



Il y a de quoi cétoner

Par : Clara Girard & Émilie Pagé

Résumé : [Il y a de quoi cétoner](#) Girard, C. & É. Pagé. 2016. Sciences, Cégep de Saint-Félicien. Six sujets ont été soumis à une alimentation très pauvre en glucides. Leur glycémie s'est avérée significativement plus stable et plus basse que celle obtenue sous un régime isocalorique riche en glucides.

Abstract : [It's Worth Ketoing](#) Girard, C. & É. Pagé. 2016. Science, Cégep Saint-Félicien. Six subject were put on a strict low carbohydrate diet. Their glycemia turned out to be significantly more stable and lower than the one obtained from a regular high carbohydrate diet.

Mots clés: glucides, glucose, glycémie, cétoène, diabète, alimentation

La surconsommation de sucre dans les pays occidentaux a occasionné l'augmentation constante des prévalences d'obésité et de diabète de type II depuis les années 80.

1.0 Hypothèses

Sous un régime dont l'apport en glucides est réduit à un minimum, la glycémie sera plus **stable** et plus **basse**.

Un glucomètre a été utilisé afin de mesurer l'évolution de la glycémie sur six sujets âgés de 16 à 20 ans lors d'un régime cétoène – pauvre en glucides – et lors d'un régime prôné par le Guide alimentaire canadien – riche en glucides. Les résultats sont révélateurs.

2.0 Cadre théorique et méthodologique

2.1 Théorie

Lorsqu'une personne consomme un aliment riche en glucides, soit des pâtes, du pain, des fruits ou des sucreries, par exemple, il s'en suit une série de réactions en chaîne dans le but que les cellules de l'organisme puissent utiliser ces molécules pour produire de l'adénosine triphosphate (ATP) – considéré comme l'*énergie* du corps (Mckinley, 2013).

Tout d'abord, le tube digestif sépare, grâce à diverses enzymes digestives, les **glucides** en monomères de glucose¹ si ceux-ci ne sont pas déjà décomposés en unités

¹ Dans le but d'alléger l'écriture, seuls les monomères de glucose seront traités dans cet article. Cependant, il faut également savoir que le galactose – présent dans le lait – ainsi que le fructose – présent dans les fruits – sont deux

simples. Par la suite, ces monomères pénètrent la paroi du tube digestif et se retrouvent alors dans la circulation sanguine afin qu'ils puissent être acheminés dans l'ensemble des tissus (Mckinley, 2013). La concentration de molécules de glucose dans le sang se nomme la **glycémie**. Enfin, le système nerveux autonome détecte une montée de cette glycémie et envoie un influx au pancréas pour provoquer la sécrétion de l'insuline. L'insuline est une hormone agissant au même titre qu'une petite clé, car elle permet aux monomères de glucose circulant dans le sang d'entrer dans les cellules du corps. C'est d'ailleurs seulement à ce moment que les cellules peuvent utiliser le glucose et le transformer en ATP grâce à des organites appelés mitochondries.

Il existe deux types de glucides : les glucides simples et les glucides complexes. Les **glucides complexes** sont surtout présents dans les produits céréaliers, les légumineuses, les fruits et les légumes. Ils sont constitués de plusieurs monomères de glucose attachés ensemble par des liens chimiques. Ainsi, le corps doit séparer ces chaînes avant que les petites unités ne puissent pénétrer la paroi du tube digestif et circuler dans le sang. Au contraire, les **glucides simples** présents dans le sucre blanc, le miel ou le sirop d'érable, entre autres, sont déjà séparés en monomères (<http://www.lanutrition.fr/les-news/un-regime-alimentaire-pourrait-ameliorer-le-traitement-de-l-epilepsie.html>, novembre 2013) et pénètrent ainsi la paroi du tube digestif pour se retrouver dans la circulation sanguine extrêmement rapidement, ce qui fait monter la glycémie de façon plus abrupte et demande une production d'insuline à la fois rapide et importante de la part de l'organisme.

