

Programme ONGERE Module D

Mise à jour, le 17 janvier 2012

TRANSPOLAR
**Action 3 : Caractérisation des conditions
 hydropédologiques et hydrogéologiques**

Les mesures des concentrations en chlorofluorocarbones (CFC11, 12 et 113) et en hexafluorure de soufre (SF6), 4 traceurs utilisés en hydrologie, ont été réalisées en octobre 2008 et en mars 2009 afin d'estimer les âges apparents des eaux (Illustration 1). Les résultats obtenus indiquent pour la plupart des points, un rajeunissement des eaux (concentrations plus élevées en mars 2009 par rapport à octobre 2008). Toutefois, en raison d'une contamination des échantillons par de l'air contemporain associé à une recharge très récente des eaux de la nappe, la détermination des âges apparents est peu précise. En effet, pour 79% des points pour lesquels le modèle de mélange binaire est appliqué le pourcentage d'eau jeune varie entre 80 à 99%.

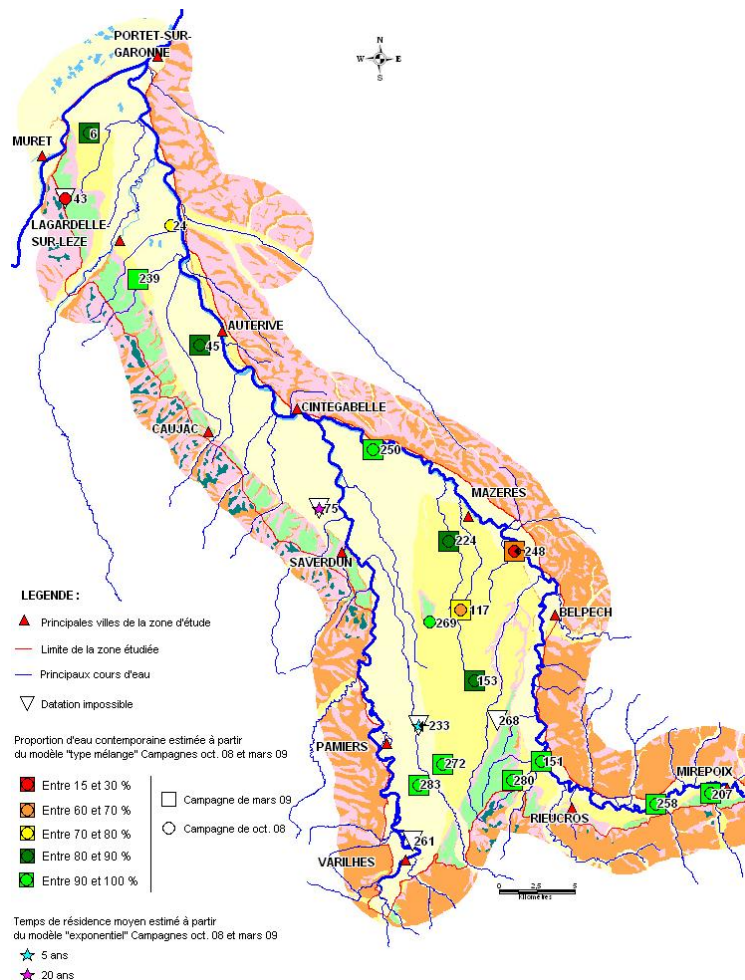


Illustration 1 - Distribution de l'âge des eaux souterraines estimé pour les prélèvements d'octobre 2008 et de mars 2009

Trois modèles empiriques (piston-flow, exponentiel et mélange binaire) ont été systématiquement utilisés pour l'évaluation de l'âge apparent des eaux de la nappe alluviale de l'Ariège. Le modèle piston ne semble pas correspondre au modèle de recharge de la plaine de l'Ariège. Le modèle exponentiel pourrait s'appliquer pour le **point d'eau n°75 présentant l'année moyenne de recharge la plus ancienne (1990)**. Ce modèle exponentiel convient également aux eaux du point 233 où le temps de résidence moyen des eaux est estimé à environ 5 ans. Pour les autres sites analysés, un modèle de mélange entre un pôle d'eau ancienne (<1950) et un pôle d'eau jeune (1990 à 2008) est applicable.

