

# Métabolisme énergétique de la femme enceinte

Yves Schutz

Institut de Physiologie, Université de Lausanne

La grossesse ainsi que l'allaitement maternel constituent chez la femme une des phases anaboliques les plus importantes au cours de la vie adulte. Depuis le début de ce siècle on a supposé que les besoins énergétiques de la femme enceinte devaient s'accroître de façon considérable afin de subvenir à la croissance et à la maturation du fœtus, ainsi qu'au développement des tissus maternels annexes (placenta, glande mammaire, muscle utérin).

Les facteurs qui rendent compte de l'élévation des besoins énergétiques au cours de la gestation sont résumés sur la figure 1. Le premier facteur est lié au stockage de protéines et de lipides dans les tissus fœtaux et maternels. (Notons que le stockage de glucides est généralement négligé.) Le deuxième facteur est constitué par une élévation du métabolisme énergétique. Les premières mesures de la dépense énergétique au cours de la grossesse datent du début du siècle [1, 2]. Elles montrent une élévation significative du métabolisme de repos, particulièrement lors du troisième trimestre. Le travail cardiaque, rénal et respiratoire accru, ainsi que l'entretien des nouveaux tissus synthétisés, expliquent l'augmentation du métabolisme de repos.

## Evaluation du coût énergétique de la grossesse (Tableau I)

L'approche classiquement utilisée (appelée méthode factorielle) pour calculer le coût énergétique de la grossesse est basée d'une part sur la quantification du poids du fœtus, des tissus maternels annexes et de la graisse stockée pendant la grossesse et, d'autre part, sur la composition de ces différents tissus. On calcule tout d'abord la valeur énergétique de chaque composante stockée en termes de graisse et de protéines. Connaissant le coût énergétique net de stockage de la graisse et des protéines [3, 4], on peut calculer ainsi la valeur énergétique totale du fœtus et des annexes maternelles. Par exemple, pour un enfant né à terme de 3,4 kg et composé de 14% de graisse et de 12% de protéines corporelles, le surplus d'énergie à stocker correspond à 10500 kcal. Comme le montre le tableau 1, cette valeur représente un faible pourcentage (25%) de l'énergie totale retenue au cours de la grossesse (~43000 kcal). En revanche la quantité de graisse maternelle accumulée (dans l'exemple du tableau 1: 2,3 kg) représente la fraction la plus importante du stockage d'énergie (60%). Le coût énergétique total de la grossesse pourra donc varier d'une manière subs-

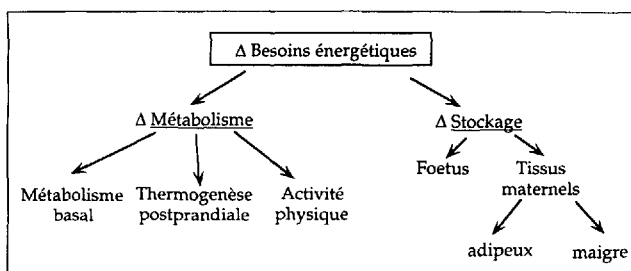


Fig. 1. Principaux facteurs expliquant la variation des besoins énergétiques au cours de la grossesse.

Tab. 1

| Estimation du coût énergétique de la grossesse*                 |             |               |                                     |
|---|-------------|---------------|-------------------------------------|
| I) Stockage   |             |               |                                     |
| Composantes   | Poids (kg)  | Composition   | Coût énergétique de stockage (kcal) |
| Fœtus   | 3,4         | 14% graisse   | = 5240                              |
|   |             | 12% protéines | = 5300                              |
| Placenta  | 0,6         | 1% graisse    | = 70                                |
|   |             | 15% protéines | = 1170                              |
| Utérus  |             |               |                                     |
| Liquide amniotique  | 4,8         | 1% graisse    | = 530                               |
| Liquide extracell.  |             | 8% protéines  | = 4990                              |
| Glande mammaire   |             |               |                                     |
| Graisse maternelle  | 2,3         | 100% graisse  | = 25300                             |
| <b>Total</b>  | <b>11,1</b> |               | <b>= 42600</b>                      |
| <b>II) Augmentation du métabolisme de repos (0-40 semaines)</b> |             |               | <b>30000</b>                        |
| <b>III) Coût énergétique (I + II)</b>                           |             |               | <b>= 72600</b>                      |