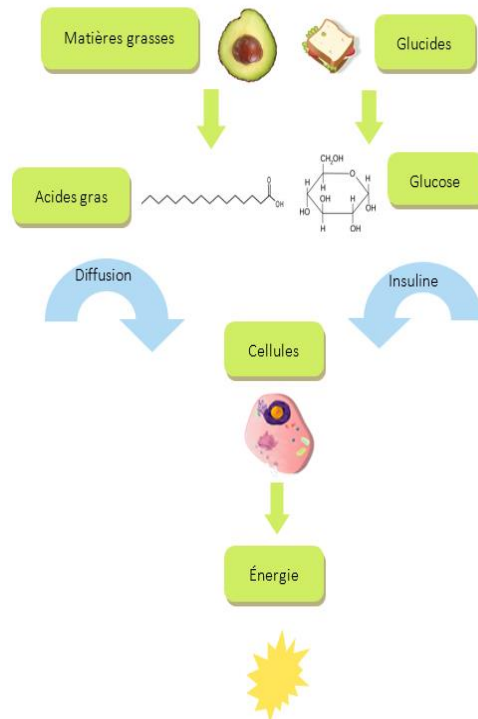


Figure 2 : métabolisation des matières grasses et des glucides

À long terme, une personne qui consomme des sucres ajoutés de façon excessive produira presque constamment de l'**insuline**, à un point tel que les cellules de l'organisme peuvent en venir à développer une résistance à cette hormone, ne réagissant donc plus à son effet. Par conséquent, les molécules de glucose demeurent dans le sang, ce qui occasionne une glycémie anormalement élevée. C'est là ce qui caractérise l'apparition du **diabète de type II** (Mckinley, 2013), ou encore diabète sucré dans le langage populaire.

La métabolisation des **matières grasses** ne se produit pas exactement de la même manière que celle des glucides. En effet, après avoir été séparés en acides gras par le système digestif, les lipides peuvent entrer par diffusion simple dans la cellule pour produire de l'ATP (Campbell, 2014), ne nécessitant donc **aucune sécrétion hormonale**, ce qui, en théorie, permet de prévenir le développement d'une résistance à l'insuline.

autres monomères dérivés des glucides complexes. Ces monomères sont reconvertis en molécules de glucose par le foie après leur absorption dans le tube digestif (Mckinley, 2013).

2.2 Matériel et méthode

Pour mesurer les effets de l'alimentation sur la glycémie, les sujets ont eu recours à un **glucomètre** mesurant la concentration de glucose dans le sang en mmol/L.²



Figure 3 : Dîner du menu du régime cétogène

D'abord, les sujets devaient se soumettre à une alimentation pauvre en glucides pour une durée de quatre (4) jours. Le menu élaboré dans le cadre de l'expérimentation a été inspiré du *régime cétogène* (Kämmerer, 2014). Ce dernier propose un apport calorifique provenant principalement de matières grasses – les lipides – ainsi qu'une consommation de glucides se limitant à un strict minimum. Il est important de mentionner que les gras insaturés ont été privilégiés dans une perspective de santé. Lors de la dernière

journee du régime, les sujets devaient mesurer leur glycémie à neuf (9) reprises autour de chaque repas, pour un total de 27 données représentatives de l'évolution du taux de sucre dans leur sang au cours de la journée³.

À des fins de comparaison, les sujets devaient par la suite se soumettre à un régime riche en glucides dit *régime type*, élaboré selon les recommandations du *Guide alimentaire canadien* (Valérie Perron, 2016), pour une durée d'une journée durant laquelle ils devaient mesurer leur glycémie de la même façon qu'avec le régime pauvre en glucides.