La relation entre les concentrations en nitrates mesurées et le pourcentage d'eau jeune estimé met en évidence que les eaux les plus anciennes (présentant un pourcentage d'eau jeune le plus faible) sont aussi les plus riches en nitrates. Les points d'eau présentant les plus faibles concentrations en nitrates (<10 mg/L) sont directement influencés par les eaux de rivières. Les autres points de prélèvement présentant des concentrations en nitrates inférieures à 30 mg/L sont influencés par des circulations rapides ou se trouvent en amont de la zone d'étude.

La détermination de l'origine de l'eau de la nappe (composantes anciennes ou récentes) a été approchée par l'analyse des isotopes stables de la molécule d'eau ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$) couplée à l'évaluation des CFC, SF_6 et tritium (^3H) présents dans l'eau. En effet, ces traceurs permettent également d'évaluer l'origine de la recharge de l'aquifère et l'importance des relations entre la nappe et les cours d'eau.

Les données isotopiques $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$ confirment que l'Ariège avec un bassin versant d'altitude moyenne plus élevée (400 à 500 m) que celle de la plaine et donc une composition isotopique plus basse joue un rôle faible ou nul dans la recharge de l'aquifère alluvial. Sur l'ensemble des points échantillonnés, seul le captage situé sur la commune de Varilhès en amont de la zone d'étude (point n°261) semble marqué par une influence directe de la rivière Ariège.

Cette influence locale de la rivière pourrait expliquer les très faibles teneurs en nitrate observées (inférieure à 10 mg/L pendant une grande période de l'année) mais aussi des teneurs en phytosanitaires plutôt basses comparativement à d'autres points. **L'alimentation de la nappe par la rivière Ariège est a priori extrêmement limitée mais ne peut pas être exclue très localement.**

Il est plus difficile de se prononcer concernant les relations entre l'Hers Vif et/ou le Crieu et les eaux de la nappe. En effet, en raison de composition isotopique proche, l'hypothèse de relations de ces deux cours d'eau vers la nappe ne peut être écartée, du moins d'un point de vue ponctuel et local.

Les points d'eau 45, 75, 117, 233, et 280 montrent peu de fluctuations entre octobre 2008 et mars, semblant indiquer une certaine inertie du système. La composition isotopique du point 272 varie fortement d'une saison à l'autre mais ce point étant localisé relativement loin d'un cours d'eau (le plus proche étant le Crieu) il semble peu probable qu'une influence de ce dernier explique la variabilité observée. Des valeurs relativement négatives et la forte variation saisonnière s'expliqueraient par une forte influence des pluies d'hiver et donc un renouvellement rapide des eaux à ce point.

L'évaluation des concentrations en strontium et du rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ réalisée lors de 2 campagnes en octobre 2008 et en mars 2009 (Illustration 2) a eu pour objectif d'améliorer la compréhension des échanges entre la nappe et la rivière. Couplée à une approche hydrochimique, elle a également permis de caractériser l'origine de la minéralisation de l'eau (interaction eau-roche ou apport par les fertilisants).

