Plasticité et formation des artères et des veines dans l'œuf de poule

Publié le 12.06.14 | Par Delphine Moyon

Cet article présente la formation de deux types de vaisseaux dans l'œuf de poule et discute de ses modalités : la mise en place de ces vaisseaux dépend-elle du milieu environnant ou est-elle déterminée dès l'origine ?

1. Introduction

Le système cardio-vasculaire des Vertébrés est composé de trois éléments : un liquide (le sang), une pompe (le cœur) qui permet de mettre ce liquide en mouvement, et des conduits (les vaisseaux). On distingue trois types de conduits – les artères, les veines et les capillaires – qui diffèrent aussi bien par leur fonction que par leur structure. Les capillaires, vaisseaux très ramifiés et de très faible diamètre, permettent les échanges entre le sang et les organes irrigués.

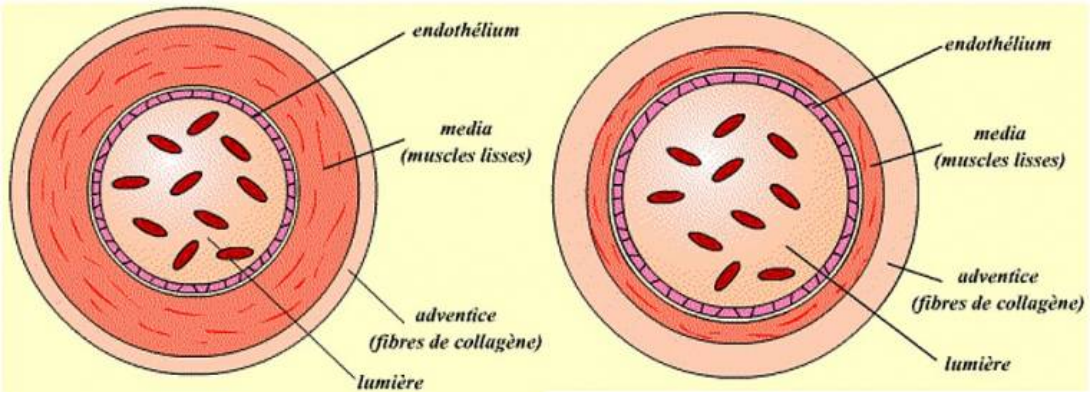


Figure 1 - Coupe transversale d'une artère (à gauche) et d'une veine (à droite)
Les artères conduisent le sang du cœur vers les organes périphériques. La majorité des artères possède une paroi épaisse, composée de cellules musculaires, ce qui permet de conserver une pression sanguine élevée lors du trajet du sang. Les veines conduisent le sang des organes vers le cœur. Elles présentent une paroi plus mince, ce qui leur confère une grande élasticité.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

Artères et veines forment un réseau continu de vaisseaux sanguins, reliées par les capillaires et le cœur. Afin d'améliorer les traitements de certaines pathologies humaines, la question s'est posée de comprendre comment se forment les artères et les veines. On peut en particulier se demander ce qui, au cours du développement embryonnaire, distingue ces deux types de vaisseaux sanguins.

Grâce aux techniques de biologie moléculaire, il est maintenant possible d'étudier la formation des artères et des veines aussi bien du point de vue des molécules présentes à la surface des vaisseaux que du point de vue de leur morphologie. En particulier, l'étude des capacités de plasticité du système vasculaire au cours de son développement ont ainsi pu être approfondies.

2. Développement des vaisseaux : plasticité ou prédétermination ?

Au cours du développement embryonnaire, veines et artères se mettent en place progressivement à partir d'un plexus capillaire (une sorte de maillage de petits vaisseaux). Les vaisseaux sont tous semblables morphologiquement au début, leurs particularités ne sont visibles qu'une fois la circulation du sang bien établie.

Il est possible d'étudier les marqueurs de ces vaisseaux : il s'agit de molécules exprimées spécifiquement par l'un ou l'autre type de vaisseau. On remarque que des marqueurs spécifiques des veines ou des artères sont décelables très précocement, avant même que ces vaisseaux diffèrent d'un point de vue morphologique.

