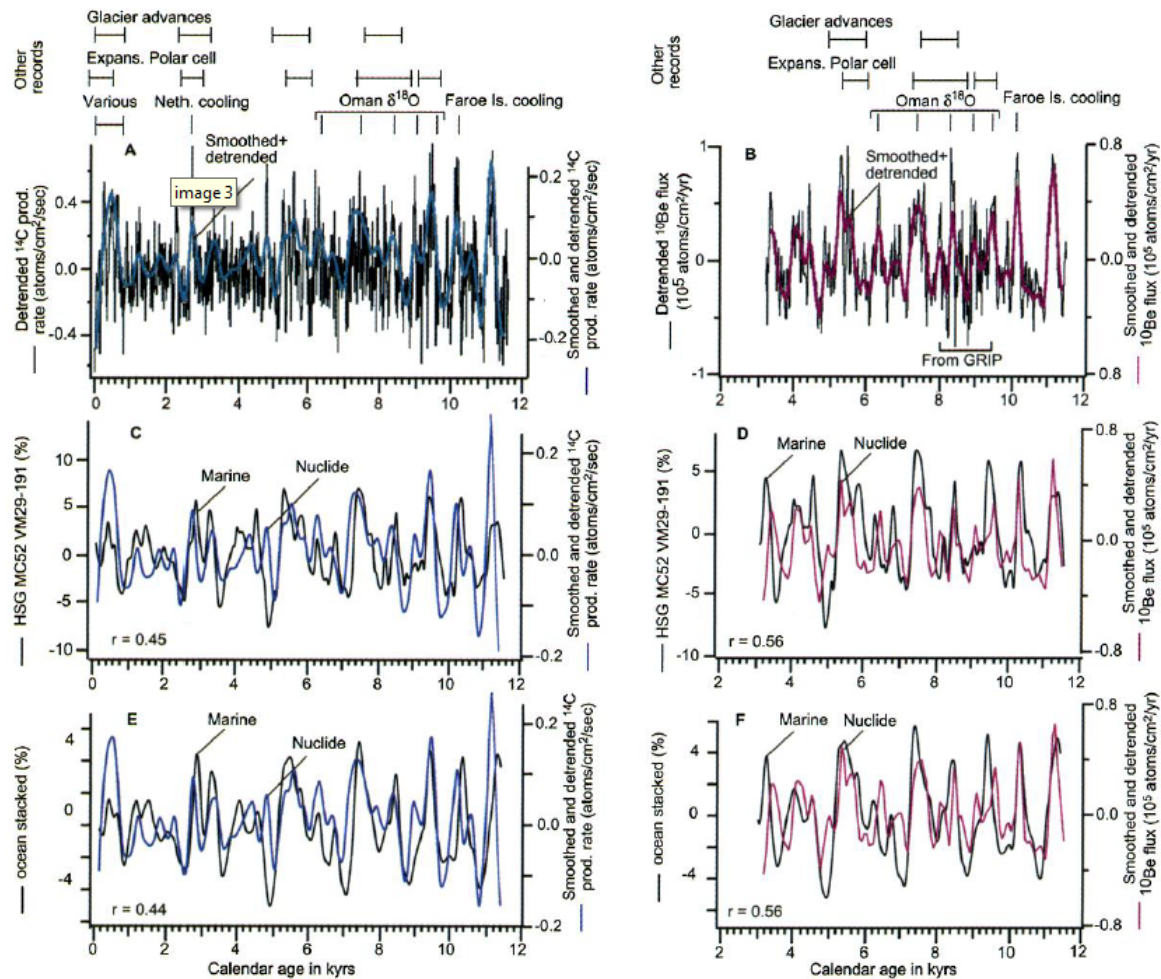


Figure 11 : Courbes de flux cosmiques (^{10}Be et ^{14}C) comparées aux cycles d'expansion des glaciers, de la cellule polaire, ainsi qu'aux sédiments marins (Bond et al., 2001).

la production de nucléides cosmiques baisse et vice versa (Masarik et Beer, 1999).

Les variations solaires correspondent aux sédiments provenant de la fonte d'icebergs dans l'Atlantique Nord, aux cycles de progression et de recul des glaciers et aux cycles

d'expansion et de contraction de la cellule polaire (voir figure 11) (Bond et al., 2001). Le Minimum de Maunder (355 à 285 cal BP) et le Minimum de Spörer (600 à 490 cal BP) sont des périodes où les taches solaires sont plus rares, ce qui correspond à une faible intensité solaire. Cette période a eu lieu au plus fort du PAG (Rind et Overpeck, 1993; Eddy, 1977).

Néanmoins, Turney et al. (2005) ont conclu que les changements climatiques à l'échelle millénaire, dans l'Atlantique Nord, ne résultaient pas d'une réponse linéaire aux changements dans l'activité solaire. Il en va de même pour le volcanisme, selon Robock (2000), une seule éruption ne peut avoir un impact dépassant les deux à trois ans. À moins d'avoir une gigantesque éruption ou une série d'éruptions, comme ç'a été le cas durant le PAG (Gerber et al., 2003; Shindell et al., 2004; Fischer et al., 2007).

1.3 Méthodologie

1.3.1 Données

Les données ont été extraites de la *Canadian Archaeological Radiocarbon Database* (CARD). La CARD est une base de données archéologique et paléontologique, dont la vaste majorité est datée au ^{14}C (Martindale et al., 2016). Elles ont par la suite été triées (tri #1), premièrement en fonction de leur type, puisque seules les données archéologiques ont été utilisées ici, ensuite selon qu'une culture leur était attribuée ou non. Ainsi, toutes les données paléontologiques et les données archéologiques qui n'ont pas d'attribution culturelle ont été rejetées, de même que celles portant la mention « anormal » ou « *anomalous* », signifiant que l'âge mesuré de l'artéfact est trop vieux ou trop jeune pour être attribué à la culture en question.

Un deuxième tri (tri #2) a été effectué en fonction de leur unité culturelle. Le concept de *culture* revêtant différentes définitions, plusieurs tentatives pour établir un système de classification ont été effectuées (McKern, 1939; Willey et Phillips, 1958; Syms, 1977). Par souci d'homogénéité, les cultures utilisées pour cette étude sont celles définies comme étant un *focus* dans le système de McKern, c'est-à-dire une unité culturelle qui partage plusieurs traits caractéristiques, ou *component* (pointes de projec-

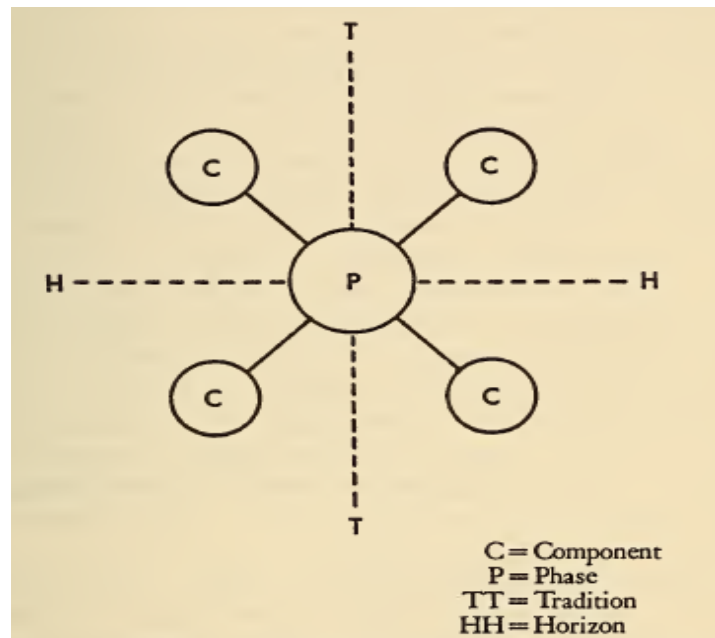


Figure 12 : Diagramme qui permet de comprendre l'intégration des diverses unités de Willey et Phillips (1958) : phase (P), tradition (T). Le component (C) est défini comme la manifestation d'une phase (un trait culturel) à un site spécifique, par exemple une pointe de flèche. L'horizon (H), peut être défini par un ensemble de trait culturels à un moment spécifique sur une grande étendue géographique (Willey et Phillips, 1958).

tile, technologies, techniques, etc.), sur plusieurs sites (McKern, 1939), comme une *phase* dans le système de Willey et Phillips, dont la définition est essentiellement la même que le *focus* de McKern (voir figure 12 et tableau 1) (Willey et Phillips, 1958) et comme le *complex* de Syms, dont la définition est similaire à la *phase* de Willey et Phillips, donc au *focus* de McKern (Syms, 1977). Les cultures étant définies comme une *tradition* dans le système de Willey et Phillips, qui se caractérise comme une

continuité temporelle représentée par des traits persistants et qui sont, de façon simple, une succession de *phases* (voir figure 12 et tableau 1) (Willey et Phillips, 1958), ont aussi été incluses. Bien qu'elle ne soit pas analogue aux autres unités sélectionnées, la *tradition*, par définition, ne peut pas fausser les résultats puisqu'elle est une suite de *phases*. Donc, comme elle se maintient dans le temps, son apparition ou sa disparition de façon synchrone à une *phase* qui lui appartiendrait viendrait, en effet, amplifier le résultat, mais étant donné que les *traditions* se veulent plus stables dans le temps, il est raisonnable de penser que cela est aussi dû à un évènement plus important. Ont aussi été incluses les cultures s'apparentant à ces différentes définitions. Les cultures n'y étant pas associées ont donc été rejetées.

Tableau 1 : *Le Method and Theory in American archaeology* (Willey et Phillips, 1958) appliqué à un cas pratique.

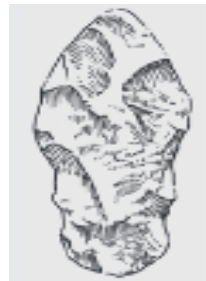
Exemple de l'Oshara Tradition

Pour appliquer le *Method and Theory in American archaeology* (Willey et Phillips, 1958), voici un bref exemple de la culture Oshara pour distinguer *phases* et *traditions*. En aucun cas le but n'a été de lier cette succession de *phases* et de *traditions* à des changements de nature climatiques, même si une tentative a déjà été effectuée en ce sens (par exemple Irwin-Williams et Haynes, 1970)

La culture d'Oshara est une *tradition* ayant subsisté dans le sud-ouest des États-Unis, plus précisément dans la région des *four corners* (Utah, Colorado, Arizona, Nouveau-Mexique) durant la période archaïque, de 7 450 cal BP à 2 750 cal BP (Jelks 1992; Cordell et McBrinn, 2016). Elle succède à la *phase* Alberta-Cody de la *Plano Tradition* (Cordell et McBrinn, 2015; Bonnichsen et Keyser, 1982). Selon Cynthia Irwin-Williams, les Osharas étaient organisés en petits groupes nomades de chasseurs-cueilleurs qui suivaient les migrations des troupeaux. Ils ont graduellement adopté l'agriculture et se sont substitués aux Anasazis; sédentaires (Jelks, 1992), une autre culture classée comme *tradition* dans notre base de données. L'*Oshara Tradition* est divisée en quatre *phases* :

Jay Phase (7 450 à 6 750 cal BP)

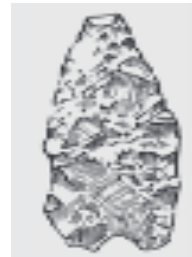
Les artefacts (*components*) qui définissent la *Jay Phase* comprennent les pointes de projectile de type « Jay » (voir figure 3), des couteaux bifaces en forme de feuilles et une variété de grattoirs soigneusement conçus (Jelks, 1992; Cordell et McBrinn, 2015).



Pointe de type 'Jay' (Cordell et McBrinn, 2015)

Bajada Phase (6750 à 5250 cal BP)

Les *components* la *Bajada Phase* comprennent les pointes de type « Bajada » (voir figure 4), de grands hachoirs, des grattoirs grossièrement fabriqués, ainsi que des foyers et des fours en terres remplis de galets (Jelks, 1992; Cordell et McBrinn, 2015).



Pointe de type 'Bajada' (Cordell et McBrinn, 2015)

San José Phase (5250 à 3750 cal BP)

Les *components* définissant la *San José Phase* comprennent les pointes dentelées de type 'San José' (voir figure 5), des grattoirs grossiers et de grands hachoirs, des grands fours souterrains remplis de galets, des dalles de meulage ainsi que des pierres à marteler (Jelks, 1992; Cordell et McBrinn, 2015).



Pointes de type 'San José' (Cordell et McBrinn, 2015)

Armijo Phase (3750 à 2750 cal BP)

Les *components* qui définissent l'*Armijo Phase* sont les pointes « Armijo », semblables au type « San José », mais plus allongées (voir figure 6), des hachoirs, des semoirs, des couteaux bifaces, ainsi que l'introduction de la culture du maïs et de la courge (Jelks, 1992).



Pointes de type 'Armijo' (Cordell et McBrinn, 2015)

Enfin, un dernier tri (tri #3) a été effectué pour éliminer les cultures ayant moins de 5 données; un trop petit nombre de données associées à une culture pourrait mal démontrer son étendue temporelle et engendrer de « fausses » discontinuités

(Wendland et Bryson, 1974). Au final, 5216 données associées à 122 cultures ont été utilisées.

Les dates ^{14}C calculées dans CARD ont par la suite été converties en dates calendriers avant 1950 (cal BP) avec OxCal 4.3 qui utilise la courbe de calibration IntCal 13 (Ramsey, 2009). Quelques données n'ont pas pu être converties en cal BP; l'incerti-

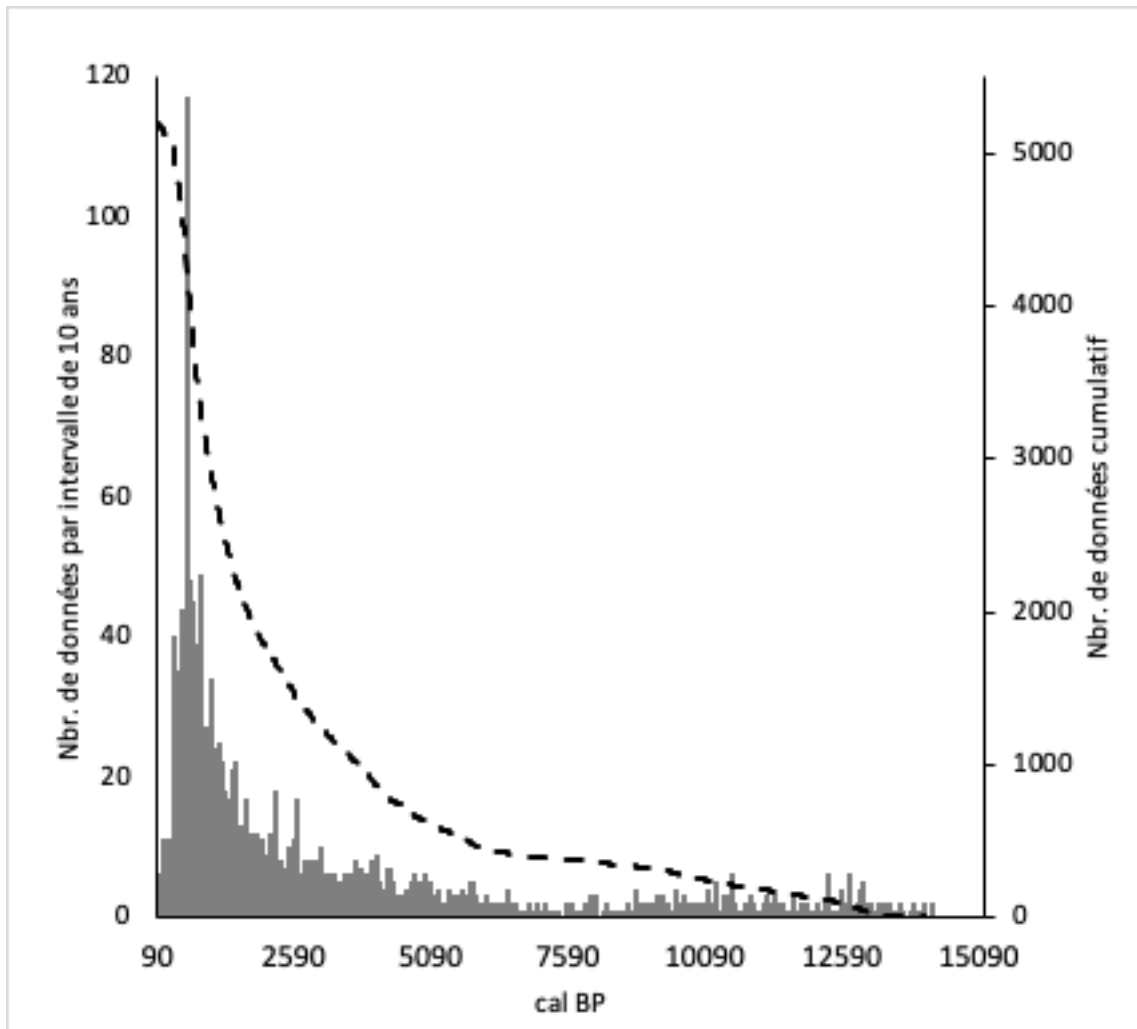


Figure 13 : Graphique représentant le nombre de données utilise pour cette étude par intervalles de dix ans. La courbe en pointillés représente le nombre de données cumulatif.

tude n'étant pas indiquée, donnant 5198 données en cal BP, la plus jeune étant de 88 cal BP et la plus vieille de 15 183 cal BP, mais toujours associées à 122 cultures. Suivant la méthode utilisée par Wendland et Bryson (1974), les données ont par la suite

été placées à l'intérieur d'intervalles de 10 ans, soit 80 à 89 cal BP, 90 à 99 cal BP et ainsi de suite jusqu'à 15 180 à 15 189 cal BP, pour obtenir 1511 intervalles (voir figure 13).

L'annexe 4 montre les cultures étudiées dans cette thèse, l'étendue représentée par les dates qui leur sont attribuées, le nombre de dates de chacune des cultures et l'unité archéologique qui les représente.

1.3.2 Test du khi carré (χ^2) d'indépendance

En 1974, Wendland et Bryson ont utilisé 3700 données archéologiques datées au ^{14}C et attribuées à 155 cultures provenant de partout sur le globe et ont identifié les dates de discontinuités culturelles les plus probables en utilisant le test du khi carré (χ^2) d'indépendance (Pearson, 1900). Le test du χ^2 d'indépendance évalue la dépendance entre deux variables dans deux catégories ou plus. En d'autres mots, il cherche à savoir si les valeurs observées varient de façon linéaire en fonction des effectifs des catégories ou si elles dépendent des catégories elles-mêmes.

Par exemple, on cherche à savoir si les hommes ou les femmes ont une tendance préférentielle à avoir un chien ou un chat comme animal domestique. Il faut tout d'abord établir l'hypothèse nulle (H_0), où les deux variables sont indépendantes et où les valeurs observées vont varier de façon linéaire en fonction des effectifs et l'hypothèse alternative (H_1), où les deux variables sont dépendantes et où les valeurs observées vont varier en fonction des catégories elles-mêmes et non pas en fonction des effectifs. Dans ce cas-ci, H_0 serait que le sexe d'un individu ne détermine pas le fait qu'il ait un chien ou un chat comme animal domestique et H_1 que le sexe d'un individu

déterminera le fait qu'il possède un chien ou un chat. Imaginons un échantillon de 300 observations, soit 150 hommes et 150 femmes. De ceux-ci, 200 possèdent un chat et 100 possèdent un chien. Si les valeurs observées varient de façon parfaitement linéaire en fonction des effectifs et que les variables sont totalement indépendantes, il y aura 100 hommes possédant un chat et 50 autres possédant un chien et il y aura 100 femmes possédant un chat et 50 autres possédant un chien (voir tableau 2). Dans ce cas-ci, la valeur du χ^2 sera de 0 et H_0 est acceptée.

Tableau 2 : Exemple fictif d'un échantillon de 300 observations où les variables sont totalement indépendantes et où les valeurs observées varient de façon parfaitement linéaire en fonction de l'effectif des catégories ($\chi^2 = 0$) H_0 n'est pas rejetée.

	Hommes	Femmes	Total
Chats	100	100	200
Chiens	50	50	100
Total	150	150	300

Par contre, dans un scénario où les valeurs observées ne varient pas de façon linéaire en fonction des effectifs et que les variables sont dépendantes, il y aura 150 hommes possédant un chat et aucun possédant un chien et il y aura 50 femmes possédant un chat et 100 possédants un chien (voir tableau 3). En d'autres mots, il serait impossible d'être un homme et posséder un chien et il serait rare qu'une femme possède un chat, selon les observations effectuées. Dans ce cas-ci, la valeur du χ^2 sera de 150 et H_0 sera rejetée.

Il en va de même pour l'utilisation qu'on en a faite pour ce travail. Pour ce faire, des tableaux de contingence, semblables à ceux vus dans l'exemple précédent, ont été

Tableau 3 : Exemple fictif d'un échantillon de 300 observations où les variables sont dépendantes et où les valeurs observées ne varient pas de façon linéaire en fonction de l'effectif des catégories ($\chi^2 = 150$) H_0 est rejetée.

	Hommes	Femmes	Total
Chats	150	50	200
Chiens	0	100	100
Total	150	150	300

construits. La période d'étude séparée en deux sections à une date donnée a été mise sur l'axe horizontal, formant ainsi deux catégories. Cette séparation a été repoussée à chaque tranche de 10 ans en fonction des intervalles dans lesquelles les données ont été placées au départ. Les cultures étudiées ont, quant à elle été placées sur l'axe vertical (voir tableau 4).

Tableau 4: Format de tableau de contingence qui sera utilisé pour le calcul du χ^2 .

	80 à 89 cal BP	90 à 15 189 cal BP	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
Culture C	$O_{3,1}$	$O_{3,2}$	S_3
Culture D	$O_{4,1}$	$O_{4,2}$	S_4
...
Total	S'_1	S'_2	N

Le χ^2 a par la suite été calculé selon l'équation suivante :

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

où O_{ij} est le nombre de dates attribuées à une culture (i) dans une section de la période étudiée (j) et E_{ij} est le nombre de dates attendues pour cette même culture dans cette même section. E_{ij} se calcule de la façon suivante :

$$E_{ij} = \frac{S_i S'_j}{N}$$

où S_i est la somme des dates d'une culture, S'_j est la somme des dates d'une des deux sections et N le nombre total de dates contenues dans la période étudiée.

Pour ce travail, H_0 est que le nombre de dates observées varie de façon linéaire en fonction de l'effectif de la section de la période étudiée et H_1 est que le nombre de données observées dépende de l'une ou l'autre des sections, c'est-à-dire qu'ils se regroupent de façon préférentielle sans égards à l'effectif de celles-ci ; donc qu'il s'agit d'une discontinuité culturelle.

Évidemment, il est rare, et même plutôt suspect, que des échantillons démontrent quasi parfaitement H_0 ou H_1 , comme vus dans l'exemple (voir tableaux 2 et 3). C'est pourquoi, avant de calculer le χ^2 , il faut déterminer la valeur critique du χ^2 . Si la valeur de χ^2 est plus élevée que la valeur critique, H_0 sera rejetée, inversement, si elle est plus faible, H_0 ne sera pas rejetée. Pour calculer la valeur critique, il faut tout d'abord calculer le degré de liberté (DF) comme suit :

$$DF = (i - 1)(j - 1)$$

où i est le nombre de colonnes dans un tableau de contingence, dans ce cas-ci le nombre de sections de la période étudiée, et j le nombre de ligne, dans ce cas-ci le nombre de cultures. Dans notre cas, le DF sera toujours équivalent au nombre de

cultures auquel on soustrait 1, parce qu'il y a toujours deux sections à la période étudiée. Il faut ensuite déterminer quelle sera la valeur de probabilité (p). En général, pour rejeter H_0 , p doit être plus petite que 0,05 ($p < 0,05$) (Fisher, 1934). Pour déterminer la valeur critique, on peut utiliser la Table du χ^2 (voir annexe 2) lorsque le DF a une valeur de 30 ou moins. Lorsque le DF est de 30 ou plus, les valeurs du χ^2 tendent à être distribuées normalement autour de la moyenne, on peut donc trouver p en calculant le t comme suit :

$$t = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2DF - 1}$$

Lorsque $t > 2$, $p < 0.05$ (Snedecor, 1946).

Pour la première itération, le χ^2 a ainsi été calculé 1510 fois, soit un à chaque fois que la séparation à l'intérieur de la période d'étude est repoussée de 10 ans. De ces 1510 χ^2 , celui ayant la valeur maximale est retenu.

