



Typologie des échanges nappe/rivière

3

Questions posées

- ▶ Quelles sont les principales configurations d'échange nappe/rivière diagnosticables que le guide permet de mettre en évidence ?
- ▶ Quels types d'échanges peut-on caractériser et avec quels outils ?

Synoptique

- ▶ Connaître les configurations d'échange diagnosticables avec le guide
- ▶ Connaître les outils adaptés en fonction des configurations d'échange

Liens et renvois

Chapitre 1. Enjeux, échelles de travail et types d'aquifères

Chapitre 5. Diagnostic synthétique

Partie C. Mettre en œuvre les outils

3.1. Fondements et principales configurations de la typologie

Le fondement de cette typologie a été établi dans le cadre du projet Nappes/Rhône et du guide Nappes/Rhône puis complété suite aux travaux réalisés dans le projet Naprom (Rapport final Naprom). Une telle mise au point méthodologique a conduit à retenir six types principaux de situations d'échanges nappe/rivière en contextes alluvionnaire et sédimentaire. Ces types, présentés ci-après, sont diagnosticables à l'aide des outils et méthodes présentées dans ce guide.

Nappe vers rivière. Il s'agit des transferts d'eau de la nappe vers la rivière (ou vers les eaux de surface). On distingue ici les apports latéraux des apports par le fond (figure 2).

Rivière vers nappe. Il s'agit des transferts d'eau de la rivière (ou des eaux de surface) vers la nappe. On distingue ici aussi les apports latéraux des apports par le fond (figure 3).

Absence d'échanges observables (entre les eaux de surface et les eaux souterraines) (figure 4).

Colmatage. Il peut s'agir d'un colmatage physique et/ou colmatage biologique empêchant (ou réduisant fortement) les échanges nappe/rivière (figure 5).

Circulations plus complexes du cheminement de l'eau. Ces circulations conduisent souvent à des mélanges d'eaux souterraines et superficielles. Certains outils du guide permettent une quantification du mélange et de déterminer le pourcentage d'eau provenant de la nappe alluviale, de la rivière ou des aquifères adjacents (figure 6).

Avertissement

Avant de commencer la lecture de ce chapitre, il convient de garder à l'esprit que :

- ✓ les configurations d'échange décrites sont essentiellement adaptées aux contextes d'aquifère alluvial et sédimentaire ;
- ✓ les influences des karsts et des massifs cristallins sont peu prises en compte ;
- ✓ l'influence des variations saisonnières sur les échanges peut provoquer des inversions au fil des saisons (par ex. assec, étiage, débordement...).

Ces indicateurs de cheminement de l'eau sont présentés en trois sous-types :

- ✓ sous-écoulement à l'échelle du méandre, caractérisé par le transit de l'eau à travers la plaine alluviale. L'eau passe du cours d'eau vers la nappe, puis retourne vers le cours d'eau (figure 6) ;
- ✓ sous-écoulement à l'échelle des digues, caractérisé par le transit de l'eau à travers les digues. L'eau passe d'un cours d'eau (un canal) vers la digue latérale, puis retourne vers un cours d'eau (ou contre-canal) (figure 6) ;
- ✓ recyclage ou échanges hyporhéiques, phénomènes d'infiltration/exfiltration amont/aval dans le cours d'eau au niveau des bancs de sables et de graviers (figure 7).

Exemples de situations particulières. Il s'agit principalement du cas de nappes déconnectées ou surélevées (perchées) par rapport au cours d'eau (par ex. incision du lit) (figure 8).

3.2. Présentation de la typologie

Code couleur pour les échanges nappe/rivière

Chaque type de configuration d'échange est accompagné d'un code couleur (tableau 2). Ce code est utilisé pour faciliter la lecture :

- ✓ des tableaux de comparaison (figure 10) des résultats du diagnostic des échanges nappe/rivière fondé sur plusieurs outils ;
- ✓ des cartes spatialisant les résultats (Diagnostic synthétique) (figures 9 et 11 pages 37 et 39).

Tableau 2. Code couleur des principales configurations de la typologie des échanges nappe/rivière.

Code couleur	Typologie des échanges
	Nappe vers la rivière (latéral et /ou par le fond) - Figure 2
	Rivière vers la nappe (latéral et/ou par le fond) - Figure 3
	Absence d'échange observable (diagnostiqué, détecté) - Figure 4
	Colmatage (physique et/ou biologique) - Figure 5
	Circulations complexes (sous-écoulements, mélange) - Figure 6
	Recyclage ou échanges hyporhéiques - Figure 7

Schémas descriptifs et fonctionnels

Pour illustrer chaque type d'échange, décrire et expliquer leur fonctionnement de façon schématique, une coupe transversale au niveau du cours d'eau et un bloc diagramme à l'échelle d'une plaine alluviale sont proposés (figures 2 à 7).

