
Utilisation du fer chez une marathonienne de niveau international

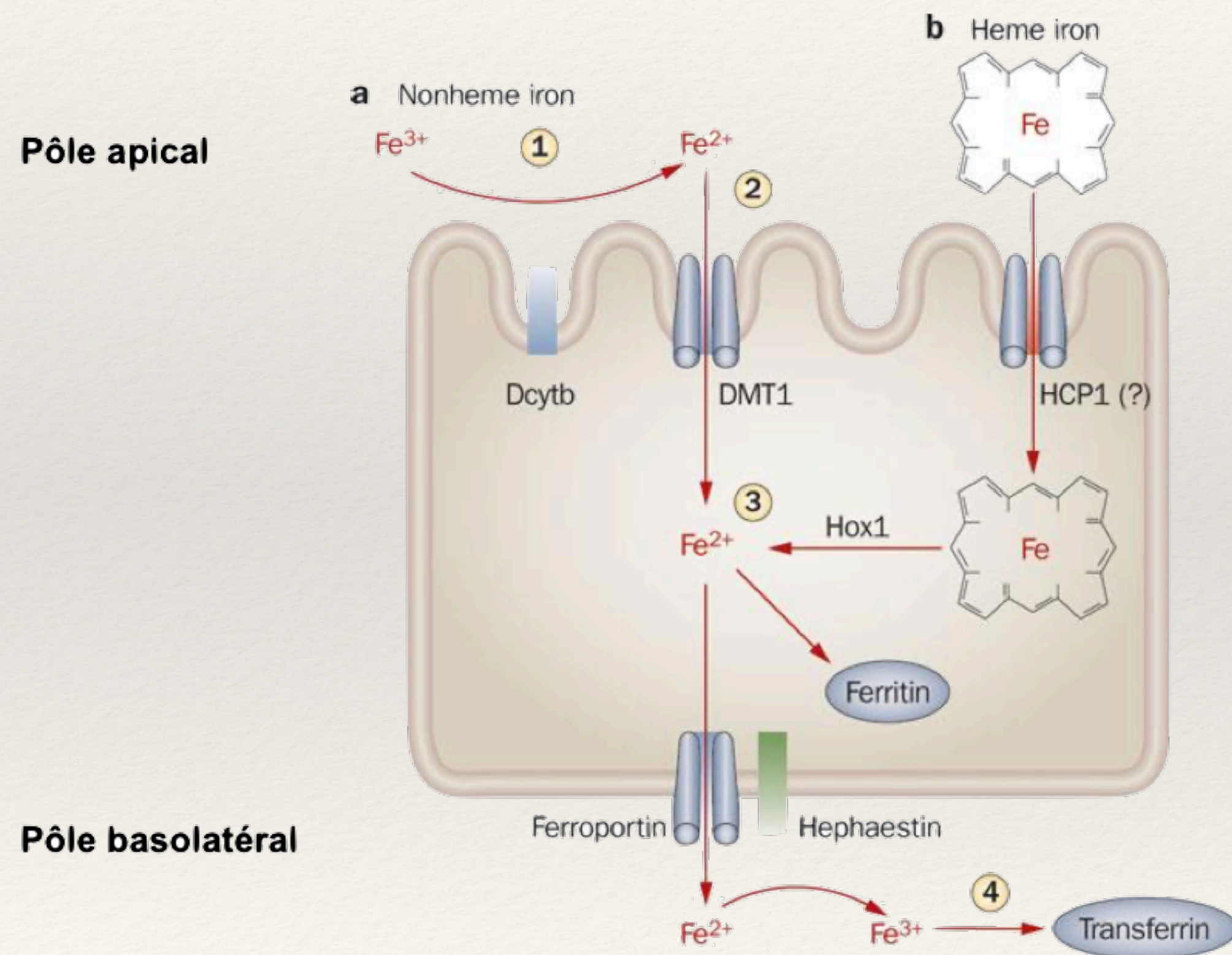
Bournonville Laura
Quantin Hugo
Bourgeois Mathieu

Présentation de l'athlète

- ❖ Âge : 26 ans
- ❖ Marathonienne de niveau international de nationalité anglaise qui s'entraîne en France
- ❖ Charge d'entraînement : 10 fois par semaine avec un kilométrage se situant entre 100 et 130 km par semaine avec alternance de sorties longues et séances sur piste (intervall training , fartlek)
- ❖ Athlète suivie par toute une équipe médicale et d'entraîneurs
- ❖ Pas d'antécédent médical connu

