

ADAPTATION LOCALE ET CHANGEMENTS ALIMENTAIRES

Établissement **Université de Montpellier**

École doctorale **GAIA - Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau**

Spécialité **EERGP - Écologie, Evolution, Ressources Génétique, Paléobiologie**

Unité de recherche **ISEM - Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier**

Directeur de la thèse Michel RAYMOND

Co-Encadrant Claire BERTICAT

Financement Concours GAIA

Début de la thèse le **1 octobre 2019**

Date limite de candidature **16 mai 2019**

Mots clés - Keywords

Adaptation locale, Régime alimentaire, Evolution

Local adaptation, Diet, Evolution

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Bonne culture générale en biologie évolutive. Bonne pratique de la modélisation, des statistiques et de l'expérimentation. Intérêt marqué pour l'approche évolutive dans la compréhension des comportements humains.

Good general knowledge in evolutionary biology. Good practice of modeling, statistics and experimentation. Strong interest in the evolutionary approach to understanding human behavior

Description de la problématique de recherche - Project description

Contexte

Chaque espèce animale est adaptée à un régime alimentaire spécifique (carnivore, herbivore, etc.), grâce à un processus digestif spécialisé. Tout changement rapide et récent de ce régime, en éloignant les individus de leur pic adaptatif alimentaire, est alors susceptible d'entraîner des problèmes de santé. Chez l'Homme, deux changements alimentaires majeurs se sont produits récemment (1) au Néolithique avec l'invention de l'agriculture et l'élevage introduisant des graines riches en amidon, de la viandes d'élevage et des produits laitiers et (2) au XXème siècle avec l'introduction d'aliments transformés industriellement contenant notamment des sucres (ou glucides) raffinés (tels le saccharose, le sirop de glucose-fructose ou l'amidon raffiné).

(1) Le changement alimentaire apparu au Néolithique est actuellement considéré comme un progrès ayant permis le développement de grandes sociétés. Les théories actuelles sur l'origine de l'agriculture (voir Hayden, 2003) ne prennent pas en compte les données archéologiques montrant, pour les premiers fermiers (et par rapport à leurs ancêtres chasseurs cueilleurs), une forte malnutrition, des dents en mauvais état, etc. Les raisons (et les avantages au niveau individuel) de ce changement alimentaire ne sont donc pas bien identifiées.

(2) Le changement alimentaire apparu au Néolithique étant déjà ancien (>200 générations), il est possible que les effets délétères associés aient déjà été partiellement compensés par la sélection naturelle. La persistance de la lactase et l'amplification des amylases en sont des exemples (Perry et al., 2007; Tishkoff et al., 2007). En revanche, le changement alimentaire lié au développement industriel est plus récent et sa généralisation massive date de moins de deux générations (Cordain et al., 2005). De nombreuses études ont montré que la consommation massive et récente de ces sucres a des effets délétères sur la santé menant à des pathologies telles que l'obésité, la résistance à l'insuline, le diabète de type II, les maladies cardiovasculaires et les caries dentaires (Cordain et al. 2003, Cordain et al. 2005, Fear et al. 2009). Il existe également d'autres effets délétères directs ou indirects fortement suspectés, par exemple la maladie d'Alzheimer, l'hypertension, les maladies inflammatoires, le cancer, l'acné, etc. (Cordain et al. 2003 ; Danby, 2010 ; Kim & Feldman, 2015). La consommation massive de sucres, via les hyperglycémies et hyperinsulinémie qu'elle engendre, perturbe également la sécrétion des facteurs de croissance et la synthèse des androgènes (précurseurs des hormones sexuelles) ce qui pourrait modifier des caractéristiques susceptibles d'influencer les comportements sociaux et le choix du partenaire.

Questions abordées

1) Changement alimentaire du Néolithique. Afin de comprendre les raisons du changement alimentaire du Néolithique, une approche par modélisation est envisagée. Les différents scénarios possibles seront modélisés (modèles ESS et individus centrés) afin d'évaluer les plus plausibles, particulièrement ceux qui incorporent les forts coûts observés. Les liens avec l'apparition des premières sociétés stratifiées seront explorés, avec la forte sélection sociale que cela permet.

2) Changement alimentaire industriel. Il s'agit ici d'une occasion unique de documenter avec précision les effets délétères associés au fait de s'éloigner d'un pic adaptatif alimentaire. Les changements connus sont décrits en termes médicaux (obésité, diabète, etc) dans des cas pathologiques. Il s'agit ici de documenter ces changements pour des individus sains, à un niveau physique et comportemental, en utilisant

des mesures socialement pertinentes. Ainsi, les effets de ce changement alimentaire seront évalués (i) sur des mesures morphologiques (visage 2D et 3D, mesures corporelles), vocales, olfactives en lien avec l'attractivité et le choix du partenaire, et (ii) sur les prises de décision, la coopération et la cognition en lien avec le comportement social et là encore le choix du partenaire. Des études transversales seront entreprises sur de grands échantillons, ainsi que des vérifications expérimentales (pour certaines variables, comme par exemple la cognition, voir Kim & Feldman, 2015) sur de petits échantillons.