\* Femme gagnant 11,1 kg pendant la grossesse, dont 2,3 kg de graisse maternelle dans le tissu adipeux. Le coût énergétique de stockage inclut l'énergie déposée et le coût métabolique de synthèse (graisse: 11 kcal/g et protéines: 13 kcal/g (3-4). Le stockage de glucides est négligé. Les données sont basées sur l'étude de Durnin et coll. (5).

tantielle suivant la quantité de graisse maternelle mise en réserve.

La deuxième information nécessaire pour estimer le coût énergétique total de la grossesse est la variation

du métabolisme énergétique. Comme le montre le tableau 1, celle-ci a été estimée à 30000 kcal sur la base des résultats de Durnin et coll. [5]. Par conséquent, dans l'exemple donné, ce coût énergétique total s'élève à 72600 kcal. Il faut noter que cette estimation ne tient pas compte des variations éventuelles d'activité physique au cours de la grossesse. Même si l'activité physique restait constante, l'élévation du poids corporel de la mère engendrerait une augmentation du coût énergétique de déplacement [6].

Le Comité d'experts de la FAO/OMS [7] a estimé le coût énergétique de la grossesse à 80000 kcal, une valeur basée sur un stockage de graisse maternelle plus élevé que celle indiquée dans le tableau 1 (36000 kcal au lieu de 25000 kcal). Cette estimation a servi de point de départ pour la plupart des recommandations formulées par différents pays. En 1973 le Comité d'experts de la FAO/OMS [7] recommandait une augmentation nette des apports caloriques de 150 kcal/j au premier trimestre et de 350 kcal/j au deuxième et troisième trimestre, par rapport aux besoins de la femme non enceinte. Selon les dernières recommandations publiées en 1985 [8], le supplément requis est de 285 kcal/j, ceci dans la mesure où l'activité physique est maintenue tout au long de la grossesse. En revanche, si l'activité physique est réduite en fin de grossesse, un surplus de 200 kcal/j est préconisé. Le tableau 2 montre que les recommandations promulguées par différents pays [7-10] portant sur l'augmentation des besoins énergétiques pendant la grossesse, sont très différentes et varient du simple au double.

Plus récemment, la controverse sur les besoins énergétiques pendant la grossesse a été relancée par une étude prospective du Professeur Durnin et coll. [11, 12] de Glasgow qui avait pour but de mesurer l'évolution des apports énergétiques au cours de la grossesse. Cette étude a montré que l'augmentation réelle des ingesta s'élevait à moins de 100 kcal/j et était donc inférieure aux recommandations des comités d'experts (tableau 1).

Tab. 2

| Recommandations portant sur les apports énergétiques supplémentaires pendant la grossesse |      |      |             |        |
|---|------|------|-------------|--------|
| Comités   | Réf. |      |             |        |
| FAO/OMS   | (7)  | 1973 | + 150 à 350 | kcal/j |
| FAO/OMS/UNU   | (8)  | 1985 | + 200 à 285 | kcal/j |
| USA   | (9)  | 1980 | + 300       | kcal/j |
| France  | (10) | 1981 | + 100 à 250 | kcal/j |