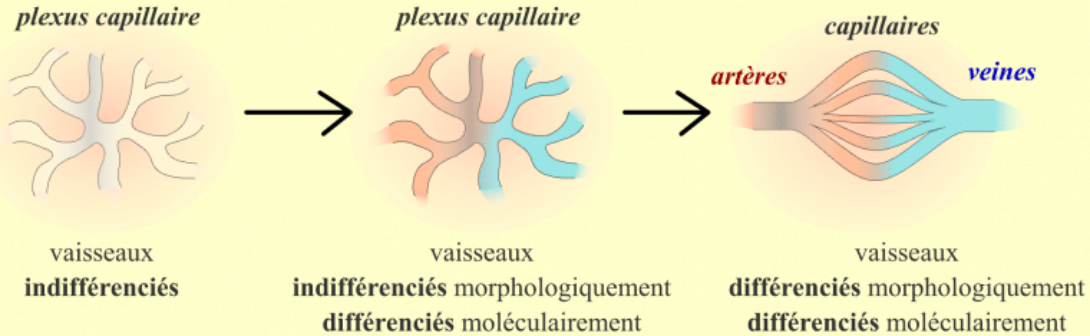


Figure 2 - Différenciation en deux étapes des vaisseaux sanguins
Dans un premier temps une différenciation moléculaire (présence de marqueurs, symbolisés ici par la coloration rouge ou bleue) est réalisée. Dans un deuxième temps, la différenciation morphologique se met en place.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

Le problème se pose donc de savoir quelle est l'importance de ces marqueurs. On peut en effet imaginer deux hypothèses :

- Tous les vaisseaux sont identiques dans un premier temps. Suite aux conditions de milieu (par exemple le flux sanguin qui les traverse), ils s'engagent dans une voie de différenciation de type veineux ou artériel. La première étape de cette voie de différenciation est alors d'exprimer les marqueurs « veines » ou « artères ».
- Les vaisseaux sont séparés en deux populations, artérielle et veineuse, dès l'origine.