À chaque nouvelle itération, de nouvelles périodes d'étude sont formées en fonction de la ou des dates retenues à l'itération précédente; une itération peut donc avoir plusieurs périodes d'étude. Ainsi, lors de la deuxième itération, 2 nouvelles périodes d'étude ont été formées soit une avant la date retenue et une autre après la date retenue. Une date est ressortie de chacune de ces périodes d'étude, ce qui fait qu'à la troisième itération, 4 périodes d'études ont été formées et ainsi de suite. Ce processus a ainsi été répété 10 fois et les dates retenues avaient un $p < 0.05$. À chaque période d'étude subséquente, encore une fois, seules les cultures ayant plus de 5 données ont été conservées. Une description détaillée de la méthode est présentée à l'annexe 1.

2. La datation des évènements climatiques à partir des discontinuités culturelles en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans

2.1 Résumé

Cette étude suggère que l'on peut retracer les évènements climatiques terrestres en étudiant l'histoire humaine. À partir de données archéologiques, datées au ^{14}C et attribuées à des cultures en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans en utilisant la loi du χ^2 d'indépendance. 10 dates de discontinuités culturelles ont été identifiées, soit 13 840, 11 950, 10 410, 8480, 6410, 4810, 3270, 2470, 1190 et 720 cal BP. Toutes ces dates peuvent être associées à des évènements climatiques trouvés en utilisant des proxys climatiques et des méthodes plus conventionnelles. De plus, les résultats permettent de voir que ces discontinuités culturelles répondent au cycle de la variation climatique aux échelles centenaire et millénaire durant l'Holocène qui est probablement causé par les variations de l'intensité solaire.

2.2 Introduction

L'humain comme agent actif du système climatique (Stocker et al, 2013; Skeie et al., 2011) est une situation tout à fait récente à l'échelle de l'évolution humaine. En effet, jadis, l'humain, à l'instar de n'importe quel autre être vivant, évoluait pour s'adapter au climat dans lequel il s'établissait. La particularité d'*homo sapiens* vient du fait qu'il est, comparativement aux autres mammifères, doté d'une intelligence supérieure (Roth et Dicke, 2005). Ainsi, il n'est dorénavant plus dépendant de sa génétique pour s'adapter à un changement environnemental (Heinrich et McElreath, 2003).

La thèse environnementale et plus particulièrement la thèse climatique ont été largement abordées pour expliquer le déclin et la disparition de certaines cultures, tant celles vivant de la chasse et de la cueillette que celles ayant atteint un niveau technologique et politique plus complexe (deMenocal, 2001; Newby et al., 2005; Peterson et Haug, 2005; Yancheva et al., 2007). À l'inverse, la datation d'évènements climatiques à partir des changements culturels ou discontinuités culturelles, c'est-à-dire la disparition ou l'apparition de plusieurs cultures, est plus rare. En 1974, Wendland et Bryson ont utilisé une méthode proposée par Baerreis et Bryson en 1966 pour trouver les périodes de discontinuités culturelles les plus probables à travers 3700 dates radiocarbone (^{14}C) associés à 155 cultures à travers le monde. L'hypothèse étant que des discontinuités culturelles synchrones et à grande échelle spatiale ne peuvent être expliquées que par un changement environnemental, lui-même causé par un évènement climatique antérieur. Parce que, bien évidemment, il existe bon nombre de raisons pouvant expliquer l'essor ou le déclin d'une culture en particulier : guerres, maladies, innovations technologiques, etc. Mais quand ces discontinuités sont reconnues chez plusieurs cultures établies dans des régions distinctes, l'hypothèse climatique est la seule devenant plausible (Wendland et Bryson, 1974).

En revisitant une version adaptée de la méthode de Wendland et Bryson, qui utilise le V de Cramér pour identifier les résultats les plus significatifs, cette étude tente d'identifier les discontinuités culturelles durant les 15 000 dernières années. Les 5198 données archéologiques utilisées, datées au ^{14}C , proviennent seulement de l'Amérique du Nord (Canada et États-Unis continentaux), et non pas du monde entier

comme l'on fait Wendland et Bryson en 1974. Les résultats seront par la suite comparés à d'autres études utilisant des proxys et des méthodes plus traditionnelles.

2.3 Méthodologie

2.3.1 Données

Les données ont été extraites de la *Canadian Archaeological Radiocarbon Database* (CARD). La CARD est une base de données archéologique et paléontologique, dont la vaste majorité est datée au ^{14}C (Martindale et al., 2016). Elles ont par la suite été triées (tri #1), premièrement en fonction de leur type, puisque seules les données archéologiques ont été utilisées ici, ensuite selon qu'une culture leur était attribuée ou non. Ainsi, toutes les données paléontologiques et les données archéologiques qui n'ont pas d'attribution culturelle ont été rejetées, de même que celles portant la mention « anormal » ou « *anomalous* », signifiant que son âge est trop vieux ou trop jeune pour une culture donnée.

Un deuxième tri (tri #2) a été effectué en fonction de leur unité archéologique. Le concept de *culture* revêtant différentes définitions, plusieurs tentatives pour établir un système de classification ont été effectuées (McKern, 1939; Willey et Phillips, 1958; Syms, 1977). Par souci d'homogénéité, les cultures utilisées pour cette étude sont celles définies comme un *focus* dans le système de McKern, comme une *phase* et/ou une *tradition* dans le système de Willey et Phillips et/ou comme un *complex* dans le système de Syms, ainsi que les cultures s'apparentant à ces différentes définitions. Les cultures n'adhérant pas à celles-ci ont été rejetées.

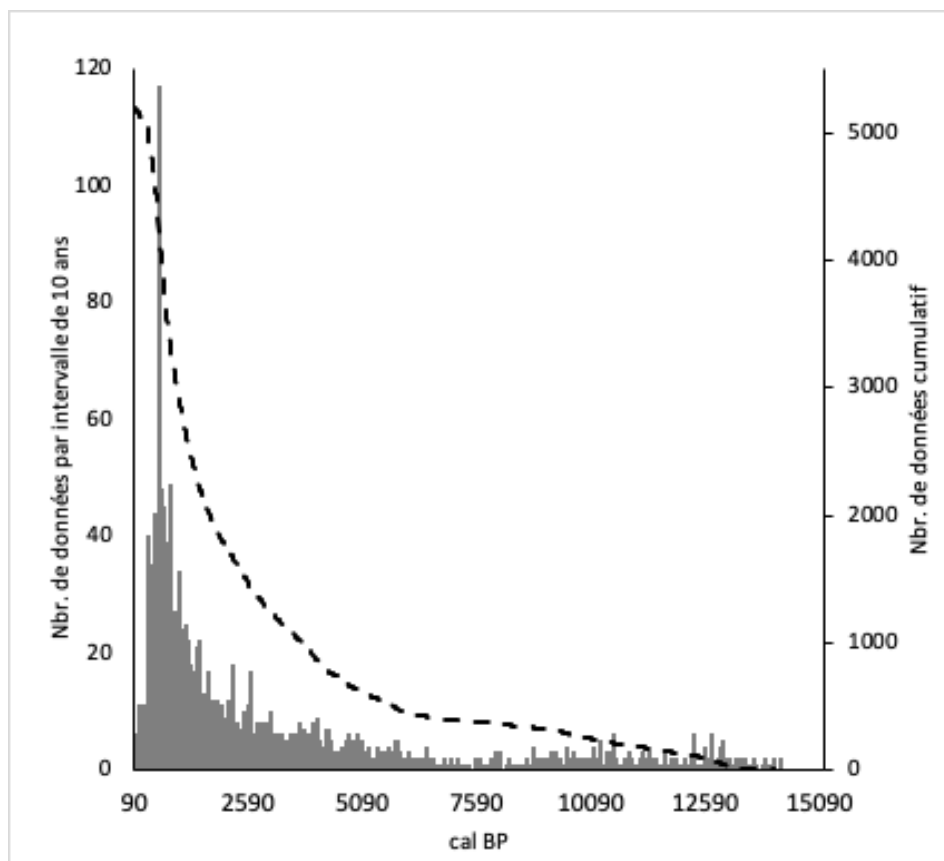


Figure 14 : Graphique représentant le nombre de données utilise pour cette étude par intervalles de dix ans. La courbe en pointillés représente le nombre de données cumulatif.

Un dernier tri (tri #3) a été effectué pour éliminer les cultures ayant moins de 5 dates ^{14}C ; un trop petit nombre de dates associées à une culture pourrait mal démontrer son étendue temporelle et engendrer de « fausses » discontinuités (Wendland et Bryson, 1974). Au final, 5216 données associées à 122 cultures ont été utilisées. Les dates ^{14}C calculées dans CARD ont par la suite été converties en dates calendriers avant 1950 (cal BP) avec OxCal 4.3 qui utilise la courbe de calibration IntCal 13 (Ramsey, 2009). Quelques données n'ont pas pu être converties en cal BP; l'incertitude n'étant pas indiquée, donnant 5198 données en cal BP, la plus jeune étant de 88 cal BP et la plus vieille de 15 183 cal BP, toujours associées à 122 cultures. Suivant la méthode utilisée par Wendland et Bryson (1974), les données ont par la suite été placées à

l'intérieur d'intervalles de 10 ans, soit 80 à 89 cal BP, 90 à 99 cal BP et ainsi de suite jusqu'à 15 180 à 15 189 cal BP, pour ainsi obtenir 1511 intervalles (voir figure 14).

L'annexe 4 montre les cultures étudiées dans cette étude, l'étendue représentée par les dates qui leur sont attribuées, le nombre de dates de chacune des cultures et l'unité archéologique qui les représente.

2.3.2 Analyse

Une fois les données triées et placées à l'intérieur d'intervalles de 10 ans, des tableaux de contingence ont été construits. La période d'étude, séparée en deux sections à une date donnée, a été mise sur l'axe horizontal, formant ainsi deux catégories. Cette séparation a été repoussée à chaque tranche de 10 ans en fonction des intervalles dans lesquels les données ont été placées au départ. Les cultures étudiées ont, quant à elles, été placées sur l'axe vertical (voir tableau 5).

Tableau 5 : Format de tableau de contingence qui a été utilisé pour le calcul du χ^2 .

	80 à 89 cal BP	90 à 15 189 cal BP	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
Culture C	$O_{3,1}$	$O_{3,2}$	S_3
Culture D	$O_{4,1}$	$O_{4,2}$	S_4
...
Total	S'_1	S'_2	N

Le χ^2 a par la suite été calculé selon l'équation suivante :

Équation 1

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Où O_{ij} est le nombre de dates attribuées à une culture (i) dans une section de la période étudiée (j) et E_{ij} est le nombre de dates attendues pour cette même culture dans cette même section. E_{ij} se calcule de la façon suivante :

Équation 2

$$E_{ij} = \frac{S_i S'_j}{N}$$

Où S_i est la somme des dates d'une culture, S'_j est l'effectif des dates d'une des deux sections et N le nombre total de dates contenues dans la période étudiée.

Pour cette étude, H_0 est que le nombre de dates observées pour une culture varie de façon linéaire en fonction de l'effectif de la section de la période étudiée et H_1 est que le nombre de données observées dépend de l'une ou l'autre des sections, c'est-à-dire qu'elles se regroupent de façon préférentielle sans égard à l'effectif de celles-ci ; donc qu'il s'agit d'une discontinuité culturelle.

Avant de calculer le χ^2 , il faut déterminer la valeur critique du χ^2 . Si la valeur de χ^2 est plus élevée que la valeur critique, H_0 sera rejetée, inversement, si elle est plus faible, H_0 ne sera pas rejetée. Pour calculer la valeur critique, il faut tout d'abord calculer le degré de liberté (DF) qui se calcule comme suit :

Équation 3

$$DF = (i - 1)(j - 1)$$

où i est le nombre de colonnes dans un tableau de contingence, dans ce cas-ci le nombre de sections de la période étudiée, et j le nombre de ligne, dans ce cas-ci le nombre de cultures. Dans notre cas, le DF sera toujours équivalent au nombre de culture auquel on soustrait 1, parce qu'il y a toujours deux sections à la période étudiée.

Il faut ensuite déterminer quelle sera la valeur de probabilité (p). En général pour rejeter H_0 , p doit être plus petite que 0,05 ($p < 0,05$) (Fisher, 1934). Pour déterminer la valeur critique, on peut utiliser la Table du χ^2 (voir annexe 2) lorsque le DF a une valeur de 30 ou moins. Lorsque le DF est de 30 et plus, les valeurs du χ^2 tendent à être distribuées normalement autour de la moyenne, on donc peut donc trouver le p en calculant le t comme suit :

$$t = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2DF - 1} \quad \text{Équation 4}$$

Lorsque $t > 2$, $p < 0,05$ (Snedecor, 1946).

Pour la première itération, le χ^2 a ainsi été calculé 1510 fois, soit un à chaque fois que la séparation à l'intérieur de la période d'étude est repoussée de 10 ans. De ces 1510 χ^2 , celui ayant la valeur maximale est retenu.

À chaque nouvelle itération, de nouvelles périodes d'étude sont formées en fonction de la ou des dates retenues à l'itération précédente; une itération peut donc avoir plusieurs périodes d'étude. Ainsi, lors de la deuxième itération, 2 nouvelles périodes d'étude ont été formées soit une avant la date retenue et une autre après la date retenue. Une date est ressortie de chacune de ces périodes d'étude, ce qui fait qu'à la troisième itération, 4 périodes d'études ont été formées et ainsi de suite. Ce processus a ainsi été répété 10 fois et les dates retenues avaient un $p < 0.05$. À chaque période d'étude subséquente, encore une fois, seules les cultures ayant plus de 5 données ont été conservées. Une description détaillée de la méthode est présentée à l'annexe 1.

2.4 Résultats

2.4.1 Itérations

Comme cette méthode pourrait se répéter à l'infini, le processus a été arrêté lorsque le χ^2 maximal retenu pour une période d'étude ne permettait pas de rejeter H_0 , signifiant donc que cette date ne pouvait être considérée comme une discontinuité culturelle selon les données utilisées. Le processus a aussi été arrêté lorsque $p = 0,05$; puisque la signification tend à diminuer à chaque itération subséquente. Donc, si $p = 0,05$, il sera inévitablement plus haut lors de la prochaine itération. Aussi, il a été arrêté lorsque la date obtenue était à une des extrémités de la période étudiée et lorsqu'il y avait seulement 1 culture retenue dans la période étudiée ayant plus de 5 dates, ne permettant donc pas de faire un test du χ^2 . 10 itérations ont été effectuées donnant au total 47 résultats permettant de rejeter H_0 .

Dans le tableau 6, on peut observer seulement 9 itérations, puisque les résultats obtenus pour la 10e n'ont pas permis de rejeter H_0 , ce qui a donc mis fin au processus.

Tableau 6 : Résultats bruts obtenus qui permettent de rejeter H_0 , classés par itération, le tableau montre aussi la valeur maximale du χ^2 dans la période étudiée, le nombre de données étudiées (N), le nombre de cultures (j), le degré de liberté (DF), la valeur de t lorsqu'il y a lieu et la valeur de p. (Les périodes étudiées n'ayant pas un DF de 30 ou plus n'ont pas de t.) puisqu'ils peuvent être comparés à la Table du χ^2 .)

Itération	Dates (cal BP)	χ^2 max	N	j	DF	t	p
I	8480	4766,57	5198	122	121	82	<0.01
II	3270	3508,47	4840	108	107	69	<0.01
II	11950	225,84	347	16	15	n/a	<0.01
III	1190	2440,68	4024	92	91	56	<0.01
III	4810	246,68	773	26	25	n/a	<0.01
III	10060	66,14	209	13	12	n/a	<0.01
III	13840	33,77	128	5	4	n/a	<0.01
IV	820	931,44	2499	70	69	31	<0.01
IV	2470	525,27	1447	40	39	24	<0.01
IV	4120	97,83	472	21	20	n/a	<0.01

Tableau 7 : Suite du tableau 6

Itération	Dates (cal BP)	χ^2 max	N	<i>j</i>	DF	<i>t</i>	<i>p</i>
IV	6410	76,30	285	16	15	n/a	<0.01
IV	8780	21,55	87	8	7	n/a	<0.01
IV	10680	34,11	108	9	8	n/a	<0.01
IV	12900	26,42	120	5	4	n/a	<0.01
V	620	429,07	1707	57	56	19	<0.01
V	990	108,82	722	36	35	6	<0.01
V	1440	213,79	1047	28	27	n/a	<0.01
V	2860	72,43	359	21	20	n/a	<0.01
V	3280	43,81	280	16	15	n/a	<0.01
V	4260	22,14	175	12	11	n/a	0,025
V	5360	40,41	208	13	12	n/a	<0.01
V	6870	13,27	62	5	4	n/a	0,01
V	9500	11,27	68	6	5	n/a	0,05
V	10490	14,15	41	5	4	n/a	0,01
V	11320	14,92	59	6	5	n/a	0,01
V	12090	10,99	70	4	3	n/a	0,01
VI	190	139,76	992	42	41	8	<0.01
VI	680	73,37	670	41	40	3	<0.01
VI	1010	43,55	333	25	24	n/a	0,01
VI	1230	31,30	299	14	13	n/a	<0.01
VI	2100	98,03	707	20	19	n/a	<0.01
VI	2820	20,38	181	11	10	n/a	0,025
VI	2870	22,70	134	10	9	n/a	<0.01
VI	4450	17,45	131	10	9	n/a	0,05
VI	8090	7,48	34	3	2	n/a	0,025
VI	11510	5,49	24	2	1	n/a	0,025
VI	12190	9,49	62	3	2	n/a	0,01
VII	120	7,21	22	3	2	n/a	0,025
VII	520	111,48	935	41	40	6	<0.01
VII	750	40,32	408	26	25	n/a	0,025
VII	1660	49,69	512	14	13	n/a	<0.01
VII	12840	8,92	61	3	2	n/a	0,01
VIII	240	60,32	463	27	26	n/a	<0.01
VIII	730	33,83	215	21	20	n/a	0,025
VIII	1820	29,20	299	10	9	n/a	<0.01
IX	400	52,50	433	27	26	n/a	<0.01
IX	2000	15,96	173	9	8	n/a	0,05

Des résultats obtenus, près du quart (11) surviennent dans les derniers 1000 ans et plus de la moitié (24) dans les 3500 dernières années. Cette meilleure résolution dans le dernier quart de l'Holocène s'explique par le nombre de données que nous avons pour cette période. En effet, 79% des données ont 3500 ans et moins (voir figure 14).

2.4.2 Sélection des dates les plus significatives

La valeur de p , qu'elle soit déterminée à partir du t ou à partir de la Table du χ^2 , est fonction du DF et qui, dans notre cas, est fonction du nombre de culture retenue dans la période étudiée. Ce qui peut amener à certaine distorsion, puisque plus N est élevé, comparativement au DF , plus il est facile d'atteindre ou dépasser la valeur minimale à laquelle on rejette H_0 . Une façon de contrer ce phénomène est de calculer la force du χ^2 par le V de Cramér (Cramér, 1946). Le V de Cramér compare le χ^2 obtenu avec N , de cette façon :

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2/N}{\min(i-1, j-1)}} \quad \text{Équation 5}$$

où le quotient du χ^2 par N est divisé par la valeur minimale entre le nombre de lignes - 1 (nombre de cultures) et le nombre de catégories - 1 (nombre de sections dans la période étudiée), qui dans ce cas-ci est toujours égal à 1 puisqu'il y a toujours seulement deux sections à la période étudiée. Ainsi, le V de Cramér équivaut à la racine carrée du quotient du χ^2 par N .

Le V de Cramér donne un résultat situé entre 0 (aucune association entre les variables) et 1 (association totale). Un V de Cramér est considéré comme relativement fort entre 0,4 et 0,6, fort entre 0,6 et 0,8 et très fort entre 0,8 et 1 (Rea et Parker, 2014). La sélection des dates ayant un V de Cramér de 0,5 et plus a permis d'éliminer la plupart des groupes de dates très rapprochées les unes des autres (voir tableau 8).

Ces résultats ont par la suite été comparés avec ceux provenant de divers scénarios en utilisant les mêmes données pour tester la sensibilité et la fiabilité de la méthode

Tableau 8 : Tableau des résultats ayant un V de Cramér de 0,5 et plus.

Itération	Dates (cal BP)	V de Cramér
VII	120	0,57
V	620	0,50
IV	820	0,61
III	1190	0,78
IV	2470	0,60
II	3270	0,85
III	4810	0,56
IV	6410	0,52
I	8480	0,96
IV	8780	0,50
III	10060	0,56
V	10490	0,59
IV	10680	0,56
V	11320	0,50
II	11950	0,81
III	13840	0,51

et pour prouver que les erreurs dans la datation, lors de l'attribution à certaines cultures ou lors de la calibration en cal BP, n'a que très peu d'impact sur les résultats. Ils ont donc été comparés aux résultats obtenus utilisant la même méthode, mais dont les dates ^{14}C n'ont pas été calibrées (la calibration ayant été effectués sur les dates

retenues), aux résultats d'une méthode sélectionnant les cultures ayant au moins 15 dates à chaque période étudiée au lieu de 5 et aux résultats d'une autre dont les dates

Tableau 9: Tableau comparant les résultats obtenus ayant un V de Cramér de 0,5 et plus avec divers scénarios utilisant les mêmes données.

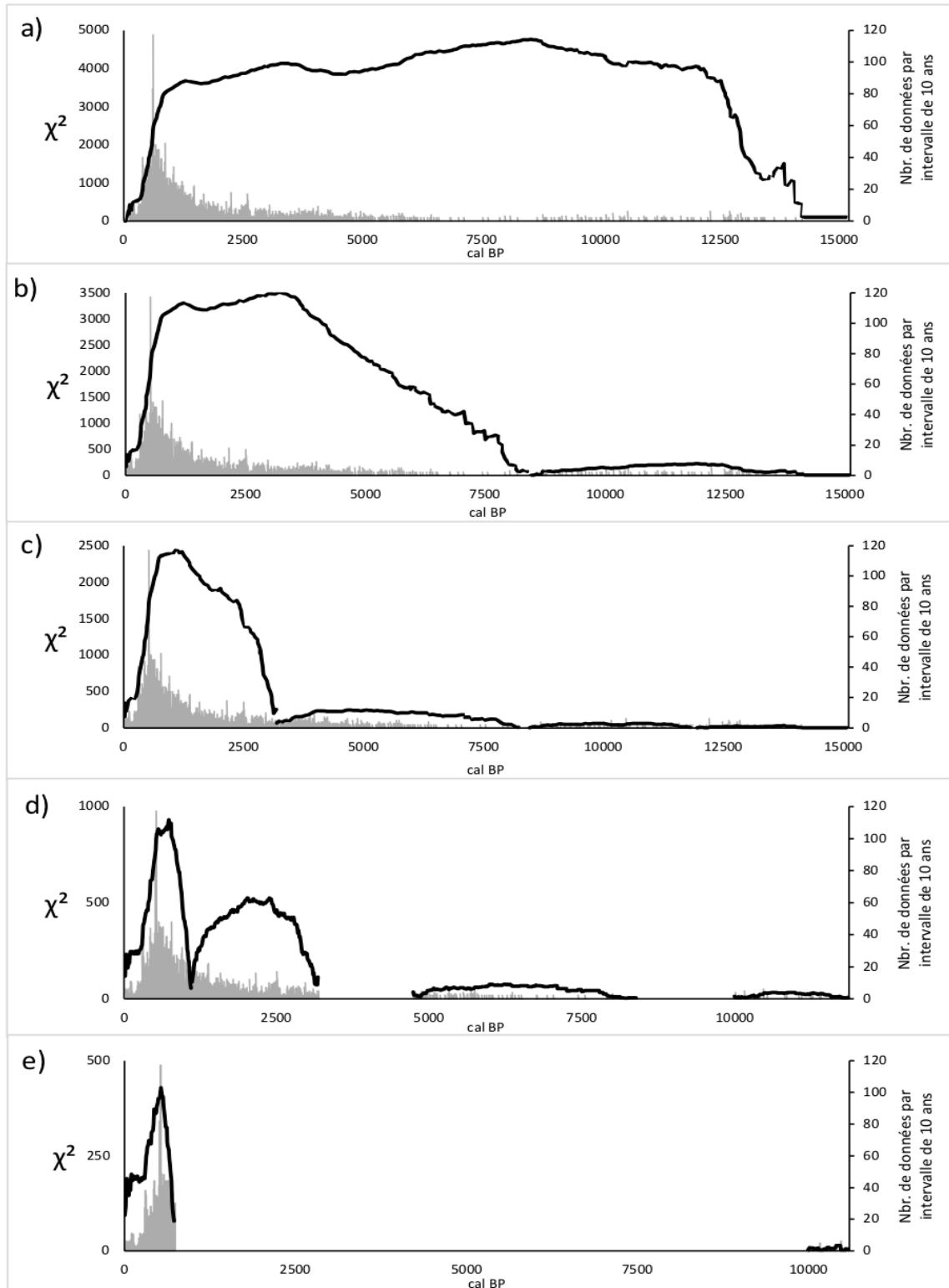
Résultats obtenus		Radiocarbone*		15 et plus ^α		DPDS ^β	
Dates (cal BP)	V de Cramér	Dates (cal BP)	V de Cramér	Dates (cal BP)	V de Cramér	Dates (cal BP)	V de Cramér
		50	0,55				
120	0,57	160	0,57			170	0,63
620	0,5	590	0,52			620	0,53
820	0,61	790	0,59	820	0,59	820	0,63
1190	0,78	1220	0,78	1190	0,78	1150	0,80
						1460	0,50
2470	0,6	2120	0,60	2470	0,59	2470	0,61
		2270	0,64			2830	0,50
3270	0,85	3290	0,85	3290	0,84	3260	0,87
		4120	0,54			4160	0,50
4810	0,56			4820	0,54	5150	0,60
						5260	0,65
6410	0,52	6070	0,59			6120	0,50
		6880	0,52				
						8090	0,66
8480	0,96	8460	0,96	8480	0,96	8370	0,97
8780	0,5	8760	0,51			8780	0,52
		9540	0,59			9570	0,63
						9960	0,53
10060	0,56	10030	0,62			10090	0,69
10490	0,59	10180	0,56				
10680	0,56						
11320	0,5	11000	0,55	11320	0,56	11510	0,57
11950	0,81	12040	0,80	11950	0,80	12340	0,85
		12070	0,56	12900	0,50	12840	0,53
						12950	0,53
13840	0,51	13810	0,55	13840	0,51		

*Ces résultats ont été obtenus en utilisant les données radiocarbones non calibrées. Les résultats ont été calibrés par la suite.

