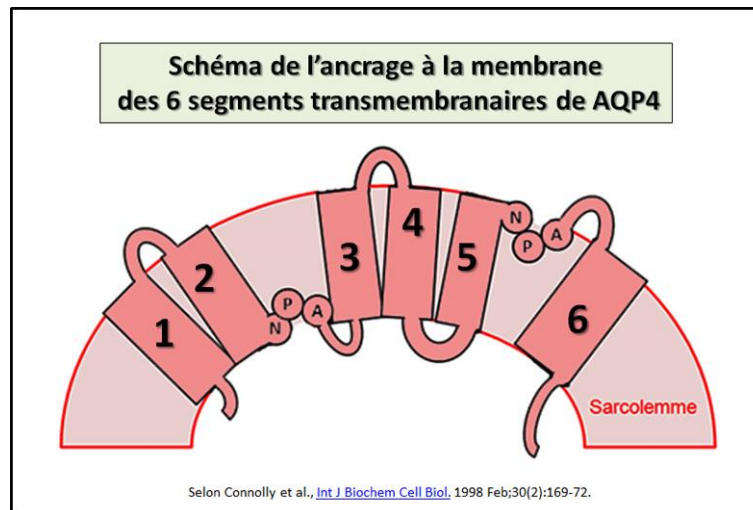


Aquaporine-4

Introduction



La famille des Aquaporines comprend plusieurs membres spécialisés dans le transport de l'eau au travers de la membrane. C'est ainsi que l'on a pu dresser un portrait-robot de ces diverses protéines qui possèdent toutes de nombreuses séquences trans-membranaires qui vont ancrer cette protéine à la membrane comme présenté dans le schéma ci-dessous issu d'une [revue sur cette famille de protéines](#).

Dans ce schéma on représente le monomère Aquaporine possède 6 séquences trans-membranaires (indiquées par des rectangles rose numérotés de 1 à 6). Cette protéine possède ses extrémités N-terminale et C-terminale dans la zone cytoplasmique de la cellule.

Les motifs NPA (=Asparagine-Proline-Alanine) situés dans les boucles de jonctions après les séquences trans-membranaires 2 et 5, composent la charpente du canal trans-membranaire pour l'eau (H₂O).

L'Aquaporine-4 n'est pas sur-exprimée par la vasopressine comme le sont les autres Aquaporines. Elle est exprimée dans le cerveau et sa distribution est compatible avec un rôle dominant dans l'osmorégulation. On la trouve également très abondante dans les poumons et l'estomac ce qui lui confère un rôle dans la sécrétion d'eau dans ces tissus, mais sa présence abondante dans le muscle squelettique lui fait probablement jouer un rôle dans la contraction musculaire.

**Tableau récapitulatif des différentes
séquences d' Aquaporine-4**

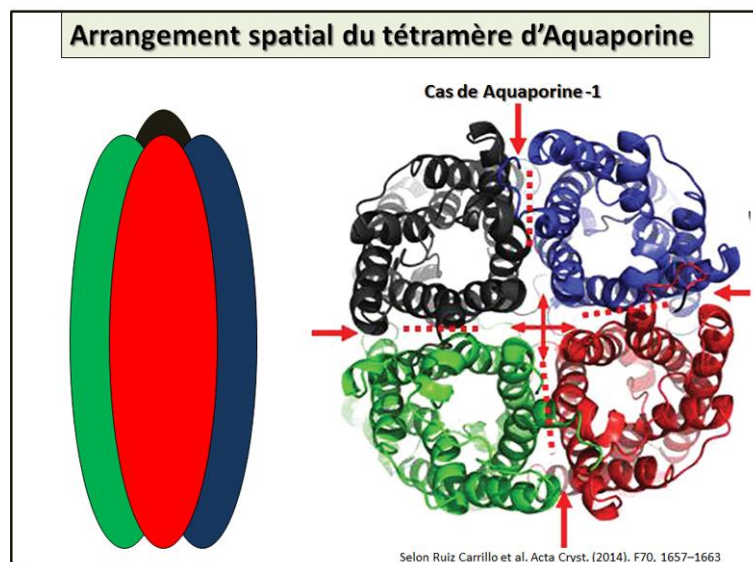
Protéine	PM	Gène	Site d'expression
Aquaporine-4	35 kDa	18q11.2-q12.1	Muscle

On trouvera de nombreuses informations de séquence dans le tableau ci-dessous, en particulier sur l'Aquaporine-4, soit l' [AQP-4, qui a été clonée chez l'homme et c'est cette isoforme en particulier que l'on trouve dans le muscle](#)

Toutes les propriétés répertoriées dans les banques de données sont résumées dans un tableau avec le lien suivant : ([P55087](#)).

Rôle fonctionnel de l'Aquaporine-4

Les Aquaporines et plus particulièrement l'AQP4 dans le muscle est une [protéine spécialisée dans la perméabilité de la membrane à l'eau](#). En fait dans le muscle squelettique l'Aquaporine-4 va nécessiter au sein de la **membrane une relation spécifique avec d'autres partenaires** tels le complexe dystrophine et plus particulièrement avec les Syntrophines comme on va le voir dans le chapitre des partenaires membranaires de l'AQP-4. On va rencontrer préférentiellement l' [AQP-4 comme abondante dans les fibre musculaires de type rapide](#) (fast-twitch).