### Mesure des dépenses énergétiques de 24 heures en chambre calorimétrique

Les données expérimentales accumulées sur l'évolution des besoins énergétiques pendant la grossesse concernent surtout la dépense de repos. Par ailleurs, les investigateurs qui ont tenté de mesurer la dépense

de 24 heures de femmes enceintes dans la vie quotidienne se sont basés sur des méthodologies dont la validité reste incertaine, telle que le carnet d'activité. Depuis plusieurs années, l'Institut de Physiologie de l'Université de Lausanne s'est spécialisé dans la mesure des dépenses de 24 heures en chambre calorimétrique [13]. Ces conditions expérimentales permettent de mesurer les trois composantes de la dépense énergétique (métabolisme basal, thermogénèse et activité physique), ainsi que le métabolisme pendant le sommeil [14]. Une étude prospective a récemment été menée dans cette chambre calorimétrique chez des femmes enceintes [15]: la dépense de 24 heures, la thermogénèse postprandiale, ainsi que le coût énergétique de la marche, ont été mesurés chez les mêmes femmes à 16, 28 et 37 semaines de grossesse, ainsi que pendant la période postpartum-postallaitement. Dix femmes jeunes et en bonne santé se sont prêtées à ces mesures. La chambre métabolique, qui a la dimension d'un petit studio, permet la mesure en continu par calorimétrie indirecte de la consommation d'oxygène ( $\dot{V}O_2$ ) et de la production de gaz carbonique ( $\dot{V}CO_2$ ) [13]. L'activité musculaire dans la chambre était libre si l'on excepte trois périodes d'exercice physique, à savoir une marche lente sur un tapis roulant à 10% de pente et 2,6 km/h.

Comme le montre la figure 2, la dépense énergétique de 24 heures des femmes enceintes était supérieure ( $2156 \pm 68$ ,  $2353 \pm 122$  et  $2423 \pm 90$  kcal/j à 16, 28 et 37 semaines de grossesse respectivement) à celle des femmes témoins ( $2050 \pm 77$  kcal/j) ( $p < .01$ ). Il faut souligner que 85% de l'augmentation de la dépense provenait d'une élévation du métabolisme basal. Lorsque la dépense de 24 heures était exprimée par unité de poids corporel, celle-ci était semblable chez la femme enceinte et la femme non enceinte (env. 35 kcal/kg.j, fig. 2). L'activité physique spontanée estimée par un radar [16] – basé sur le principe de l'effet Doppler – est restée inchangée.

La thermogénèse postprandiale, c'est-à-dire l'élévation nette de la dépense (au-dessus du métabolisme du basal) consécutive à la prise alimentaire a été mesurée pendant toute la journée en utilisant une nouvelle approche [14]. Brièvement la thermogénèse est calculée à partir de la différence entre le métabolisme de repos mesuré pendant la journée et le métabolisme basal mesuré en conditions post-absorptives. Pendant la grossesse, la thermogénèse postprandiale était significativement abaissée ( $p < 0.05$ ) et représentait  $9 \pm 1\%$  de l'apport énergétique total alors que chez la femme non enceinte elle s'élevait à  $13,5 \pm 1\%$ .

Le quotient respiratoire (QR) de 24 heures représente un témoin fiable de la nature des substrats oxydés. C'est le rapport entre la production totale de  $CO_2$  divisé par la consommation d'oxygène. Un quotient respiratoire de 0,7 indique que la dépense énergétique est couverte uniquement par l'oxydation des lipides. Un QR de 1,0 témoigne de l'utilisation exclusive de glucides par l'organisme. Alors que la composition de