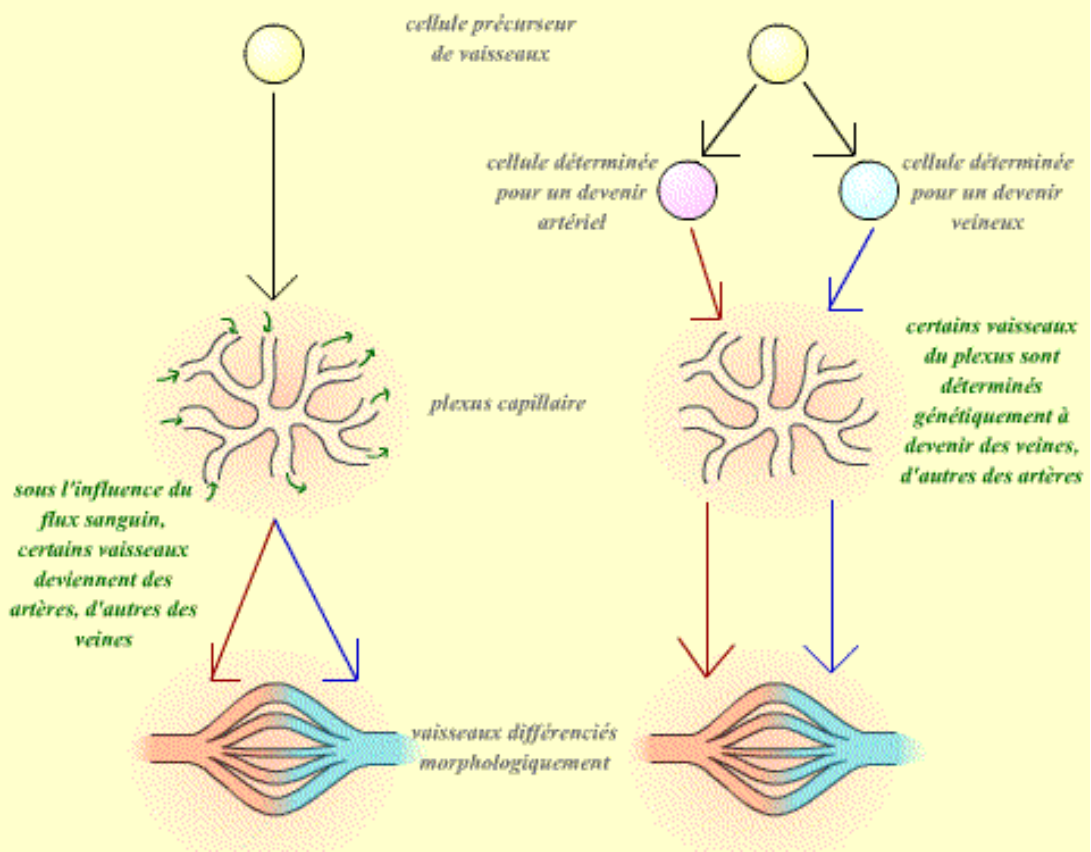


Figure 3 - Les deux hypothèses de détermination entre un devenir artériel et un devenir veineux
Dans la première hypothèse (à gauche), ce sont les conditions du milieu qui déterminent le devenir des vaisseaux. Dans la deuxième hypothèse (à droite), les vaisseaux sont déterminés dès leur origine dans leur devenir.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

La première hypothèse suppose donc que le devenir des vaisseaux dépend de leur environnement ; on peut donc supposer que si l'on modifie cet environnement, on modifiera alors leur spécificité (artère ou veine).

Au contraire, dans le cas de la deuxième hypothèse, on peut supposer que chaque vaisseau suivra exactement la même voie de différenciation, quel que soit son environnement.