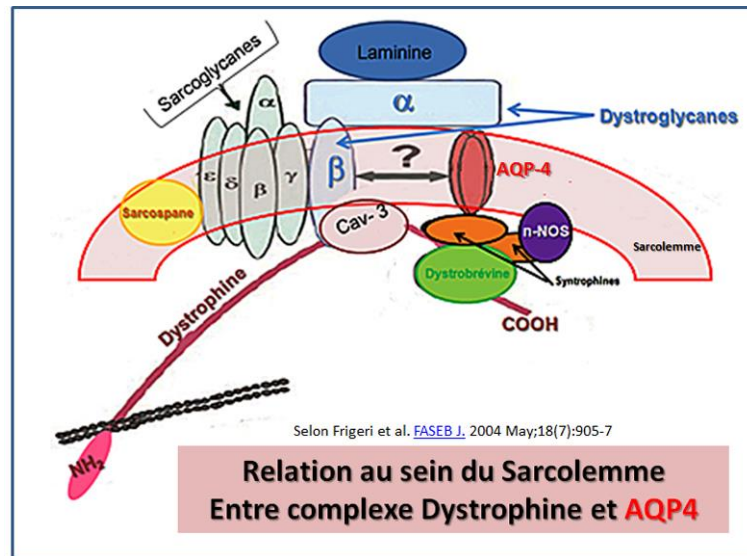


Les diverses organisations [des tétramères d'Aquaporine-4 \(AQP4\) ont schématisés au niveau de la membrane plasmique](#) de la cellule musculaire dans un travail utilisant la Microscopie Électronique de Cryofracture (*FFEM*). Les tétramères d'AQP4 forment des structures particulières appelées arrangements orthogonaux. Ainsi parmi plus de 13 isoformes d'Aquaporine actuellement répertoriée une analyse des cristaux obtenus à partir d'une aquaporine de type 1 permet d'illustrer la conformation du tétramère au sein de la membrane comme cela est illustré ci-contre (voir [détails dans l'article en référence](#)).

Partenaires membranaires de l'AQP-4

Il y a association entre des protéines appartenant [au complexe autour de la dystrophine et l'AQP-4](#). Une démonstration directe est l'identification de [l'Alpha-Syntrophine comme partenaire essentiel](#). En fait le *domaine PDZ* de l'Alpha-Syntrophine va [ancrer l'AQP-4 mais aussi la n-NOS](#) à la membrane de la fibre musculaire. La [palmitoylation de la Dystrobrevine permet de restaurer la Syntrophine et l'AQP-4](#) dans un muscle déficient en dystrophine mais ne permet pas d'ancrer à la membrane du muscle la n-NOS. Au niveau

du [muscle squelettique et plus particulièrement dans la zone dite des T-tubules](#), un récent travail vient de déterminer que l'on trouve la canal pour l'eau nommé Aquaporine-4 (AQP-4).



Un schéma récapitulatif de l'ancrage à la membrane autour du « complexe Dystrophine » est présenté ci-dessous selon les [données récentes de la littérature](#). Des informations complémentaires sur son [rôle dans le muscle squelettique](#) sont également disponibles dans un article récent

Aquaporine-4 et Pathologies

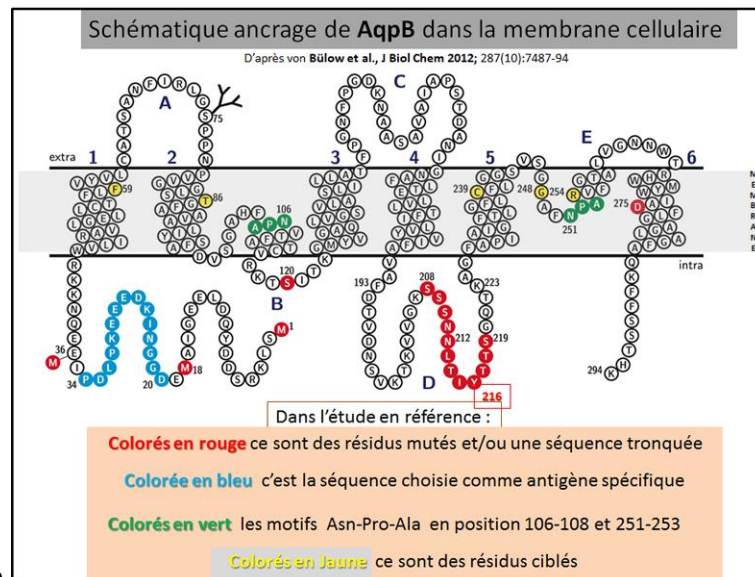
Les pathologies qui touchent *la balance de l'eau* dans la fonction cellulaire présentent [une dérégulation de l'AQP-4](#). C'est des atrophies neurogéniques mais également dans le cas [de la maladie de Fukuyama](#). Mais comme déjà indiqué dans la nature des partenaires de l'AQP-4 on trouve des anomalies de [distribution immunocytoologique de l'AQP-4](#) dans un muscle. Ceci a bien sûr des répercussions sur la [perméabilité à l'eau de la membrane](#) du muscle de la souris mdx (déficiente en Dystrophine). Cependant il faut noter que dans la plupart des [dystrophies musculaires humaines](#) il y a altération de **l'expression de l'AQP-4**. On note ainsi une différence de la distribution [de l'AQP-4 versus l'AQP-1](#) entre les cas de **Dystrophinopathies** ou de **Dysferlinopathies** (voir les chapitres correspondants). On notera également une [réduction sévère de l'AQP-4 dans](#) les cas de **Sarcoglycanopathies** comme dans les **Dysferlinopathies** déjà mentionnées. Ainsi le [tandem Syntrophine-Dystrobrevine joue un rôle important](#) tant pour la distribution de l'AQP-4 que pour la distribution de la n-NOS au sein de la membrane du muscle. dans les cas de pathologies neuromusculaires humaines. Du fait de son efficacité dans la régulation de l'eau et l'homéostasie des ions dans l'espace extracellulaire qui dépend de sa distribution spatiale dans les astrocytes, la répartition différente des formes d' Aquaporine de type 4, (AQP4) dans les échantillons de type IIB FCD (focal cortical dysplasia (FCD) = [Dysplasie corticale focale](#)) peut modifier le [contrôle de l'homéostasie des fluides](#) et le fonctionnement régulier **des cellules neuronales**.