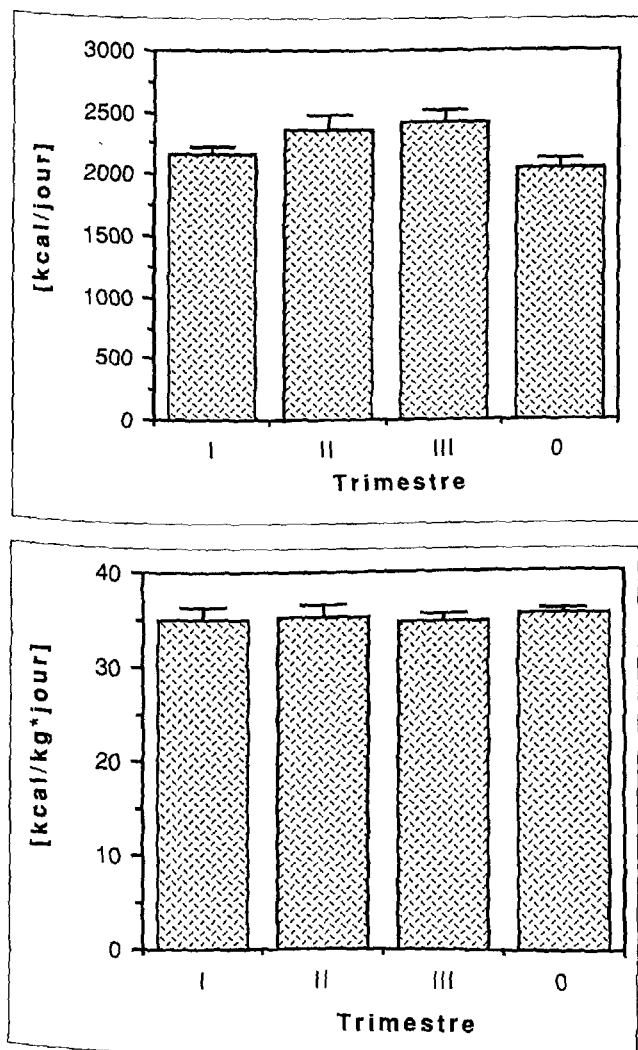


Fig. 2. Evolution de la dépense énergétique de 24 h de 10 femmes non obèses ( $58,1 \pm 2,8$  kg,  $171 \pm 2$  cm, et  $22,3 \pm 1,2\%$  de graisse corporelle), mesurée d'une manière répétitive à 16 (I), 28 (II), et 37 (III) semaines de grossesse, ainsi que pendant la période postpartum (0). Le gain pondéral moyen pendant la grossesse était de  $11,3 \pm 1,2$  kg. La partie inférieure du graphique montre que par unité de poids corporel la dépense de 24 h de la femme enceinte est identique à la femme non gestante.

la diète était constante (QR alimentaire = 0.85), le QR de 24 heures plus élevé que ce dernier en début de grossesse ( $0,92 \pm 0,01$ ) indique une utilisation préférentielle de glucides et un stockage de graisse exogène [17]. Comme le montre la figure 3, le QR de 24 heures diminua progressivement tout au long de la grossesse pour atteindre des valeurs significativement plus faibles ( $p < 0,05$ ), chez la femme en période postpartum ( $0,87 \pm 0,01$ ).

### Conclusion

En résumé, les résultats de l'étude prospective de Lausanne montrent que :

1. Exprimée en valeur absolue, la dépense énergétique

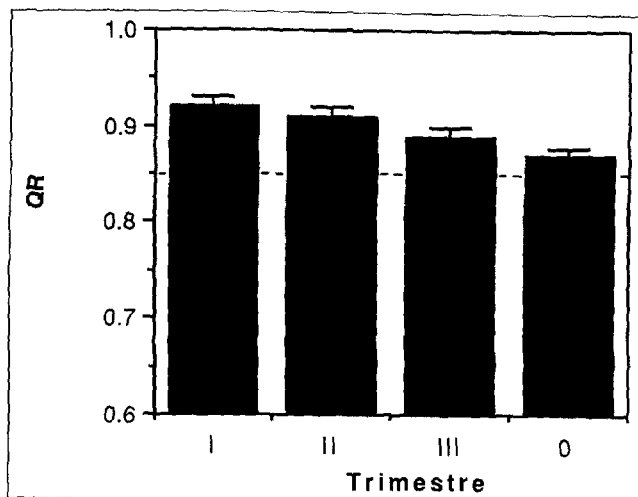


Fig. 3. Evolution du quotient respiratoire (QR) de 24 h pendant la grossesse (I à III). En début de grossesse, le QR de la femme enceinte est plus élevé que le QR de la ration alimentaire (ligne pointillée) ce qui indique un stockage de graisse dans le tissu adipeux. Au fur et à mesure que la grossesse progresse, le QR de 24 h diminue pour atteindre, chez la femme non enceinte (0), une valeur voisine de celle de la diète.

de 24 heures est augmentée pendant la grossesse (+18%), ceci dans la même mesure que l'élévation du poids corporel. Par conséquent, par unité de poids corporel, la dépense énergétique d'une femme enceinte ne se distingue pas de celle d'une femme non enceinte. Les mêmes conclusions s'appliquent au coût énergétique de la marche en pente à une vitesse imposée.