Homéostasie du fer

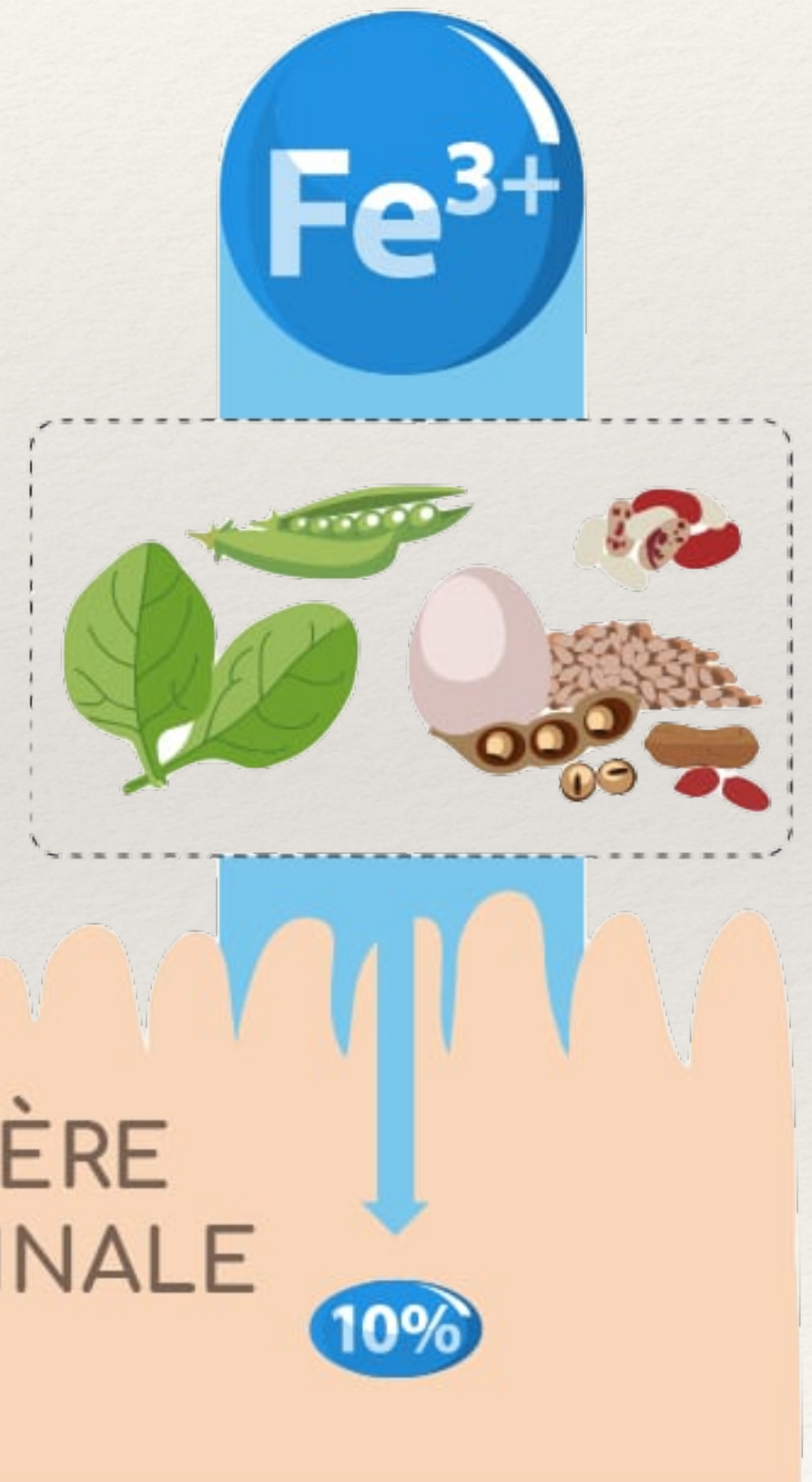
1. Absorption du fer



LE FER
HÉMINIQUE



LE FER NON
HÉMINIQUE

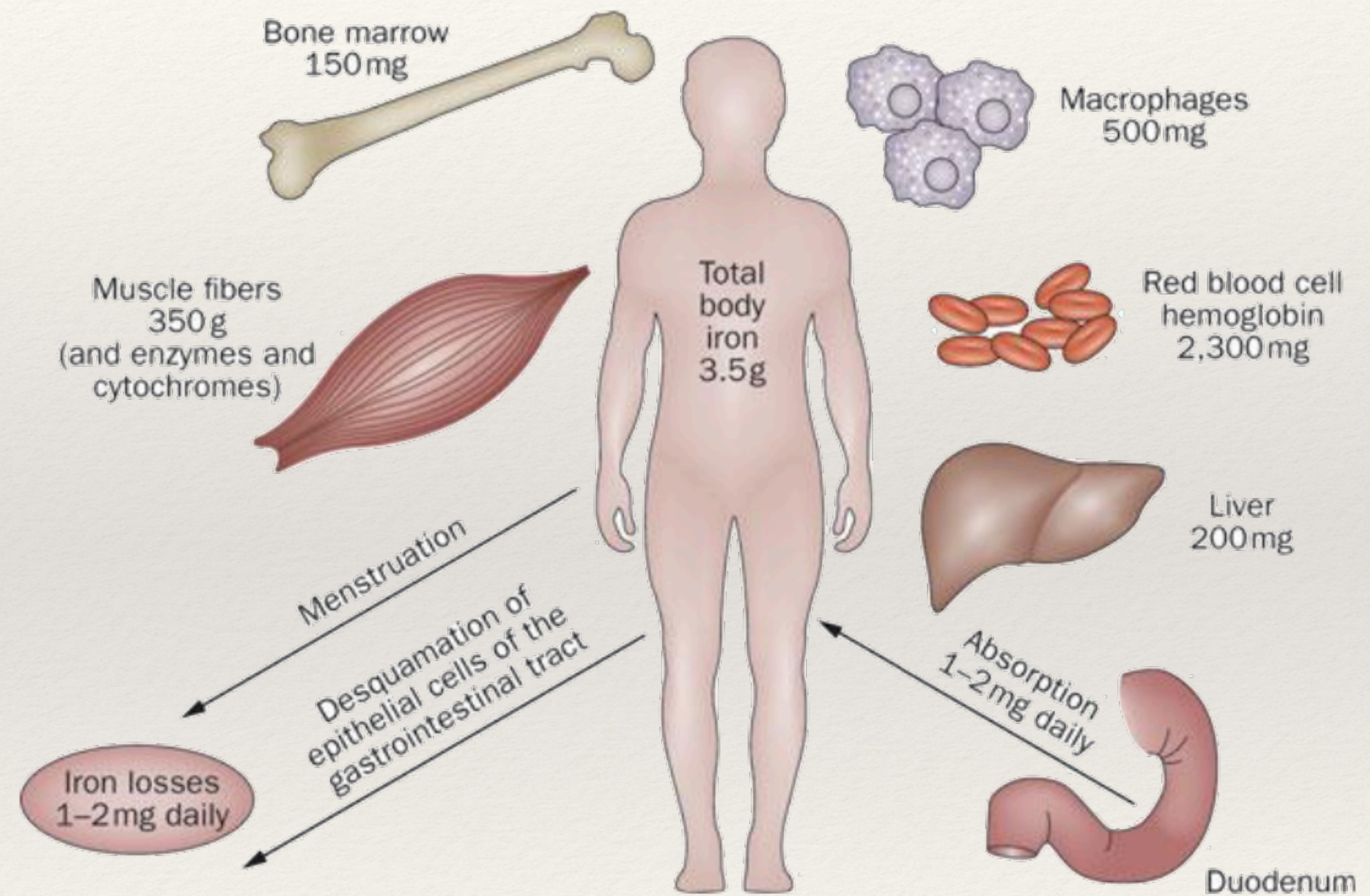


BARRIÈRE
INTESTINALE

Homéostasie du fer

2. Stockage du fer et perte

Conversion du fer ferreux (Fe^{2+}) en fer ferrique (Fe^{3+}) pour le stockage.