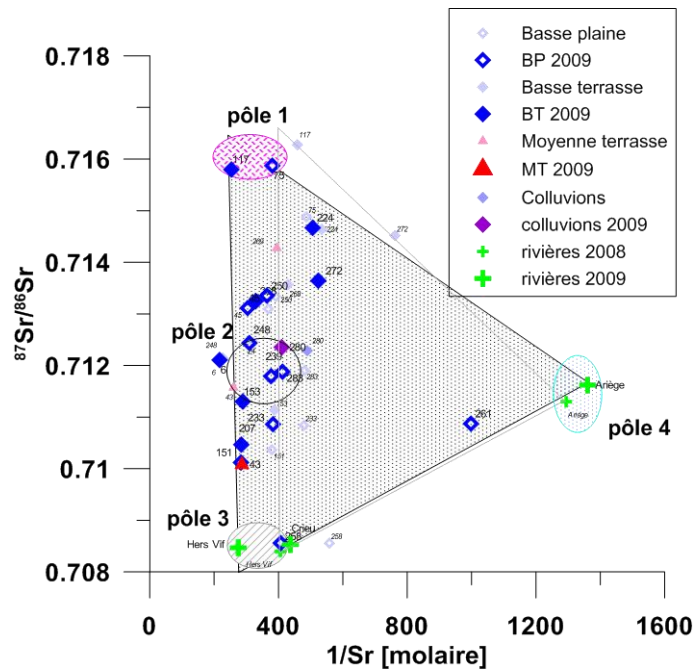


Illustration 2 - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs. $1/\text{Sr}$ pour les eaux collectées en mars 2009 (et octobre 2008 en couleurs pâles et taille inférieure)

Le point 261 se trouve près du pôle 4 caractérisant la rivière Ariège et **suggère ainsi une relation rivière-nappe à ce niveau** ; cette information est tout à fait cohérente avec les données des isotopes stables. Sur ce même diagramme, les points 75 et 117 se distinguent avec un rapport isotopique beaucoup plus élevé que pour les autres points. Si cette signature peut suggérer une contribution importante de Sr provenant de silicates (ce qui suggérerait un contexte géologique différents des autres points), l'hypothèse d'une contribution des engrais semble plus probable, en raison de teneurs en nitrate particulièrement élevées (> 150 mg/L) au niveau de ces points.

Avec pour objectif de compléter les données pédologiques collectées dans la bibliographie, 51 fosses ont été creusées (22 avril 2009 au 15 mai 2009) dans la plaine alluviale de l'Ariège. A partir des cinq principales unités définies sur la carte régionale de la CRA Midi-Pyrénées, 11 sous-ensembles ont été délimités (Illustration 3).

Outre les descriptions effectuées in situ, des analyses de sols ont été réalisées (granulométrie 5 fractions, pH, Capacité d'Echanges Cationiques, teneur en carbone organique etc.). Sur l'illustration 3 ont été reportées les teneurs en matière organique mesurées dans les différentes unités. Si par définition cette valeur est très variable notamment en fonction de l'occupation du sol et/ou des pratiques agricoles, les taux de matière organique les plus élevés sont observés au niveau des secteurs où la culture du maïs est prédominante. Dans de nombreuses parcelles cultivées, le maïs est laissé sur pied après la récolte et durant l'hiver ; ce type de pratique pourrait permettre d'augmenter le taux de carbone organique dans le sol.

Les déterminations des constantes d'adsorption ayant montré une relation évidente avec le taux de carbone organique pour le métolachlore et le S-métolachlore, l'atrazine et la dééthylatrazine, et dans une moindre mesure pour l'ESA métolachlore, de ce fait, pour une « pression phytosanitaire » équivalente, les sols situés à l'aval du bassin sont considérés moins propices à retenir ces substances que les sols situés en amont.

Pour l'OXA métolachlore, la relation avec le carbone organique semble moins avérée ; il n'est donc possible *a priori* de hiérarchiser le risque de lessivage de cette substance au regard du taux de carbone organique.