On note par ailleurs que le [déficit en AQP-4](#) provoque un changement dans l'architecture de la cellule gliale périvasculaire sans perturbation de la barrière hémato-endothéliale. Toutes ces raisons font donc de [l'Aquaporine-4 une cible nouvelle pour lutter](#) contre ces diverses pathologies.

- En résumé une revue sur la caractérisation de l' [Aquaporine-4 dans le muscle et dans les dystrophies musculaires](#) se trouve répertoriée dans une récente revue.

Mise à jour récente (depuis 2011)

Un bilan [bibliographique sur l'AQP4](#) est disponible en relation avec les pathologies dépendantes. **Plus récemment**, (Mai 2011), en utilisant des souris sans Aquaporine, « dites AQP4-nulle », un groupe de recherche analyse l'effet de cette absence d'AQP4 sur la morphologie et la composition en protéines du sarcolemme ainsi que sur le protéome de son muscle squelettique déficient en AQP4. L'analyse en immunofluorescence montre que l'absence d'AQP4 ne perturbe pas l'expression et la localisation cellulaire des protéines appartenant au complexe Dystrophine-Glycoprotéine, en dehors de ceux appartenant à la matrice extracellulaire, et aucune modification n'a été trouvée dans l'intégrité du sarcolemme. Ensemble, [ces résultats suggèrent que l'AQP4 est cependant](#) à considérer **comme un déterminant annexe** dans la régulation du métabolisme du muscle squelettique et il permet de mieux définir le rôle de cette voie des molécules d'eau dans la physiologie du



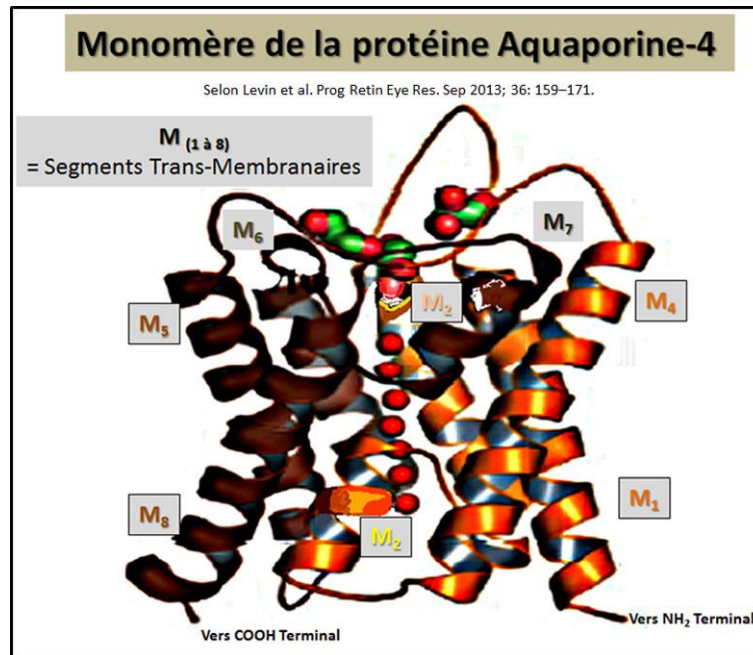
muscle squelettique.

Un nouveau type d' Aquaporine a été découvert chez *D. discoideum*. Ce nouveau type d' AQP a été cloné sous la référence **AqpB**. Cette petite protéine d'environ 30 kDa possède 6 séquences trans-membranaires numérotée de 1 à 6. Cela implique des tronçon de la séquence totale qui forment des boucles situées dans le cytoplasme de la cellule et/ou disposées dans la zone de la matrice extracellulaire. Ces boucles sont codifiées de A à E tandis que les 2 extrémités N-terminale et C-terminale sont localisée dans le cytoplasme cellulaire. Une illustration schématise cette disposition comme présenté ci-dessous ([Voir également détails dans l'article indiqué](#)).