Figure 4 : Déjeuner du menu du régime type

Dans une optique de réduction des causes d'erreur, un menu⁴ à suivre a été élaboré pour chaque type de régime. Les menus mis au point étaient isocaloriques – c'est-à-dire qu'ils comportaient tous deux le même nombre de calories. Ces dernières provenaient toutefois de différentes sources, tout dépendant du type de régime, tel qu'il est possible de le constater dans ces graphiques de secteurs présentant le pourcentage de l'apport calorifique pour chaque macronutriment en fonction du menu :



Figure 5 : Apport calorifique des macronutriments en fonction du type de régime

² Voir ANNEXE I pour le protocole régissant la prise de glycémie.

³ Voir ANNEXE II pour les tableaux de collecte de données.

⁴ Voir ANNEXE III pour les menus correspondant à chaque régime.

4.0 Résultats

Le graphique suivant représente les données de glycémie recueillies lors des régimes riche en glucides (type) et pauvre en glucides (cétogène) pour le sujet 5 (figure 6).

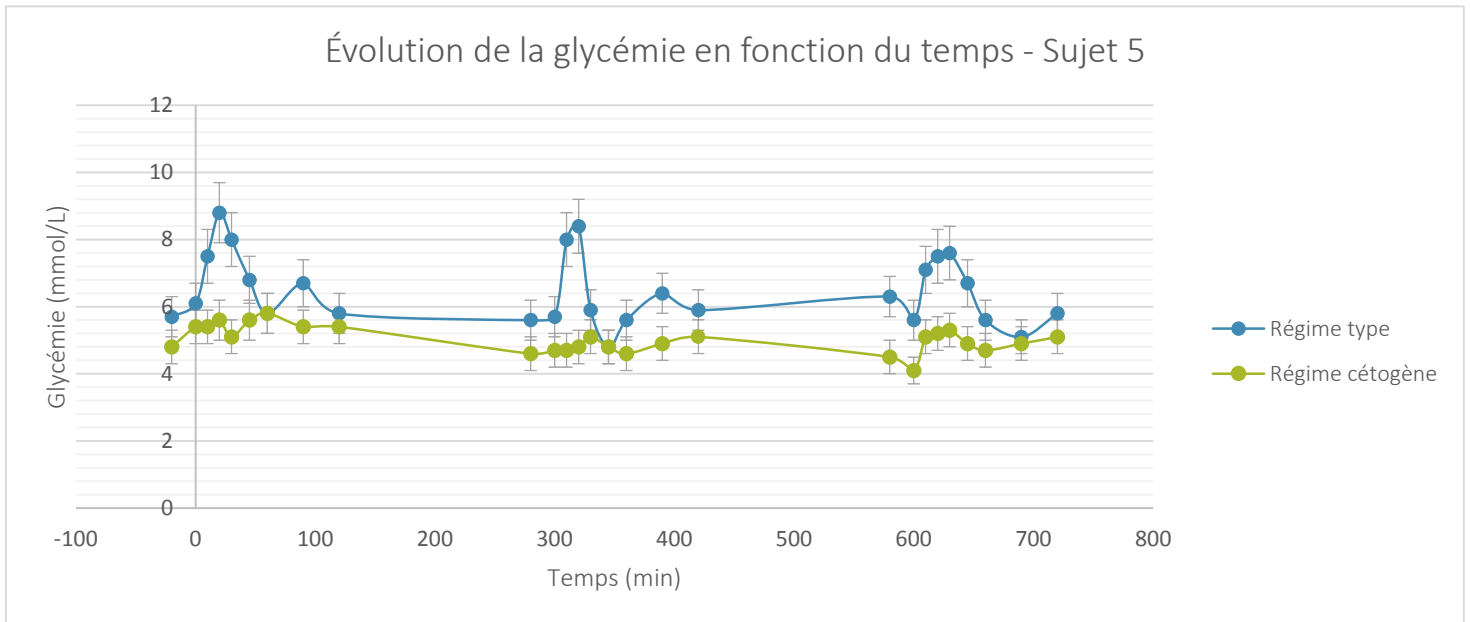


Figure 6 : Exemple de graphique de l'évolution de la glycémie en fonction du temps

Ces données représentent l'évolution de la glycémie, en mmol/L, en fonction du temps, en minutes, sur une durée de douze heures. D'un côté, la courbe en bleu représente l'évolution de la glycémie lors de la journée type, soit lors du menu riche en glucides. D'un autre côté, la courbe en vert représente l'évolution de la glycémie lors de la dernière journée du régime cétogène, faible en glucides.