Cordain L, Eades MR, Eades MD (2003) Hyperinsulinemic diseases of civilization: more than just Syndrome X. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 136(1):95–112.

Cordain, L., Eaton, S. B., Sebastian, A., Mann, N., Lindeberg, S., Watkins, B. A., ... & Brand-Miller, J. (2005). Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *The American journal of clinical nutrition*, 81(2), 341-354.

Danby, F. W. (2010). Nutrition and aging skin: sugar and glycation. *Clinical Dermatology*, 28, 409–411.

Feart, C., Samieri, C., Rondeau, V., Amieva, H., Portet, F., Dartigues, J. F., ... & Barberger-Gateau, P. (2009). Adherence to a Mediterranean diet, cognitive decline, and risk of dementia. *Jama*, 302(6), 638-648.

Hayden, B. (2003). Were luxury foods the first domesticates? Ethnoarchaeological perspectives from Southeast Asia. *World Archaeology*, 34(3), 458-469.

Kim, B., & Feldman, E. L. (2015). Insulin resistance as a key link for the increased risk of cognitive impairment in the metabolic syndrome. *Experimental & molecular medicine*, 47(3), e149.

Perry, G. H., Dominy, N. J., Claw, K. G., Lee, A. S., Fiegler, H., Redon, R., ... & Carter, N. P. (2007). Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature genetics*, 39(10), 1256.

Tishkoff, S. A., Reed, F. A., Ranciaro, A., Voight, B. F., Babbitt, C. C., Silverman, J. S., ... & Ibrahim, M. (2007). Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature genetics*, 39(1), 31.

Each animal species is adapted to a specific diet (carnivorous, herbivorous, etc.), through a more or less specialized digestive process.

Generally, a sudden and drastic change in diet results in health problems due to inadequate nutrition, revealing that the change has driven the population outside its adaptive peak. In the human lineage, two major dietary changes have occurred recently (1) in the Neolithic with the introduction of domesticated plants and animals, and (2) in the 20th century with the introduction of refined and industrially processed food including refined sugars (such as sucrose, high fructose corn syrup or refined starch).

(1) The change in diet during the Neolithic is considered as a progress that has allowed the development of human populations. Current theories on the origin of agriculture (Hayden, 2003) do not take into account archaeological data displaying for the first farmers a deterioration in general levels of health (relatively to their hunter-gatherer ancestors). Thus the reasons (and the individual benefits) for this dietary change are not well identified.

(2) As the food change in the Neolithic was already old (> 200 generations), the associated deleterious effects may have already been partially compensated by natural selection : lactase persistence and amylase gene amplification are examples (Perry et al., 2007, Tishkoff et al., 2007). Change in diet linked to industrial development is more recent and its massive generalization is less than two generations old (Cordain et al., 2005). Numerous studies have shown that the recent massive consumption of these sugars has deleterious effects on health leading to pathologies such as obesity, insulin resistance, type II diabetes, cardiovascular diseases and dental carries (Cordain et al., 2003, Cordain et al., 2005, Feart et al., 2009). There are also many other direct or indirect deleterious effects strongly suspected, such as Alzheimer's disease, hypertension, inflammatory diseases, cancer, etc. (Cordain et al., 2003, Danby, 2010, Kim & Feldman, 2015). The massive consumption of sugars, via hyperglycemia and hyperinsulinemia, also interferes with growth factors and the precursors of sex hormones. This could modulate some traits influencing social behaviors and partner choice.

Questions

1) Neolithic diet shift. In order to understand the reasons for this dietary change, a modeling approach is envisaged. The different scenarios will be modelised to evaluate the most plausible, especially those that incorporate the high costs observed. Links with the first stratified societies appearance will be explored with the strong social selection that this allows.

2) Industrial diet shift. This is a unique opportunity to accurately document deleterious effects associated with a sudden shifting from diet adaptive peak. Currently, the known changes are described in medical terms (obesity, diabetes, etc.) in pathological cases. The goal here is to document these changes for healthy individuals, at a physical and behavioral level, using socially relevant measures. The changes associated with the new diet will be measured in traits : (i) morphology (2D and 3D faces, body measurements), voice, body odours in relation to the attractiveness and choice of the partner, and (ii) cooperation and cognition in relation to social behavior and again the choice of the partner. Cross-sectional studies will be undertaken on large samples and experimental verifications (for some variables, such as cognition, see Kim & Feldman, 2015) on small samples.

Cordain L, Eades MR, Eades MD (2003) Hyperinsulinemic diseases of civilization: more than just Syndrome X. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 136(1):95–112.