^αCes résultats ont été obtenus en utilisant les cultures ayant 15 données et plus à chaque période étudiée.

^βDPDS signifie que les dates contenues dans les deux premiers et les deux derniers intervalles de 10 ans ont été supprimées.

Figure 15 : Graphiques démontrant les différentes valeurs du χ^2 dans chaque période étudiée (courbe, axe principal), à l'intérieur de chacune des 5 itérations desquelles proviennent les résultats retenus, ainsi que le nombre de données utilisé pour parvenir à ces résultats par intervalles de 10 ans, à l'intérieur de chaque intervalle étudié (histogramme, axe secondaire). a) I^{ère} itération, b) II^{ème} itération, c) III^{ème} itération, d) IV^{ème} itération, e) V^{ème} itération. Pour plus d'information concernant les différents résultats, voir les tableaux 6, 7 et 10.



contenues dans les deux premiers et deux derniers intervalles de dix ans pour chacune des cultures ont été supprimées (DPDS) (voir tableau 9).

On peut observer que la plupart des résultats obtenus se retrouvent dans au moins deux autres scénarios. De plus, lorsque le V de Cramér est fort, c'est-à-dire 0,6 et plus, il se retrouve dans tous les scénarios, à quelques années près; c'est le cas de 820, 1190, 2470, 3270, 8480 et 11 950 cal BP. Seule une date (10 680 cal BP) ne se retrouve dans aucun scénario et une autre (10 490 cal BP) se retrouve seulement dans le scénario utilisant les dates ^{14}C non calibrées.

De ces 16 dates sélectionnées, certaines ont été éliminées, d'autres ont été transfor-

Tableau 10 : Résultats finaux sélectionnés (Discontinuités), l'itération dans laquelle ils sont ressortis, la valeur de leur V de Cramér et la période étudiée desquelles proviennent les données utilisées.

Itération	Discontinuités (cal BP)	V de Cramér	Période étudiée (cal BP)
IV/V*	720*	0,61*	80 à 1189*
III	1190	0,78	80 à 3269
IV	2470	0,60	1190 à 3269
II	3270	0,85	80 à 8479
III	4810	0,56	3270 à 8479
IV	6410	0,52	4810 à 8479
I	8480	0,96	80 à 15 189
III/IV/V ^α	10410 ^α	0,59 ^α	8530 à 11949 ^α
II	11950	0,81	8530 à 15 189
III	13840	0,51	12 030 à 15 189

* 720 a été obtenue en faisant la moyenne de 620 (itération V) et 820 (itération IV) cal BP dans les résultats bruts. Le V de Cramér inscrit au tableau est celui le plus élevé, soit celui de 820 cal BP. L'intervalle étudié qui y est inscrit est celui dans lequel 820 cal BP est ressortie à l'itération IV, puisqu'il s'agit de celui qui est le plus étendu.

^α10 410 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne de 10 060 (itération III), 10 490 (itération V) et 10 680 (itération IV) cal BP dans les résultats bruts. Le V de Cramér inscrit au tableau est celui le plus élevé, soit celui de 10 490 cal BP. L'intervalle étudié qui y est inscrit est celui dans lequel 10 060 cal BP est ressortie à l'itération III, puisqu'il s'agit de celui qui est le plus étendu.

mées via une moyenne. 120, 8780 et 11 320 cal BP ont été éliminées. 120 cal BP, dû au faible nombre de cultures retenues dans la période étudiée. De plus, il s'agit de la seule date sélectionnée qui est ultérieure au contact avec les Européens. Les deux autres dates ont été éliminées dû à leur proximité avec une autre date beaucoup plus significative ; l'incertitude autour de la datation au ^{14}C ne permettant pas de justifier un écart aussi restreint (voir tableau 8). Des moyennes ont été appliquées sur les groupes de dates restants dont la signification était comparable (voir tableau 8). Il s'agit de 620 et 820 cal BP, donnant 720 cal BP et 10 060, 10 490 et 10 680 cal BP, donnant 10 410 cal BP. Le tableau 10 montre les résultats finaux sélectionnés qui sont dorénavant considérés comme des discontinuités culturelles.

Les discontinuités ont par la suite été divisées en deux catégories, majeures et mineures, en fonction de leur V de Cramér. Les discontinuités majeures sont celles dont le V de Cramér est de 0,6 et plus. Celles-ci sont considérées comme majeures parce que ce sont elles qui ont le mieux résisté à tous les différents scénarios (voir tableau 9). Le tableau 11 montre les résultats finaux divisés en deux catégories.

Tableau 11 : Discontinuités divisées en deux catégories selon le V de Cramér.

Majeures (V de Cramér $\geq 0,6$)	Mineures (V de Cramér 0,5 à 0,6)
720	
1190	
2470	
3270	
	4810
	6410
8480	
	10410
11950	
	13840

2.4.3 Calcul de l'incertitude des dates retenues

Comme on peut l'observer à la figure 15, certaines courbes, qui représentent les résultats du χ^2 à l'intérieur des périodes d'étude, forment des pics abrupts (d) 1^{ère} courbe, e) 1^{ère} courbe), alors que d'autres sont beaucoup plus aplaties (a), b) 2^{nde} courbe, etc.). Pour ces dernières, cela signifie que la valeur maximale obtenue est plus ou moins éloignée des autres valeurs, donc que la période de discontinuité peut être plus étendue.

Pour calculer l'incertitude des discontinuités, une moyenne mobile centrée sur 10 intervalles de 10 ans, a été calculée sur les résultats de chacune des périodes d'étude à partir desquelles ont été obtenues les discontinuités. Par la suite, la racine carrée de l'erreur quadratique (RMSE) a été calculée entre les résultats obtenus et la moyenne mobile. La RMSE est utilisée pour calculer l'éloignement entre les valeurs observées, ici les résultats, et celles prévues par un modèle, ici la moyenne mobile centrée sur 10 intervalles; plus la RMSE est élevée, plus l'éloignement est important, relativement à la valeur du χ^2 . La RMSE se calcule comme suit :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{Équation 6}$$

où y_i est la valeur du χ^2 observée à un intervalle de 10 ans donné, \hat{y}_i est la valeur prévue du χ^2 par la moyenne mobile à ce même intervalle et n est le nombre de χ^2 obtenu à l'intérieur de la période étudiée. La RMSE obtenue a par la suite été soustraite de la valeur χ^2 de chaque discontinuité. L'incertitude est donc l'étendue entre la date la plus récente et la plus vieille ayant un χ^2 plus grand ou égal à ce résultat à

l'intérieur de la période étudiée. Cette méthode pour calculer l'incertitude de la date obtenue est inspirée de celle utilisée par Wendland et Bryson (1974). Le tableau 12 montre l'incertitude des dates retenues. D'autres scénarios utilisant différentes moyennes mobiles ont aussi été produits (voir annexe 3)

Tableau 12 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE obtenu et l'incertitude calculée autour de ces dates.

Discontinuités (cal BP)	RMSE	Incertainitude (cal BP)
720	17,55/11,86	600 à 850*
1190	20,67	1150 à 1210
2470	7,70	2100 à 2490
3270	20,59	3080 à 3460
4810	4,10	4710 à 5250
6410	2,04	6070 à 6410
8480	27,54	8340 à 8650
10410	2,19/1,38/1,99	9960 à 11050 ^α
11950	3,55	11950 à 12080
13840	1,60	13840 à 13860

* L'incertitude inscrite ici est l'année la plus récente obtenue pour 620 cal BP et la plus vieille de 820 cal BP.

^α L'incertitude inscrite ici est l'année plus récente obtenue pour 10 060 cal BP et la plus vieille de 10 680 cal BP.

2.5 Discussion

2.5.1 Les discontinuités culturelles : comparaison avec Wendland et Bryson, 1974

Cette étude s'inspire de la méthode utilisée par Wendland et Bryson en 1974. Pour tester leur méthode, ils ont comparé leurs résultats obtenus avec divers scénarios. Cette prochaine section comparera les résultats obtenus dans cette étude-ci avec ceux provenant du scénario de Wendland et Bryson, qui utilisent seulement leurs données nord-américaines et avec leurs résultats originaux, pour le monde entier.

2.5.1.1 Comparaison avec le scénario nord-américain de Wendland et Bryson, 1974

Lorsqu'on compare les discontinuités retenues dans cette étude avec celles de Wendland et Bryson (1974) qui utilisent une méthode semblable, on remarque une certaine similarité, avec des disparités non négligeables. En premier lieu, lorsqu'on compare les discontinuités nord-américaines (voir tableau 13), on remarque tout de suite

Tableau 13 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude et celles de Wendland et Bryson, 1974 pour l'Amérique du Nord, ainsi que leur t . Les dates sont en cal BP.

Cette étude (Amérique du Nord)	Wendland et Bryson, 1974 (Amérique du Nord)	
	Dates	t
	600	1
	660	3
	680	<1
720	710	9
	950	2
1190	1240	38
2470	2620	7
	2820	13
3270	3190	<1
4810		
6410		
8480		
10410		
11950		
13840		

Les dates en italique sont celles dont le H_0 n'aurait pas pu être rejetée selon les critères établis dans cette étude puisque le t est inférieur à 2. Les encadrés représentent les groupes de dates.

que Wendland et Bryson (1974) ont deux groupes de dates très près les unes des autres. Leur premier groupe est constitué de 600, 660, 680, 710 cal BP¹ et leur

¹ Les dates de Wendland et Bryson, 1974, ont été calibrées en cal BP avec OxCal 4.3 qui utilise la courbe de calibration IntCal 13 (Ramsey, 2009)

deuxième groupe est constitué de 2620 et 2820 cal BP, auquel on pourrait même ajouter 3190 cal BP. La présence de groupes de dates chez Wendland et Bryson (1974) peut s'expliquer par le fait qu'ils ont seulement choisi des dates pour lesquelles ils ont pu calculer le t , c'est-à-dire des dates qui sont ressorties d'une période d'étude ayant un DF de 30 et plus, donc ayant plus de 31 cultures. Étant donné que les chances d'avoir au moins 31 cultures dans une période d'étude sont plus probables dans les derniers millénaires de l'Holocène, du fait d'un grand nombre de données et d'une démographie croissante, cela fait en sorte qu'on se retrouve avec une résolution plus fine et donc des dates similaires qui font, en fait, partie de la même discontinuité. De plus, il est difficile de justifier le fait de rejeter des dates plus anciennes parce qu'elles ressortent de périodes d'étude qui contiennent moins de 31 cultures, ceci étant particulièrement vrai en Amérique du Nord; plus on remonte dans le temps, plus le nombre de cultures tend à diminuer. C'est probablement pour cette raison que les résultats de Wendland et Bryson (1974) en Amérique du Nord ne remontent pas plus loin que 3190 cal BP.

De plus, on remarque que Wendland et Bryson (1974) sélectionnent des dates, en Amérique du Nord, dès qu'on peut y calculer le t , peu importe sa valeur. Ce qui fait que certaines des dates qu'ils ont retenues ont un t inférieur à 2. Cela veut dire qu'ils ont une valeur p supérieure à 0,05 et donc qu'on ne peut pas rejeter H_0 selon les critères établis dans cette étude-ci. En retirant les dates dont le H_0 ne pourrait être rejeté, le premier groupe de date est réduit à 660 et 710 cal BP et le deuxième groupe à 2620 et 2820 cal BP.

Dans cette présente étude, une moyenne fut appliquée aux groupes de dates subsistants ayant un V de Cramér similaire, dans le but de les éliminer. En supposant que le

Tableau 14 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude avec les résultats de Wendland et Bryson (1974) pour l'Amérique du Nord auxquels les critères établis dans cette étude-ci ont été appliqués. Les dates sont en cal BP.

Cette étude (Amérique du Nord)	Wendland et Bryson, 1974 (Amérique du Nord)
720	690*
	950
1190	1240
2470	2720 ^a
3270	
4810	
6410	
8480	
10410	
11950	
13840	

*690 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne de 660 et 710 cal BP à partir des résultats de Wendland et Bryson (1974).

^a2720 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne de 2620 et 2820 cal BP à partir des résultats de Wendland et Bryson (1974).

V de Cramér pour les dates contenues dans les groupes subsistants des résultats de Wendland et Bryson (1974) pour l'Amérique du Nord sont similaires, le tableau 14 a été construit. On voit que seulement 4 dates subsistent pour l'Amérique du Nord dans les résultats de Wendland et Bryson (1974). Toutes ces dates sont comparables aux résultats obtenus dans cette étude-ci, sauf 950 cal BP. Dans les résultats bruts obtenus dans cette étude (voir tableau 6), une date ressort à 990 cal BP. Ce résultat n'a pas été retenu, puisque son V de Cramér est de seulement 0,39 soit inférieur à 0,5. Par contre, cette date a un t de 6, soit au-delà des critères minimaux établis pour rejeter H_0 .

2.5.1.2 Comparaison avec les résultats de Wendland et Bryson, 1974 pour le monde entier

Lorsqu'on compare les discontinuités sélectionnées dans cette étude-ci avec celles de Wendland et Bryson (1974) pour le monde, on s'aperçoit que les résultats sont beaucoup plus similaires (voir tableau 15). De plus, contrairement à leurs résultats pour l'Amérique du Nord, les résultats de Wendland et Bryson (1974) pour le monde ont tous un t assez élevé pour rejeter H_0 . Des 10 dates sélectionnées dans cette étude-ci, seulement 2 ne se retrouvent pas dans les résultats de Wendland et Bryson (1974),

Tableau 15 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude et celles de Wendland et Bryson, 1974 pour le monde. Les dates sont en cal BP.

Cette étude (Amérique du Nord)	Wendland et Bryson, 1974 (Monde)	
	Dates	t
	670	3
720	730	13
	1030	5
1190	1230	34
	1760	3
2470	2590	58
3270	3350	16
4810	4830	31
6410	6460	7
	6710	12
8480	8020	9
10410	10790	34
11950		
	12730	5
13840		

Les encadrés représentent les groupes de dates.

soit 11 950 et 13 840 cal BP. Pour cette dernière, leur absence dans les résultats de Wendland et Bryson (1974) s'explique par le fait que leur base de données s'arrête à 13 810 cal BP, alors que la base de données utilisée pour cette étude-ci s'arrête à

15 189 cal BP. Une date ressort des résultats bruts de cette étude à 12 900 cal BP, à l'itération IV et elle représenterait l'amorce du Dryas récent, nous allons y revenir plus loin. Elle serait ainsi homologue au 12 730 cal BP obtenu par Wendland et Bryson (1974). Le fait que Wendland et

Tableau 16 : Comparaison des dates sélectionnées dans cette étude avec les résultats de Wendland et Bryson (1974) pour le monde auxquels ont été appliqués les critères de sélection établis dans cette étude-ci. Les dates sont en cal BP.

Cette étude (Amérique du Nord)	Wendland et Bryson, 1974 (Monde)
720	700*
1190	1230
	1760
2470	2590
3270	3350
4810	4830
6410	6590 ^α
8480	8020
10410	10790
11950	
12900 ^β	12730
13840	

*700 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne de 670 et 760 cal BP à partir des résultats de Wendland et Bryson (1974).

^α6590 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne de 6460 et 6710 cal BP à partir des résultats de Wendland et Bryson (1974).

^β12 900 cal BP provient des résultats bruts.

Bryson (1974) ont une mauvaise résolution avant 6710 cal BP comparativement à cette étude-ci, s'explique probablement par l'utilisation unique du *t* pour sélectionner les résultats significatifs.

On peut aussi remarquer que Wendland et Bryson (1974) ont plus de résultats finaux que cette étude-ci; 13 versus 10. De plus, il existe trois groupes de dates, soit 670 et

730 cal BP, 1030 et 1230 cal BP et 6460 et 6710 cal BP. En appliquant les mêmes critères de tri aux résultats de Wendland et Bryson (1974) pour le monde que ceux utilisés dans étude-ci pour éliminer les groupes, soit faire la moyenne des dates ayant une signification comparable, dans le cas de Wendland et Bryson (1974), le t a été utilisé, et en éliminant les dates d'un même groupe ayant une signification bien moindre que leurs homologues, le tableau 16 a été construit. Une moyenne a été appliquée à 670 et 760 cal BP pour obtenir 720 cal BP et à 6460 et 6710 cal BP pour obtenir 6590 cal BP, puisque leur t était similaire. 1030 cal BP a été éliminée puisque son t est beaucoup moins important que celui de 1230 cal BP. Dans les résultats de cette étude, 12 900 cal BP a été ajoutée.

En observant le tableau 16, on s'aperçoit que les discontinuités obtenues dans cette étude et celles de Wendland et Bryson (1974) sont très similaires. Toutes les discontinuités sont comparables sauf pour les plus anciennes, pour les raisons déjà évoquées, ainsi que 1760 cal BP. La date la plus près retrouvée dans les résultats bruts de cette étude-ci est 1660 cal BP, ressortie à l'itération VII, n'ayant pas de t et dont le V de Cramér calculé est trop faible (voir tableau 6). Il faut aussi noter qu'il est normal que toutes les discontinuités ne correspondent pas. Wendland et Bryson (1974) utilisent des données provenant du monde entier, alors que cette étude-ci utilise seulement des données nord-américaines.

2.5.2 Les évènements climatiques et les discontinuités culturelles en Amérique du Nord

Cette présente section est divisée selon la nouvelle division de l'Holocène en trois étages, ratifiée par la Commission internationale de stratigraphie en 2018 (Walker et al., 2018). Ces trois étages sont : le Greenlandien, le Northgrippien et le Meghalalyen, auxquels on a ajouté le Glaciaire tardif.

2.5.2.1 Glaciaire tardif

13 840 cal BP

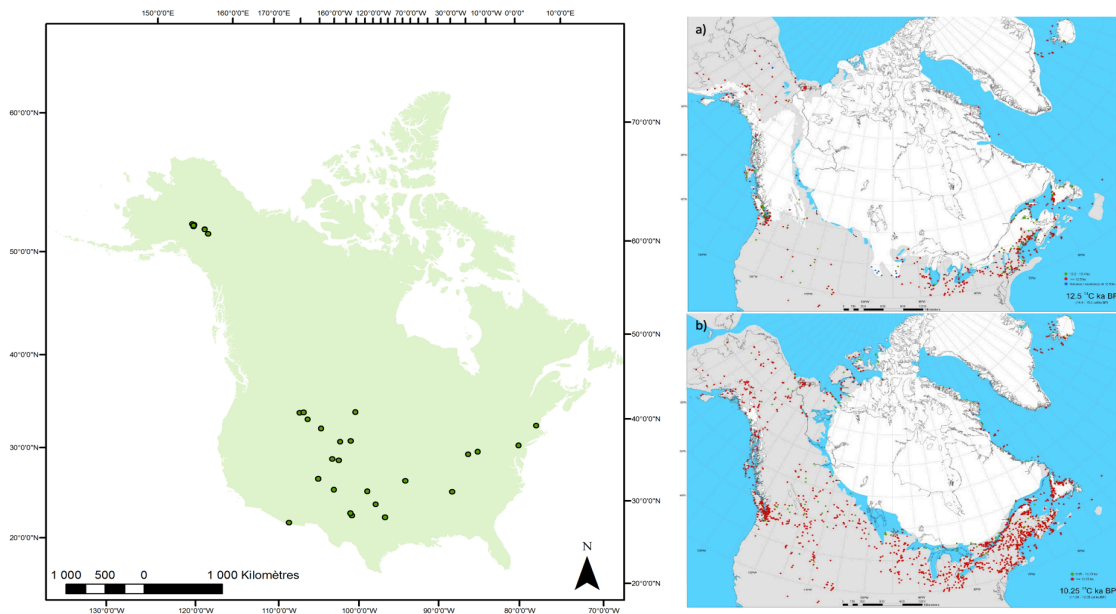


Figure 16 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 12 030 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 13 840 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 12 030 à 15 189 cal BP. a) Position des glaciers entre 14 400 et 15 200 cal BP. b) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.

La plus ancienne discontinuité culturelle retenue dans cette étude est 13 840 cal BP.

Cette date concorde avec l'émergence de la culture Clovis qu'on situe autour de 13 400 cal BP (Gingerich, 2011; Miller et al., 2014). Elle concorde aussi avec le début probable du peuplement de l'est de l'Amérique du Nord, autour de 13 450 cal BP (An-

derson, 2001). De plus, Peros et al. (2010) ont démontré que la population nord-américaine vit une période de croissance démographique à partir de 14 400 cal BP.

Du point de vue climatique, cette discontinuité concorde avec l'amorce du Dryas moyen, soit autour de 13 710 cal BP² (12 000 ¹⁴C BP), qui est une phase de refroidissement entre deux phases plus chaudes (Bolling et Allerod) (Anderson, 1997) selon la chronologie climatique du tardiglaciaire (Mangerud et al., 1974). Bien que, le Bolling et l'Allerod sont dorénavant considérés comme une seule période (Bolling-Allerod) et que le Dryas moyen soit considéré comme une courte phase de refroidissement à l'intérieur de celle-ci (Meltzer et Holliday, 2010), il a bien été constaté dans le sud du Canada (Yu et Eicher, 2001).

La figure 16 montre que les données utilisées pour identifier la discontinuité de 13 840 cal BP couvrent toute la région étudiée. Il est à noter que les glaciers couvraient encore une grande partie de l'Amérique du Nord à cette époque (voir figure 16).

12 900 cal BP³

La discontinuité suivante devrait logiquement être celle du Dryas récent, soit autour de 12 900 cal BP (Anderson, 1997; Viau et al., 2002), période de refroidissement suivant la période chaude du Bolling-Allerod, ayant touché l'Europe et l'Amérique du Nord (Anderson, 1997; Viau et al., 2002). Toutefois, aucune discontinuité culturelle

² Calibré en cal BP avec OxCal 4.3 qui utilise la courbe de calibration IntCal 13 (Ramsey, 2009)

³ Il faut noter que le Dryas récent ne ressort pas dans les discontinuités, mais correspond à une date dans les résultats bruts.