Pour les tableaux de données, graphiques de l'évolution de la glycémie et traitements statistiques de tous les sujets, se référer au lien hypertexte suivant :

Lien hypertexte I : [Données et résultats des sujets.xlsx](#)

Justification des incertitudes

Les incertitudes ont été établies selon les informations contenues dans les guides d'instruction des glucomètres utilisés afin d'obtenir un taux de fiabilité des données au-delà de 95%; le *Acu-Chek Aviva* (sujets 1, 2 et 6) ainsi que le *Coutour Next* de Bayer (sujets 3, 4 et 5) ont été les appareils utilisés pour la prise de données.

Pour les sujets ayant utilisé un glucomètre de marque *Acu-Chek Aviva*, l'incertitude a été fixée à $\pm 0,6$ mmol/L pour les données de glycémie inférieures à 5,5 mmol/L et à $\pm 15\%$ pour les données de glycémie supérieures ou égales à 5,5 mmol/L.

Pour les sujets ayant utilisé un glucomètre de marque *Coutour Next* de Bayer, l'incertitude a été fixée à $\pm 0,6$ mmol/L pour les données de glycémie inférieure à 4,2 mmol/L et à $\pm 10\%$ pour les données de glycémie supérieures ou égales à 4,2 mmol/L.

5.0 Discussion

5.1 Interprétation

Les résultats obtenus suite à la collecte de données correspondent à ceux attendus dans les hypothèses émises au départ.

D'une part, la première hypothèse supposait une glycémie plus stable lors du régime pauvre en glucides, soit lors du régime cétogène. Bien que le phénomène soit observable à l'œil sur la totalité des graphiques obtenus de la glycémie en fonction du temps, il a été possible de valider mathématiquement l'hypothèse à l'aide d'un test d'**égalité des variances** (Alain Bouchard, 2016). Ce traitement statistique a pour fonction la comparaison de la tendance de deux courbes à varier par rapport à une moyenne. Une valeur $F_{th} = 1,93$ a été établie à partir de la table de Fisher-Snedecor. Considérant que la totalité des F_{exp}^5 (Excel 2013) (Baillargeon, 1990) obtenus à partir des données des sujets se sont avérés supérieurs à la valeur théorique, il est légitime d'affirmer que, dans tous les cas, la courbe correspondant aux données prises lors du régime type varie significativement plus que celle obtenue à partir des données prises lors du régime cétogène. Il est donc possible d'affirmer que, selon les résultats, **la glycémie est plus stable avec une alimentation pauvre en glucides.**

D'autre part, la seconde hypothèse supposait une glycémie plus basse lors du régime pauvre en glucides. Bien que le phénomène soit également observable à l'œil sur la totalité des graphiques, il a encore une fois été possible de le valider mathématiquement en effectuant une moyenne des **pourcentages d'écart**⁵ entre la moyenne des données de glycémie obtenues lors du régime type et la moyenne des données de glycémie obtenues lors du régime cétogène. Le pourcentage d'écart moyen étant de 20,5%, ce qui est plus haut du seuil critique d'écart de 15%, il est légitime d'affirmer que **la glycémie est significativement plus basse avec une alimentation faible en glucides.**

Finalement, il est possible de présumer qu'une glycémie plus stable et plus basse obtenue avec une alimentation pauvre en glucides réduit considérablement la demande en insuline, ce qui contribue à prévenir les risques de développer une résistance à l'insuline caractéristique du diabète de type II.