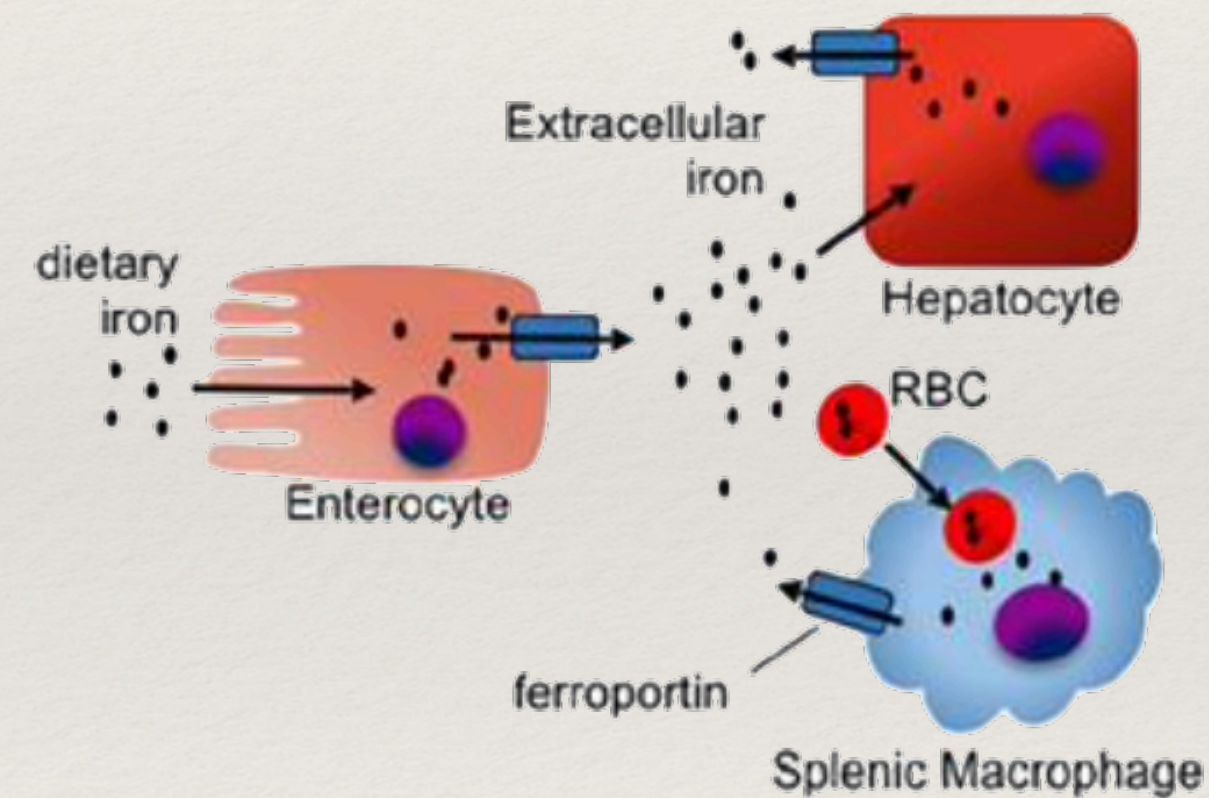
Homéostasie du fer

3. Régulation du fer par l'hepcidine

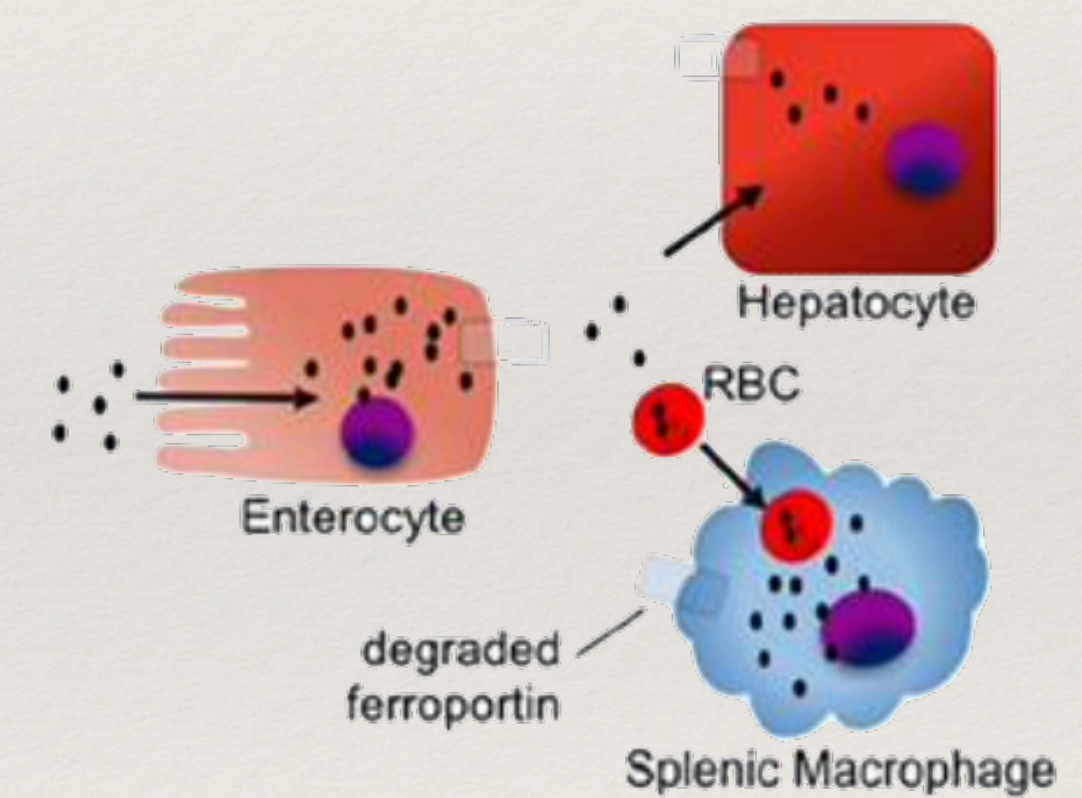
Sécréter en cas d'excès de fer

Se fixe à la ferroportine et entraîne sa dégradation

Faible expression hepcidine :
le fer est exporté via la ferroportine
dans le milieu extracellulaire