2. La thermogenèse postprandiale semble diminuée pendant la grossesse. Ceci laisse à penser que le rendement énergétique net d'utilisation des aliments est plus élevé chez la femme enceinte.
3. Dans la période initiale de la gestation, le quotient respiratoire plus élevé que celui de la diète ingérée indique un stockage accru de graisse corporelle. Ces résultats sont corroborés par des mesures de composition corporelle.

### Résumé

La phase anabolique maternelle et fœtale qui caractérise la grossesse nécessite un stockage d'énergie et donc un bilan d'énergie positif. Pourtant les résultats d'enquêtes alimentaires ne montrent que peu d'élévation des apports énergétiques au cours de la gestation. De plus, les mesures physiologiques de calorimétrie indirecte rapportent une augmentation de la dépense énergétique basale ou de repos, particulièrement au 3<sup>e</sup> trimestre. Ces résultats sont confirmés par des mesures en chambre calorimétrique qui montrent que la dépense de 24 heures des femmes enceintes est significativement plus élevée au 3<sup>e</sup> trimestre. L'élévation du métabolisme basal et, dans une moindre mesure, l'accroissement du coût énergétique de la locomotion provoqué par l'élévation du poids corporel expliquent cette augmentation. En revanche par unité de poids corporel, la différence de dépense observée pendant la grossesse disparaît.

Il semble que des mécanismes d'épargne énergétique soient mis en jeu pendant cette période mais ceux-ci restent à élucider: la

thermogenèse postprandiale, qui semble abaissée chez la femme enceinte, indique un meilleur rendement énergétique de l'utilisation des aliments pendant la grossesse. Le degré d'adaptation sur la composante «activité physique» n'a fait l'objet d'aucune investigation sérieuse et reste un sujet passionnant de recherche pour le futur.

#### Zusammenfassung

##### Energieumsatz während der Schwangerschaft

Die mütterliche und fetale anabolische Phase, die für die Schwangerschaft bezeichnend ist, benötigt eine Energieanlagerung und damit eine positive Energiebilanz. Trotzdem zeigen die Ergebnisse der Nahrungszufuhrermittlungen eine nur geringe Erhöhung der Energiezufuhr während der Schwangerschaft. Ausserdem verzeichnen die physiologischen Messungen mit Hilfe der indirekten Kalorimetrie eine Steigerung des basalen oder ruhenden Energieumsatzes, vor allem im dritten Trimester. Diese Ergebnisse sind bestätigt anhand von Messungen in der kalorimetrischen Kammer, welche zeigen, dass der Energieumsatz schwangerer Frauen über 24 Stunden im 3. Trimester signifikant höher liegt. Dies erklärt sich hauptsächlich durch eine Steigerung des basalen Stoffwechsels und in kleinerem Ausmass durch die erhöhten Energiekosten der Lokomotion aufgrund des zugenommenen Körpergewichts. Wenn hingegen die Ergebnisse gemäss Körpergewicht normalisiert werden, verschwindet dieser Unterschied im Energieumsatz über 24 Stunden während der Schwangerschaft.

Es hat den Anschein, als ob Energiesparmechanismen während der Schwangerschaft im Spiel wären, welche aber noch aufzuklären sind: Die postprandiale Thermogenese, die bei der schwangeren Frau herabgesetzt zu sein scheint, weist auf eine bessere energetische Auswertung der Nahrungsmittel während der Schwangerschaft hin. Der Anpassungsgrad der Komponente «Physische Aktivität» war noch nie Gegenstand einer ernsthaften Untersuchung und bleibt hochinteressantes Forschungsthema für die Zukunft.