5.2 Critique

Au niveau des points forts de l'expérience, il est possible de dénoter la fiabilité des données récoltées. En effet, aucun facteur psychologique ni d'effet placebo n'ont pu influencer ces dernières, car la glycémie étant un facteur régulé par le système nerveux autonome, l'individu n'a aucun contrôle conscient sur celle-ci. En fait, les principales sources de variation de la glycémie sont l'alimentation ainsi que l'activité physique. Ces causes d'erreur ont facilement pu être éliminées par l'élaboration de menus stricts et détaillés dont l'apport énergétique était calculé en fonction du sexe en plus de l'imposition de deux journées sédentaires lors des prises de données. De

⁵ Se référer au Lien hypertexte I de la section Résultats pour tous les traitements statistiques.

surcroît, l'utilisation d'une technologie fiable, soit la prise de la glycémie à l'aide d'un glucomètre, augmente d'autant plus la qualité des résultats obtenus.

Toutefois, certains aspects de l'expérimentation peuvent effectivement être discutables. En premier lieu, le nombre de sujets est limité dû aux coûts élevés du matériel utilisé, ce qui ne permet pas d'étendre avec certitude les conclusions obtenues sur l'ensemble de la population. En deuxième lieu, il était impossible d'avoir un contrôle absolu sur les sujets lors de la prise de données puisque la majorité du travail, soit la préparation des repas ainsi que les ponctions capillaires pour les prises de glycémie, s'effectuait à l'extérieur du laboratoire. En dernier lieu, par souci de simplicité, les menus que les sujets devaient suivre étaient élaborés selon le sexe et non le poids, ce qui pourrait constituer un facteur d'erreur.

5.3 Suggestions

Bien que l'adoption d'un régime cétogène semble constituer un bon moyen de prévenir les troubles métaboliques liés à l'alimentation tels que l'obésité et le diabète de type II, il est cependant relativement limité et restrictif au niveau de la variété des aliments permis. De cette façon, il serait pertinent de vérifier s'il serait possible d'obtenir des résultats comparables en adoptant un régime permettant seulement les glucides complexes et non les glucides simples, car comme il a été mentionné plus haut, ce sont principalement les glucides simples qui occasionnent des variations brusques de la glycémie.

6.0 Conclusion

Le projet d'expérimentation consistait à comparer les effets sur l'évolution de la glycémie d'un régime riche en glucides suivant les recommandations du Guide alimentaire canadien à ceux d'un régime faible en glucides inspiré du régime cétogène. Ainsi, six sujets hommes et femmes âgés de 16 à 20 ans ont suivi un régime type pendant une seule journée ainsi qu'un régime cétogène pendant une durée de quatre jours. Ceux-ci ont utilisé un glucomètre afin de mesurer leur glycémie 27 fois au cours d'une journée pour chacun des régimes. Au final, les résultats ont démontré que **la glycémie lors du régime faible en glucides est significativement plus stable que celle obtenue lors du régime riche en glucides**. Aussi, elle est **en moyenne 20,5% plus basse** que la glycémie obtenue lors du régime riche en glucides, ce qui confirme l'entièreté des hypothèses de départ.

7.0 Remerciements

Il importe de remercier toutes les personnes ayant participé, d'une manière ou d'une autre, à l'élaboration ainsi qu'à la réalisation de ce projet d'expérimentation.

Merci aux responsables du cours *Projet original en sciences*, soit M. Laval Duchesne, enseignant en biologie au Cégep de St-Félicien, de même que Mme Julie Dubé, technicienne de laboratoire au Cégep de St-Félicien.

Merci à Alain Bouchard, enseignant en mathématiques au Cégep de St-Félicien, qui a contribué à l'élaboration du traitement statistique des données recueillies.

Merci à Valérie Perron, nutritionniste au CLSC Sacré-Cœur de la ville de St-Félicien, pour son aide quant à l'élaboration des menus.