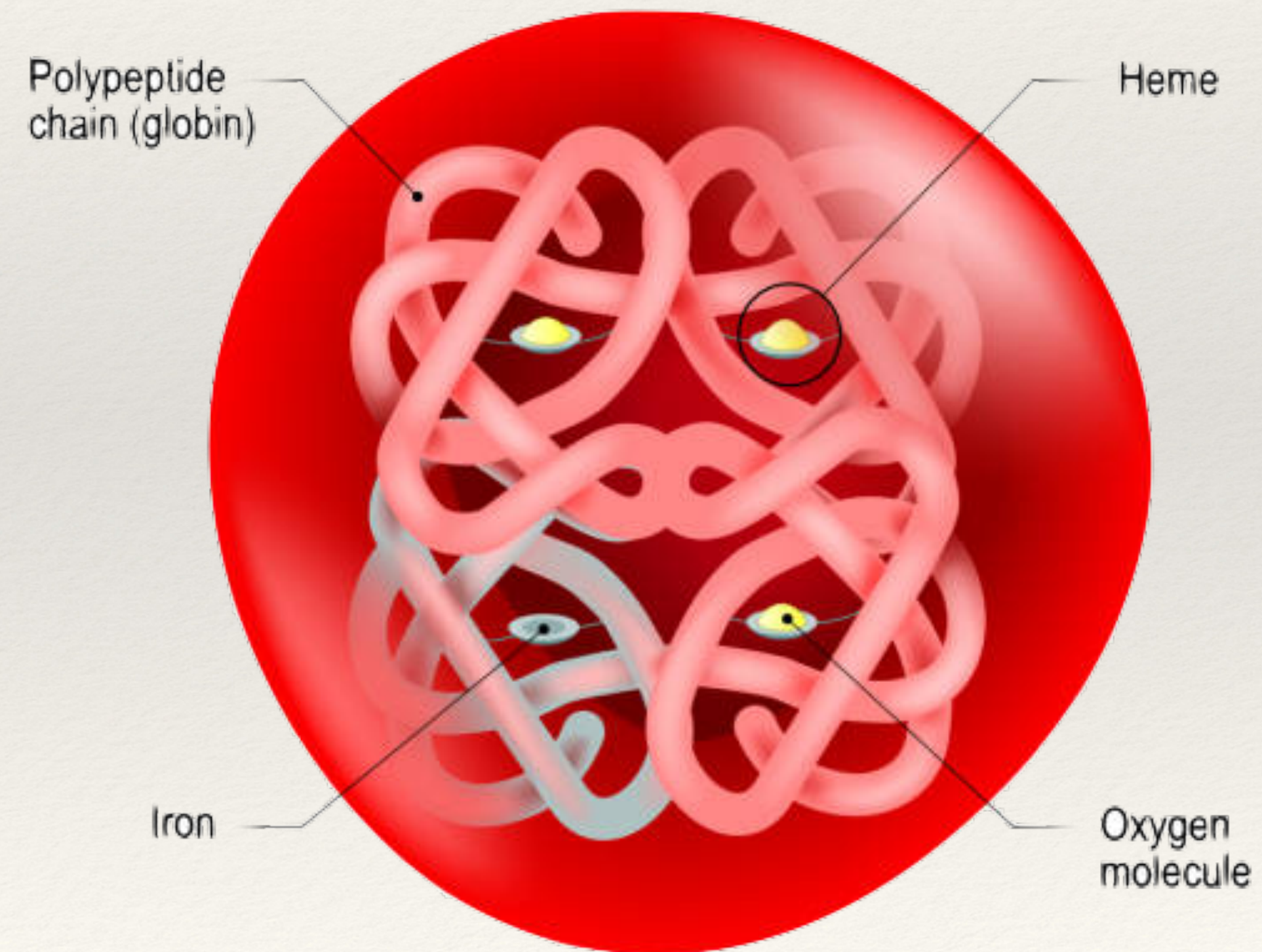
Forte expression hepcidine :
La ferroportine est dégradée et le fer
s'accumule au niveau intracellulaire