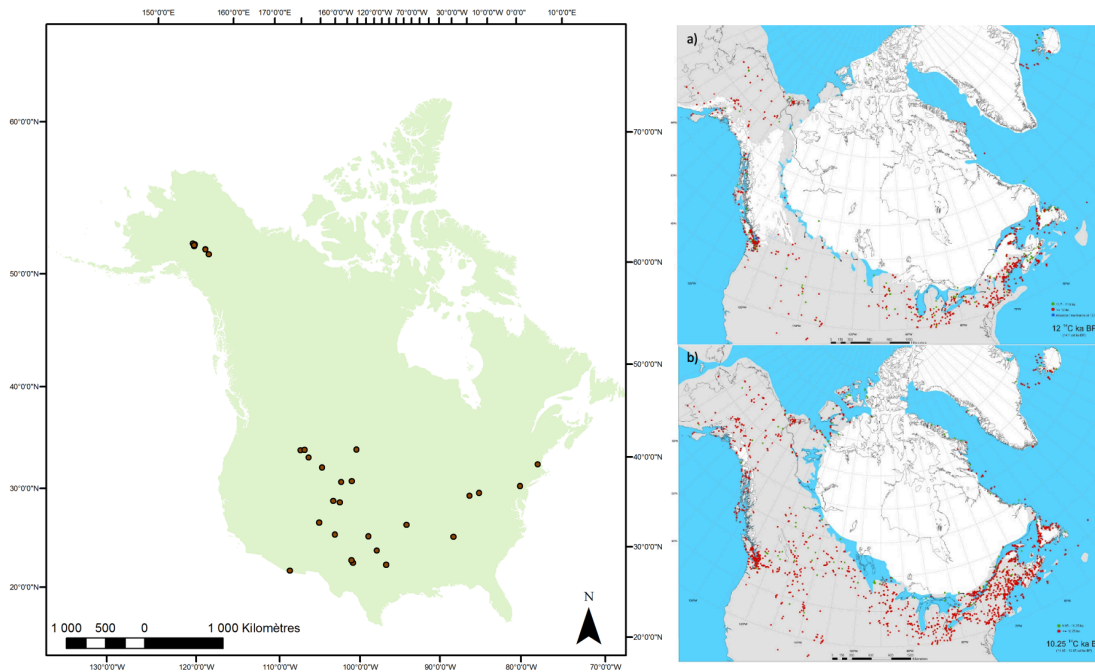


Figure 17 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 12 030 à 13 839 cal BP, où la date de discontinuité 12 900 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 12 030 à 13 839 cal BP. a) Position des glaciers à 14 100 cal BP. b) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.

n'apparaît à cette date. Néanmoins, dans les résultats bruts (tableau 6), une date apparaît à 12 900 cal BP, soit exactement au même moment que son amorce probable. Les dates retenues comme discontinuité culturelle ont toutes un V de Cramér de 0,5 et plus, celui obtenu pour 12 900 cal BP ne s'en éloigne que marginalement à 0,47 et peut être considéré comme relativement fort (Rea et Parker, 2014).

L'ambiguïté en ce qui concerne le Dryas récent dans cette étude peut être expliquée par le fait que celui-ci a bel et bien été constaté en Nouvelle-Angleterre et dans les Martimes (Newby et al., 2005), mais qu'il aurait eu un impact moins important dans le centre-ouest (Rocheuses et Grandes-Plaines) (Meltzer et Holliday, 2010). La figure 17 montre d'où proviennent les données utilisées dans la période d'étude 12 030 à 13 839 cal BP de laquelle est ressortie 12 900 cal BP. On peut voir que la grande

majorité des données utilisées proviennent du nord-est, plus particulièrement du centre-ouest. Il est ainsi compréhensible que le début du Dryas soit plus difficile à distinguer. Les glaciers, durant la période d'étude de 12 030 à 13 839 cal BP couvraient toujours la majeure partie du nord du continent (voir figure 17)

2.5.2.2 Greenlandien

11 950 cal BP

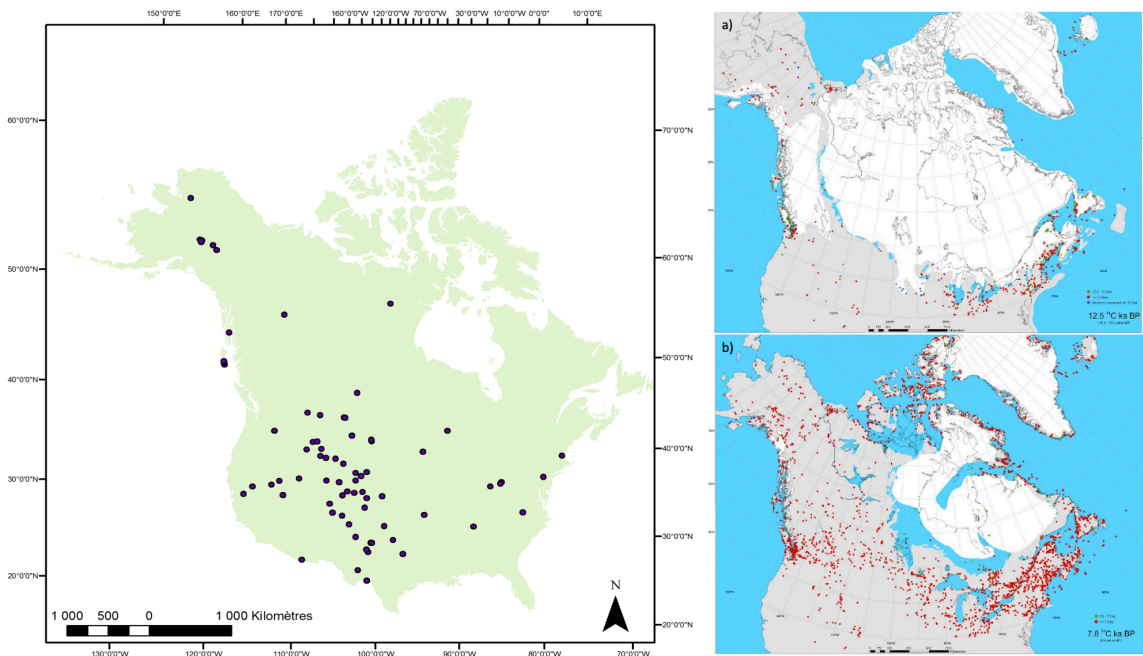


Figure 18 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 8530 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 11 950 cal BP est ressortie. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 8530 à 15 189 cal BP. a) Position des glaciers entre 14 400 et 15 200 cal BP. b) Position des glaciers à 8500 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.

La discontinuité de 11 950 cal BP, suivante dans les résultats, précède de plus ou moins 500 ans la fin présumée du Dryas récent (Anderson, 1997; Newby et al., 2005). L'incertitude autour de la datation des données radiocarbone pourrait expliquer en tout ou en partie cet écart dans les résultats. Il faut aussi rappeler que l'impact du Dryas récent était plutôt concentré sur le nord-est du continent (Meltzer et Holliday,

2010) et que, bien que les données couvrent toute la zone déglacée, la majorité des celles utilisées pour obtenir cette discontinuité proviennent de l'ouest des actuels États-Unis (voir figure 18).

Il semble aussi qu'à 12 000 cal BP, le corridor interglaciaire s'était entièrement ouvert et que la végétation avait repris ses droits (Dyke et al., 2005; Willams et al., 2004), facilitant ainsi la communication, les migrations et les échanges entre l'extrême nord-ouest (Alaska et Béringie) et le reste du continent, ce qui pourrait expliquer les discontinuités culturelles autour de cette date. Selon Prentice et al., (1991) à 12 000 cal BP, le chêne était devenu abondant dans l'est du continent et continuait de monter vers le nord, suggérant ainsi un réchauffement des températures. De plus, Chaput et al. (2015) ont aussi suggéré une augmentation de la population dans la zone nouvellement formée par le retrait de l'Inlandsis de la Cordillère vers 12 000 cal BP, ainsi que vers 11 500 cal BP le long de la côte de l'actuelle Colombie-Britannique. Cependant, il faut noter que très peu de sites, d'où proviennent les données utilisées pour obtenir cette discontinuité, sont situés dans cette dernière région.

10 410 cal BP

La discontinuité de 10 410 cal BP correspond bien avec le 10 510 cal BP⁴ de Wendland et Bryson (1974) trouvé dans les transitions végétales, avec le T7 (10 190 cal BP) de Viau et al. (2002) et est considéré comme le début de l'Holocène en Amérique du Nord (Viau et al., 2002, 2006). Il marque un pic d'avancée glaciaire (10 300 cal BP) (Denton et Karlén, 1973), ainsi que de sédiments provenant de la fonte d'iceberg dans

⁴ Calibré en cal BP avec OxCal 4.3 qui utilise la courbe de calibration IntCal 13 (Ramsey, 2009)

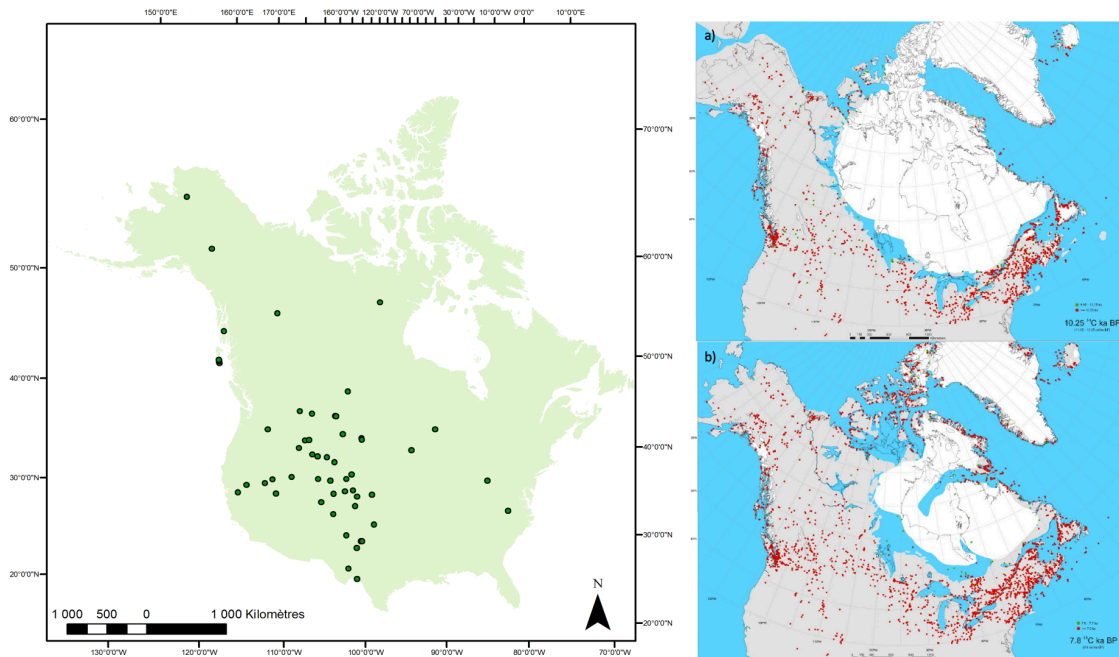


Figure 19 : (gauche) Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 8530 à 11 949 cal BP, où la date de discontinuité 10 060 cal BP est ressortie. 10 410 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne entre 10 060, 10 490 et 10 680 cal BP. (droite) Cartes montrant l'évolution de la position des glaciers durant la période d'étude allant de 8530 à 11 949 cal BP. a) Position des glaciers entre 11 950 et 12 050 cal BP. b) Position des glaciers à 8500 cal BP. (Dyke et al., 2003). Les points colorés sur les cartes a) et b) correspondent aux données utilisées pour déterminer la limite des glaciers.

l'Atlantique Nord (10 300 cal BP) (Bond et al., 1997, 2001). Cette date correspond aussi au début d'une période plus douce, causé par une contraction du vortex polaire (10 600 cal BP) (O'Brien et al., 1995). Ces différents proxys climatiques vont dans le même sens, soit celui d'une phase climatique chaude débutant entre 10 190 et 10 600 cal BP. La date correspondrait aussi à la disparition de la culture Folsom en Amérique du Nord (Butkus, 2004).

Les sites d'où proviennent les données utilisées pour obtenir cette discontinuité sont relativement bien dispersés sur le continent, mais sont toutefois majoritairement concentrés sur le centre-ouest des États-Unis actuels (voir figure 19). Il faut noter qu'encre à 10 000 cal BP, l'Inlandsis laurentidien couvre une bonne partie du nord-

est du continent, mais que l'inlandsis de la cordillère s'était toutefois complètement retiré (Dyke, 2005) (voir figure 19).

2.5.2.3 Northgrippien

8480 cal BP

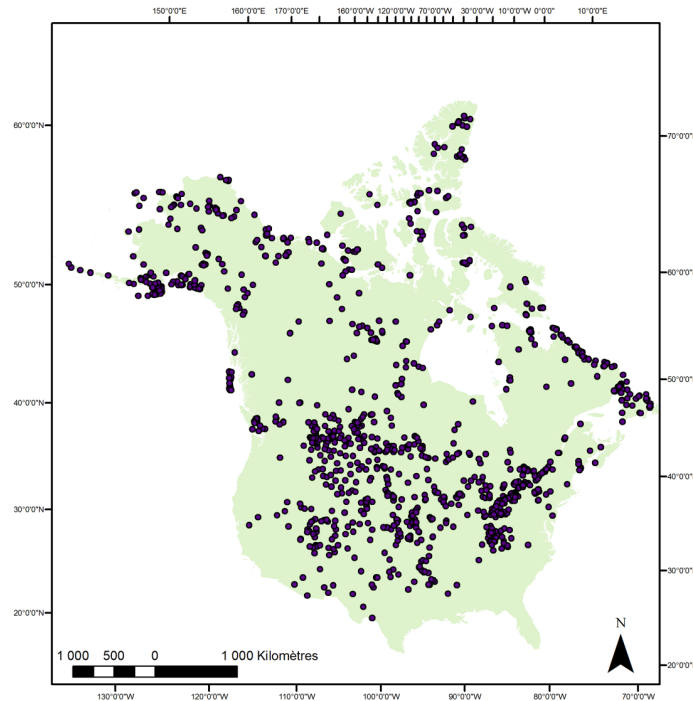


Figure 20 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 15 189 cal BP, où la date de discontinuité 8480 cal BP est ressortie.

8480 cal BP est une discontinuité très intéressante, premièrement parce que c'est la discontinuité qui ressort lors de la première itération, la plus significative (V de Cramér = 0,96), celle ayant la période d'étude la plus étendue (80 à 15 189 cal BP) et contenant le plus de cultures et le plus de données. Deuxièmement, les données utilisées pour l'obtenir couvrent tout le continent (voir figure 20). Il s'agit donc de la discontinuité culturelle la plus importante en Amérique du Nord, selon les données utilisées pour cette étude.

Cette discontinuité correspond à une période plutôt stable démographiquement en Amérique du Nord (Peros et al., 2010), avec des augmentations régionales dans l'actuel Midwest et dans les Maritimes (Chaput et al., 2015). Elle marque aussi l'apparition de la tradition archaïque des Maritimes à Terre-Neuve (Bell et Renouf, 2003). Du point de vue climatique, elle correspond, avec un peu moins de 300 ans d'écart, au 8.2 ka event. Le 8.2 ka event est un refroidissement rapide des températures (Bond et al., 1997, 2001; Alley et al., 1997). Dans le centre du continent, le climat s'assèche (Alley et al., 1997) et sur les rocheuses, les glaciers recommencent à avancer. (Denton et Karlen, 1973; Alley et Agustsdottir, 2005).

6410 cal BP

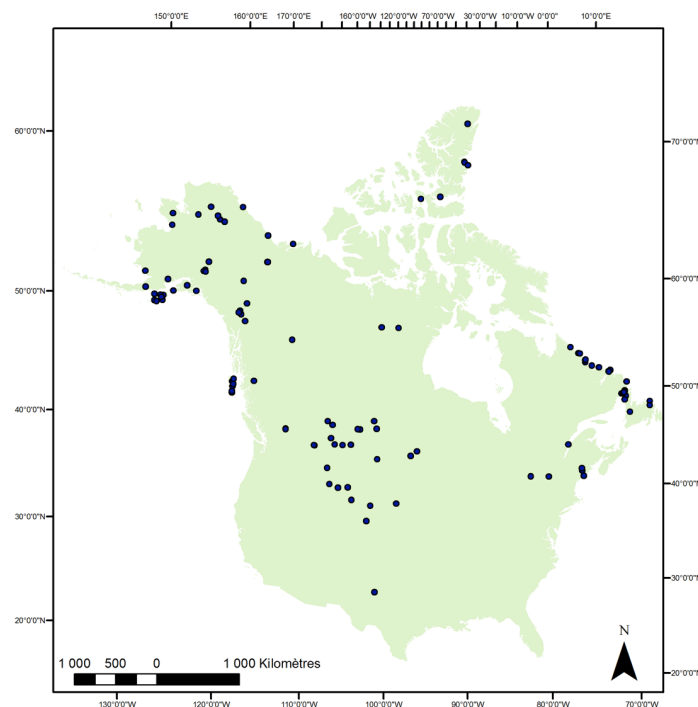


Figure 21 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 4810 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 6410 cal BP est ressortie

La discontinuité de 6410 cal BP coïncide assez bien avec une accélération de l'augmentation de la population en Amérique du Nord (Peros et al., 2010). Elle marque aussi le début de l'Optimum climatique de l'Holocène en Amérique du Nord (Viau et al., 2002, 2006) et dans le monde (Steig, 1999), c'est-à-dire la période où les températures atteignent leur valeur maximale durant l'Holocène (sauf pour les dernières décennies). À cette date, les glaciers n'ont plus d'impact sur le climat et se sont retirés au nord de l'actuel Québec et dans les îles de l'Archipel arctique (Dyke, 2005). L'Optimum climatique de l'Holocène est une période chaude et sèche dans la majeure partie de l'Amérique du Nord (Wanner et al., 2008; Winkler et al., 1986). Cet assèchement du climat pousse donc certaines cultures à s'adapter (Oetelaar, 2011; Anderson et al., 2007; Sheehan, 2002).

Les données utilisées pour identifier cette discontinuité proviennent en grande partie du nord et du centre de l'Amérique du Nord (voir figure 21).

2.5.2.4 Meghalayen

4810 cal BP

Cette discontinuité coïncide avec une longue période d'augmentation de la population sur la côte nord et sud-ouest de l'Alaska (Chaput et al., 2015), avec la dispersion des Paléo-Esquimaux dans la région arctique, vers 4500 cal BP, en provenance de la Sibérie, ainsi qu'avec l'émergence de la culture Arctic Small Tool (Flegontov et al., 2017; Gilbert et al., 2008). Ce qui est logique considérant qu'une partie non négligeable des

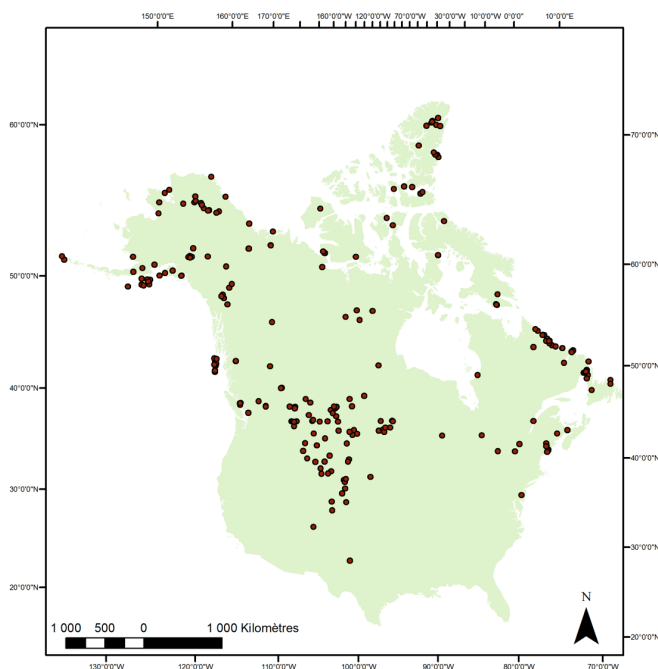


Figure 22 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 3270 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 4810 cal BP est ressortie

données utilisées pour obtenir cette discontinuité provient de cette région (voir figure 22). 4810 cal BP coïncide aussi avec une augmentation la population sur la côte est (Chaput et al., 2015).

Au point de vue climatique, elle suit d'environ 500 ans le début d'une période d'expansion des glaciers dans l'Hémisphère Nord (Denton et Karlén, 1973). Elle correspond aussi à une transition mineure dans la végétation partout dans le monde (Wenland et Bryson, 1974).

Les données utilisées pour identifier cette discontinuité couvre une grande partie de la région à l'étude, bien que surtout concentré sur l'actuel Canada, l'Alaska et sur les Grandes-Plaines (voir figure 22).

3270 et 2470 cal BP

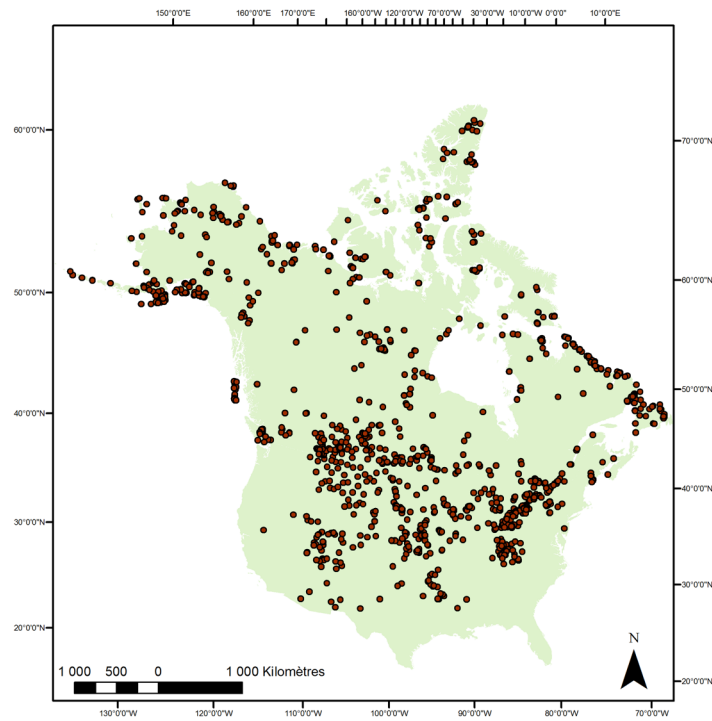


Figure 24 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 8479 cal BP, où la date de discontinuité 3270 cal BP est ressortie

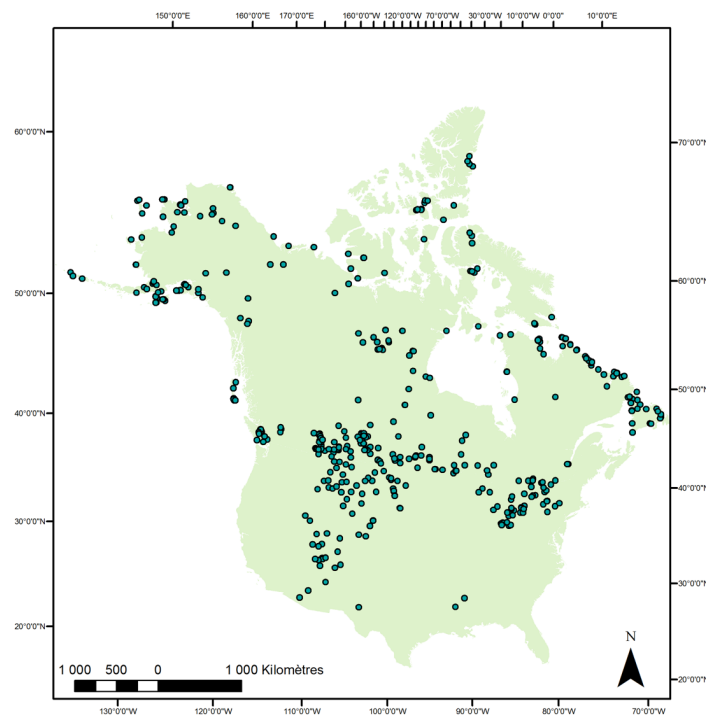


Figure 23 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 1190 à 3269 cal BP, où la date de discontinuité 2470 cal BP est ressortie

La discontinuité de 3270 cal BP, dont les données sont particulièrement bien étendues sur le continent (voir figure 23), est la deuxième discontinuité la plus significative selon le V de Cramér (0,85). Celle de 2470 cal BP est moins significative, mais les données restent tout de même représentatives de tout l'Amérique du Nord (voir figure 24).

Ces discontinuités correspondent à la période de transition entre l'Archaïque et le Sylvicole hâtif, du moins dans l'est (Kidder, 2006; Fiedel, 2001), qui connaît un effondrement abrupt et rapide de la population (Fiedel, 2001). Wendland et Bryson (1974) ont bien cerné ces deux dates dans leurs résultats tant nord-américains que mondiaux. Cette période correspond aussi avec la transition entre la culture Arctic Small Tool et la culture Dorset dans l'Arctique canadien, autour de 2700 cal BP (Park, 2012), ainsi qu'avec une augmentation de la densité de population dans le sud de cette région (vers 2 500 cal BP) (Chaput et al., 2015).

Cette discontinuité suit l'éruption volcanique qui a mené à la formation du mont Aniakchak en Alaska vers 3645 cal BP, la plus importante des 4 derniers millénaires en termes d'émission de sulfate (SO_4^{2-}) dans l'atmosphère (Fiedel et al., 1995; Pearce et al., 2004), ce qui aurait pu induire un refroidissement bref du climat. Bien que la date de l'éruption de l'Aniakchak soit antérieure de près de 400 ans à 3270 cal BP, l'incertitude calculée dans cette étude autour de cette discontinuité réduit toutefois cet écart (3460 à 3080 cal BP). Le début de cette période coïncide avec un important refroidissement du climat en Amérique du Nord (Viau et al., 2006) et de façon

mondiale (Bond et al., 1997, 2001; Denton et Karlén, 1973; O'Brien et al., 1995; Wendland et Bryson, 1974).