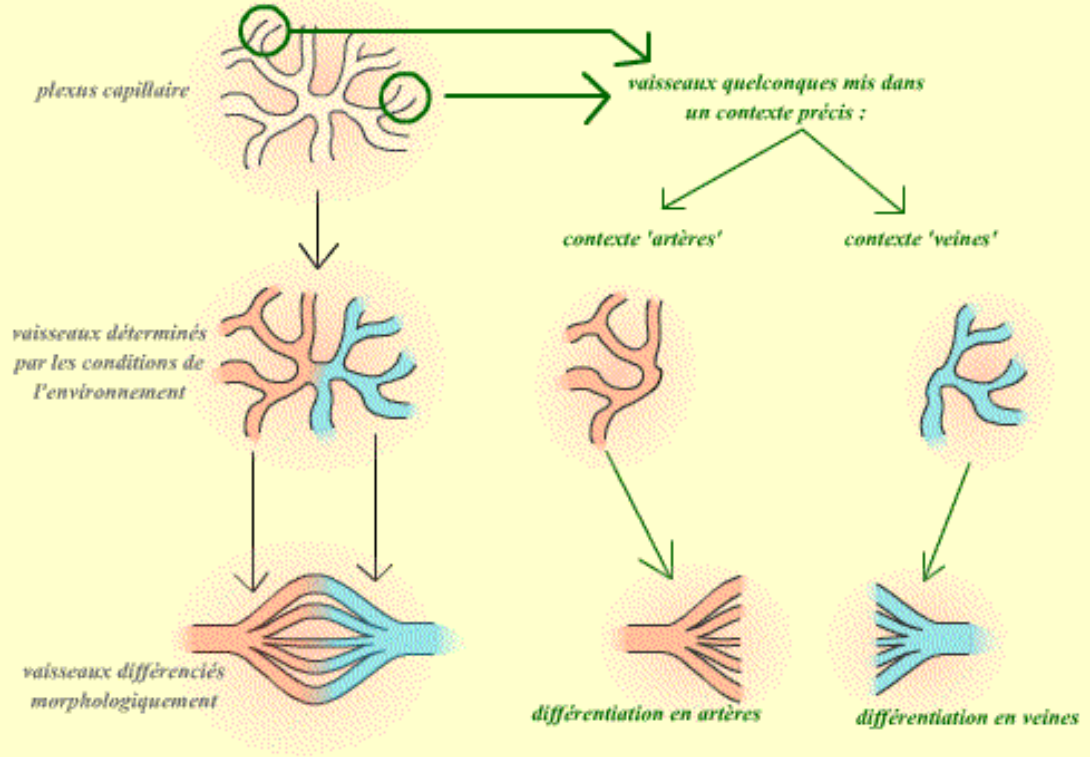


Figure 4 - Conséquence de la première hypothèse
Si la différenciation en artère ou veine dépend du contexte, alors il doit être possible d'influer sur le devenir d'un vaisseau : un vaisseau (quelle que soit sa provenance) mis dans un contexte artériel donnant alors une artère, et un vaisseau mis dans un contexte veineux donnant une veine.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

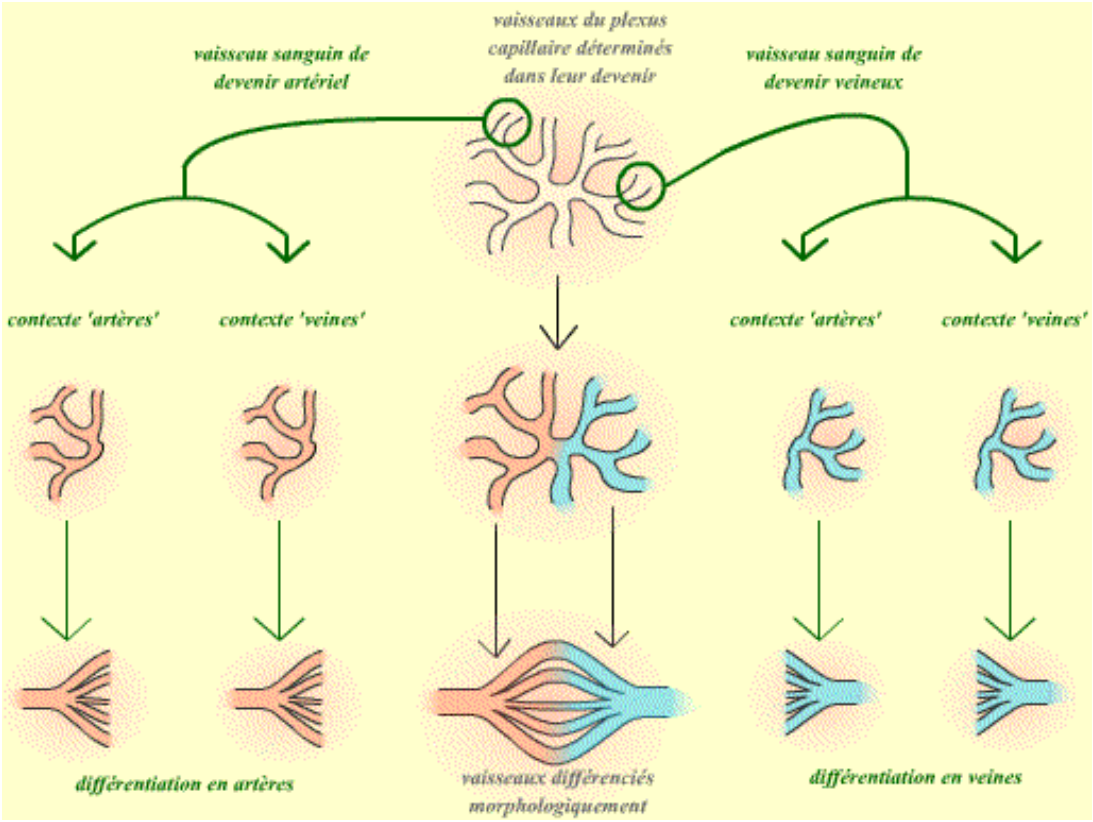


Figure 5 - Conséquence de la deuxième hypothèse
Si la voie de différenciation d'un vaisseau est déterminée indépendamment de son environnement, alors un vaisseau qui aurait donné, à sa place d'origine, une artère donnera toujours une artère, même si on le place dans un contexte veineux. De même, un vaisseau qui aurait donné normalement une veine donnera alors toujours une veine : ces vaisseaux sont déterminés dans leur devenir.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