Rôles du fer dans le corps humain

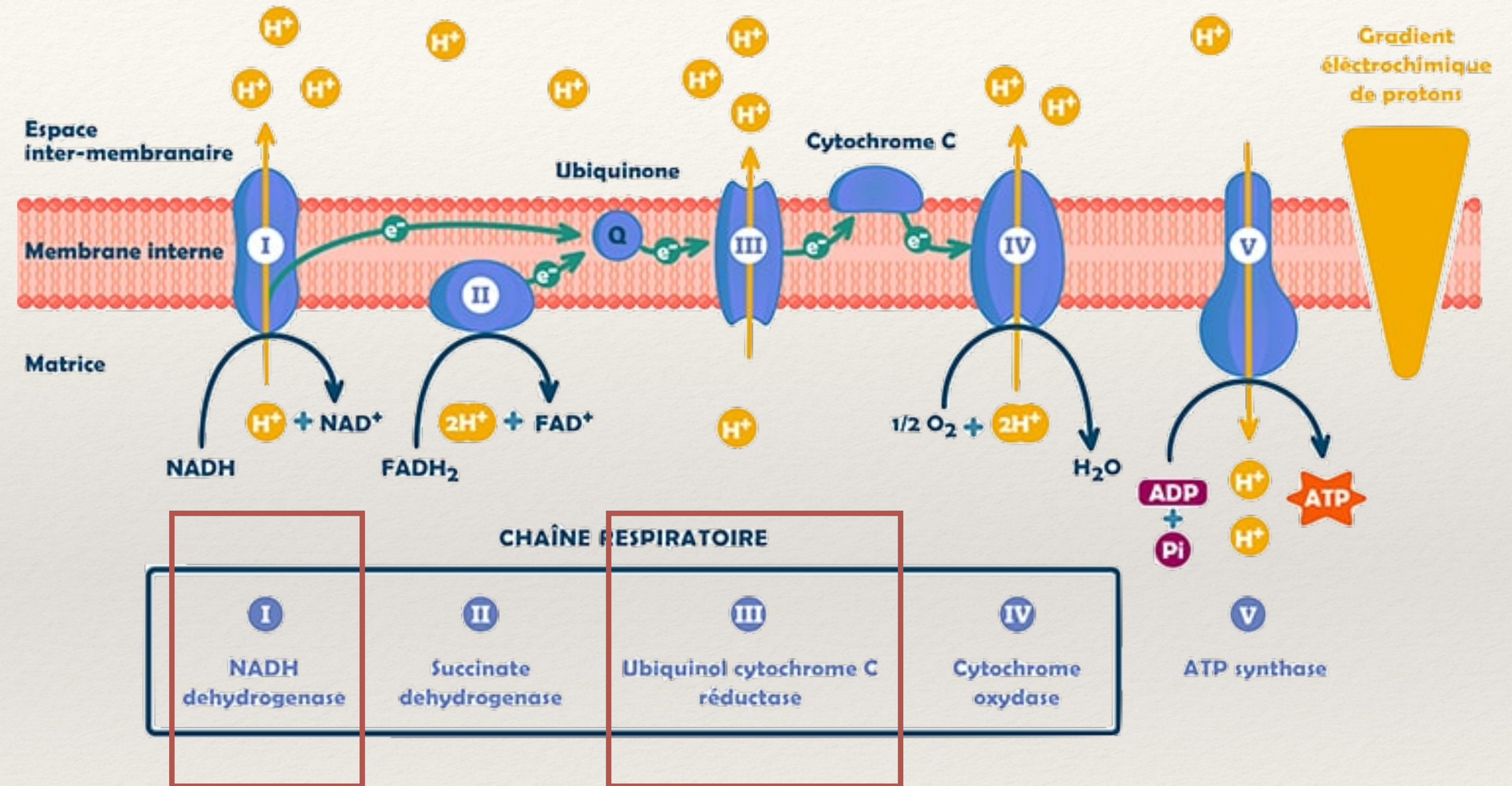
1. Transport de l'oxygène

HEMOGLOBIN



Rôles du fer dans le corps humain

2. Production d'énergie

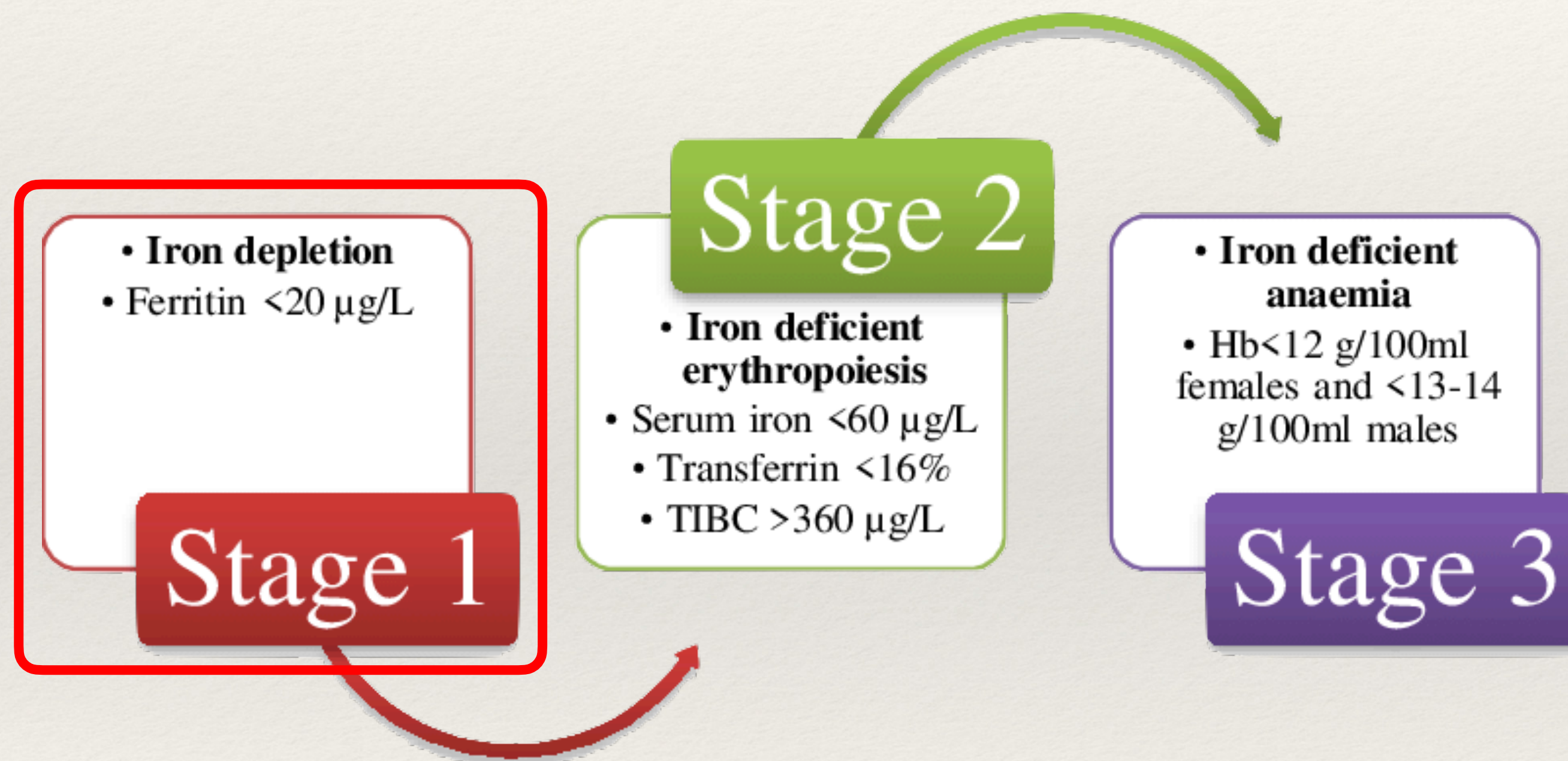


Différence entre anémie et carence en fer

- ❖ La carence : quantité insuffisante de fer dans l'organisme, ce qui peut induire une diminution de la production d'hémoglobine. La carence peut se caractériser par
- ❖ L'anémie : état pathologique caractérisé par une quantité insuffisante de globule rouge dans le sang ou une concentration insuffisante d'hémoglobine. L'anémie peut se caractériser par un taux d'hémoglobine $< 120 \text{ g/L}$ de sang. L'anémie peut entraîner des symptômes tels que la fatigue, des difficultés respiratoires et une diminution de la tolérance à l'effort.

Quels types de carences ?

Différents stades de la carence en fer :



Valeurs « normales » de ferritine pour un sportif :

- Chez la femme adulte avant la ménopause : 10 à 125 µg/l;
- Chez la femme adulte après la ménopause : 20 à 200 µg/l;

level varies between laboratories. However, levels less than 12 to 23 µg/L are generally recognized as iron deficient, given a near absence of bone marrow iron stores.¹⁰ The sFer level at

Rubeor, A., Goojha, C., Manning, J., & White, J. (2018). Does Iron Supplementation Improve Performance in Iron-Deficient Nonanemic Athletes? Sports Health, 10(5), 400. <https://doi.org/10.1177/1941738118777488>



L'augmentation du taux de ferritine peut également être due à une blessure ou inflammation

Comment mesure -t-on le fer ?

Différents facteurs à prendre en compte :

- ❖ Ferritine sérique
- ❖ Transferrine et capacité totale de fixation du fer (TIBC)
- ❖ Saturation en transferrine
- ❖ Fer sérique
- ❖ Hémogramme

Comment mesure -t-on le fer ?