1190 et 720 cal BP

Les données utilisées pour faire ressortir ces deux discontinuités proviennent de sites qui sont très bien étendus et représentent l'entièreté de l'Amérique du Nord (voir figures 25 et 26). Cette période correspond au moment où la population nord-américaine atteint son apogée, stagne et décroît très rapidement (Peros et al., 2010). Elle correspond à l'âge d'or de la Civilisation du Mississippi entre 900 et 850 cal BP (Pauketat, 2003), ainsi qu'à sa disparition (Benson et al., 2007). La fin de cette période correspond à la disparition de plusieurs cultures dans le sud-ouest (Bird et al., 2017; Benson et al., 2007).

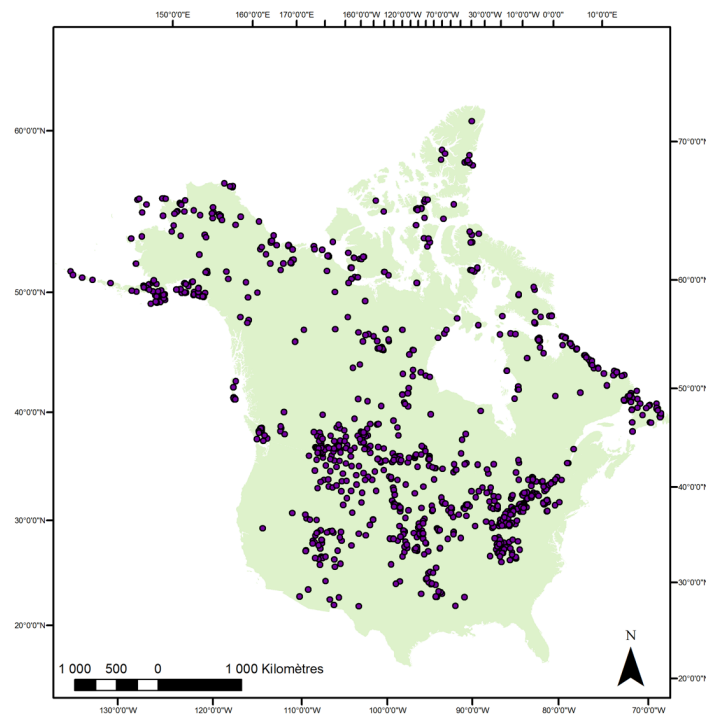


Figure 25 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 3269 cal BP, où la date de discontinuité 1190 cal BP est ressortie

Cette période cerne l'Optimum climatique médiéval (OCM) (entre 1150 et 750 cal BP) (Trouet et al., 2013), période relativement chaude à l'échelle mondiale (Moberg et al.,

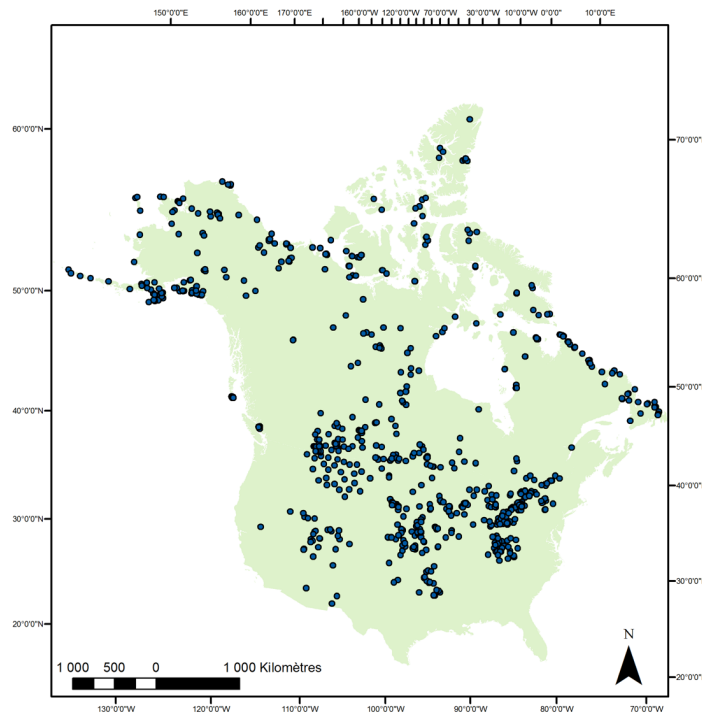


Figure 26 : Carte de l'Amérique du Nord montrant d'où proviennent les données utilisées pour la période d'étude 80 à 1189 cal BP, où la date de discontinuité 820 cal BP est ressortie. 720 cal BP a été obtenue en faisant la moyenne entre 620 et 820 cal BP.

2005; Mann, 2007; Mann et Jones 2003; Mann et al., 2009). En Amérique du Nord, l'OCM est marqué par des sécheresses importantes (Benson et al., 2007; Booth et al., 2006; Willard et al., 2003), ce qui peut expliquer le déclin rapide de la population et la disparition de certaines cultures. Toutefois, le rôle de certains, facteurs non climatiques (épidémie, trop grande sédentarité) ne peuvent être négligés. (Ubelaker, 1992; Braun et al., 1998).

La fin de cette période correspond avec le début du Petit âge glaciaire (PAG), vers 800 cal BP (Trouet et al., 2013) qui présente la plus forte baisse globale des températures depuis 8 000 ans (Wanner et al., 2008). En Amérique du Nord, le PAG culmine entre

450 à 150 cal BP (Viau et al., 2012). Il est marqué par l'avancée des glaciers partout sur le globe (Koch et Clague, 2006; Denton et Karlén, 1973; Porter et Denton, 1967).

2.5.3 La variabilité climatique à l'échelle millénaire

Les résultats de cette étude montrent une certaine cyclicité dans les discontinuités

Tableau 17 : Différence en années entre chacune des discontinuités culturelles identifiées dans cette étude

Étages de l'Holocène	Discontinuités culturelles (cal BP)	Différence
	720	
	1190	470
Meghalayen	2470	1280
	3270	800
	4810	1540
	6410	1600
Northgrippien	8480	2070
	10410	1930
Greenlandien	11950	1540
	12900*	950
Glaciaire tardif	13840	940
<i>Moyenne</i>		<i>1312</i>

* 12 900 cal BP provient des résultats bruts.

culturelles en Amérique du Nord. Celles-ci ont tendance à avoir lieu à ~1300 ans d'intervalle en moyenne (voir tableau 17). Ce qui situe cette variabilité entre la variabilité climatique trouvée par de Bond et al. (1997, 2001) qui est d'environ 1500 ans et celle de Viau et al. (2006), qui est d'environ 1100 ans en Amérique du Nord.

Cette moyenne cache toutefois une hétérogénéité importante. Les discontinuités entourant le Northgrippien ont tendance à être beaucoup plus éloignées que celles des autres étages de l'Holocène. Au contraire, les dates du Meghalayen et du Glaciaire

tardif ont tendance à être plus rapprochées. Comme on l'a vu précédemment, la méthode utilisée dans cette étude-ci a tendance à engendrer plus de discontinuités s'il y a plus de données étudiées. Ce qui ferait en sorte que la résolution est plus fine dans

Tableau 18 : Évènements climatiques à l'échelle millénaire observés dans plusieurs études, du Glaciaire tardif à l'Holocène.

Étages de l'Holocène (Walker et al., 2018)	Cette étude	Wendland et Bryson, 1974 (culturelle)*	Viau et al., 2002	Bond et al., 1997; 2001	Moy.	Diff.
Meghalayen	720	700	600	300	670	
	1190	1230			1210	540
		1760	1650	1400		
	2470	2590	2850	2800	2680	1470
	3270	3350			3310	630
Northgrippien	4810	4830	4030	4200	4470	1160
	6410	6590	6700	5900	6400	1930
Greenlandien	8480	8020	8100	8100	8180	1780
				9400		
Glaciaire tardif	10410	10790	10190	10300	10420	2240
	11950			11100	11530	1110
Glaciaire tardif	12900 ^α	12730	12900	12500	12760	1230
	13840		13800		13820	1060
					Moy.	1315

* Les résultats de Wendland et Bryson (1974) sont ceux modifiés et montrés dans le tableau 16.

^α12 900 cal BP provient des résultats bruts.

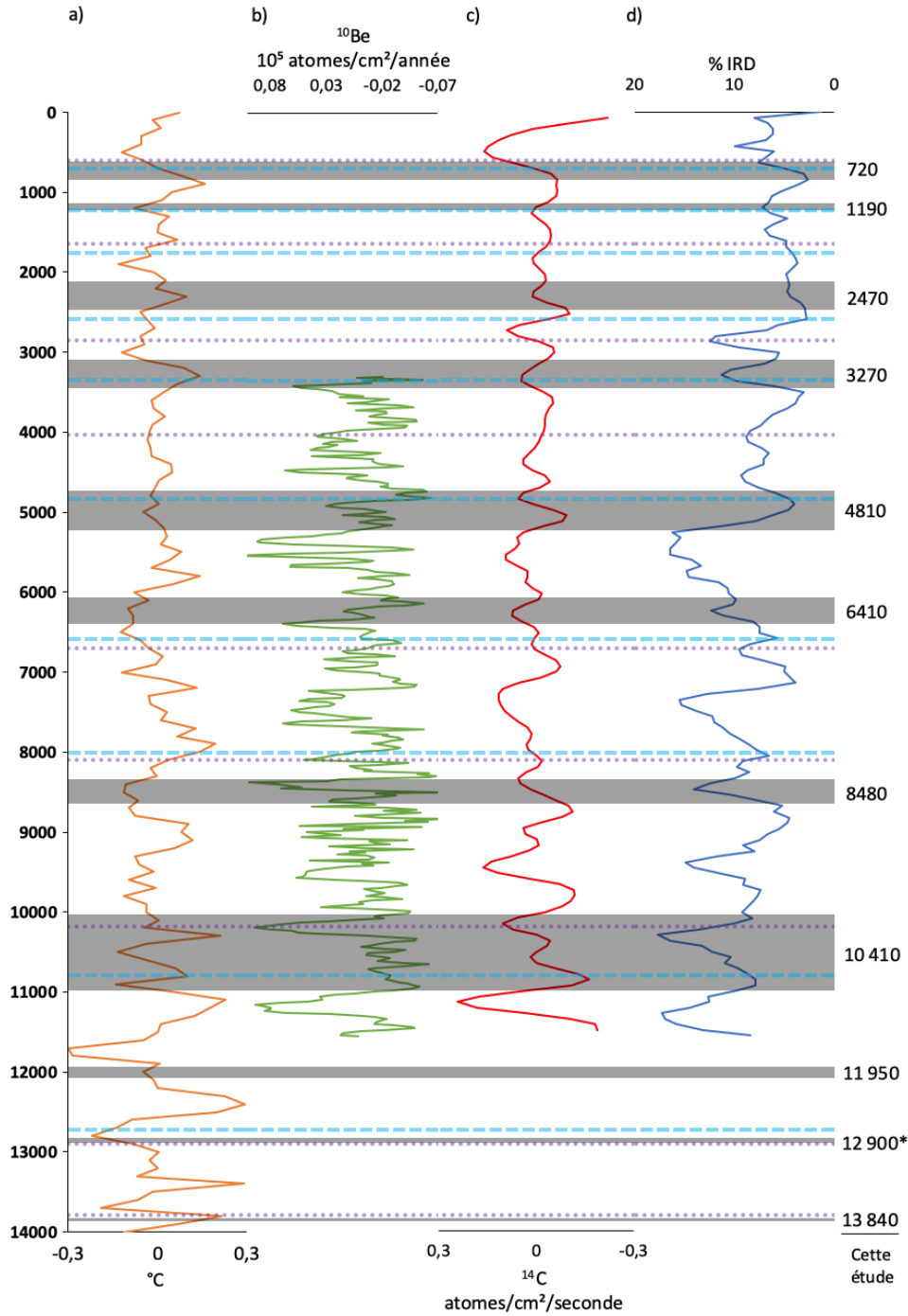


Figure 27 : Discontinuités culturelles identifiées dans cette étude, comparées : a) aux anomalies de températures en juillet en Amérique du Nord (Viau et al., 2006), b) à la courbe de flux de ^{10}Be (Bond et al., 2001), c) à la courbe de production de ^{14}C (Bond et al., 2001) et d) à la courbe de pourcentage de sédiments marin déposés par la fonte d'iceberg dans l'Atlantique nord (IRD) (Bond et al., 2001). Les discontinuités culturelles identifiées par Wendland et Bryson sont celles modifiées et présentées dans le Tableau 16.

Les périodes plus récentes, puisqu'il y a plus de données étudiées. Si on compare avec les résultats de Wendland et Bryson (1974), on remarque que pour eux aussi les résultats sont plus rapprochés durant cette période (voir tableau 18 et figure 27). Pour ce qui est des discontinuités plus éloignées autour du Northgrippien, celles-ci ont aussi été observées par Viau et al. (2002) et Bond et al. (1997, 2001), ainsi que par Wendland et Bryson (1974) (voir tableau 18), ce qui suggérerait un climat plus stable pour cette époque. Cette stabilité est toutefois remise en question (Viau et al., 2006). S'il existe d'autres variations pour cette époque, particulièrement entre les discontinuités de 8480 et 6410 cal BP, elles ne sont pas visibles dans les discontinuités culturelles en Amérique du Nord avec les données utilisées dans cette étude.

2.5.3.1 Les causes de la variabilité climatique aux échelles millénaire et centenaire

Les discontinuités culturelles auraient donc une certaine tendance à refléter la variation climatique à l'échelle millénaire avec des disparités comparables à celles obtenues dans d'autres études, dont Bond et al. (1997, 2001), qui furent les premiers à mettre en lumière la variabilité climatique d'environ 1500 ans durant l'Holocène en étudiant les sédiments que déposent les icebergs lorsqu'ils fondent au fond de l'Atlantique Nord. Ce cycle a par ailleurs été suggéré par d'autres études dont Denton et Karlén (1973) qui l'avaient trouvé en étudiant les variations des fronts glaciaires en Amérique du Nord et en Europe et avec O'Brien et al. (1995) qui avaient, quant à eux, étudié la concentration en sodium (Na) des carottes glaciaires du Groenland.

En Amérique du Nord, il semblerait par contre que ces variations se fassent suivant un cycle de 900 à 1100 ans (Bond et al., 2001; Viau et al. 2006). Ces variations se

conforment aussi à celle des sédiments déposés par les icebergs trouvés par Bond et al. (1997, 2001), ainsi qu'à celle de la concentration de Na dans les carottes glaciaires du Groenland trouvé par O'Brien et al. (1995).

Bond et al. (2001) ont suggéré que les variations climatiques aux échelles millénaire et centenaire correspondraient aux variations dans l'intensité solaire qui varie selon deux cycles, soit de 400 à 500 ans et de 900 à 1100 ans aux échelles centenaire et millénaire. Les discontinuités culturelles correspondent assez bien à ces deux cycles, sauf pour le milieu de l'Holocène. L'intensité solaire peut être retracée en étudiant la production de nucléides provenant du rayonnement cosmique (^{10}Be et ^{14}C); plus l'activité solaire est intense, plus elle a tendance à « souffler » le rayonnement cosmique, donc la production de nucléides cosmiques baisse et vice versa (Masarik et Beer, 1999). Les variations de la production de ^{10}Be et de ^{14}C se comparent aussi aux variations de température en Amérique du Nord durant l'Holocène (Viau et al., 2006) (voir figure 27). L'étude des taches solaires prouve aussi l'influence du soleil sur le climat de la terre; plus il y a de taches solaires plus l'activité solaire est intense. Le Minimum de Maunder (355 à 285 cal BP) et le Minimum de Spörer (600 à 490 cal BP) sont des périodes où les taches solaires sont plus rares et correspondent au plus fort du Petit Âge Glaciaire (Rind et Overpeck, 1993; Eddy, 1977).

Plus récemment, le consortium PAGES 2k a proposé en 2013 que les variations dans l'intensité solaire, soient l'un des deux principaux forçages climatiques durant les derniers 2000 ans, auquel on ajoute le volcanisme; une série d'éruptions volcaniques durant l'Holocène semble avoir causé des changements climatiques à l'échelle mondiale,

selon la carotte glaciaire GISP (Zielinski et al., 1996; Kobashi et al., 2017). Le volcanisme et l'intensité solaire comme principaux forçages climatiques aux échelles millénaires et centenaires ont également été soutenus par d'autres auteurs auparavant dont Amman et al. (2007) et Van Geel et al. (1999).

2.6 Conclusion

Dans cette étude, nous avons identifié les discontinuités culturelles les plus significatives en Amérique du Nord durant les derniers 15 000 ans, à l'aide de 5198 données datées au ^{14}C attribuées à 122 cultures aux quatre coins du Canada et des États-Unis. Nous avons aussi démontré l'existence de la relation entre ces discontinuités et les évènements climatiques majeurs de la fin du Pléistocène et de l'Holocène.

Toutes les dates de discontinuité identifiées dans cette étude peuvent être corroborées avec des évènements climatiques provenant d'autres études utilisant des proxys et des méthodes plus conventionnelles, soutenant ainsi l'hypothèse de départ qui veut que la reconstitution de l'histoire humaine permet d'identifier les évènements climatiques terrestres aux échelles centenaire et millénaire. De plus, elle a permis de montrer l'existence du cycle climatique aux échelles millénaire et centenaire, identifié par Bond et al. (1997, 2001), dont la causalité semble attribuée à la variabilité solaire (Bond et al., 2001), à même ces discontinuités, avec toutefois une disparité entre celles du milieu de l'Holocène qui sont plus éloignées et les autres. Les discontinuités identifiées dans cette étude sont corroborées non seulement par des évènements climatiques nord-américains, mais aussi par des évènements climatiques mondiaux et hémisphériques.

L'avantage d'utiliser des données archéologiques est qu'ils permettent de rassembler beaucoup de données dans des sites couvrant une importante étendue géographique. De plus, la méthode utilisée dans cette étude, développée par Baerreis et Bryson en 1966 et utilisée une première fois par Wendland et Bryson en 1974, qui utilise le test du χ^2 d'indépendance, est relativement simple à effectuer et ne nécessite ni logiciel, ni composant informatique puissant. Par contre, la comparaison avec leurs résultats a permis de démontrer que l'utilisation seule du t pour prouver la signification statistique ne suffisait pas à identifier les discontinuités les plus significatives en plus de réduire l'étendue temporelle de l'étude, puisqu'elle oblige d'avoir au moins 31 cultures par période d'étude. De plus, les résultats de cette étude sont beaucoup plus similaires avec leurs résultats pour le monde entier, ce qui pourrait signifier qu'une grande quantité de données, même provenant d'une seule région, nous permettrait d'identifier des changements climatiques de nature mondiale.

La méthode présentée dans cette étude pourrait donc être utilisée à l'avenir pour étudier les discontinuités culturelles à un niveau mondial, c'est-à-dire en utilisant des données archéologiques de partout sur la Terre ou à un niveau plus régional, particulièrement aux tropiques ou dans l'hémisphère sud où les proxys climatiques et les données paléoclimatologiques se font plus rares. De plus, cette étude a permis de faire comprendre qu'une grande quantité de données permet d'avoir une résolution particulièrement fine en ce qui concerne les discontinuités culturelles, permettant ainsi une application autre que la recherche d'évènements climatiques.

3. Sommaire, limitations et considérations futures

3.1 Sommaire des résultats

3.1.1 Réponse au premier objectif

Identifier les dates de discontinuité culturelles les plus statistiquement significatives à partir de données archéologiques en Amérique du Nord.

Une méthode similaire à celle élaborée par Baerreis et Bryson en 1966 et mise en œuvre une première fois par Wendland et Bryson en 1974 a été utilisée. Cette méthode applique le test du χ^2 d'indépendance pour déterminer les dates de discontinuités culturelles les plus probables à partir d'une base de données archéologique datée au ^{14}C . Celle-ci a été utilisée dans cette thèse, en y ajoutant le V de Cramér pour départager les dates les plus significatives de celles qui l'étaient moins.

Appliquée à 5198 données archéologiques provenant de la CARD et attribuées à 122 cultures du Canada et des États-Unis, dans les derniers 15 000 ans, cette méthode a permis d'établir 10 dates de discontinuités, soit 13 840, 11 950, 10 410, 8480, 6410, 4810, 3270, 2470, 1190 et 720 cal BP, auxquelles on pourrait ajouter 12 900 cal BP, qui, bien que moins statistiquement significative, cerne bien l'amorce du Dryas récent.

3.1.2 Réponse au second objectif

Comparer les discontinuités culturelles obtenues avec d'autres données paléoclimatiques.

Les discontinuités culturelles identifiées dans cette thèse peuvent toutes être corroborées par des événements climatiques, aux échelles millénaires et centenaires, provenant d'autres études utilisant des proxys et des méthodes plus conventionnelles,

non seulement en Amérique du Nord, mais aussi à l'échelle de l'hémisphère nord et de la planète entière.

Ces discontinuités culturelles semblent aussi refléter les variations climatiques aux échelles centenaires et millénaires. En effet, celles-ci ont tendance à avoir lieu à ~1300 ans d'intervalle en moyenne, ce qui situe la variabilité trouvée dans cette étude entre celle de ~1500 ans identifiée par Bond et al. (1997, 2001) et celle de ~1100 ans identifiée par Viau et al. (2006) en Amérique du Nord. Elles reflètent aussi la variabilité solaire dont Bond et al. (2001) ont suggéré qu'il s'agissait du principal forçage climatique à ces échelles durant l'Holocène, selon deux cycles soit de 400 à 500 ans et de 900 à 1100 ans. La variation solaire comme principal forçage climatique à ces échelles a aussi été reprise par le consortium PAGES 2k (2013) on y ajoutant le volcanisme. Par contre, depuis 1950, l'impact des activités humaines comme principal forçage climatique ne fait plus aucun doute selon le GIEC (Stocker et al., 2013).

3.1.3 Réponse à l'hypothèse de recherche

La reconstitution de l'histoire humaine permet d'identifier les événements climatiques terrestre aux échelles centenaire et millénaire

Le but principal de cette thèse se voulait être une tentative de corréler l'histoire humaine aux variations climatiques aux échelles millénaires et centenaires. Le premier chapitre, qui inclut une revue de littérature, retrace les changements environnementaux en Amérique du Nord et les dynamiques de peuplement avec les évolutions des modes de subsistance, les migrations, etc. Déjà à ce stade, il est possible de comprendre que les humains ont une forte tendance à s'adapter aux changements climatiques. Le premier chapitre inclut aussi une description de la variation climatique à

l'échelle millénaire durant l'Holocène et ses causes. Étant donné que les humains ont tendance à s'adapter à leur environnement, donc au climat, et que celui-ci varie de façon cyclique, alors les humains vont aussi s'adapter suivant ce cycle.

Dans cette thèse, la méthode utilisée nous permet d'identifier quand les artéfacts datés au ^{14}C démontrent un changement ou discontinuités culturelles. Étant donné que les discontinuités culturelles identifiées dans cette étude ne peuvent être corroborées par des guerres, des maladies ou d'autres problématiques socioculturelles, puisqu'elles incluent un grand nombre de cultures sur une large étendue géographique, il ne reste que l'hypothèse environnementale, ou climatique, pour les expliquer. Cette méthode a donc permis d'utiliser les données archéologiques attribuées à des cultures comme un proxy climatique. De plus, il a été démontré que ces discontinuités culturelles peuvent toutes être attestées par des événements climatiques aux échelles millénaire et centenaire.

On peut donc confirmer l'hypothèse de recherche étant que la reconstitution de l'histoire humaine permet d'identifier les événements climatiques terrestres aux échelles centenaire et millénaire.

3.2 Limitations de l'étude

3.2.1 Limites de la méthode

L'avantage d'utiliser des données archéologiques est qu'ils permettent de rassembler beaucoup de données dans des sites couvrant une importante étendue géographique. De plus, la méthode utilisée dans cette étude, développée par Baerreis et Bryson en 1966 et utilisée une première fois par Wendland et Bryson en 1974, qui utilise le test

du χ^2 d'indépendance, est relativement simple à effectuer et ne nécessite ni logiciel, ni composant informatique puissant. Par contre, cette méthode, telle qu'elle utilisée pour cette thèse, ne permet pas, contrairement à d'autres plus conventionnelles, de mesurer ni l'amplitude ni la nature du changement climatique.

La comparaison avec les résultats de Wendland et Bryson (1974) a permis de démontrer que l'utilisation seule du t pour prouver la signification statistique ne suffisait pas à identifier les discontinuités les plus synchrones en plus de réduire l'étendu temporelle de l'étude, puisqu'elle oblige d'avoir au moins 31 cultures par période d'étude. L'utilisation du V de Cramér a permis de mesurer la force du χ^2 obtenu, en fonction du nombre de données contenu dans une période d'étude et pas seulement le nombre de cultures et a aussi permis d'obtenir de très vieilles dates, comme 13 840 cal BP.