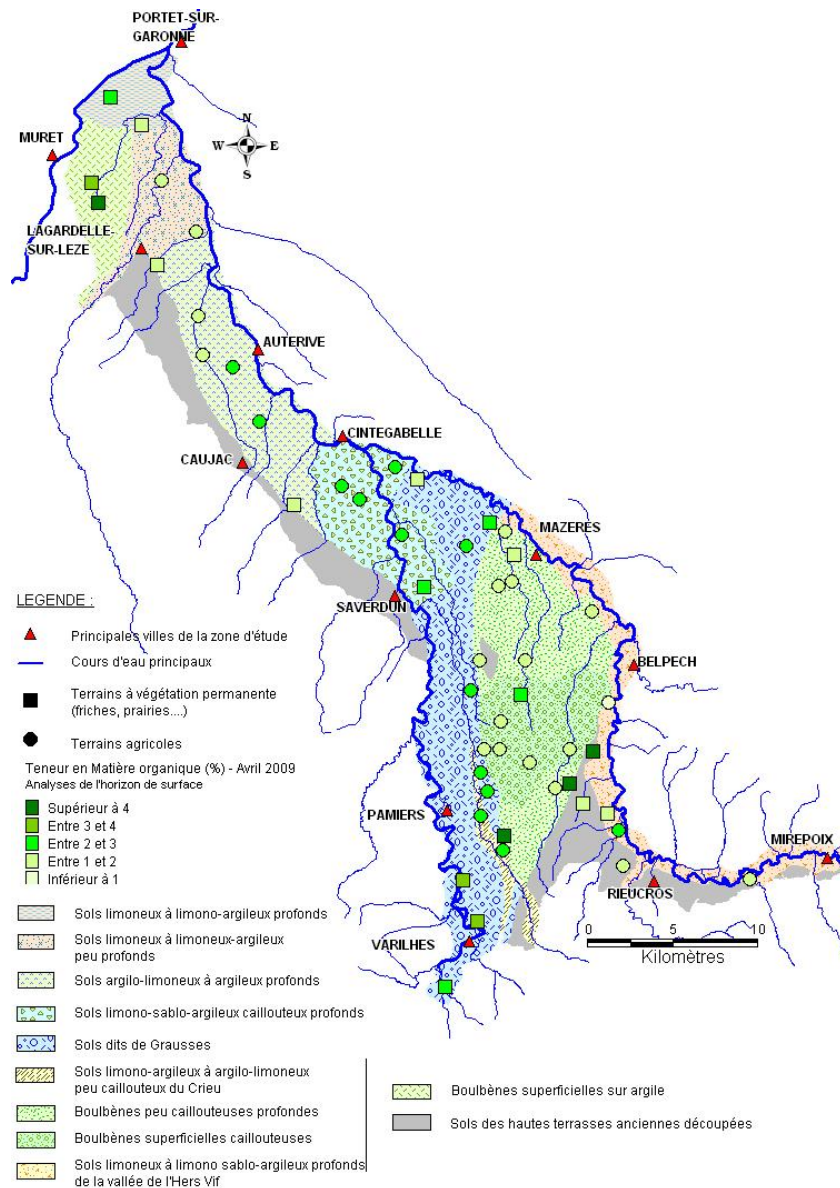


Illustration 3 - Ensembles pédologiques de la plaine de l'Ariège et de l'Hers Vif et teneurs en matière organique mesurée en avril 2009

Deux campagnes de mesure du potentiel d'infiltration de sols ont été réalisées sur l'ensemble de la plaine (56 sites mesurés en novembre 2009 et 59 sites en avril-juin 2010 dont 51 sites communes aux 2 périodes de mesure). Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un perméamètre de Guelph permettant d'estimer la **conductivité hydraulique à saturation K_s** .

Sur **l'ensemble des deux campagnes**, pour des sols non travaillés, **les plus forts** potentiels à l'infiltration concernent **les sols de Grausses** (caractérisés par de faible proportion d'argile et de nombreux éléments grossiers) et les sols limono-sablo-argileux caillouteux profonds. Dans une moindre mesure, les sols des Boulbènes peu caillouteuses profondes se caractérisent globalement par des potentiels d'infiltration relativement importants (Illustration 4).

Pour les sols travaillés, les plus fortes valeurs de Kfs moyen sont également obtenues sur les sols de Grausses mais aussi sur ceux des boubènes peu caillouteuses profondes, sur ceux des boubènes superficielles caillouteuses et sur sols limono-sablo-argileux caillouteux profonds. Concernant les boubènes superficielles caillouteuses, le travail du sol accentue grandement leur potentiel d'infiltration (valeur moyenne de Kfs augmentée d'un facteur 10).