Différentes interprétations des résultats de bilan sanguin par prise de sang

Taux par rapport à la norme	Inférieur	Supérieur
Ferritine (20 à 400 nl/ng de sang)	Indicateur d'une anémie par manque de fer.	Excès de fer. La cirrhose du foie, l'hyperthyroïdie, une anémie non ferriprive ou encore des états inflammatoires.
Fer sérique (50 à 150 microgrammes/dl de sang)	Anémie par manque de fer. Chez les gens qui absorbent mal le fer de l'alimentation ou qui ont une alimentation peu équilibrée, un résultat faible en fer est possible. Une baisse du fer est souvent associée à certaines maladies chroniques.	Excès de fer dans le sang évoquant une hémossidérose ou une hémochromatose. Des problèmes de foie peuvent également expliquer ces résultats.
Transferrine (2 à 4 g/l de sang)	Cela indique dans certains cas une maladie inflammatoire ou une diminution des protéines dans le sang.	Anémie par manque de fer ou d'une hémochromatose. Grossesse
Hémoglobine (12g/dl de sang)	Anémie ferriprive, anémie associée aux maladies chroniques, troubles génétiques ou hématologiques	Altitude élevée, déshydratation, troubles pulmonaires

La balance de fer

Les pertes journalières

- Jusqu'à 1,1mg/L de rejets via les excréments
- Jusqu'à 0,18mg/L de rejets via l'urine
- Environ 0,6mg/L de rejets via les menstruations
- Environ 0,42mg/L de rejets via la transpiration lors d'un exercice de 2 heures

Total : jusqu'à environ 2,3 mg/L/jour pour une femme sportive non ménopausée

Les apports journaliers

Environ 1mg/L de fer absorbé dans l'organisme

Équilibre ?

Manque d'environ 1,3mg/L de fer pour une femme non ménopausée

Haymes, E. M., & Lamanca, J. J. (1989). Iron Loss in Runners During Exercise Implications and Recommendations. Sports Medicine, 7(5), 277-285. <https://doi.org/10.2165/00007256-198907050-00001>