La méthode a aussi tendance à affiner la résolution à mesure que le nombre de données augmente. Ce n'est pas le fait de placer les données à l'intérieur d'intervalles de 10 ans qui affine cette résolution. Puisque *toutes* les données contenues à l'intérieur d'une période d'étude sont utilisées pour calculer le χ^2 , les intervalles de dix ans ne sont utilisés que pour déplacer la séparation du tableau de contingence afin de créer deux sections à la période d'étude afin de calculer le χ^2 , ce qui nous permet d'identifier *quand* les cultures ont le plus tendance à se regrouper dans l'une ou l'autre des sections de la période d'étude et donc de savoir quand il y a discontinuités culturelles. De plus, on retient le χ^2 le plus élevé à chaque période d'étude. Les dates rapprochées que l'on retrouve dans les résultats bruts ne sont donc pas le résultat d'intervalles trop courts, puisqu'elles ressortent à différentes itérations. Si des intervalles plus

larges avaient été utilisés (50, 100, 200 ans, etc.), on aurait peut-être laissé de côté le moment le plus exact possible où le χ^2 le plus élevé aurait été obtenu puisque cela aurait probablement adouci les « pics ». Inversement, des intervalles plus courts auraient rendu la tâche interminable.

Une résolution plus fine pourrait, par contre, être considérée comme un avantage pour d'autres sujets de recherche. Néanmoins, une résolution aussi fine n'était pas désirée dans cette étude. C'est la raison pour laquelle une moyenne a été appliquée sur certaines discontinuités dont le V de Cramér était similaire et pourquoi d'autres ont été éliminées, étape que Wendland et Bryson (1974) n'ont pas effectuée, expliquant qu'ils aient obtenu beaucoup de dates rapprochées dans leurs résultats.

3.2.2 Limitation de l'étendue géographique étudiée

Il aurait été intéressant de pouvoir inclure des données du Mexique et même de l'Amérique centrale dans cette étude. En effet, le Mexique et les États-Unis partagent une très longue frontière terrestre et celle-ci n'était certainement pas imperméable aux migrations et aux échanges de technologies et de techniques. Toutefois, lorsque les données ont été recueillies en 2018 dans la base de données CARD, il n'y avait que très peu de données provenant du Mexique et de l'Amérique centrale et celles-ci n'étaient pas reliées à une culture. De plus, les méthodes archéologiques sont différentes dans ces pays, rendant plus ardue la tâche du tri dans le but d'avoir des données similaires et comparables.

Même en Amérique du Nord, certaines régions sont très mal représentées, comme toute la côte ouest des États-Unis et tout le sud-est des États-Unis, de la Virginie au Texas, en passant par la Floride.

Par contre, malgré ces limites, il a été possible d'identifier des événements climatiques corroborés par d'autres études qui ont identifié des événements mondiaux et hémisphériques, ce que n'ont pas pu faire Wendland et Bryson (1974) en Amérique du Nord. Ce qui peut donc signifier qu'avec cette méthode, une grande quantité de données provenant même d'une seule région du monde, pourrait nous permettre d'identifier des changements de nature mondiale.

3.3 Considérations futures

La facilité et l'accessibilité de la méthode utilisée pourraient faire en sorte qu'elle soit appliquée pour étudier les discontinuités culturelles les plus synchrones à un niveau mondial, c'est-à-dire en utilisant des données archéologiques de partout sur la Terre. D'ailleurs la CARD (Martindate et al., 2016), contient de plus en plus de données d'ailleurs dans le monde, notamment dans d'autres régions, particulièrement aux tropiques ou dans l'hémisphère sud où les proxys climatiques et les données paléoclimatologiques se font rares.

De plus, comme affirmer précédemment, la résolution pourrait faire en sorte qu'elle soit appliquée pour étudier les événements climatiques à l'échelle centenaire et même multidécennale.

Elle pourrait aussi être appliquée à d'autres domaines de recherche, comme en sciences sociales où elle pourrait permettre d'étudier les discontinuités culturelles induites par les guerres ou par d'autres types de conflits, aux épidémies ou par d'autres problématiques socioculturelles et économiques.

Cette thèse démontre aussi que des changements climatiques, même minimes, peuvent avoir une grande influence sur les cultures vivant en relation d'autosubsistance dans leur environnement, allant même jusqu'à la disparition pure et simple de certaines d'entre elles, démontrant ainsi l'intérêt de la paléoclimatologie dans le domaine de l'anthropologie. Cette démonstration peut aussi faire réfléchir aux impacts que pourrait avoir dans le futur une augmentation rapide des températures, tel que le laissent démontrer les présents modèles climatiques.

Bibliographie

Abrams, M. D., & Nowacki, G. J. (2008). Native Americans as active and passive promoters of mast and fruit trees in the eastern USA. *The Holocene*, 18(7), 1123-1137.

Alley, R. B., & Ágústssdóttir, A. M. (2005). The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews*, 24(10-11), 1123-1149.

Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C., & Clark, P. U. (1997). Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25(6), 483-486.

Ammann, C. M., Joos, F., Schimel, D. S., Otto-Bliesner, B. L., & Tomas, R. A. (2007). Solar influence on climate during the past millennium: Results from transient simulations with the NCAR Climate System Model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(10), 3713-3718.

Anderson, D. E. (1997). Younger Dryas research and its implications for understanding abrupt climatic change. *Progress in Physical Geography*, 21(2), 230-249.

Anderson, D. G. (2001). Climate and culture change in prehistoric and early historic eastern North America. *Archaeology of Eastern North America*, 143-186.

Anderson, D. G., Russo, M., & Sassaman, K. E. (2007). Mid-Holocene cultural dynamics in southeastern North America. In *Climate Change and Cultural Dynamics* (pp. 457-489). Academic Press.

Bell, T., & Renouf, M. P. (2004). Prehistoric cultures, reconstructed coasts: Maritime Archaic Indian site distribution in Newfoundland. *World Archaeology*, 35(3), 350-370.

Benson, L. V., Berry, M. S., Jolie, E. A., Spangler, J. D., Stahle, D. W., & Hattori, E. M. (2007). Possible impacts of early-11th-, middle-12th-, and late-13th-century droughts on western Native Americans and the Mississippian Cahokians. *Quaternary Science Reviews*, 26(3-4), 336-350.

Bird, B. W., Wilson, J. J., Gilhooly III, W. P., Steinman, B. A., & Stamps, L. (2017). Midcontinental Native American population dynamics and late Holocene hydroclimate extremes. *Scientific reports*, 7, 41628.

Black, B. (Ed.). (2013). *Climate change: an encyclopedia of science and history* (Vol. 1). ABC-CLIO.

Bond, G. C., & Lotti, R. (1995). Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation. *Science*, 267(5200), 1005-1010.

Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., ... & Tedesco, K. (1992). Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period. *Nature*, 360(6401), 245-249.

Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., ... & Bonani, G. (2001). Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *science*, 294(5549), 2130-2136.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., DeMenocal, P., ... & Bonani, G. (1997). A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *science*, 278(5341), 1257-1266.

Bonnichsen, B. R., & Keyser, J. D. (1982). Three small points: A Cody Complex problem. *Plains Anthropologist*, 27(96), 137-144.

Booth, R. K., Notaro, M., Jackson, S. T., & Kutzbach, J. E. (2006). Widespread drought episodes in the western Great Lakes region during the past 2000 years: geographic extent and potential mechanisms. *Earth and Planetary Science Letters*, 242(3-4), 415-427.

Bourgeon, L. (2017). Histoire des premiers peuplements béringiens: étude archéozoologique et taphonomique de la faune des Grottes du Poisson-Bleu (Territoire du Yukon, Canada).

Braun, M., Collins Cook, D., & Pfeiffer, S. (1998). DNA from *Mycobacterium tuberculosis* complex identified in North American, pre-Columbian human skeletal remains. *Journal of Archaeological Science*, 25(3), 271-277.

Broecker, W. S., & Denton, G. H. (1990). The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Quaternary science reviews*, 9(4), 305-341.

Bryant, V. M., & Holloway, R. G. (Eds.). (1985). Pollen records of late-quaternary North American sediments. *Amer Assn of Stratigraphic*.

Budgel, R. (1992). The Beothuks and the Newfoundland mind. *Newfoundland and Labrador Studies*.

Burroughs, W. J. (2005). *Climate change in prehistory: The end of the reign of chaos*. Cambridge University Press.

Butkus, E. A. (2004). How Extensive was the Folsom Tradition in North America. *Central States Archaeological Journal*, 51(3), 171-175.

Chaput, M. A., Kriesche, B., Betts, M., Martindale, A., Kulik, R., Schmidt, V., & Gajewski, K. (2015). Spatiotemporal distribution of Holocene populations in North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(39), 12127-12132.

Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., ... & McCabe, A. M. (2009). The last glacial maximum. *science*, 325(5941), 710-714.

Clarke, G. K., Leverington, D. W., Teller, J. T., & Dyke, A. S. (2004). Paleohydraulics of the last outburst flood from glacial Lake Agassiz and the 8200BP cold event. *Quaternary Science Reviews*, 23(3-4), 389-407.

Cordell, L. S., & McBrinn, M. (2016). *Archaeology of the Southwest*. Routledge.

Cramér, H. (1946). A contribution to the theory of statistical estimation. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1946(1), 85-94.

Cronon, W. (2011). *Changes in the land: Indians, colonists, and the ecology of New England*. Hill and Wang.

Crosby, A. W. (2004). *Ecological imperialism: the biological expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge University Press.

Cwynar, L. C., Levesque, A. J., Mayle, F. E., & Walker, I. (1994). Wisconsinan Late-glacial environmental change in New Brunswick: A regional synthesis. *Journal of Quaternary Science*, 9(2), 161-164.

Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N. S., Hammer, C. U., ... & Bond, G. (1993). Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364(6434), 218-220.

deMenocal, P. B. (2001). Cultural responses to climate change during the late Holocene. *Science*, 292(5517), 667-673.

deMenocal, P., Cook, E., Demeritt, D., Hornborg, A., Kirch, P., McElreath, R., & Tainter, J. (2005). Perspectives on Diamond's Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed. *Current anthropology*, 46(S5), S91-S99.

Denevan, W. M. (Ed.). (1992). *The native population of the Americas in 1492*. Univ of Wisconsin Press.

Denton, G. H., & Karlén, W. (1973). Holocene climatic variations—their pattern and possible cause. *Quaternary Research*, 3(2), 155-205.

Diamond, J. (2011). *Collapse: How societies choose to fail or succeed*. Penguin.

Dixon, E. J. (2001). Human colonization of the Americas: timing, technology and process. *Quaternary Science Reviews*, 20(1-3), 277-299.

Dyke, A., Moore, A. & Robertson, L. (2003) *Deglaciation of North America*, Commission géologique du Canada, Dossier public 1574.

Dyke, A. (2005). Late Quaternary vegetation history of northern North America based on pollen, macrofossil, and faunal remains. *Géographie physique et Quaternaire*, 59(2-3), 211-262.

Dyke, A., & Prest, V. (1987). Late Wisconsinan and Holocene history of the Laurentide ice sheet. *Géographie physique et Quaternaire*, 41(2), 237-263.

Eddy, J. A. (1977). Climate and the changing sun. *Climatic Change*, 1(2), 173-190.

Ellis, E. C., & Ramankutty, N. (2008). Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(8), 439-447.

Erlandson, J. M., Graham, M. H., Bourque, B. J., Corbett, D., Estes, J. A., & Steneck, R. S. (2007). The kelp highway hypothesis: marine ecology, the coastal migration theory, and the peopling of the Americas. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 2(2), 161-174.

Esper, J., Cook, E. R., & Schweingruber, F. H. (2002). Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *science*, 295(5563), 2250-2253.

Fiedel, S. J. (2001). What happened in the Early Woodland?. *Archaeology of Eastern North America*, 101-142.

Fiedel, S. J., Southon, J. R., Brown, T. A., Zielinski, G. A., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., ... & Gow, A. J. (1995). The GISP ice core record of volcanism since 7000 BC. *Science*, 267(5195), 256-258.

Firestone, R. B., West, A., Kennett, J. P., Becker, L., Bunch, T. E., Revay, Z. S., ... & Dickenson, O. J. (2007). Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(41), 16016-16021.

Fischer, E. M., Luterbacher, J., Zorita, E., Tett, S. F. B., Casty, C., & Wanner, H. (2007). European climate response to tropical volcanic eruptions over the last half millennium. *Geophysical research letters*, 34(5).

Fisher, R. A. (1934). *Statistical methods for research workers*. Statistical methods for research workers., (5th Ed).

Flegontov, P., Altinisik, N. E., Changmai, P., Rohland, N., Mallick, S., Bolnick, D. A., ... & Keating, D. (2017). Paleo-Eskimo genetic legacy across North America.

Forman, S. L., Oglesby, R., & Webb, R. S. (2001). Temporal and spatial patterns of Holocene dune activity on the Great Plains of North America: megadroughts and climate links. *Global and Planetary Change*, 29(1-2), 1-29.

Fowler, C., & Konopik, E. (2007). The history of fire in the southern United States. *Human Ecology Review*, 165-176.

Gajewski, K. (1987). Climatic impacts on the vegetation of eastern North America during the past 2000 years. *Vegetatio*, 68(3), 179-190.

Gao, C., Robock, A., & Ammann, C. (2008). Volcanic forcing of climate over the past 1500 years: An improved ice core-based index for climate models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D23).

Gerber, S., Joos, F., Brügger, P., Stocker, T., Mann, M., Sitch, S., & Scholze, M. (2003). Constraining temperature variations over the last millennium by comparing simulated and observed atmospheric CO₂. *Climate Dynamics*, 20(2-3), 281-299.

Gilbert, M. T. P., Kivisild, T., Grønnow, B., Andersen, P. K., Metspalu, E., Reidla, M., ... & Rasmussen, M. (2008). Paleo-Eskimo mtDNA genome reveals matrilineal discontinuity in Greenland. *Science*, 320(5884), 1787-1789.

Gingerich, J. A. (2011). Down to seeds and stones: a new look at the subsistence remains from Shawnee-Minisink. *American Antiquity*, 127-144.

Goebel, T., Smith, H. L., DiPietro, L., Waters, M. R., Hockett, B., Graf, K. E., ... & Rhode, D. (2013). Serpentine Hot Springs, Alaska: Results of excavations and implications for the age and significance of northern fluted points. *Journal of Archaeological Science*, 40(12), 4222-4233.

Goebel, T., Waters, M. R., & O'Rourke, D. H. (2008). The late Pleistocene dispersal of modern humans in the Americas. *science*, 319(5869), 1497-1502.

Graf, K. E., & Buvit, I. (2017). Human dispersal from Siberia to Beringia: assessing a Beringian standstill in light of the archaeological evidence. *Current Anthropology*, 58(S17), S583-S603.

Grimm, E. C., Jacobson, G. L., Watts, W. A., Hansen, B. C., & Maasch, K. A. (1993). A 50,000-year record of climate oscillations from Florida and its temporal correlation with the Heinrich events. *Science*, 261(5118), 198-200.

Guiot, J., De Beaulieu, J. L., Cheddadi, R., David, F., Poncelet, P., & Reille, M. (1993). The climate in Western Europe during the last Glacial/Interglacial cycle derived from pollen and insect remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 103(1), 73-93.

Gupta, A. K. (2004). Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. *CURRENT SCIENCE-BANGALORE-*, 87, 54-59.

Harrison, S. P. A., Kutzbach, J. E., Liu, Z., Bartlein, P. J., Otto-Bliesner, B., Muhs, D., ... & Thompson, R. S. (2003). Mid-Holocene climates of the Americas: a dynamical response to changed seasonality. *Climate Dynamics*, 20(7-8), 663-688.

Hart, J. P., & Lovis, W. A. (2013). Reevaluating what we know about the histories of maize in northeastern North America: a review of current evidence. *Journal of Archaeological Research*, 21(2), 175-216.

Hart, J. P., & Rieth, C. B. (Eds.). (2002). *Northeast Subsistence-Settlement Change, AD 700-1300*. New York State Museum, New York State Education Department.

Heintzman, P. D., Froese, D., Ives, J. W., Soares, A. E., Zazula, G. D., Letts, B., ... & Jass, C. N. (2016). Bison phylogeography constrains dispersal and viability of the Ice Free Corridor in western Canada. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(29), 8057-8063.

Henrich, J., & McElreath, R. (2003). The evolution of cultural evolution. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 12(3), 123-135.

Hetherington, R., Vaughn Barrie, J., Reid, R. G., MacLeod, R., Smith, D. J., James, T. S., & Kung, R. (2003). Late Pleistocene coastal paleogeography of the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada, and its implications for terrestrial biogeography and early post-glacial human occupation. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40(12), 1755-1766.

Hoffecker, J. F., Elias, S. A., & O'Rourke, D. H. (2014). Out of Beringia?. *science*, 343(6174), 979-980.

Hoffecker, J. F., Elias, S. A., O'Rourke, D. H., Scott, G. R., & Bigelow, N. H. (2016). Beringia and the global dispersal of modern humans. *Evolutionary anthropology: Issues, news, and reviews*, 25(2), 64-78.

Irwin-Williams, C., & Haynes, C. V. (1970). Climatic change and early population dynamics in the southwestern United States. *Quaternary Research*, 1(1), 59-71.

Ishida, H. (2006). Current thoughts on terrestrialization in african apes and the origin of human bipedalism. In *Human Origins and Environmental Backgrounds* (pp. 259-266). Springer, Boston, MA.

Israde-Alcántara, I., Bischoff, J. L., Domínguez-Vázquez, G., Li, H. C., DeCarli, P. S., Bunch, T. E., ... & Kennett, J. P. (2012). Evidence from central Mexico supporting the Younger Dryas extraterrestrial impact hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(13), E738-E747.

Jelks, E. B. (1992). The Western Archaic Tradition. *Revista de Arqueología Americana*, 119-135.

Kelly, R. L., & Todd, L. C. (1988). Coming into the country: Early Paleoindian hunting and mobility. *American Antiquity*, 231-244.

Kidder, T. R. (2006). Climate change and the archaic to woodland transition (3000-2500 cal BP) in the Mississippi River basin. *American Antiquity*, 195-231.

Kim, J. H., Rimbu, N., Lorenz, S. J., Lohmann, G., Nam, S. I., Schouten, S., ... & Schneider, R. R. (2004). North Pacific and North Atlantic sea-surface temperature variability during the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 23(20-22), 2141-2154.

Kobashi, T., Menviel, L., Jeltsch-Thömmes, A., Vinther, B. M., Box, J. E., Muscheler, R., ... & Wanner, H. (2017). Volcanic influence on centennial to millennial Holocene Greenland temperature change. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.

Koch, J., & Clague, J. J. (2006). Are insolation and sunspot activity the primary drivers of global Holocene glacier fluctuations. *Pages Newsletter*, 14(3), 20-21.

Kutzbach, J. E. (1981). Monsoon climate of the early Holocene: climate experiment with the earth's orbital parameters for 9000 years ago. *Science*, 214(4516), 59-61.

Ladd, M., Viau, A. E., Way, R. G., Gajewski, K., & Sawada, M. C. (2018). Variations in precipitation in North America during the past 2000 years. *The Holocene*, 28(4), 667-675.

Lamb, H. H. (2002). *Climate, history and the modern world*. Routledge.

Lenig, W., & NySAA, E. H. C. (2000). In situ thought in eastern Iroquois development: a history. *The Bulletin and Journal of the New York State Archaeological Association*, 116, 58-70.

Ljungqvist, F. C. (2010). A new reconstruction of temperature variability in the extra-tropical Northern Hemisphere during the last two millennia. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 92(3), 339-351.

Lorenz, S. J., Kim, J. H., Rimbu, N., Schneider, R. R., & Lohmann, G. (2006). Orbitally driven insolation forcing on Holocene climate trends: Evidence from alkenone data and climate modeling. *Paleoceanography*, 21(1).

Loulergue, L., Schilt, A., Spahni, R., Masson-Delmotte, V., Blunier, T., Lemieux, B., ... & Chappellaz, J. (2008). Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH₄ over the past 800,000 years. *Nature*, 453(7193), 383-386.

Mandryk, C. A., Josenhans, H., Fedje, D. W., & Mathewes, R. W. (2001). Late Quaternary paleoenvironments of Northwestern North America: implications for inland versus coastal migration routes. *Quaternary Science Reviews*, 20(1-3), 301-314.

Mangerud, J. A. N., Andersen, S. T., Berglund, B. E., & Donner, J. J. (1974). Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3(3), 109-126.

Mann, M. E. (2007). Climate over the past two millennia. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35.

Mann, M. E., & Jones, P. D. (2003). Global surface temperatures over the past two millennia. *Geophysical Research Letters*, 30(15).

Mann, M. E., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R. S., Hughes, M. K., Shindell, D., ... & Ni, F. (2009). Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326(5957), 1256-1260.

Martindale, Andrew, Richard Morlan, Matthew Betts, Michael Blake, Konrad Gajewski, Michelle Chaput, Andrew Mason, and Pierre Vermeersch (2016) Canadian Archaeological Radiocarbon Database (CARD 2.1), accédé le 13 novembre 2018.

Masarik, J., & Beer, J. (1999). Simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104(D10), 12099-12111.

McKern, W. C. (1939). The Midwestern Taxonomic Method as an Aid to Archaeological Culture Study. *American Antiquity*, 4, 301-313.

Meltzer, D. J. (1993). Pleistocene peopling of the Americas. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 1(5), 157-169.

Meltzer, D. J., & Holliday, V. T. (2010). Would North American Paleoindians have noticed younger Dryas age climate changes?. *Journal of World Prehistory*, 23(1), 1-41.

Merrill, W. L., Hard, R. J., Mabry, J. B., Fritz, G. J., Adams, K. R., Roney, J. R., & MacWilliams, A. C. (2009). The diffusion of maize to the southwestern United States and its impact. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(50), 21019-21026.

Miller, D. S., Holliday, V. T., & Bright, J. (2013). Clovis across the continent. *Paleoamerican odyssey*, 207-220.

Moberg, A., Sonechkin, D. M., Holmgren, K., Datsenko, N. M., & Karlén, W. (2005). Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low-and high-resolution proxy data. *Nature*, 433(7026), 613-617.

Munoz, S. E. (2010). Prehistoric human-environment interaction in eastern North America (Doctoral dissertation, University of Ottawa (Canada)).

Newby, P., Bradley, J., Spiess, A., Shuman, B., & Leduc, P. (2005). A Paleoindian response to Younger Dryas climate change. *Quaternary Science Reviews*, 24(1-2), 141-154.

Nichols, J. (1990). Linguistic diversity and the first settlement of the New World. *Language*, 475-521.

Nikolskiy, P., & Pitulko, V. (2013). Evidence from the Yana Palaeolithic site, Arctic Siberia, yields clues to the riddle of mammoth hunting. *Journal of Archaeological Science*, 40(12), 4189-4197.

O'Brien, M. J., & Buchanan, B. (2017). Cultural learning and the Clovis colonization of North America. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 26(6), 270-284.

O'Brien, S. R., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Meese, D. A., Twickler, M. S., & Whitlow, S. I. (1995). Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core. *Science*, 270(5244), 1962-1964.

Oetelaar, G. A. (2011). Human Ecology of the Canadian Prairie Ecozone ca. 6000 BP: Hypsithermal Adaptations to the Canadian Prairie Ecozone?. *Human Ecology of the Canadian Prairie Ecozone*, 11, 55-79.

PAGES 2k. (2013). Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature geoscience*, 6(5), 339-346.

Park, R. W. (2015). Adapting to a frozen coastal environment. In *The Oxford Handbook of North American Archaeology* (p. 113). Oxford University Press.

Pauketat, T. R. (2003). Resettled farmers and the making of a Mississippian polity. *American Antiquity*, 39-66.

Pearce, N. J., Westgate, J. A., Preece, S. J., Eastwood, W. J., & Perkins, W. T. (2004). Identification of Aniakchak (Alaska) tephra in Greenland ice core challenges the 1645 BC date for Minoan eruption of Santorini. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5(3).

Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175.

Pedersen, M. W., Ruter, A., Schweger, C., Friebe, H., Staff, R. A., Kjeldsen, K. K., ... & Potter, B. A. (2016). Postglacial viability and colonization in North America's ice-free corridor. *Nature*, 537(7618), 45-49.

Peros, M. C., Munoz, S. E., Gajewski, K., & Viau, A. E. (2010). Prehistoric demography of North America inferred from radiocarbon data. *Journal of Archaeological Science*, 37(3), 656-664.

Peterson, L. C., & Haug, G. H. (2005). Climate and the collapse of Maya civilization: A series of multi-year droughts helped to doom an ancient culture. *American Scientist*, 93(4), 322-329.