Localisé dans la boucle "D" le résidu Tyrosine Y216 (voir schéma ci-dessus) se présente comme un résidu clé pour permettre un bon fonctionnement du canal H₂O. . (détail dans [la référence indiquée](#)).

- Une description détaillée de l'induction de l'Aquaporine-4 dans les astrocytes est [disponible dans la référence indiquée](#)

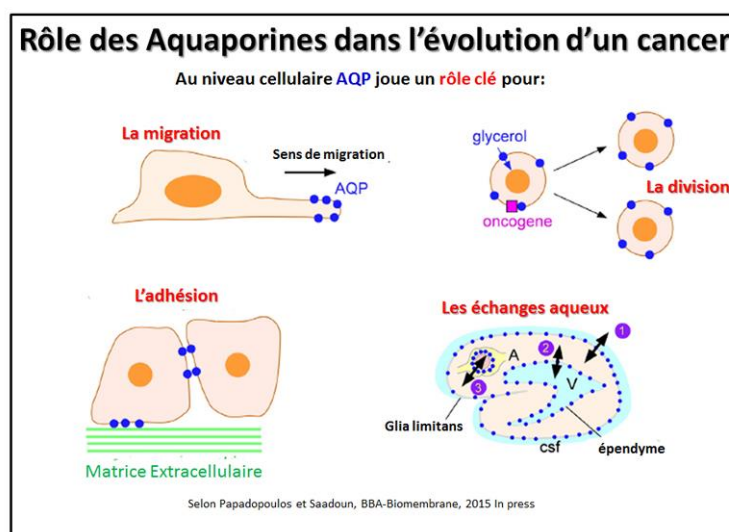
- L'utilité des **anticorps spécifiques dirigés contre l'aquaporine-4** (en particulier celui baptisé « AQPA-Ab »), est utilisé chez les patients atteints de NMOSD («NeuroMyelitis Optica Spectrum Disorders »).
- Une technique de plasmaphérèse suivie d'une Thérapie dite IVMP permet d'éliminer efficacement des anticorps anti-AQP4. Ce traitement est accompagné d'une amélioration substantielle de la déficience neurologique des patients atteints de NMOSD.
- Il existe une séropositivité pour les anticorps anti-Aquaporine-4 chez les patients atteints de « myasthénie gravis ».
- Un travail de recherche rapporte une mauvaise localisation de l' AQP4 qui précède des crises chroniques de l'épilepsie dans le modèle kainate du lobe temporal. (Voir détails dans l'article en référence)
- La contribution des cellules gliales et des canaux spécifique pour l'eau « Aquaporine-4 » dans le cas de la neuropathologie de l'arrêt cardiaque est encore ignoré ; c'est le commentaire général que font les auteurs de l'article en référence.
- Il existerait une relation temporelle entre l'aquaporine-4 et la protéine gliale fibrillaire du cervelet de rats chez les nouveau-nés comparés à des adultes auxquels on administre du venin d'araignée. (plus de détails sur cette perturbation de la BBB (blood brain barrier) dans le travail en référence.
- Il est fait mention d'une fonction immunologique de l'aquaporine-4 sur un cerveau de souris suite à une altération par un coup de poignard, de concert avec un inducteur de cytokines pro-inflammatoires, l' Ostéopontine.
- On observe un rôle important de **l'Aquaporine-4** dans l'expression post-traumatique dite syringomyélie.
- La pertinence clinique du niveau d'expression sérique de l'anticorps anti Aquaporine-4 est particulièrement évidente dans le cas d'une Neuromyéélite Optique.
- Il est enregistré qu'une inhibition de l'aquaporine-4 augmente significativement le débit sanguin cérébral régional.
- Le produit référencé comme méthotrexate est une alternative à l'azathioprine dans les troubles du spectre des Neuromyérites optique qui présentent des anticorps anti-Aquaporine-4.
- L' expression de l' Aquaporine-4 contribue à la diminution de la teneur en eau du cerveau pendant le développement postnatal de la souris.
- Il y a une régulation négative du canal pour l'eau (=Aquaporine-4) chez le rat atteint d' Encéphalomyélite auto-immune expérimentale induite par la protéine basique de myéline.
- L'administration systémique de Lipopolysaccharides augmente l'expression de l'**Aquaporine-4** au niveau de la glande hypophyse antérieure chez le rat.
- Une récente découverte fait état de l'existence de ligands qui sont des peptides spécifiques pour s'associer avec les anticorps anti-Aquaporine 4.
- On peut maintenant suivre des anticorps anti-aquaporine-4 radiomarqués et obtenir des imageries pour le complexe anticorps –protéine. C'est un pas important et cela donne une méthode utile pour mieux comprendre les cas de Neuromyéélite Optique.



De nombreuses illustrations didactiques de **l'importance de la distribution de l'Aquaporine de type 4 dans la rétine** sont maintenant disponibles dans la référence indiquée. On y trouvera une nouvelle illustration pour la séquence de la protéine elle-même, l'arrangement spatial d'un monomère et une schématisation possible pour la formation du réseau de tétramère susceptible de piéger les anticorps spécifiquement dirigés contre AQP4 (antiAQP4). De nombreux autres détails sont [à consulter dans l'article](#) indiqué, et seule l'architecture du monomère comportant les zones hélicoïdales trans-membranaires est représentée ci-dessous.