Les deux hypothèses émises correspondent donc à deux types de développement :

- Plasticité des cellules à l'origine des vaisseaux pour la première hypothèse.
- Prédétermination (et donc absence de plasticité) pour la deuxième hypothèse.

3. Observations *in ovo*

Avant de réaliser des expériences permettant de choisir entre ces deux hypothèses, observons comment se mettent en place les artères et les veines.

Pour réaliser ces observations (et les expériences par la suite), il est possible d'utiliser un modèle simple d'accès : l'embryon de poulet. En effet, celui-ci possède un réseau vasculaire extra-embryonnaire, qui lui permet de se nourrir à partir du vitellus (le « jaune » de l'œuf).

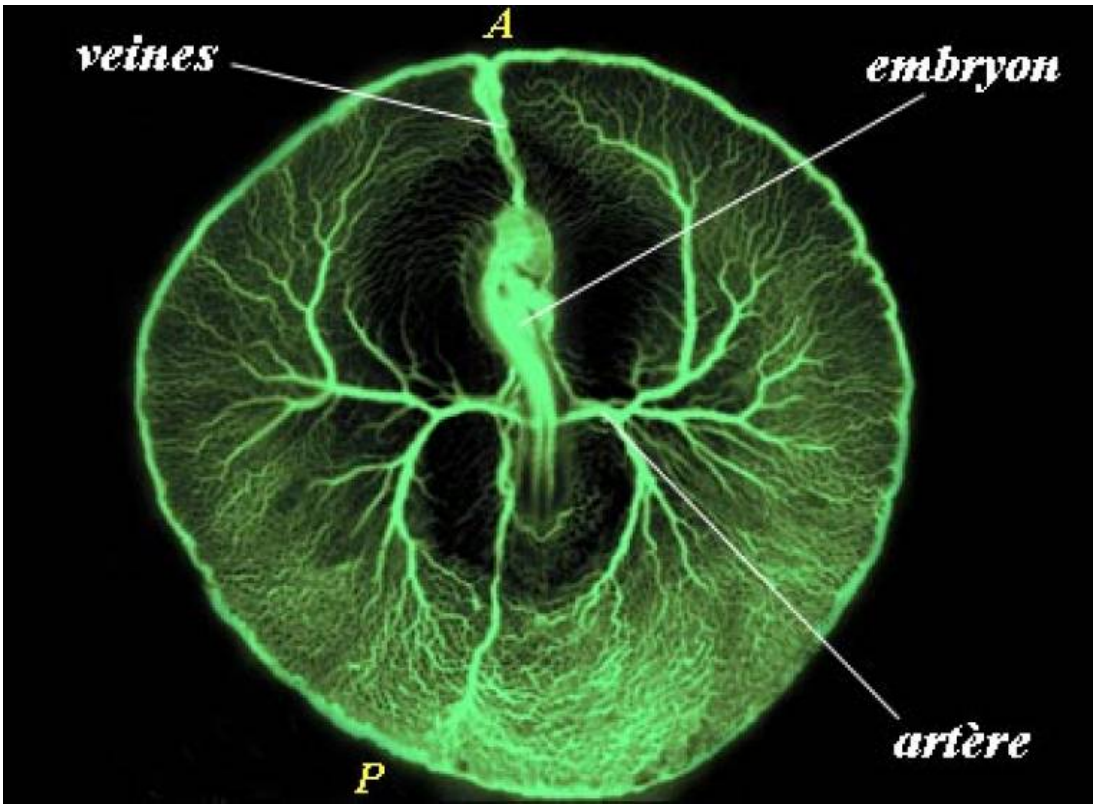


Figure 6 - Réseau vasculaire extra-embryonnaire d'un embryon de poulet
L'embryon est visible au centre de l'image. On peut noter les deux artères qui en émergent (une de chaque côté) et se ramifient en un grand nombre de petits vaisseaux. Le sang revient à l'embryon grâce à des veines de gros diamètre. L'embryon est observé par la face dorsale. A : antérieur ; P : postérieur.