Pitblado, B. L. (2011). A tale of two migrations: Reconciling recent biological and archaeological evidence for the Pleistocene peopling of the Americas. *Journal of Archaeological Research*, 19(4), 327-375.

Pitulko, V. V., Nikolsky, P. A., Giryay, E. Y., Basilyan, A. E., Tumskey, V. E., Koulakov, S. A., ... & Anisimov, M. A. (2004). The Yana RHS site: humans in the Arctic before the last glacial maximum. *Science*, 303(5654), 52-56.

Porter, S. C., & Denton, G. H. (1967). Chronology of neoglaciation in the North American Cordillera. *American Journal of Science*, 265(3), 177-210.

Potts, R. (1998). Environmental hypotheses of hominin evolution. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 107(S27), 93-136.

Prentice, I. C., Bartlein, P. J., & Webb III, T. (1991). Vegetation and climate change in eastern North America since the last glacial maximum. *Ecology*, 72(6), 2038-2056.

Price, T. D. (2009). Ancient farming in eastern North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(16), 6427-6428.

Ramsey, C. B. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.

Rea, L. M., & Parker, R. A. (2014). *Designing and conducting survey research: A comprehensive guide*. John Wiley & Sons.

Riley, T. J., Walz, G. R., Bareis, C. J., Fortier, A. C., & Parker, K. E. (1994). Accelerator mass spectrometry (AMS) dates confirm early *Zea mays* in the Mississippi River Valley. *American Antiquity*, 490-498.

Rind, D. (1999). Complexity and climate. *science*, 284(5411), 105-107.

Rind, D., & Overpeck, J. (1993). Hypothesized causes of decade-to-century-scale climate variability: climate model results. *Quaternary Science Reviews*, 12(6), 357-374.

Robock, A. (2000). Volcanic eruptions and climate. *Reviews of geophysics*, 38(2), 191-219.

Roth, G., & Dicke, U. (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 9(5), 250-257.

Ruddiman, W. F. (2001). *Earth's climate: past and future*. Macmillan.

Sheehan, M. S. (2002). Dietary responses to mid-Holocene climatic change. *North American Archaeologist*, 23(2), 117-143.

Shindell, D. T., Schmidt, G. A., Mann, M. E., & Faluvegi, G. (2004). Dynamic winter climate response to large tropical volcanic eruptions since 1600. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D5).

Shindell, D. T., Schmidt, G. A., Mann, M. E., Rind, D., & Waple, A. (2001). Solar forcing of regional climate change during the Maunder Minimum. *science*, 294(5549), 2149-2152.

Shuman, B. N., & Marsicek, J. (2016). The structure of Holocene climate change in mid-latitude North America. *Quaternary Science Reviews*, 141, 38-51.

Shuman, B., Bartlein, P. J., & Webb III, T. (2005). The magnitudes of millennial-and orbital-scale climatic change in eastern North America during the Late Quaternary. *Quaternary Science Reviews*, 24(20-21), 2194-2206.

Skeie, R. B., Berntsen, T. K., Myhre, G., Tanaka, K., Kvalevåg, M. M., & Hoyle, C. R. (2011). Anthropogenic radiative forcing time series from pre-industrial times until 2010. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(22), 11827-11857.

Smith, B. D. (1989). Origins of agriculture in eastern North America. *Science*, 246(4937), 1566-1571.

Snedecor, G. W. (1946). *Statistical methods*. 485 pp. Iowa State College Press, Ames, Iowa.

Spangler, J. D., Madsen, D. B., & Metcalf, M. D. (2000). Radiocarbon dates, acquired wisdom, and the search for temporal order in the Uinta Basin. *Intermountain Archaeology*, 122, 48-68.

Stanley, S. M. (1992). An ecological theory for the origin of Homo. *Paleobiology*, 18(3), 237-257.

Steig, E. J. (1999). Mid-Holocene climate change. *Science*, 286(5444), 1485-1487.

Stewart, J. R., & Stringer, C. B. (2012). Human evolution out of Africa: the role of refugia and climate change. *Science*, 335(6074), 1317-1321.

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, P. M. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, 1535.

Syms, E. L. (1977). *Memoir 12: Cultural Ecology and Ecological Dynamics of the Ceramic Period in Southwestern Manitoba*. *Plains Anthropologist*, 22(76), 1-160.

Törnqvist, T. E., & Hijma, M. P. (2012). Links between early Holocene ice-sheet decay, sea-level rise and abrupt climate change. *Nature Geoscience*, 5(9), 601-606.

Trenberth, K. E., & Caron, J. M. (2001). Estimates of meridional atmosphere and ocean heat transports. *Journal of Climate*, 14(16), 3433-3443.

Trouet, V., Diaz, H. F., Wahl, E. R., Viau, A. E., Graham, R., Graham, N., & Cook, E. R. (2013). A 1500-year reconstruction of annual mean temperature for temperate North America on decadal-to-multidecadal time scales. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024008.

Turney, C., Baillie, M., Clemens, S., Brown, D., Palmer, J., Pilcher, J., ... & Leuschner, H. H. (2005). Testing solar forcing of pervasive Holocene climate cycles. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 20(6), 511-518.

Ubelaker, D. H. (1992). Patterns of demographic change in the Americas. *Human Biology*, 361-379.

Upton, L. F. (1977). The extermination of the Beothucks of Newfoundland. *Canadian Historical Review*, 58(2), 133-153.

Van Geel, B., Raspopov, O. M., Renssen, H., Van der Plicht, J., Dergachev, V. A., & Meijer, H. A. J. (1999). The role of solar forcing upon climate change. *Quaternary Science Reviews*, 18(3), 331-338.

Viau, A. E., Gajewski, K., Fines, P., Atkinson, D. E., & Sawada, M. C. (2002). Widespread evidence of 1500 yr climate variability in North America during the past 14 000 yr. *Geology*, 30(5), 455-458.

Viau, A. E., Gajewski, K., Sawada, M. C., & Fines, P. (2006). Millennial-scale temperature variations in North America during the Holocene. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D9).

Viau, A. E., Ladd, M., & Gajewski, K. (2012). The climate of North America during the past 2000 years reconstructed from pollen data. *Global and Planetary Change*, 84, 75-83.

Walker, M., Head, M. J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L., ... & Newnham, R. (2018). Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes*, 41(4), 213-223.

Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J., ... & Küttel, M. (2008). Mid-to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27(19-20), 1791-1828.

Wendland, W. M. (1972). Dating the temporal limits of climatic episodes during the Holocene.

Wendland, W. M., & Bryson, R. A. (1974). Dating climatic episodes of the Holocene. *Quaternary Research*, 4(1), 9-24.

West, D., Crawford, M., & Savinetsky, A. B. (2007). Genetics, prehistory and the colonisation of the Aleutian Islands. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 98(1), 47-57.

Whitney, G. G. (1996). *From coastal wilderness to fruited plain: a history of environmental change in temperate North America from 1500 to the present*. Cambridge University Press.

Willard, D. A., Cronin, T. M., & Verardo, S. (2003). Late-Holocene climate and ecosystem history from Chesapeake Bay sediment cores, USA. *The Holocene*, 13(2), 201-214.

Willey, G. R., & Phillips, P. (1958). *Method and Theory in American Archaeology* (The University of Chicago Press). Chicago.

Williams, J. W., Shuman, B. N., Webb III, T., Bartlein, P. J., & Leduc, P. L. (2004). Late-Quaternary vegetation dynamics in North America: scaling from taxa to biomes. *Ecological Monographs*, 74(2), 309-334.

Winkler, M. G., Swain, A. M., & Kutzbach, J. E. (1986). Middle Holocene dry period in the northern midwestern United States: lake levels and pollen stratigraphy. *Quaternary Research*, 25(2), 235-250.

Wright, H.E., Kutzbach, J.E., Webb III, T., Ruddiman, W.F., Street-Perrot, E.A., Bartlein, P.J. (Eds.), 1993. *Global Climates Since the Last Glacial Maximum*. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN.

Yancheva, G., Nowaczyk, N. R., Mingram, J., Dulski, P., Schettler, G., Negendank, J. F., ... & Haug, G. H. (2007). Influence of the intertropical convergence zone on the East Asian monsoon. *Nature*, 445(7123), 74-77.

Yu, Z., & Eicher, U. (2001). Three ampho-Atlantic century-scale cold events during the Bølling-Allerød warm period. *Géographie physique et Quaternaire*, 55(2), 171-179.

Zanchetta, G., Bar-Matthews, M., Drysdale, R. N., Lionello, P., Ayalon, A., Hellstrom, J. C., ... & Regattieri, E. (2014). Coeval dry events in the central and eastern Mediterranean basin at 5.2 and 5.6 ka recorded in Corchia (Italy) and Soreq caves (Israel) speleothems. *Global and Planetary Change*, 122, 130-139.

Zettler, F. W. (2016). *The Biohistory of Florida*. Rowman & Littlefield.

Zielinski, G. A., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Whitlow, S., & Twickler, M. S. (1996). A 110,000-yr record of explosive volcanism from the GISP2 (Greenland) ice core. *Quaternary Research*, 45(2), 109-118.

Annexe 1 – Étapes pour mettre en œuvre la méthode utilisée dans cette thèse

1. Placez les données qui seront utilisées dans un tableau de contingence. Les différentes cultures sont placées sur l'axe vertical. L'axe horizontal est divisé en deux colonnes. Pour le premier calcul, la première colonne contiendra le nombre de données contenues dans le premier intervalle de 10 ans et la seconde colonne le reste des données, pour chacune des cultures.

	80 à 89 cal BP	90 à 15 189 cal BP	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
Culture C	$O_{3,1}$	$O_{3,2}$	S_3
Culture D	$O_{4,1}$	$O_{4,2}$	S_4
...
Total	S'_1	S'_2	N

2. Calculez le khi-carré (χ^2) selon la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Où O_{ij} est le nombre de dates attribuées à une culture (i) dans une section de la période étudiée (j) et E_{ij} est le nombre de dates attendues pour cette même culture dans cette même section. E_{ij} se calcule de la façon suivante :

$$E_{ij} = \frac{S_i S'_j}{N}$$

Où S_i est la somme des dates d'une culture, S'_j est l'effectif des dates d'une des deux sections et N le nombre total de dates contenues dans la période étudiée.

3. Pour la première itération, répétez le même processus en repoussant la séparation entre les deux périodes d'études de 10 ans, jusqu'à la fin de la période étudiée.

	80 à 99 cal BP	100 à 15 189 cal BP	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
Culture C	$O_{3,1}$	$O_{3,2}$	S_3
Culture D	$O_{4,1}$	$O_{4,2}$	S_4
...
Total	S'_1	S'_2	N

	80 à 109 cal BP	110 à 15 189 cal BP	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
Culture C	$O_{3,1}$	$O_{3,2}$	S_3
Culture D	$O_{4,1}$	$O_{4,2}$	S_4
...
Total	S'_1	S'_2	N

4. Retenez le plus élevé des χ^2 obtenus durant le processus.
5. Calculez le degré de liberté (DF) selon la formule suivante :

$$DF = (i - 1)(j - 1)$$

où i est le nombre de colonnes dans un tableau de contingence, dans ce cas-ci le nombre de sections de la période étudiée, et j le nombre de ligne, dans ce cas-ci le nombre de cultures. Dans notre cas, le DF sera toujours équivalent au nombre de culture auquel on soustrait 1, parce qu'il y a toujours deux sections à la période étudiée.

6. Déterminez si le résultat est valide ou pas.

- a. Si le DF est 30 ou moins, comparez le résultat retenu avec la Table du χ^2 pour savoir si le résultat est égal ou supérieur à la valeur critique du χ^2 selon la valeur de probabilité voulue (généralement $p < 0,05$).

Si c'est le cas, le χ^2 montre qu'il y a une dépendance entre les deux variables, donc, on peut considérer que les différentes cultures ont une tendance préférentielle à se regrouper dans l'une ou l'une des deux sections de la période étudiée.

Si ce n'est pas le cas, rejetez le résultat ; les données utilisées ne permettent pas d'établir s'il existe bel et bien une discontinuité culturelle dans la période étudiée.

- b. Si le DF est 30 ou plus, calculer le t comme suit :

$$t = \sqrt{2\chi^2 - \sqrt{2DF - 1}}$$

Lorsque le t est plus grand que 2, la valeur de probabilité (p) est inférieure à 0,05.

Si c'est le cas, le χ^2 montre qu'il y a dépendance entre les deux variables, donc, on peut considérer que les différentes cultures ont une tendance préférentielle à se regrouper dans l'une ou l'une des deux sections de la période étudiée.

Si ce n'est pas le cas, rejetez le résultat ; les données utilisées ne permettent pas d'établir s'il existe bel et bien une discontinuité culturelle dans la période étudiée.

7. Si le résultat est valide, utilisez de façon indépendante les données datées avant et après la date où il a été obtenu, dans le but de créer deux nouvelles périodes d'études, et répétez le même processus. Ceci constitue deuxième itération.

Par exemple, si le χ^2 le plus élevé a été obtenu à 10 000 cal BP :

	80 à 89	90 à 9999	Total		10 000 à 10 009	10 010 à 15 189	Total
Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1	Culture A	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	S_1
Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2	Culture B	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	S_2
...
Total	S'_1	S'_2	N	Total	S'_1	S'_2	N

8. Retenez le χ^2 le plus élevé de CHACUNE des périodes d'études et déterminez leur validité de la même façon que lors de la première itération. Par exemple, si les deux dates sont valides, quatre nouvelles périodes d'études seront créées pour la troisième itération et ainsi de suite.
9. Le processus se termine lorsque plus aucun des résultats n'est valide, lorsqu'il n'y a qu'une seule culture dans la période étudiée, ce qui ne permet pas d'effectuer un test du χ^2 ou lorsque le résultat obtenu est à l'une ou l'autre des extrémités de la période étudiée.

Annexe 2 – Table du χ^2

DF	Valeur de probabilité (p)			
	0,05	0,025	0,01	0,001
1	3,84	5,02	6,63	10,83
2	5,99	7,38	9,21	13,82
3	7,81	9,35	11,34	16,27
4	9,49	11,14	13,28	18,47
5	11,07	12,83	15,09	20,52
6	12,59	14,45	16,81	22,46
7	14,07	16,01	18,48	24,32
8	15,51	17,53	20,09	26,12
9	16,92	19,02	21,67	27,88
10	18,31	20,48	23,21	29,59
11	19,68	21,92	24,72	31,26
12	21,03	23,34	26,22	32,91
13	22,36	24,74	27,69	34,53
14	23,68	26,12	29,14	36,12
15	25,00	27,49	30,58	37,70
16	26,30	28,85	32,00	39,25
17	27,59	30,19	33,41	40,79
18	28,87	31,53	34,81	42,31
19	30,14	32,85	36,19	43,82
20	31,41	34,17	37,57	45,31
21	32,67	35,48	38,93	46,80
22	33,92	36,78	40,29	48,27
23	35,17	38,08	41,64	49,73
24	36,42	39,36	42,98	51,18
25	37,65	40,65	44,31	52,62
26	38,89	41,92	45,64	54,05
27	40,11	43,19	46,96	55,48
28	41,34	44,46	48,28	56,89
29	42,56	45,72	49,59	58,30
30	43,77	46,98	50,89	59,70

Annexe 3 – Incertitudes calculées autour des discontinuités culturelles retenues dans cette étude

Tableau 19 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 2 intervalles.

Discontinuités (cal BP)	RMSE	Incertainude (cal BP)
720	4,75/7,10	620 à 820*
1190	7,92	1150 à 1200
2470	3,26	2100 à 2470
3270	7,75	3240 à 3290
4810	1,62	7450 à 5220
6410	0,74	6100 à 6410
8480	10,44	8480 à 8650
10410	0,88/0,71/0,53	10050 à 10700 ^α
11950	1,41	11950 à 12030
13840	0,61	13840 à 13860

* L'incertitude inscrite ici est l'année la plus récente obtenue pour 620 cal BP et la plus vieille de 820 cal BP.

^α L'incertitude inscrite ici est l'année plus récente obtenue pour 10 060 cal BP et la plus vieille de 10 680 cal BP.

Tableau 20 : Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 5 intervalles.

Discontinuités (cal BP)	RMSE	Incertainude (cal BP)
720	9,61/13,07	620 à 820*
1190	14,36	1150 à 1200
2470	5,70	2100 à 2480
3270	14,00	3240 à 3320
4810	2,84	7410 à 5220
6410	1,35	6070 à 6410
8480	18,90	8340 à 8650
10410	1,57/1,26/0,95	9960 à 11050 ^α
11950	2,52	11950 à 12030
13840	1,10	13840 à 13860

* L'incertitude inscrite ici est l'année la plus récente obtenue pour 620 cal BP et la plus vieille de 820 cal BP.

^α L'incertitude inscrite ici est l'année plus récente obtenue pour 10 060 cal BP et la plus vieille de 10 680 cal BP.

Tableau 21 : 2 Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 25 intervalles.

Discontinuités (cal BP)	RMSE	Incertainude (cal BP)
720	28,53/34,72	600 à 850*
1190	38,74	1030 à 1310
2470	12,68	1070 à 2490
3270	33,92	3080 à 3460
4810	6,28	4710 à 5360
6410	3,05	6070 à 6410
8480	46,58	8250 à 8720
10410	3,17/3,37/2,14	9960 à 11050 ^α
11950	5,49	11890 à 12180
13840	2,68	13840 à 13860

* L'incertitude inscrite ici est l'année la plus récente obtenue pour 620 cal BP et la plus vieille de 820 cal BP.

^α L'incertitude inscrite ici est l'année plus récente obtenue pour 10 060 cal BP et la plus vieille de 10 680 cal BP.

Tableau 22 : 2 Discontinuités retenues, ainsi que le RMSE et l'incertitude calculée autour de ces dates, selon la moyenne mobile centrée sur 50 intervalles.

Discontinuités (cal BP)	RMSE	Incertainude (cal BP)
720	48,06/92,81	570 à 860*
1190	75,63	850 à 1340
2470	19,62	2060 à 2500
3270	59,23	2860 à 3490
4810	8,57	4710 à 5380
6410	4,06	6060 à 6410
8480	69,20	8090 à 8760
10410	4,26/1,30/3,20	9960 à 11070 ^α
11950	7,20	11820 à 12180
13840	3,41	13840 à 13860

* L'incertitude inscrite ici est l'année la plus récente obtenue pour 620 cal BP et la plus vieille de 820 cal BP.

^α L'incertitude inscrite ici est l'année plus récente obtenue pour 10 060 cal BP et la plus vieille de 10 680 cal BP.

Annexe 4 – Cultures étudiées dans cette thèse

Le tableau suivant montre les cultures étudiées dans cette étude, l'étendue représentée par les dates qui leur sont attribuées, le nombre de dates, ainsi que l'unité archéologique qui les représente.

Les données utilisées pour cette thèse sont disponibles sur demande et seront disponibles sur le web suivant la publication. Elles ont été téléchargées à partir de la Canadian Archaeological Radiocarbon Database (CARD) en novembre 2018.

Cultures	Min. (cal BP)	Max. (cal BP)	Nbr. de dates	Unité	Références
(St. Lawrence) Iroquois	190	816	46	Tradition	Pauketat, T. (2015). <i>The Oxford Handbook of North American Archaeology</i> . Oxford University Press.
Alberta - Cody	7988	11317	47	Phase	Fogle-Hatch, C. (2015). Explanations For Morphological Variability In Projectile Points: A Case Study From The Late Paleoindian Cody Complex. Agenbroad, L. D. (1978). The Hudson-Meng Site: An Alberta Bison Kill in the Nebraska High Plains. <i>Plains Anthropologist</i> , 23(82), 128-131. Frison, G. C. (1984). The Carter/Kerr-McGee Paleoindian site: cultural resource management and archaeological research. <i>American Antiquity</i> , 49(2), 288-314. FRISON, G. C. (1990). The north american high plains paleoindian: an overview. <i>Revista de Arqueologia Americana</i> , 9-54. Stanford, D. (1999). Paleoindian archaeology and late Pleistocene environments in the Plains and southwestern United States. <i>Ice Age People of North America: Environments, Origins, and Adaptations</i> , 281-339.
Alder	4377	10674	21	Phase	Walker, R. B., & Driskell, B. N. (Eds.). (2007). <i>Foragers of the terminal Pleistocene in North America</i> . U of Nebraska Press.
Aleutian	591	3307	16	Tradition	Maschner, H. D., & Reedy-Maschner, K. L. (1998). Raid, retreat, defend (repeat): the archaeology and ethnohistory of warfare on the North Pacific Rim. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 17(1), 19-51. McCartney, A. P., & Veltre, D. W. (2012). Aleutian Island prehistory: Living in insular extremes. In <i>Arctic Archaeology</i> (pp. 163-175). Routledge.
Anasazi	297	1623	7	Tradition	Dean, J. S., Gumerman, G. J., Epstein, J. M., Axtell, R. L., Swedlund, A. C., Parker, M. T., & McCarroll, S. (2000). Understanding Anasazi culture change through agent-based modeling. <i>Dynamics in human and primate societies: Agent-based modeling of social and spatial processes</i> , 179-205. Geib, P. R., & Davidson, D. (1994). Anasazi origins: A perspective from preliminary work at Old Man Cave. <i>Kiva</i> , 60(2), 191-202.
Anderson	678	859	6	Phase	Caldwell, W. W. (1966). The Middle Missouri Tradition Reappraised. <i>Plains Anthropologist</i> , 11(32), 152-157.
Arctic Small-Tool	576	5823	70	Tradition	Bielawski, E. (1988). Paleoeskimo variability: The early arctic small-tool tradition in the central Canadian Arctic. <i>American Antiquity</i> , 53(1), 52-74.

Athapaskan	137	5113	45	Tradition	Dixon, E. J. (1985). Cultural chronology of central interior Alaska. <i>Arctic Anthropology</i> , 47-66.
Avonlea	283	2317	180	Phase	Meyer, D., & Walde, D. (2009). Rethinking Avonlea: pottery wares and cultural phases. <i>Plains Anthropologist</i> , 54(209), 49-73.
Basketmaker II	424	3004	59	Phase	Darvill, T. (2008). Basketmaker Tradition. In The Concise Oxford Dictionary of Archaeology. : Oxford University Press.
Beothuck	147	3774	20	Phase	Renouf, M. (1999). Prehistory of Newfoundland-hunter-gatherers: Extinctions or adaptations?. <i>World Archaeology</i> , 30(3), 403-420.
Besant	765	3179	167	Phase	Peck, T. R., & Hudecek-Cuffe, C. R. (2003). Archaeology on the Alberta plains. <i>Archaeology in Alberta: A View from the New Millennium</i> (eds JW Brink and JF Dormaar). Medicine Hat, AB: Archaeological Society of Alberta, 72-102.
Birnirk	872	1413	13	Tradition	Murray, M. S., Robertson, A. C., & Ferrara, R. (2003). Chronology, culture, and climate: A radiometric re-evaluation of late prehistoric occupations at Cape Denbigh, Alaska. <i>Arctic Anthropology</i> , 40(1), 87-105.
Black Mountain	528	908	15	Phase	Cannon, M. D. (2000). Large mammal relative abundance in Pithouse and Pueblo period archaeofaunas from southwestern New Mexico: Resource depression among the Mimbres-Mogollon?. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 19(3), 317-347.
Blackduck	177	1362	66	Phase	Gibbon, G. E., & Caine, C. A. (1980). The Middle to Late Woodland transition in eastern Minnesota. <i>Midcontinental Journal of Archaeology</i> , 57-72.
Bull Brook - Gainey	10907	14203	16	Phase	Ellis, C., & Deller, D. B. (1997). Variability in the archaeological record of northeastern early Paleoindians: a view from southern Ontario. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 1-30. Robinson, B. S., Ort, J. C., Eldridge, W. A., Burke, A. L., & Pelletier, B. G. (2009). Paleoindian aggregation and social context at Bull Brook. <i>American Antiquity</i> , 74(3), 423-447. Seeman, M. F., Nilsson, N. E., Summers, G. L., Morris, L. L., Barans, P. J., Dowd, E., & Newman, M. E. (2008). Evaluating protein residues on Gainey phase Paleoindian stone tools. <i>Journal of Archaeological Science</i> , 35(10), 2742-2750. Seeman, M. F. (1994). Intercluster lithic patterning at Nobles Pond: a case for "disembedded" procurement among early Paleoindian societies. <i>American Antiquity</i> , 59(2), 273-288.
Caddoan	468	1275	47	Tradition	Story et Valastro, 1977. Radiocarbon Dating and the George C. Davis Site, Texas
Cambria	731	909	5	Phase	Scullin, M. (2007). Cambria Focus Subsistence: The View from the Price Site (21BE36). <i>Plains Village Archaeology: Bison-hunting Farmers in the Central and Northern Plains</i> , 83-95.
Charles	3116	4082	10	Phase	Nagle, C. (1978). Indian occupations of the Intermediate period on the central Labrador coast: A preliminary synthesis. <i>Arctic Anthropology</i> , 119-145.
Chindadn	8768	13385	18	Phase	Easton, N. A., Ackerman, R. E., Baus, J., Behm, J. A., Cook, J. P., Coutouly, Y. A. G., ... & Fedje, D. (2011). <i>From the Yenisei to the Yukon: interpreting lithic assemblage variability in Late Pleistocene/Early Holocene Beringia</i> . Texas A&M University Press.
Choris	2214	3385	18	Phase	Anderson, D. D. (1979). Archaeology and the evidence for the prehistoric development of Eskimo culture: An assessment. <i>Arctic Anthropology</i> , 16-26.
Chugach	125	759	38	Phase	Crowell, A. L., & Mann, D. H. (1996). Sea level dynamics, glaciers, and archaeology along the central Gulf of Alaska coast. <i>Arctic anthropology</i> , 16-37.