Plus particulièrement dans le muscle, le transport de l'eau par le canal AQP4-dépendant, [joue un rôle fonctionnel dans les adaptations induites par l'exercice musculaires squelettiques](#). Mais aussi récemment, la régulation de la polarisation de l'aquaporine-4 est mise en évidence [via les péricytes au niveau des astrocytes corticaux](#) chez la souris.

Nouvelles Avancées depuis 2015

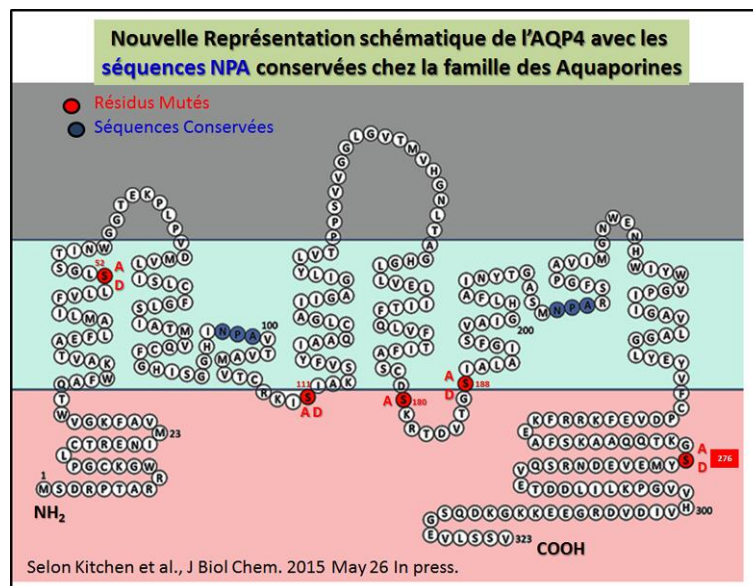


Une [perte de la localisation](#) de la protéine « AQP4 » avec perte de l'immunoréactivité du β -Dystroglycane peut provoquer un œdème cérébral suite à une hémorragie intracérébrale. Plusieurs revues de la littérature font la critique du statut de marqueur sérologique de neuromyéélite optique pour les anticorps anti-Aquaporine-4

Une revue en particulier offre [un guide pour le diagnostic](#) précoce des troubles auto-immunes associées à neuromyéélite optique en corrélation avec l'aquaporine-4 et ses anticorps spécifiques.

Les Aquaporines 4 sont ainsi décrites comme impliquées dans la bonne [fonction des astrocytes](#) et leurs altérations seraient responsables de troubles neuropsychiatriques. Le dogme actuel est donc de considérer que des rôles clés sont à associer avec la fonction des Aquaporines dans la biologie des tumeurs. Un **schéma récapitulatif**, présenté ci-dessus, illustre en **4 chapitres** l'implication centrale des [Aquaporines dans l'évolution d'un cancer](#).

On va donc bien considérer actuellement les Aquaporines comme des [biomarqueurs fiables](#) pour diagnostiquer une neuromyéélite optique.

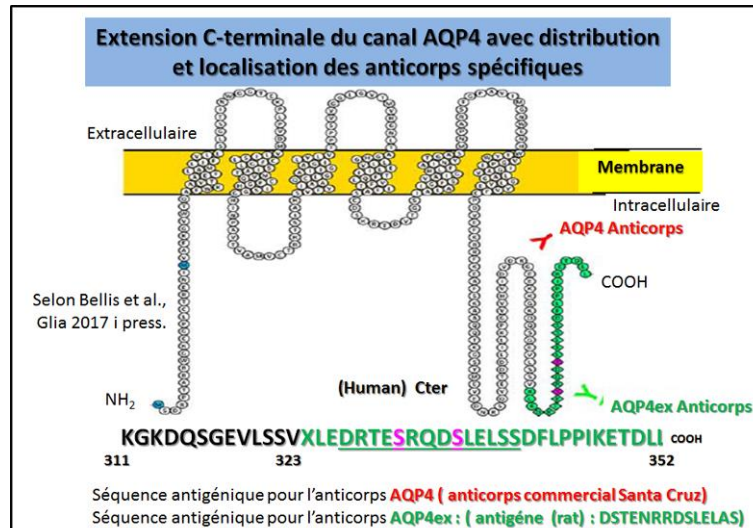


Puis un nouveau travail [détermine les mécanismes moléculaires](#) qui conduisent à la relocalisation induite de l'**Aquaporine-4** (cas de la tonicité musculaire rapide). Pour mieux appréhender les analyses versus la kinase PKA et son rôle avec la forme AQP4, une illustration indique la localisation sur la séquence primaire ancrée dans la membrane des diverses mutations analysées ainsi que la distribution précise dans la séquence des zones conservées de 3 résidus NPA. **Seulement** une phosphorylation sur le **résidu Sérine 276** permet une relocalisation de l'AQP4 à la membrane.