Cordain, L., Eaton, S. B., Sebastian, A., Mann, N., Lindeberg, S., Watkins, B. A., ... & Brand-Miller, J. (2005). Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *The American journal of clinical nutrition*, 81(2), 341-354.

Danby, F. W. (2010). Nutrition and aging skin: sugar and glycation. *Clinical Dermatology*, 28, 409–411.

Feart, C., Samieri, C., Rondeau, V., Amieva, H., Portet, F., Dartigues, J. F., ... & Barberger-Gateau, P. (2009). Adherence to a Mediterranean diet, cognitive decline, and risk of dementia. *Jama*, 302(6), 638-648.

Hayden, B. (2003). Were luxury foods the first domesticates? Ethnoarchaeological perspectives from Southeast Asia. *World Archaeology*, 34(3), 458-469.

Kim, B., & Feldman, E. L. (2015). Insulin resistance as a key link for the increased risk of cognitive impairment in the metabolic syndrome. *Experimental & molecular medicine*, 47(3), e149.

Perry, G. H., Dominy, N. J., Claw, K. G., Lee, A. S., Fiegler, H., Redon, R., ... & Carter, N. P. (2007). Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature genetics*, 39(10), 1256.

Tishkoff, S. A., Reed, F. A., Ranciaro, A., Voight, B. F., Babbitt, C. C., Silverman, J. S., ... & Ibrahim, M. (2007). Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature genetics*, 39(1), 31.

Thématique / Domaine / Contexte

Chaque espèce animale est adaptée à un régime alimentaire spécifique (carnivore, herbivore, etc.), grâce à un processus digestif spécialisé. Tout changement rapide et récent de ce régime, en éloignant les individus de leur pic adaptatif alimentaire, est alors susceptible d'entraîner des problèmes de santé. Chez l'Homme, deux changements alimentaires majeurs se sont produits récemment (1) au Néolithique avec l'invention de l'agriculture et l'élevage introduisant des graines riches en amidon, de la viandes d'élevage et des produits laitiers et (2) au XXème siècle avec l'introduction d'aliments transformés industriellement contenant notamment des sucres (ou glucides) raffinés (tels le saccharose, le sirop de glucose-fructose ou l'amidon raffiné).

Objectifs

Comprendre les mécanismes qui expliquent les changements alimentaires dans l'espèce humaine. Documenter avec précision les effets délétères associés au fait de s'éloigner d'un pic adaptatif alimentaire.

Méthode

Modélisation - Récoltes de données - Échantillonnage - Expérimentation - Analyses de données -

Résultats attendus - Expected results

Une compréhension du changement alimentaire du Néolithique et des conséquences des changements alimentaires plus récents.

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

L'encadrement de la thèse, le suivi des formations et de l'avancement des recherches se conformera aux modalités préconisées par l'ED GAIA et décrites dans la charte des thèses.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Les frais de recherche seront assurés par les soutiens de base. Le scanner 3D est déjà acquis. Demandes de financements en cours.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Publications scientifiques

Références bibliographiques

Quelques publications de l'équipe en biologie évolutive humaine:

Berticat C, Mamouni S, Ciais A, Villain M, Raymond M, Daien V. Association of high refined carbohydrates consumption with risk of myopia in children? In prep

Berticat C, Durand V, Raymond M. Link between. Sugars consumption and facial attractiveness. In prep

Bovet, J., Barkat-Defradas, M., Durand, V., Faurie, C., Raymond, M. 2018. Women's attractiveness is linked to expected age at menopause. *Journal of Evolutionary Biology*, 31:229-238

Berticat, C., Durand, V., Raymond, M., Faurie, C. 2017. Link between parental separation and decreased performance in french high school students. *Journal of Behavior*, 2:1012

Aimé C., André, J.-B., Raymond M. 2017. Grandmothering and cognitive resources are required for the emergence of menopause and extensive post-reproductive lifespan. *PLOS Computational Biology*, 13:e1005631

Thomas, F., Rome, S., Méry, F., Dawson, E., Montagne, J., Biro, P., Beckmann, C., Renaud, F., Raymond, M., Ujvari, B. 2017. Changes in diet associated with cancer: an evolutionary perspective. *Evolutionary Applications*, 10:651-657

Thouzeau V., Raymond M. 2017. Emergence and maintenance of menopause in humans: a game theory model. *Journal of Theoretical Biology*, 430:229-236

Berticat C, Thomas F, Dauvilliers Y, Jaussent I, Ritchie K, Helmer C, Tzourio C, Raymond M, Artero S. 2016. Excessive daytime sleepiness and antipathogen drug consumption in the elderly: a test of the immune theory of sleep. *Scientific Report*, 21;6:23574

Barthes, J. Godelle, B. Raymond, M. 2013. Human social stratification and hypergyny: toward an understanding of male homosexual preference. *Evolution and Human Behavior*, 34;3:155-163