Merci aux commanditaires, M. Philippe Lavoie de la pharmacie Jean Coutu de Dolbeau Mistassini, Mme Marie-Ève Potvin de la pharmacie Brunet de St-Félicien et Granules L.G. de Saint-Félicien, qui ont contribué à l'acquisition d'équipement médical par le biais de commandites matérielles ou monétaires.

Médiagraphie

LIVRES

(1) BAILLARGEON, G eral. *Méthodes et statistiques de l'ingénieur : volume 1, 2^e édition*. Les  ditions SMG, Paris, 1990, 685 p.

(2) CAMPBELL, N., REECE J., « *Campbell Biologie* », Erpi Sciences  ditions, 2014, 1400 p.

(3) K AMMERER, Ulrike *et al.* « Le régime cétogène contre le cancer : *la meilleure alimentation quand on est confront e à la maladie* », Thierry Souccar  ditions, 2014, 320 p.

(4) MCKINLEY, P. Michael *et al.*. *Anatomie et physiologie : une approche intégrée*, Mc Graw Hill Education, Chenelière  ducation pour l'adaptation française, 2013, 1477 pages.

SITES WEB

(5) CYR, Audrey. « Glucides », [Passeport Santé.net](http://www.lanutrition.fr/les-news/un-regime-alimentaire-pourrait-ameliorer-le-traitement-de-l-epilepsie.html), [En ligne], <http://www.lanutrition.fr/les-news/un-regime-alimentaire-pourrait-ameliorer-le-traitement-de-l-epilepsie.html>, (novembre 2013).

MULTIMÉDIA

(6) Lemieux, D. (reporteur). (2016). Sucre et Gras [Reportage]. Jeannita Richard (réalisatrice), *Découverte*. Montréal, Québec : Société Radio-Canada.

COMMUNICATIONS PERSONNELLES

(7) Alain, Bouchard. (2016). Communication personnelle. Monsieur Bouchard est enseignant en mathématiques au Cégep de Saint-Félicien. Canada.

(8) Valérie, Perron. (2016). Communication personnelle. Mme Perron est nutritionniste au CISC Sacré C oeur de St-Félicien. Canada.

LOGICIELS

(9) Microsoft Excel 2013. *Test d'égalité des variances* dans l'utilitaire d'analyse.

Iconographie

Figure 1. Section titre. Photo personnelle. É. Pagé. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

Figure 2. Métabolisation. Figure personnelle. C. Girard. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

Figure 3. Dîner du régime cétogène. Photo personnelle. É. Pagé. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

Figure 4. Déjeuner du régime type. Photo personnelle. É. Pagé. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

Figure 5. Graphiques de l'apport calorifique des macronutriments en fonction du type de régime. Graphiques personnels. É. Pagé. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

Figure 6 : Exemple de graphique de l'évolution de la glycémie en fonction du temps. Graphique personnel. É. Pagé, C. Girard. Cégep de Saint-Félicien. Reproduction autorisée.

ANNEXE I

PARTIE B – PROTOCOLE POUR LA PRISE DE GLYCÉMIE

1. Préparer le matériel afin que tout soit à proximité :
 - 1 glucomètre
 - 1 bandelette
 - 1 auto-piqueur
 - 1 linge propre et sec
 - 1 petit pansement

3. Se laver les mains avec du savon désinfectant et de l'eau chaude et bien sécher à l'aide d'un linge propre et sec (pour éviter une hémodilution qui pourrait fausser les résultats).
*Ne jamais mettre d'alcool ou d'antiseptique, car cela risque de fausser les résultats.

4. Sortir une bandelette et refermer aussitôt le flacon. Vérifier que la cellule de la bandelette soit propre.

5. Repérer la zone de prélèvement :
 - Sur le côté du doigt, le lobe de l'oreille ou derrière une phalange, en fonction de l'état cutané.
 - **Ne pas piquer le pouce et l'index pour préserver la "pince".**

6. Ponctionner avec l'auto-piqueur.

7. Jeter l'auto-piqueur dans le contenant à biorisque.

8. Déposer une goutte de sang dans la cellule de la bandelette, quitte à effectuer une pression pour faire sortir le sang.