Des cellules T réactives dirigées [contre l'anticorps Aquaporine-4](#) sont suffisantes pour induire chez le modèle animal de la souris une Neuromyéélite optique (Neuromyelitis Optica = NMO). La suppression de l'[Aquaporine-4 joue le rôle de Neuroprotecteur](#) pendant la phase aiguë suite à des micros lésions cérébrales traumatiques chez la souris. L'**Aquaporine-4** est capable de [réguler la vitesse et la fréquence de propagation](#) de la dépression corticale propagation chez les souris. Enfin on va mieux définir l'**Aquaporin-**

4:comme un nouveau biomarqueur permettant de diagnostiquer efficacement les cas de Neuromyéélite optique séronégative.

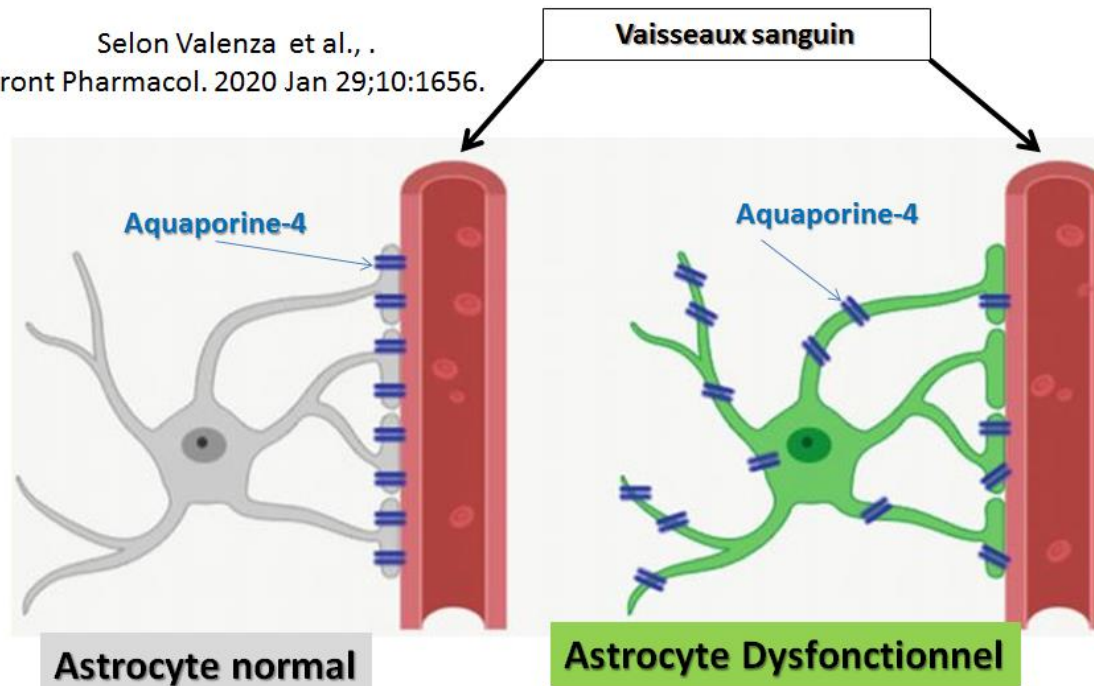
En fin 2016, les facteurs déterminant de la **densité des molécules d'AQP4** un canal pour H₂O se situe à l'interface avec les vaisseaux sanguin au niveau du cerveau. Ce travail porte sur le cerveau de la souris et **implique l'alpha Syntrophine** comme partenaire nécessaire.



En 2017, cet intéressant travail apporte la preuve pour suggérer un rôle crucial du canal aquatique (AQP4) quant à son organisation supramoléculaire au niveau membranaire comme étant un élément clé en particulier pour les nouvelles isoformes. La démonstration est faite ans ce travail pour une expression dans les tissus d'isoformes supplémentaires et nouvelles du canal AQP4 , **caractérisées par un C-terminal spécifique**. Cela a pour conséquence une réduction du rassemblement des canaux AQP4 et favorise les interactions avec les Syntrophines. Ce nouveau mécanisme de régulation pourrait avoir des implications pathophysiologique importantes dans des conditions pour lesquelles des alternances ont été rapporté dans la structure AQP4. 'extension C-terminale représente 29 résidus supplémentaires et l'isoforme passe de 35 kDa à 38 kDa une illustration résume cette situation et la localisation des anticorps spécifiques de chacune des extrémités C-ter pour le canal AQP4 normal et étendu respectivement.

Expression et polarisation / localisation de l'AQP-4 dans un astrocyte périvasculaire sain (gauche) et dysfonctionnel (droite).

Selon Valenza et al.,
Front Pharmacol. 2020 Jan 29;10:1656.



En 2020, cette nouvelle analyse porte sur le [système d'élimination des déchets modifié dans le vieillissement et la maladie d'Alzheimer](#) avec de façon préférentielle un focus sur l'aquaporine-4 astrocytaire. Un schéma simplifié permet de modéliser l'expression et la polarisation / localisation de l'AQP-4 dans un astrocyte périvasculaire. Les processus astrocytes enveloppent le vaisseau en formant une gaine autour de lui. Le liquide céphalorachidien (LCR) s'écoule dans l'espace périvasculaire créé autour du vaisseau. Le canal d'eau astrocytaire AQP-4 est polarisé, car il est densément exprimé par les astrocytes presque exclusivement à l'extrémité des pieds, en contact direct avec l'espace périvasculaire, où il facilite les échanges d'eau. Cette illustration directement issue de l'article en référence est présentée ci-contre.