Méthodes d'apport de fer à l'organisme

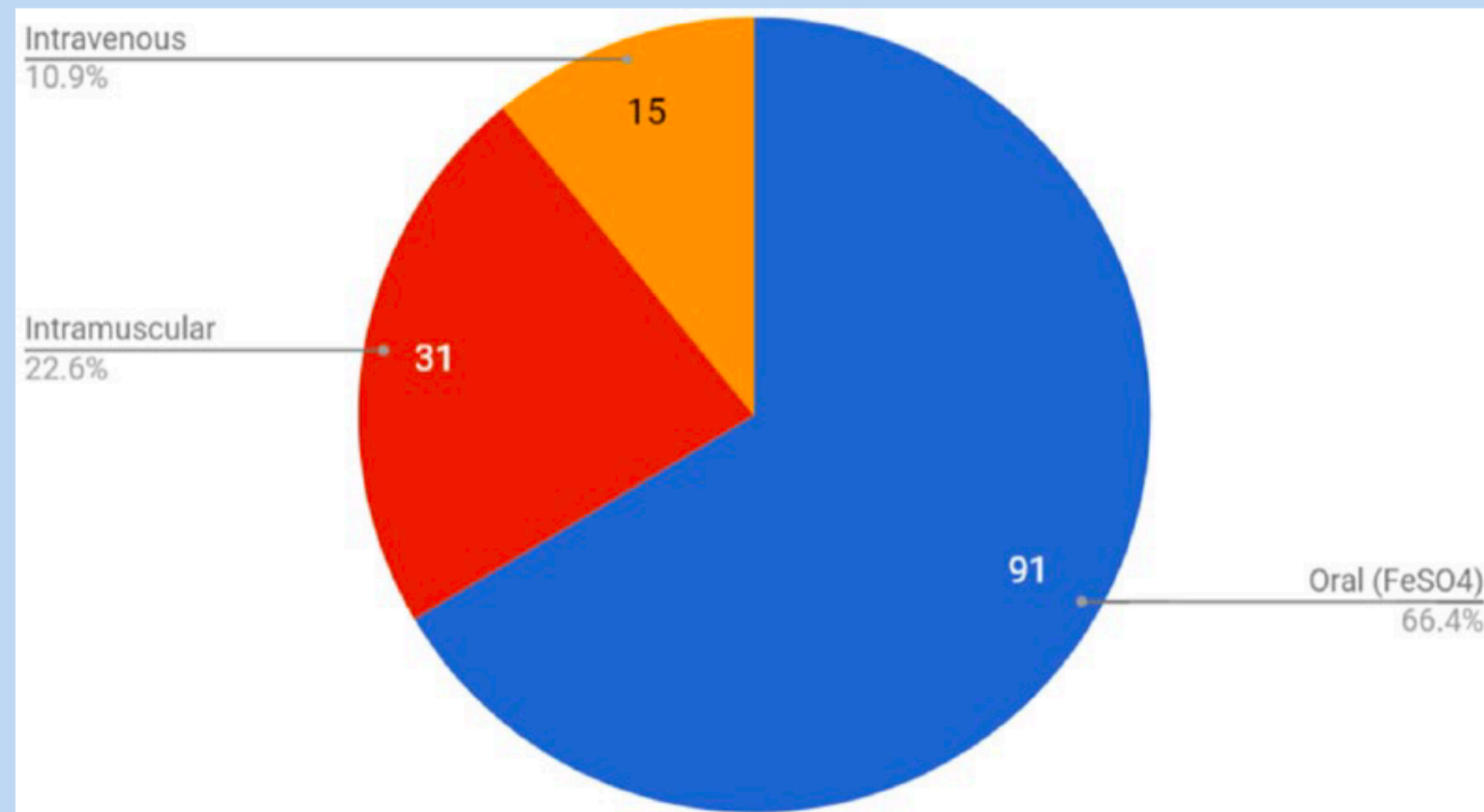


Figure 3. Iron formulations—no performance improvement.

Méthodes utilisées :

- Voie orale
- Voie intramusculaire
- Intraveineuse

Pas de différences entre les diverses méthodes d'apports en fer dans l'organisme

Klingshirn, L. A., Pate, R. R., Bourque, S. P., Davis, J. M., & Sargent, R. G. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(7), 819.

Quels impacts attendus sur les variables liées à la performance ?

- Le fer joue un rôle sur la production d'énergie et surtout sur le transport d'oxygène dans le sang.

Variables liés à la performance à explorer principalement :

- VO2max ? Amélioration ?
- Capacité à maintenir un effort intense dans le temps

L'impact du fer sur la performance

TABLE 3. Maximal oxygen consumption test results.

	Iron		Placebo	
	Pre	Post	Pre	Post
$\dot{V}O_{2\max}$ (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	49.57 ± 5.06	50.47 ± 4.60	51.47 ± 4.04	51.72 ± 4.15
Lactate concentration (mmol · l ⁻¹)				
Pre	1.21 ± 0.43	1.24 ± 0.20	1.40 ± 0.39	1.43 ± 0.60
Stage 1	2.28 ± 0.95	1.63 ± 0.44	1.82 ± 0.51	1.55 ± 0.65
Stage 2	2.40 ± 1.19	1.69 ± 0.33	2.00 ± 0.58	1.74 ± 0.58
Stage 3	3.15 ± 1.79	2.65 ± 0.82	2.98 ± 0.72	2.63 ± 0.78
Stage 4	4.38 ± 1.60	3.91 ± 1.42	4.78 ± 1.27	4.49 ± 0.65
3 min post	7.77 ± 1.52	7.88 ± 0.72	8.65 ± 1.96	7.93 ± 1.52

Values are mean ± SD.



Pas de différences significatives quant aux améliorations de la VO₂max chez les sujets

Klingshirn, L. A., Pate, R. R., Bourque, S. P., Davis, J. M., & Sargent, R. G. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(7), 819.

L'impact du fer sur la performance

TABLE 4. Endurance capacity test results.

	Iron		Placebo	
	Pre	Post	Pre	Post
Time to exhaustion (min)	66.47 ± 7.22	83.23 ± 13.62	65.55 ± 10.11	80.44 ± 10.82
Percent increase		25.52 ± 18.57		22.22 ± 18.03
Lactate concentration (mmol · l ⁻¹) (3 min post)	2.50 ± 1.06	1.93 ± 0.53	3.42 ± 1.53	3.14 ± 1.45
Oxygen consumption				
20 min — ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹	38.62 ± 3.41	37.19 ± 3.32	40.10 ± 2.84	38.91 ± 2.37
— % $\dot{V}O_{2\max}$	78.04 ± 4.31	73.06 ± 2.83	79.90 ± 5.29	76.99 ± 4.42
40 min — ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹	39.16 ± 3.84	37.44 ± 3.75	40.18 ± 2.91	39.00 ± 2.16
— % $\dot{V}O_{2\max}$	79.90 ± 5.66	74.22 ± 3.00	79.87 ± 5.24	77.16 ± 3.73
Respiratory exchange ratio				
20 min	0.97 ± 0.06	0.95 ± 0.03	0.96 ± 0.12	0.97 ± 0.04
40 min	0.98 ± 0.06	0.94 ± 0.02	0.95 ± 0.13	0.96 ± 0.03

Values are mean ± SD.