Auteur(s)/Autrice(s) : Delphine Moyon – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

L'intérêt de ce modèle est que cette observation est facile (il suffit d'ouvrir la coquille d'un œuf de poule au bon stade de développement) et que les vaisseaux étant très accessibles, il est possible d'intervenir expérimentalement sur leur environnement. Par contre, le défaut de ce modèle est que le système vasculaire étudié ici est extra-embryonnaire : la différenciation des veines et des artères à l'intérieur du corps de l'embryon n'est donc pas accessible (nous reviendrons en conclusion sur les conséquences de cette nature extra-embryonnaire de ces vaisseaux).

La formation des vaisseaux extra-embryonnaires se réalise en même temps que la circulation sanguine se met en place : à partir d'un ensemble de petits vaisseaux on observe leur fusion en deux gros vaisseaux de part et d'autre de l'embryon, les artères vitellines. Le remodelage du plexus capillaire autour de ces artères permet ensuite la formation des veines vitellines.

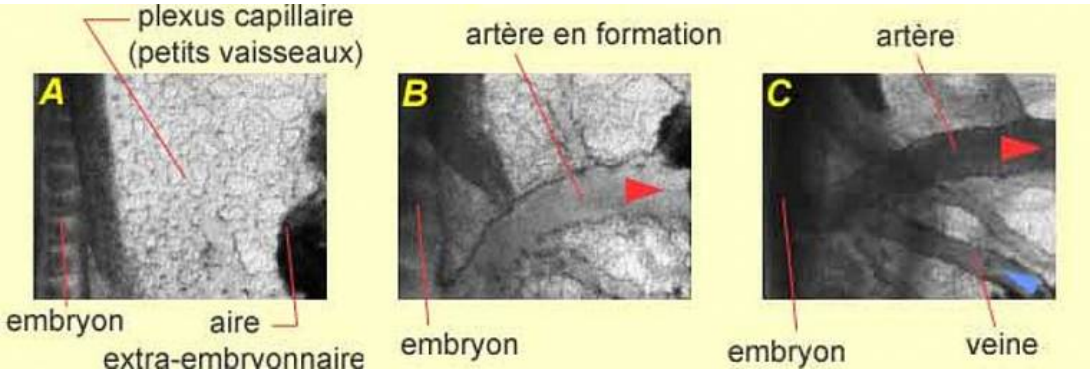


Figure 7 - La fusion des petits vaisseaux du plexus capillaire, sous l'action du sang circulant, permet la formation d'une artère
Ces photos présentent trois étapes de processus : A. Plexus capillaire. B. Les artères se forment dans un premier temps. C. Artères et veines formées.

Auteur(s)/Autrice(s) : Delphine Moyon – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)


Fusion des petits vaisseaux du plexus capillaire dans l'aire extra-embryonnaire d'un embryon de poulet
Delphine Moyon


Apparition des gros vaisseaux dans l'aire extra-embryonnaire d'un embryon de poulet
Delphine Moyon

4. Étude expérimentale

Afin de tester nos deux hypothèses, l'expérience suivante a été réalisée : la circulation sanguine a été stoppée dans l'artère vitelline droite. Pour cela, on a utilisé une pince de Stefan. Cet outil permet de soulever l'artère, ce qui entraîne l'obturation du conduit. Toute la partie droite du sac vitellin n'est alors plus irriguée.