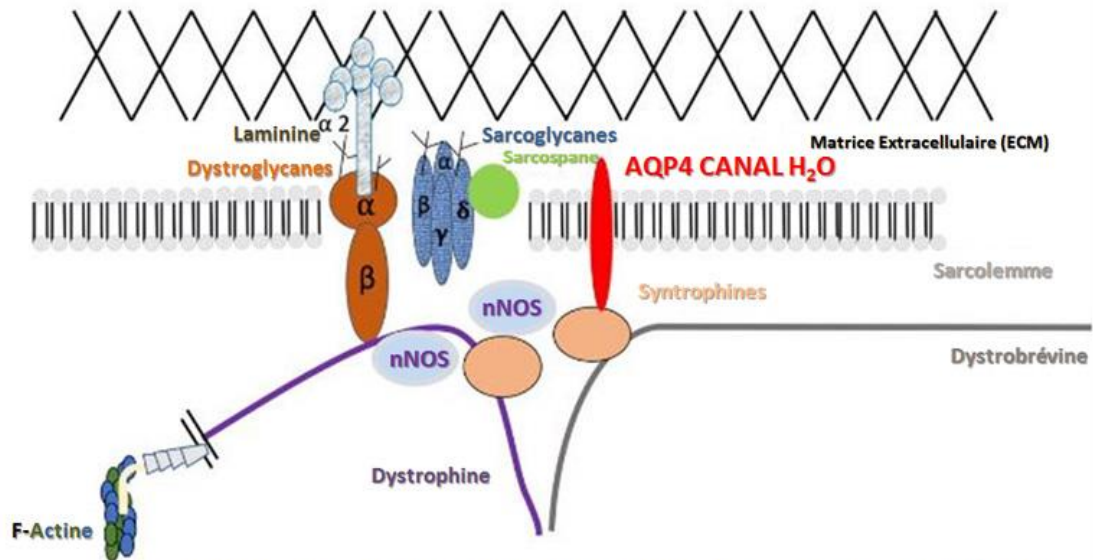
En 2021, dans cet article par rapport au contrôle normal, [les expressions protéiques de Kir4.1 et AQP4 ont été régulées à la baisse de manière significative dans les rétines de rats diabétiques](#), qui ont été traitées par le ranibizumab. Les changements ci-dessus ont été récapitulés in vitro. De même, le taux de potassium intracellulaire dans les cellules rMC-1 traitées au glyoxal a augmenté, tandis que le sodium intracellulaire le niveau et le niveau de protéine Na⁺-K⁺-ATPase sont restés inchangés, par rapport au contrôle. Cependant, le ranibizumab le traitement a diminué le sodium intracellulaire, mais pas le potassium. En conclusion de cette étude il **apparaît que le ranibizumab a protégé les cellules de Müller de l'œdème intracellulaire diabétique grâce à la présence des canaux Kir4.1 et AQP4 qui vont lier directement VEGF-A**. Cela a également provoqué une réduction de la pression osmotique intracellulaire.

Cette étude porte sur l'infection à l'[entérovirus 71 a induit une dépolarisation de l'aquaporine-4 en augmentant l'activité de la métalloprotéinase-9 de la matrice](#). Dans la présente étude, il a

été découvert que l'infection à l'entérovirus 71 (EV71) induisait une **dépolarisation de l'AQP4 dans le cerveau de la souris** et a démontré que le **β -dystroglycane (β -DG), le composant clé du complexe glycoprotéique de la dystrophine (DGC) qui ancre AQP4 à l'astroglie pieds finaux, s'est dégradée lors de l'infection. Une activité ou une expression élevée de la métalloprotéinase matricielle 9 (MMP9) lors de l'infection a été trouvée dans des échantillons de cerveaux de souris et de liquide céphalorachidien (LCR) de patients. L'inhibition de l'activité de MMP9 par SB-3CT a sauvé la désintégration de β -DG et réduit la dépolarisation d'AQP4. L'œdème cérébral induit par une infection virale a également été amélioré par le traitement au SB-3CT chez la souris.**

Dans cette étude en 2022, [la signalisation canonique de la protéine morphogénétique osseuse régule l'expression de l'aquaporine-4 et de son complexe d'ancrage dans les astrocytes de souris.](#) L'aquaporine-4 (AQP4) est le canal d'eau prédominant dans le cerveau ; elle est enrichie dans les processus de pied astrocytaires qui jouxtent les vaisseaux où elle est ancrée par une interaction avec le complexe de la protéine associée à la dystrophine (DAP). L'expression accrue et la mauvaise localisation concomitante de l'AQP4 le long des membranes plasmiques des astrocytes sont des caractéristiques de plusieurs maladies neurologiques. Il est donc urgent d'identifier les voies de signalisation qui dictent la microdistribution de l'AQP4. Il est ainsi démontré ici que les protéines morphogénétiques osseuses (BMP) canoniques, en particulier les BMP2 et 4, régulent à la hausse l'expression d'AQP4 dans les astrocytes et dérégulent le complexe DAP associé en affectant de manière différentielle ses membres individuels. Figure également le fait que la présence de récepteurs BMP et l'activation de la voie Smad1/5/9 dans les astrocytes traités aux BMP. Notre analyse du cerveau de la souris adulte révèle la présence de BMP2 et 4 dans les neurones et dans une sous-classe de cellules endothéliales et l'activation de Smad1/5/9 dans les astrocytes. **En conclusion il apparait bien que la voie de signalisation canonique des BMP pourrait être responsable de la régulation de l'expression de l'AQP4 et des protéines du complexe DAP** qui régissent la compartimentation subcellulaire de cette aquaporine.