Pas de différences significatives quant aux améliorations sur le temps d'efforts jusqu'à l'épuisement

Klingshirn, L. A., Pate, R. R., Bourque, S. P., Davis, J. M., & Sargent, R. G. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(7), 819.

Apport chronique ou aigu ?

Apport chronique de fer :

In conclusion, the results of this study indicate that 8 wk of iron supplementation (160 mg of ferrous sulfate, twice a day) can improve the iron status of initially iron-depleted, nonanemic female distance runners. However, this increase in iron stores does not improve endurance capacity as assessed by a prolonged run to exhaustion.

Klingshirn, L. A., Pate, R. R., Bourque, S. P., Davis, J. M., & Sargent, R. G. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(7), 819.

Apport aigu de fer :

Injection de 500mg de carboxymaltose ferrique (Ferinject) une fois en intraveineuse

of perceived exertion or time to exhaustion ($p > 0.05$). **Conclusion:** A single 500 mg intravenous iron injection is effective for improving iron status for at least 4 weeks but this does not lead to an improved aerobic capacity. This investigation suggests that iron availability supersedes

Burden, R. J., Pollock, N., Whyte, G. P., Richards, T., Moore, B., Busbridge, M., Srai, S. K., Otto, J., & Pedlar, C. R. (2015). Effect of Intravenous Iron on Aerobic Capacity and Iron Metabolism in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(7), 1399. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000568>



Pas d'améliorations significatives entre un apport aigu et un apport chronique sur la capacité aérobie des coureuses.

Recommandations

- Avoir une alimentation plus riche en fer :

Fer héminique		Fer non héminique	
Aliments	Teneur (mg/100g)	Aliments	Teneur (mg/100g)
Boudin noir	23	Dulse	35
Porc	15,3	Spiruline	28,5
Foie de porc	15	Wakame	17,2
Palourdes	10	Soja	16
Rognons boeuf	9,5	Sésame	14,6
Poulpe	9,5	Lentilles vertes	9,4
Foie gras canard	6,4	Haricots blancs	8
Bœuf braisé	6	Chia	8
Canard cuit	3,3	Quinoa	7
Huitres	2	Germe de blé	7
		Pois chiche	5,3
		Pistache	4
		Epinards	3,6
		Tofu / Amandes	3
		Œuf entier	1,9
Anthony Berthou	www.sante-et-nutrition.com	Jaune d'œuf cuit	1

Recommandations

- Lorsque la personne est en carence :
- Pour une meilleure absorption, il est recommandé de prendre du fer au moins 30 minutes avant un repas.
- Pour une meilleure absorption, il est recommandé d'apporter de la vitamine C (ex : orange) afin de mieux assimiler le fer.
- Avoir un suivi régulièrement sur le taux de ferritine dans le sang afin de ne pas être en surcharge :
 - Taux de ferritine dans le sang à ne pas dépasser :
 - Pour une femme de 20 à 29 ans : $65\mu\text{g/L}$
 - Pour une femme de 30 à 39 ans : $80\mu\text{g/L}$
 - Pour une femme de 40 à 49 ans : $100\mu\text{g/L}$
 - Pour une femme de plus de 50 ans : $200\mu\text{g/L}$

Bilan

- Pour notre marathonnienne de 26 ans :
 - Si carence en fer (entre 12 et $23\mu\text{g/L}$ de ferritine) :
 - Supplémentation par l'alimentation ou par la prise de cellules à hauteur de 15 à 30mg 1j/2 pendant 6 mois
 - Supplémentation avec vitamine C afin d'assimiler au mieux et de limiter les douleurs intestinales
 - Si pas de carence en fer (entre $23\mu\text{g/L}$ et $60\mu\text{g/L}$ de ferritine) :
 - Surveillance de la concentration via des prises de sang
 - Maintien de l'apport en fer à environ 18mg/jour
 - Si surcharge en fer (au dessus de $60\mu\text{g/L}$ de ferritine) :
 - Alimentation basée sur des protéines végétales non-héminiques, aliments riches en phytates, oxylates et calcium qui vont réduire et altérer l'absorption du fer dans l'organisme
 - Des saignées doivent être faites pour descendre rapidement la concentration de fer

Bibliographie

- Gineste, A. (2016). Fer et immunité innée : vers une meilleure compréhension des mécanismes développés par l'hôte pour réduire le fer accessible aux pathogènes.
- Moen, I. W., Bergholdt, H. K. M., Mandrup-Poulsen, T., Nordestgaard, B. G., & Ellervik, C. (2018). Increased plasma ferritin Concentration and Low-Grade Inflammation —A Mendelian randomization study. *Clinical Chemistry*, 64(2), 374-385. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2017.276055>
- Stein, J., Hartmann, F., & Dignass, A. U. (2010). Diagnosis and management of iron deficiency anemia in patients with IBD. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 7(11), 599–610. doi:10.1038/nrgastro.2010.151
- Zimmermann, M., & Hurrell, R. F. (2007). Nutritional iron deficiency. *The Lancet*, 370(9586), 511-520. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)61235-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)61235-5)
- Haymes, E. M., & Lamanca, J. J. (1989). Iron Loss in Runners During Exercise Implications and Recommendations. *Sports Medicine*, 7(5), 277-285. <https://doi.org/10.2165/00007256-198907050-00001>
- Rubeor, A., Goojha, C., Manning, J., & White, J. (2018). Does Iron Supplementation Improve Performance in Iron-Deficient Nonanemic Athletes? *Sports Health*, 10(5), 400. <https://doi.org/10.1177/1941738118777488>
- Burden, R. J., Pollock, N., Whyte, G. P., Richards, T., Moore, B., Busbridge, M., Srai, S. K., Otto, J., & Pedlar, C. R. (2015). Effect of Intravenous Iron on Aerobic Capacity and Iron Metabolism in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(7), 1399. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000568>
- Klingshirn, L. A., Pate, R. R., Bourque, S. P., Davis, J. M., & Sargent, R. G. (1992). Effect of iron supplementation on endurance capacity in iron-depleted female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(7), 819.