Cienega	380	2232	5	Phase	Heidke, J. M. (1999). Cienega phase incipient plain ware from southeastern Arizona. <i>Kiva</i> , 64(3), 311-338. Siiva, R. J. (1999). Cienega points and Late Archaic period chronology in the southern Southwest. <i>Kiva</i> , 64(3), 339-367.
Clachan Thule	597	1261	9	Phase	Schledermann, P. (1971). <i>The Thule tradition in northern Labrador</i> (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).
Clearwater Lake	279	924	10	Phase	Hanna, M. G. (2004). The Clearwater Lake Punctate Pottery of PG Downes. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 117-143.
Clovis	12190	15183	51	Tradition	Goebel, T., Powers, R., & Bigelow, N. (1991). The Nenana complex of Alaska and Clovis origins. <i>Clovis origins and adaptations</i> , 49-79.
Coast Microblade	4161	11280	63	Tradition	Fedje, D. W., & Christensen, T. (1999). Modeling paleoshorelines and locating early Holocene coastal sites in Haida Gwaii. <i>American Antiquity</i> , 64(4), 635-652.
Coast Salish	95	8243	45	Tradition	Carlson, R. L., & Hobler, P. M. (1993). The Pender Canal excavations and the development of Coast Salish culture. <i>BC Studies: The British Columbian Quarterly</i> , (99), 25-52.
Copper Inuit	378	579	5	Phase	Oakes, 1988. Copper and Caribou Inuit Skin Clothing Production
Cordilleran	2599	8951	9	Tradition	Clark, D. W., & Morlan, R. E. (1982). Western Subarctic prehistory: Twenty years later. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , (6), 79-93. Clark, D. W. (1983). Is There a Northern Cordilleran Tradition?. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 23-48.
Dorset	298	5366	520	Tradition	Anderson, D. D. (1979). Archaeology and the evidence for the prehistoric development of Eskimo culture: An assessment. <i>Arctic Anthropology</i> , 16-26.
Firstview	7176	11887	13	Tradition	Holliday, V. T., Johnson, E., & Stafford, T. W. (1999). AMS radiocarbon dating of the type Plainview and Firstview (Paleoindian) assemblages: the agony and the ecstasy. <i>American Antiquity</i> , 64(3), 444-454.
Folsom	8988	13093	66	Tradition	Butkus, E. A. (2004). How Extensive was the Folsom Tradition in North America. <i>Central States Archaeological Journal</i> , 51(3), 171-175. Taylor, R. E., Haynes, C. V., & Stuiver, M. (1996). Clovis and Folsom age estimates: stratigraphic context and radiocarbon calibration. <i>Antiquity</i> , 70(269), 515-525.
Fort Ancient	128	1295	129	Tradition	Pollack, D., Henderson, A. G., & Begley, C. T. (2002). Fort Ancient/Mississippian interaction on the northeastern periphery. <i>Southeastern Archaeology</i> , 206-220.
Fremont	407	1716	137	Tradition	Aikens, C. M. (1972). Fremont culture: restatement of some problems. <i>American Antiquity</i> , 37(1), 61-66. Madsen, D. B., & Simms, S. R. (1998). The Fremont complex: a behavioral perspective. <i>Journal of World Prehistory</i> , 12(3), 255-336.
Gaspé	1816	6063	6	Tradition	Benmouyal, J. (1981). <i>North Gaspé prehistory: a contribution to Quebec archaeology</i> (Doctoral dissertation, Simon Fraser University. Theses (Dept. of Archaeology)).
Gibraltar	698	1286	6	Phase	Hart, J. P., & Rieth, C. B. (Eds.). (2002). <i>Northeast Subsistence-settlement Change, AD 700-1300</i> . New York State Museum, New York State Education Department.
Gitau	4029	5029	11	Phase	Martindale, A. R., & Marsden, S. (2003). Defining the middle period (3500 bp to 1500 bp) in Tsimshian history through a comparison of archaeological and oral records. <i>BC Studies: The British Columbian Quarterly</i> , (138/9), 13-50.

Glen Meyer	601	1288	40	Phase	Johnston, R. B. (1979). Notes on ossuary burial among the Ontario Iroquois. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 91-104. Noble, W. C. (1975). Corn and the development of village life in southern Ontario. <i>Ontario Archaeology</i> , 25, 37-46.
Graham	113	6050	65	Tradition	Pauketat, T. (2015). <i>The Oxford Handbook of North American Archaeology</i> . Oxford University Press.
Grand Detour	629	1029	7	Phase	Caldwell, W. W. (1966). The Middle Missouri Tradition Reappraised. <i>Plains Anthropologist</i> , 11(32), 152-157.
Hell Gap	11079	12325	6	Phase	Frison, G. C. (1998). Paleoindian large mammal hunters on the plains of North America. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> , 95(24), 14576-14583.
Hohokam	829	2454	10	Tradition	Eighmy, J. L., & McGuire, R. H. (1989). Dating the Hohokam phase sequence: An analysis of archaeomagnetic dates. <i>Journal of field archaeology</i> , 16(2), 215-231.
Huron	202	618	19	Phase	Ferris, N., & Spence, M. W. (1995). The Woodland traditions in southern Ontario. <i>Revista de Arqueologia Americana</i> , 83-138.
Independence	2478	5419	30	Tradition	Møbjerg, T. (1986). A contribution to paleoeskimo archaeology in Greenland. <i>Arctic Anthropology</i> , 19-56.
Initial Coalescent	293	822	11	Tradition	Caldwell, W. W. (1966). The Middle Missouri Tradition Reappraised. <i>Plains Anthropologist</i> , 11(32), 152-157.
Inupiat Inuit	88	1313	20	Phase	Friesen, T. M. (2015). On the naming of Arctic archaeological traditions: The case for Paleo-Inuit. <i>Arctic</i> , 68(3). McGhee, R. (1980). Technological change in the prehistoric Eskimo cultural tradition. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 39-52.
Itskari	359	1079	18	Phase	Acheson, S. (1995). The Clonard Bay point: evidence of lanceolate bifaces in the Queen Charlotte Islands. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 19, 141-148. Eighmy, J. L., & LaBelle, J. M. (1996). Radiocarbon dating of twenty-seven Plains complexes and phases. <i>Plains Anthropologist</i> , 41(155), 53-69.
Kachemak	688	3811	81	Tradition	Yesner, D. R. (1992). Evolution of subsistence in the Kachemak tradition: evaluating the North Pacific maritime stability model. <i>Arctic Anthropology</i> , 167-181.
Kinggi	10070	10481	8	Tradition	Fitzhugh, B., & Kennett, D. J. (2010). Seafaring intensity and island-mainland interaction along the Pacific Coast of North America. <i>The global origins and development of seafaring</i> , 69-80.
Klo-Kut	375	1108	13	Phase	Morrison, D. (1984). The late prehistoric period in the Mackenzie Valley. <i>Arctic</i> , 37(3), 195-209.
Kobuk	8753	9126	5	Phase	Morrison, D. (1984). The late prehistoric period in the Mackenzie Valley. <i>Arctic</i> , 37(3), 195-209.
Koniag Inuit	138	858	28	Phase	Knecht, R. A., & Jordan, R. H. (1985). Nunakahnak: An Historic Period Koniag Village in Karluk, Kodiak Island, Alaska. <i>Arctic Anthropology</i> , 17-35.
Laurel	637	3365	93	Tradition	Mason, R. J. (1970). Hopewell, Middle Woodland, and the Laurel Culture: A Problem in Archeological Classification1. <i>American Anthropologist</i> , 72(4), 802-815. CS" Paddy" Reid, & Rajnovich, G. (1991). Laurel: a re-evaluation of the spatial, social and temporal paradigms. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 193-234.

Laurentian Archaic	3242	7629	18	Tradition	Funk, R. E. (1988). The Laurentian concept: A review. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 1-42. Robinson, B. S. (1996). A regional analysis of the Moorehead burial tradition: 8500-3700 BP. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 95-147.
Lehman	4557	6756	5	Phase	Rousseau, M. K. (2004). Old cuts and scrapes: Composite chipped stone knives on the Canadian Plateau. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 1-31.
Little Arm	3754	8588	8	Phase	Clark, D. W. (1975). Prehistory of the western Subarctic. <i>Bulletin (Canadian Archaeological Association)</i> , (7), 76-95.
Little Passage	481	1815	13	Phase	Teal, M. A. (2001). <i>An archaeological investigation of the Gould site (EeBi-42) in Port au Choix, northwestern Newfoundland: new insight into the recent indian Cow Head complex</i> (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).
Lochnore	4055	6273	9	Phase	Morrissey, G. E. (2009). <i>Tools and change: The shift from atlatl to bow on the British Columbia plateau</i> (Doctoral dissertation, Dept. of Archaeology-Simon Fraser University). Rousseau, M. K. (2004). Old cuts and scrapes: Composite chipped stone knives on the Canadian Plateau. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 1-31.
Mackenzie Inuit	198	2318	46	Phase	Friesen, T. M. (2015). On the naming of Arctic archaeological traditions: The case for Paleo-Inuit. <i>Arctic</i> , 68(3). McGhee, R. (1980). Technological change in the prehistoric Eskimo cultural tradition. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 39-52.
Maritime Archaic	1902	8333	130	Tradition	Fitzhugh, W. W. (1975). A maritime archaic sequence from Hamilton Inlet, Labrador. <i>Arctic Anthropology</i> , 117-138.
Marpole	1451	3041	10	Phase	Dolan, P. (2015). <i>Economics and integration in a Marpole phase plank-house village</i> . Washington State University.
McKean	1030	6408	137	Phase	Webster, S. M. (2004). <i>A re-evaluation of the McKean series on the northern plains</i> (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).
Meadowood	2345	3095	37	Phase	Granger, J. (1981). The Seward site cache and a study of the Meadowood phase "cache blade" in the Northeast. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 9, 63-103.
Middleport - Uren	388	1098	28	Phase	Stothers, D. M., & Graves, J. R. (1983). Cultural Continuity and Change: The Western Basin, Ontario Iroquois, and Sandusky Traditions-A 1982 Perspective. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 109-142.
Mimbres	654	1141	33	Phase	Cannon, M. D. (2000). Large mammal relative abundance in Pithouse and Pueblo period archaeofaunas from southwestern New Mexico: Resource depression among the Mimbres-Mogollon?. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 19(3), 317-347.
Mogollon	1349	1837	10	Tradition	Whittlesey, S. M. (1995). Mogollon, Hohokam, and O'otam: Rethinking the Early Formative period in southern Arizona. <i>Kiva</i> , 60(4), 465-480.
Moorehead Burial Tradition	4139	6056	13	Phase	Robinson, B. S. (1996). A regional analysis of the Moorehead burial tradition: 8500-3700 BP. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 95-147.
Navajo	196	1108	18	Tradition	Dykeman, D. D., Towner, R. H., & Feathers, J. K. (2002). Correspondence in tree-ring and thermoluminescence dating: a protohistoric Navajo pilot study. <i>American Antiquity</i> , 67(1), 145-164.

Nebraska	328	1431	71	Phase	Blakeslee, D. J. (1989). On Estimating Household Populations In Archaeological Sites, With An Example From The Nebraska Phase. <i>Plains Anthropologist</i> , 34(124), 3-16.
Nenana	11256	13683	28	Phase	Ackerman, R. E. (2001). Spein Mountain: a mesa complex site in southwestern Alaska. <i>Arctic Anthropology</i> , 81-97.
Neosho	391	1057	8	Phase	Vehik, S. C. (1993). Dhegiha origins and plains archaeology. <i>Plains Anthropologist</i> , 38(146), 231-252.
Neutral	339	612	22	Phase	Stothers, D. M., & Graves, J. R. (1983). Cultural Continuity and Change: The Western Basin, Ontario Iroquois, and Sandusky Traditions-A 1982 Perspective. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 109-142.
Northern Archaic	744	8477	68	Tradition	Esdale, J. A. (2008). A current synthesis of the Northern Archaic. <i>Arctic Anthropology</i> , 45(2), 3-38.
Norton	843	3039	110	Tradition	Bundy, B. (2007). A Norton Tradition Village Site on the Alagnak River, Southwest Alaska. <i>Alaska Journal of Anthropology</i> , 5(1), 1-22.
Ocean Bay	3792	7510	31	Tradition	Workman, W. B. (1998). Archaeology of the southern Kenai Peninsula. <i>Arctic anthropology</i> , 146-159.
Okvik	1024	2792	26	Phase	Mason, O. K. (1998). The contest between the Ipiutak, Old Bering Sea, and Birnirk polities and the origin of whaling during the first millennium AD along Bering Strait. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 17(3), 240-325.
Old Bering Sea	499	1851	21	Phase	Smith, G. S., & Zimmerman, M. R. (1975). Tattooing found on a 1600 year old frozen, mummified body from St. Lawrence Island, Alaska. <i>American Antiquity</i> , 40(4), 433-437.
Old Whaling	2542	4015	23	Phase	Giddings, J. L. (1961). Cultural continuities of Eskimos. <i>American Antiquity</i> , 27(2), 155-173.
Old Women's	106	1834	120	Phase	Peck, T. R. (2001). <i>Bison ethology and native settlement patterns during the old women's phase on the northwestern plains</i> . Calgary.
Oneota	135	1180	282	Tradition	Gallagher, J. P., Boszhardt, R. F., Sasso, R. F., & Stevenson, K. (1985). Oneota ridged field agriculture in Southwestern Wisconsin. <i>American Antiquity</i> , 50(3), 605-612.
Over	547	1117	25	Phase	Caldwell, W. W. (1966). The Middle Missouri Tradition Reappraised. <i>Plains Anthropologist</i> , 11(32), 152-157.
Owasco	534	1359	19	Tradition	Martin, 2008. Languages Past and Present- Archaeological Approaches to the Appearance of Northern Iroquoian Speakers in the Lower Great Lakes Region of North America
Oxbow	243	6817	75	Phase	Forbis, R. G. (1992). The Mesoindian (Archaic) period in the northern Plains. <i>Revista de Arqueología Americana</i> , 27-70.
Palaeoaleut	386	6149	33	Phase	Maschner, H. D., & Reedy-Maschner, K. L. (1998). Raid, retreat, defend (repeat): the archaeology and ethnohistory of warfare on the North Pacific Rim. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 17(1), 19-51. McCartney, A. P., & Veltre, D. W. (2012). Aleutian Island prehistory: Living in insular extremes. In <i>Arctic Archaeology</i> (pp. 163-175). Routledge.
Palugvik	597	2438	9	Phase	Erlandson, J., Crowell, A., Wooley, C., & Haggarty, J. (1992). Spatial and temporal patterns in Alutiq paleodemography. <i>Arctic Anthropology</i> , 42-62.
Paul Mason	2870	3459	5	Phase	Martindale, A. R., & Marsden, S. (2003). Defining the middle period (3500 bp to 1500 bp) in Tsimshian history through a comparison of archaeological and oral records. <i>BC Studies: The British Columbian Quarterly</i> , (138/9), 13-50.
Pehonan	291	650	13	Phase	Meyer, D., & Russell, D. (1987). The Selkirk composite of central Canada: a reconsideration. <i>Arctic Anthropology</i> , 1-31.

Pelican Lake	1440	4025	162	Phase	Brink, J., & Baldwin, S. J. (1988). The Highwood River Site: a Pelican Lake Phase Burial from the Alberta Plains. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 109-136. Peck, T. R., & Hudecek-Cuffe, C. R. (2003). Archaeology on the Alberta plains. <i>Archaeology in Alberta: A View from the New Millennium</i> (eds JW Brink and JF Dormaar). Medicine Hat, AB: Archaeological Society of Alberta, 72-102.
Pickering	539	997	23	Phase	Ferris, N. (1999). Telling tales: Interpretive trends in southern Ontario Late Woodland archaeology. <i>Ontario Archaeology</i> , 68(3), 1-62.
Plains - Prairie	147	1341	39	Phase	Brumley, J. H., & Dau, B. J. (1988). <i>Historical resource investigations within the Forty Mile Coulee reservoir</i> (No. 13). Alberta Environment. Walde, D., Meyer, D., & Unfreed, W. (1995). The late period on the Canadian and adjacent Plains. <i>Revista de Arqueologia Americana</i> , 7-66.
Plainview	7866	11941	20	Tradition	Holliday, V. T. (2000). The evolution of Paleoindian geochronology and typology on the Great Plains. <i>Geoarchaeology</i> , 15(3), 227-290.
Plano	5672	11803	11	Tradition	Stewart, A. (1991). Recognition of Northern Plano in the Context of Settlement in the Central Northwest Territories: Developing a Technological Approach. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 179-191.
Plateau Pithouse	756	3355	11	Tradition	Morrissey, G. E. (2009). <i>Tools and change: The shift from atlatl to bow on the British Columbia plateau</i> (Doctoral dissertation, Dept. of Archaeology-Simon Fraser University). Rousseau, M. K. (2004). Old cuts and scrapes: Composite chipped stone knives on the Canadian Plateau. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 1-31.
Point Peninsula	855	2588	76	Tradition	Snow, D. R. (1995). Migration in prehistory: the northern Iroquoian case. <i>American Antiquity</i> , 60(1), 59-79.
Point Revenge	383	1471	16	Phase	Teal, M. A. (2001). <i>An archaeological investigation of the Gould site (EeBi-42) in Port au Choix, northwestern Newfoundland: new insight into the recent Indian Cow Head complex</i> (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland). Tuck, J. A. (1982). Prehistoric archaeology in Atlantic Canada since 1975. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , (6), 201-218.
Poverty Point	2785	3992	14	Phase	Russo, M. (1994). A brief introduction to the study of Archaic mounds in the Southeast. <i>Southeastern Archaeology</i> , 89-93.
Princess Point	722	1469	29	Phase	Crawford, G. W., & Smith, D. G. (1996). Migration in prehistory: Princess Point and the Northern Iroquoian case. <i>American Antiquity</i> , 61(4), 782-790. Smith, D. G., & Crawford, G. W. (1997). Recent developments in the archaeology of the Princess Point Complex in southern Ontario. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 9-32.
Pryor - Stemmed	8723	13518	16	Phase	Black, K. D. (1991). Archaic continuity in the Colorado Rockies: The mountain tradition. <i>Plains Anthropologist</i> , 36(133), 1-29.
Punuk	665	1899	14	Phase	Mason, O. K. (1998). The contest between the Ip-utak, Old Bering Sea, and Birnirk polities and the origin of whaling during the first millennium AD along Bering Strait. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 17(3), 240-325.
Rainy River	467	810	13	Tradition	Meyer, D. (1998). Late woodland pottery from the Goldsworthy site: A rainy river assemblage in east central Saskatchewan. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 43-80.

Rivière au Vase	462	1601	52	Phase	Martin, S. W. (2008). Languages past and present: Archaeological approaches to the appearance of Northern Iroquoian speakers in the Lower Great Lakes region of North America. <i>American Antiquity</i> , 73(3), 441-463.
Sacaton	852	954	11	Phase	Eighmy, J. L., & McGuire, R. H. (1989). Dating the Hohokam phase sequence: An analysis of archaeomagnetic dates. <i>Journal of field archaeology</i> , 16(2), 215-231.
Sandusky	417	628	6	Tradition	Munyikwa, K., Gilliland, K., Gibson, T., Mann, E., Rittenour, T. M., Grekul, C., & Blaikie-Birkigt, K. (2014). Late Holocene temporal constraints for human occupation levels at the Bodo archaeological locality, east-central Alberta, Canada using radiocarbon and luminescence chronologies. <i>plains anthropologist</i> , 59(230), 109-143.
Sandy Creek	2347	3249	7	Phase	Kennedy Munyikwa, Krista Gilliland, Terrance Gibson, Elizabeth Mann, Tammy M. Rittenour, Christie Grekul & Kurtis Blaikie-Birkigt (2014) Late Holocene temporal constraints for human occupation levels at the Bodo archaeological locality, east-central Alberta, Canada using radiocarbon and luminescence chronologies, <i>Plains Anthropologist</i> , 59:230
Selkirk	203	1117	17	Tradition	Hamilton, S., & Nicholson, B. A. (1999). Ecological islands and Vickers focus adaptive transitions in the Pre-contact Plains of southwestern Manitoba. <i>Plains Anthropologist</i> , 44(167), 5-25. Meyer, D., & Russell, D. (1987). The Selkirk composite of central Canada: a reconsideration. <i>Arctic Anthropology</i> , 1-31.
Shield Archaic	934	9508	31	Tradition	Tuck, J. A. (1971). An archaic cemetery at Port au Choix, Newfoundland. <i>American Antiquity</i> , 36(3), 343-358.
Smoky Hill	505	949	16	Phase	Eighmy, J. L., & LaBelle, J. M. (1996). Radiocarbon dating of twenty-seven Plains complexes and phases. <i>Plains Anthropologist</i> , 41(155), 53-69.
Solomon River	601	1069	16	Phase	Eighmy, J. L., & LaBelle, J. M. (1996). Radiocarbon dating of twenty-seven Plains complexes and phases. <i>Plains Anthropologist</i> , 41(155), 53-69.
Springwells	117	1236	44	Phase	Martin, S. W. (2008). Languages past and present: Archaeological approaches to the appearance of Northern Iroquoian speakers in the Lower Great Lakes region of North America. <i>American Antiquity</i> , 73(3), 441-463.
Susquehanna	3694	4254	13	Tradition	Robinson, B. S. (1996). A regional analysis of the Moorehead burial tradition: 8500-3700 BP. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 95-147.
Taltheilei (-Shale)	202	3448	88	Tradition	Clark, D. W. (1983). Is There a Northern Cordilleran Tradition?. <i>Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie</i> , 23-48. Clark, D. W. (1975). Prehistory of the western Subarctic. <i>Bulletin (Canadian Archaeological Association)</i> , (7), 76-95.
Three Circle	934	1049	5	Phase	Cannon, M. D. (2000). Large mammal relative abundance in Pithouse and Pueblo period archaeofaunas from southwestern New Mexico: Resource depression among the Mimbres-Mogollon?. <i>Journal of Anthropological Archaeology</i> , 19(3), 317-347.
Thule	270	1953	173	Tradition	Schledermann, P. (1971). <i>The Thule tradition in northern Labrador</i> (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).
Upper Republican	375	4047	46	Phase	Eighmy, J. L., & LaBelle, J. M. (1996). Radiocarbon dating of twenty-seven Plains complexes and phases. <i>Plains Anthropologist</i> , 41(155), 53-69.

Vickers	297	592	12	Phase	Pauketat, T. (2015). <i>The Oxford Handbook of North American Archaeology</i> . Oxford University Press.
Western Thule	129	1687	45	Phase	Morrison, D. (1989). Radiocarbon dating Thule culture. <i>Arctic Anthropology</i> , 48-77.
Whittlesey	382	478	5	Phase	Redmond, B. G., & Ruhl, K. C. (2002). Rethinking the "Whittlesey Collapse": Late Prehistoric Pottery Migrations in Eastern Ohio. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 59-80.
Windust	9515	12692	11	Phase	Aikens, C. M. (1986). <i>Archaeology of Oregon</i> (Vol. 986). US Department of Interior, Bureau of Land Management, Oregon State Office.
Wolf	109	773	82	Phase	Stothers, D. M., & Abel, T. J. (1989). The Position of the "Pearson Complex" in the Late Prehistory of Ohio. <i>Archaeology of Eastern North America</i> , 109-141.
Yonkee (Powers-Yonkee)	2302	3854	36	Phase	Ferguson, D. M. (1993). Description of seven Powers-Yonkee artifact assemblages and their classification in northwestern Plains prehistory.
Younge	129	1261	65	Phase	Stothers, D. M., & Pratt, G. M. (1981). New perspectives on the Late Woodland cultures of the western Lake Erie region. <i>Midcontinental Journal of Archaeology</i> , 91-121.