Échafaudages des protéines de signalisation autour de l' **AQP4** localisé dans le sarcolemme



En 2023, on va trouver dans cette [étude une mise à jour de l'évaluation du rôle de l'aquaporine 4 \(AQP4\) dans la fonction musculaire squelettique](#). AQP4 et AQP1 sont les AQP principalement exprimées dans le muscle squelettique. Depuis la découverte de l'AQP4, plusieurs études ont mis en évidence des niveaux réduits d'AQP4 chez des patients atteints de dystrophie musculaire de Duchenne (DMD) et dans des modèles de souris, ainsi que dans d'autres maladies neuromusculaires telles que les sarcoglycanopathies et les dysferlinopathies. La perte d'AQP4 est attribuée à la déstabilisation du complexe protéique associé à la dystrophine (DAPC) dans la DMD, ce qui compromet la perméabilité à l'eau des fibres musculaires squelettiques. Cependant, les souris knock-out (KO) AQP4 semblent phénotypiquement normales. L'ablation de l'AQP4 n'entrave pas l'activité physique des souris, mais les empêche d'atteindre les performances démontrées par les souris de type sauvage. On a constaté que les niveaux d'AQP1 étaient régulés à la hausse dans les modèles de DMD et l'on pense qu'ils compensent la perte d'AQP4. Plusieurs groupes ont étudié l'expression d'autres AQP dans le muscle squelettique, mais ces résultats restent controversés. Dans cette revue, il est fait le résumé du rôle de l'AQP4 en ce qui concerne la fonction du muscle squelettique et les résultats dans les DNM, ainsi que les implications d'un point de vue clinique. Une représentation du complexe DAPC dans le muscle squelettique est présentée ci-contre. Le complexe DAPC est un système multicomposant divisé en sous-complexes : les dystroglycanes et les sarcoglycanes. Les composants cytoplasmiques tels que les syntrophines et la dystrobrevine servent d'échafaudages pour les protéines de signalisation. L'AQP4 est localisée dans le sarcolemme. Il existe également d'autres molécules de signalisation (par exemple, l'oxyde nitrique synthase neuronale, nNOS), des kinases, des ions, etc. La dystrophine, la plus grande protéine chez l'homme, stabilise le sarcolemme en reliant l'actine du cytosquelette à la matrice extracellulaire (MEC en anglais ECM = extracellular matrix).

En 2024, cet article indique une [nouvelle interaction entre l'aquaporine 1 et la caspase-3 dans les cellules musculaires lisses de l'artère pulmonaire](#). L'hypertension pulmonaire (HTP) est une affection dans laquelle le remodelage du système vasculaire pulmonaire entraîne une hypertrophie de la paroi

vasculaire musculaire et une extension du muscle dans les artères non musculaires. Ces changements pathologiques sont principalement dus à une prolifération et une migration anormales des cellules musculaires lisses de l'artère pulmonaire (PASMC), des fonctions cellulaires améliorées qui ont été liées à l'augmentation de la protéine de la membrane cellulaire aquaporine-1 (AQP1). **Nous présentons ici des données qui établissent une nouvelle interaction entre l'AQP1 et l'enzyme protéolytique caspase-3.** L'analyse in silico de la protéine, pendant, les mécanismes qui sous-tendent l'augmentation de l'abondance de l'AQP1 n'ont pas été entièrement élucidés. Une AQP1 révèle deux sites de clivage de la caspase-3 sur sa queue c-terminale, à proximité de sites d'ubiquitine connus. En utilisant des techniques de ligase de proximité à la biotine, nous établissons que l'AQP1 et la caspase-3 interagissent à la fois dans les cellules HEK293A et les PASMC de rat. En outre, il est démontré que les niveaux d'AQP1 augmentent et diminuent avec l'activité et l'inhibition de la caspase-3, respectivement. En fin de compte, des travaux plus poussés sur la caractérisation de cette interaction pourraient servir de base à de nouvelles thérapies de la maladie pulmonaire.

En conclusion

Pour suivre l'évolution des connaissances sur l' **Aquaporine de type 4** il existe des banques de données récentes qui sont automatiquement mises à jour qui répertorient :

- A) **Aquaporine** avec son lot de références historiques.
- B) Les principales maladies actuellement connues qui résultent d'une mutation ou d'un défaut dans la protéine considérée (avec des références associées).
 - **Protéine** : AQUAPORIN 4 ; [AQP4](#)
 - **Pathologies associées** : Pas de mutation décrite à ce jour. ** Analyse et traitement [chez la souris de la déficience provoquée](#) en **AQP4**