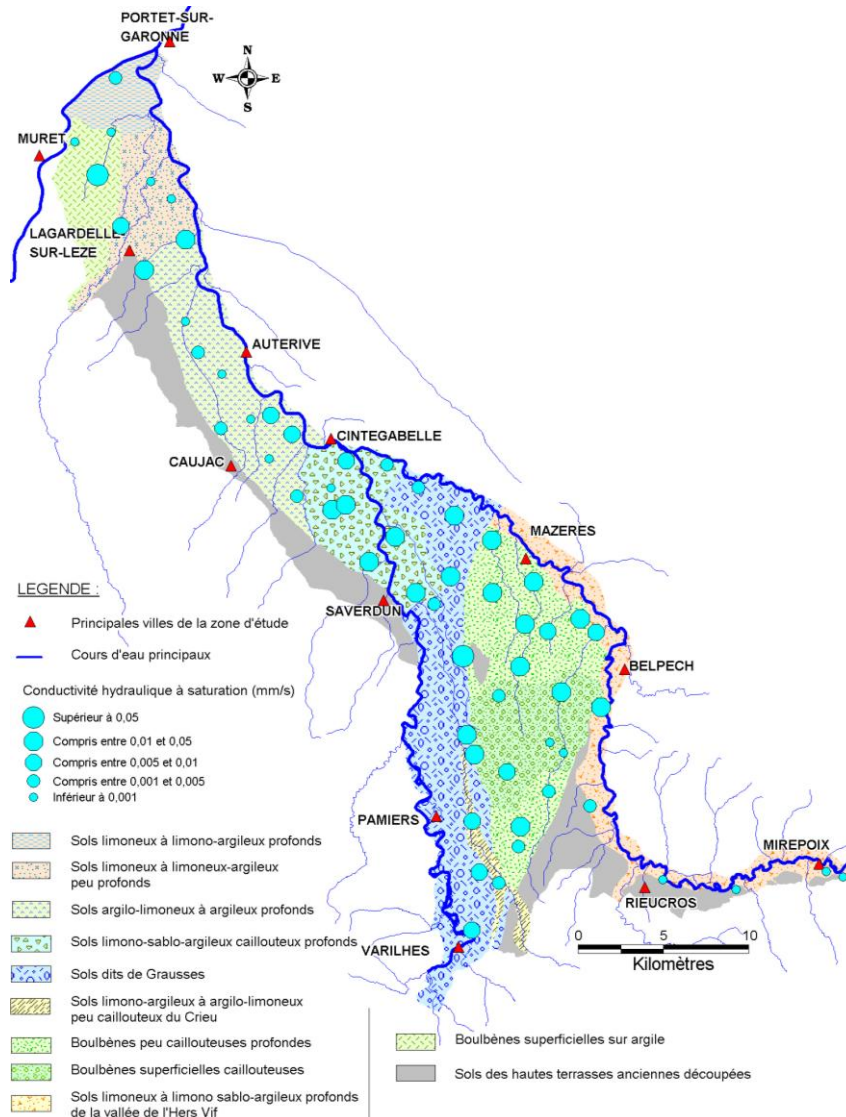


Illustration 4 - Répartition des valeurs de conductivité hydraulique à saturation sur les ensembles pédologiques de la plaine – Campagne Juin 2010

D'une manière plus générale, les sols ayant une composante limoneuse ou argileuse plus marquée sont ceux dont le travail du sol augmente de manière significative les valeurs moyennes de conductivité hydraulique à saturation. C'est le cas notamment des sols argilo-limoneux à argileux profonds de la partie nord de la plaine et des sols limoneux à limono-sablo-argileux profonds de la vallée de l'Hers.

Or le désherbage des cultures (post semis / pré-levée) par application historiquement d'atrazine ou actuellement de S-métolachlore s'effectue peu de temps après le semis, soit sur des sols ayant été travaillés peu de temps auparavant et dont le potentiel d'infiltration augmente de manière significative. **Cette contrainte agronomique pourrait donc accroître le risque de transfert en augmentant l'infiltration de l'eau, vecteur des molécules organiques.**