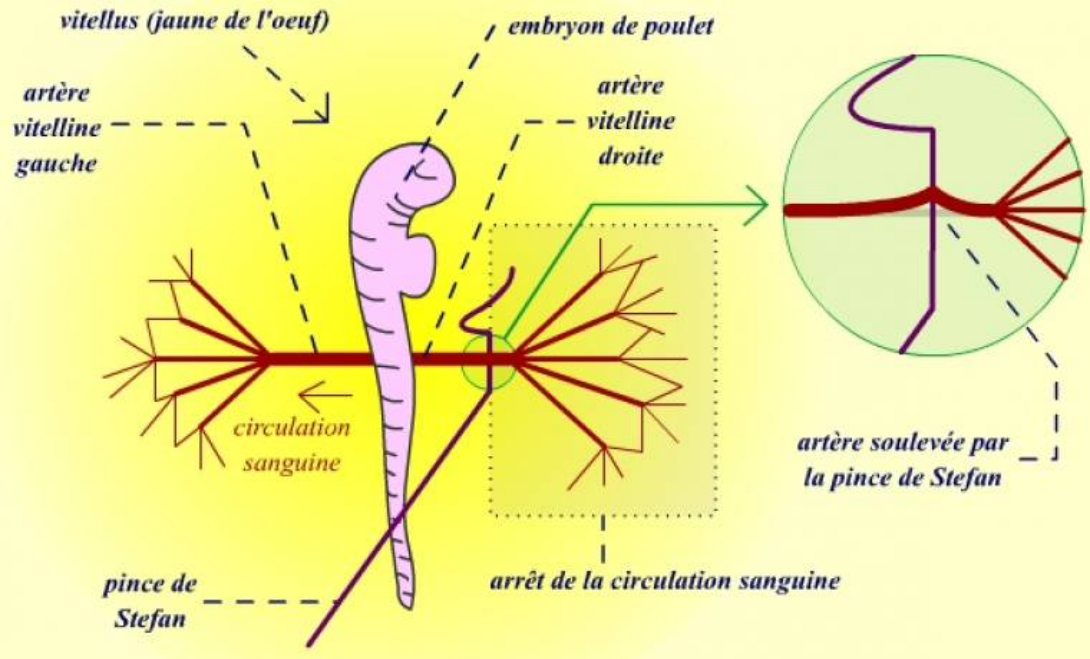


Figure 8 - Principe de l'expérience
La pince de Stefan permet de bloquer l'afflux sanguin dans les artères, d'un côté de l'embryon.

Auteur(s)/Autrice(s) : Gilles Camus – Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut)

Lorsqu'on réalise ces expériences de ligature des veines, on bloque l'afflux sanguin dans une jeune artère de l'aire extra-embryonnaire du poulet, on observe alors sa transformation en une veine, qui fusionne avec les capillaires veineux existants. L'autre côté de l'embryon, qui n'est pas opéré, se développe normalement.

5. Conclusion

L'expérience de ligature des veines grâce à la pince de Stefan montre qu'il existe une réelle plasticité des vaisseaux sanguins, aux stades précoces de leur développement. Toutefois, cette possibilité de changer de devenir disparaît, en même temps que leur différenciation s'accentue. Le modèle du système circulatoire extra-embryonnaire du poulet permet donc de montrer l'importance des conditions de leur environnement dans la détermination du devenir des vaisseaux conducteurs en cours de différenciation.

Toutefois, des expériences complémentaires montrent que les choses ne sont pas si simples : si les conditions du milieu jouent un rôle important, une certaine part de prédétermination (liée en particulier à l'expression de gènes spécifiques) existe aussi.

Le développement des vaisseaux sanguins du système circulatoire embryonnaire, à l'origine du système circulatoire de l'adulte, semble lui aussi dépendre pour partie d'une prédétermination génétique et pour partie des conditions dans lesquelles se trouvent ces vaisseaux. L'intervention de ces conditions environnementales permet le modelage précis et complexe de l'irrigation sanguine des organes.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

Delphine Moyon

Docteur en biologie moléculaire

RELECTURE ÉDITORIALE ET MISE EN LIGNE

Gilles Camus

Professeur agrégé de SVT. Il a été le responsable éditorial du site Planet-Vie de 2004 à 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