9. Attendre quelques secondes et lire le résultat sur l'écran. Noter le résultat dans le tableau de la partie B du protocole.

10. Se laver les mains avec du savon désinfectant et de l'eau chaude et bien sécher à l'aide du linge propre et sec.




11. Éliminer les déchets et désinfecter le matériel utilisé.

Ce protocole est basé sur les recommandations de :

SOINS INFIRMIERS.COM. « La glycémie capillaire », Soins et techniques, [En ligne], http://www.soins-infirmiers.com/glycemie_capillaire.php#Realisation_du_soin, (consulté le 7 février 2016).

ANNEXE II

PARTIE C : COLLECTE DE DONNÉES

Petit-déjeuner	
Dîner	
Souper	

Glycémie en fonction du temps			
Régime : Type			
Date :			
Temps (min)	Glycémie (mmol/L)	Irritabilité (1 à 10)	Fatigue (1 à 10)
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			

Glycémie en fonction du temps			
Régime : Cétogène			
Date :			
Temps (min)	Glycémie (mmol/L)	Irritabilité (1 à 10)	Fatigue (1 à 10)
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			
-20			
0			
+10			
+20			
+30			
+45			
+60			
+90			
+120			

ANNEXE III

Menu du régime type basé sur les recommandations du Guide alimentaire canadien

Petit-déjeuner			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
1 tasse de jus d'orange pur à 100%	28	2	0
1 banane moyenne	25	1	0
1/2 tasse de yogourt à la vanille 2%	16	6	4
2 rôties de blé	26	2	7
1 c. à s. de beurre d'arachide naturel	2	8	4
1 c. à soupe de confiture	14	0	0
Total (kcal)	444	76	135

Dîner			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
1 1/2 tasse de spaghetti sauce (viande)	70	32	22
1 t. de concombres tranchés crus	4	1	0
pomme moyenne crue avec pelure	22	0	0
Total (kcal)	384	132	198

Souper			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
75 g poitrine de poulet grillée	0	23	2
1/2 tasse de riz blanc cuit	28	2	0
1 tasse de brocoli bouilli	4	3	0
1/4 tasse chocolat 50-70%	38	3	20
1 c. à thé d' huile d'olive (riz)	0	0	5
Total (kcal)	280	124	243

Macronutriment	Glucides	Protéines	Lipides
Total (g)	277	83	64
Total (kcal)	1108	332	576
Pourcentage (%)	55,4	16,6	28,8

Menu du régime cétogène

Petit-déjeuner			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
5 fraises tranchées	4	0	0
30 mL de crème 35 %	0	0	10
¼ de tasse de noix de macadame	4	3	26
½ avocat	2	2	15
1 œuf cuit dur	1	6	5
1 c. à soupe de mayonnaise	1	0	11
Total (kcal)	48	44	603

Dîner			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
1 tasse de roquette	1	1	0
3 radis moyens tranchés	0	0	0
100g de saumon rose en conserve	0	21	5
2 c. à soupe d'huile d'olive	0	0	28
50g de fromage cheddar	1	12	4
5 mL de vinaigre balsamique	0	0	17
Total (kcal)	8	136	486

Souper			
Aliment	Glucides (g)	Protéines (g)	Lipides (g)
½ tasse de brocolis	4	2	0
½ tasse de chou-fleur	1	1	0
¼ tasse d'oignon haché	4	0	0
¼ tasse crème 35 %	0	0	28
50g de fromage cheddar	1	12	17
75g de cuisse de poulet	0	16	10
Total (kcal)	40	124	495

Macronutriment	Glucides	Protéines	Lipides
Total (g)	24	76	176
Total (kcal)	96	304	1584
Pourcentage (%)	4,8	15,2	79,2