#### Summary

##### Energy Metabolism During Pregnancy

The maternal and foetal anabolic phase characterizing pregnancy requires energy storage and hence a state of positive energy balance. Dietary surveys, however, have shown an increase in energy intake during pregnancy of small magnitude only. Furthermore, indirect calorimetry measurements indicate an elevation of basal or resting energy expenditure (EE), particularly during the 3rd trimester of pregnancy. These results are confirmed by measurements performed in a respiration chamber which showed that the rate of 24 hours EE of pregnant women is significantly more elevated in the 3rd trimester than in the nonpregnant state; the latter is explained by a rise of basal EE and to a smaller extent by an increase in energy cost of moving around as a result of the greater body weight. In contrast, when the results are expressed per unit body weight, the difference in 24 hours EE observed during pregnancy disappeared.

It seems that energy sparing mechanisms—which are still largely unknown—may come into play during this period: postprandial thermogenesis appears to be blunted during pregnancy. This indicates an increase in net efficiency of food energy utilization. The degree of adaptation of physical activity—which has not been previously investigated—remains a research topic of great interest for the future.

#### Bibliographie

- [1] Carpenter TM, Murlin JR. The energy metabolism of mother and child just before and just after birth. *Arch Intern Med* 1911; 7: 184–222.
- [2] Sandiford I, Wheeler T. The basal metabolism before, during, and after pregnancy. *J Biol Chem* 1924; 62: 329–352.

- [3] Schutz Y. Estimates of the energy cost of growth in young children. *Int J Vitam Nutr Res* 1979; suppl. 20: 112–124.
- [4] Roberts SB, Young VR. Energy costs of fat and protein deposition in the human infant. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 951–955.
- [5] Durnin JVGA, McKillop FM, Grant S, Fitzgerald G. Les besoins énergétiques pendant la grossesse. Une étude réalisée auprès de 88 femmes de Glasgow. Fondation Nestlé. Rapport annuel. 1986:43–57.
- [6] Schutz Y. Métabolisme énergétique chez l'obèse. *Cahier de l'Association suisse pour l'alimentation* 1987; 59: 22–33.
- [7] FHO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and Protein Requirements. WHO Tech Rep Ser No 522, 1973.
- [8] FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. WHO: Tech Rep Ser No 724, 1985.
- [9] Recommended dietary allowances. 9th ed. Washington: National Academy of Sciences, 1980.
- [10] Dupin H. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. *Technique et documentation* (CNRS, Paris), 1981.
- [11] Durnin JVGA, McKillop FM, Grant S, Fitzgerald G. Is nutritional status endangered by virtually no extra intake during pregnancy? *Lancet* 1985; ii:823–25
- [12] Durnin JVGA, McKillop FM, Grant S, Fitzgerald G. Energy requirements of pregnancy in Scotland. *Lancet* 1987; ii:897–900.
- [13] Jéquier E, Schutz Y. Long-term measurements of energy expenditure in humans using a respiration chamber. *Am J Clin Nutr* 1983; 38: 989–998.
- [14] Schutz Y, Bessard T, Jéquier E. Diet-induced thermogenesis measured over a whole day in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 542–552.
- [15] Schutz Y, Golay A, Jéquier E. 24 hour energy expenditure (24-EE) in pregnant women with a standardized activity level. *Experientia* 1988; 44: A 31 (Abstract).
- [16] Schutz Y, Ravussin E, Diethelm R, Jéquier E. Spontaneous physical activity measured by radar in obese and control subjects studied in a respiration chamber. *Int J Obes* 1982; 6: 23–28.
- [17] Jéquier E, Schutz Y. Classical respirometry and the doubly-labelled-water ( $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) method: appropriate applications of the individual or combined techniques. *Proc Nutr Soc* 1988; 47: 219–225.

L'auteur remercie les Drs Golay et Bielski pour leur participation à l'étude prospective en chambre calorimétrique, ainsi que le Prof. E. Jéquier pour son encouragement.

#### Adresse pour correspondance:

Dr Yves Schutz  
 Institut de Physiologie, Faculté de Médecine,  
 Université de Lausanne  
 Rue du Bugnon 7  
 CH-1005 Lausanne