Les coupes montrent une vue transversale au niveau d'une ou plusieurs berges à l'interface eau souterraine/eau superficielle. Les flèches de couleurs montrent le sens des échanges d'eau. La numérotation permet de localiser le type d'échange sur la coupe. Certains types sont décomposés en sous-types.

Les blocs diagrammes proposent une vue en trois dimension d'une plaine alluviale aquifère parcourue par un cours d'eau et un affluent et cernée par une formation géologique encaissante culminant au niveau d'un massif. La numérotation et les flèches des coupes transversales sont reportées sur les blocs diagrammes.

Pour chaque type d'échange, la description schématique (coupe et bloc diagramme) est complétée par des éléments textuels afin de préciser :

- ✓ le ou les outils capables de diagnostiquer le type décrit (**Outils**) ;
- ✓ des exemples des conséquences de la prise en compte des échanges nappe/rivière pour la gestion de la ressource en eau et de la biodiversité (**Enjeux de gestion**).

Apport de la nappe à la rivière (ou à des eaux superficielles)

Outils

Apport latéral principalement ①

Analyse géomatique des niveaux d'eau

Apport latéral et apport de fond non-distingués ① et ②

Modèles hydrodynamiques distribués à base physique (Marthe, Eau-Dyssée)

Géochimie

Végétation aquatique

Invertébrés souterrains

Apport latéral et apport de fond distingués ① et/ou ②

Modèles hydrothermiques à base physique et dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Metis et Molonari)

IRT

Enjeux de gestion

Apports de nappe aux chenaux actifs d'un cours d'eau

Soutien du débit d'étéage

Tamponnage thermique et maintien d'une faune et d'une flore d'eau froide

En cas de pollution des nappes, risque de dégradation de la qualité des eaux superficielles

En cas de surexploitation de la nappe, risque d'assez sévère, de réchauffement des cours d'eau

Apports de nappe aux zones humides associées à un cours d'eau

Maintien des zones humides lors d'assèchements estivaux prolongés

Maintien d'un faune et d'une flore d'eau froide à forte valeur patrimoniale (tamponnage thermique, limitation désoxygénation, maintien oligotrophie)

En cas de pollution des nappes, risque de dégradation de la qualité de la zone humide

En cas de surexploitation de la nappe, risque d'eutrophisation et de bloom algaux de la zone humide

- ① apport latéral
- ② apport par le fond

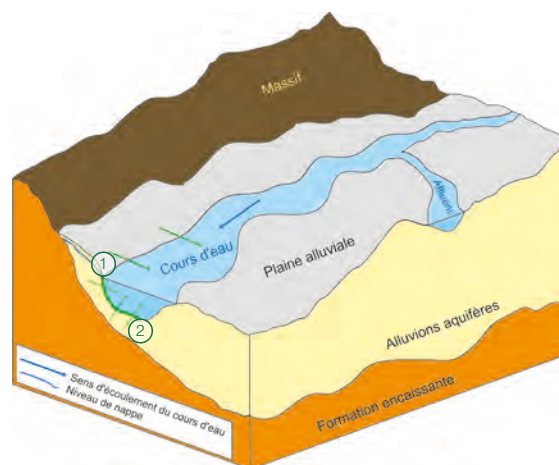
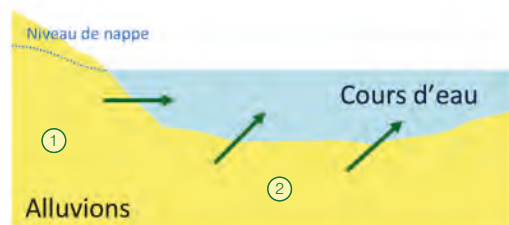


Figure 2. Apport de la nappe au cours d'eau (ou à des eaux superficielles).

Apport de la rivière (ou d'eaux superficielles) à la nappe

Outils

Apport latéral principalement ③

Analyse géomatique des niveaux d'eau

Apport latéral et apport de fond non-distingués ③ et ④

Modèles hydrodynamiques distribués à base physique (Marthe, Eau-Dyssée)

Géochimie

Invertébrés souterrains

Apport latéral et apport de fond distingués ③ et/ou ④

Modèles hydrothermiques à base physique et dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Metis et Molonari)

Enjeux de gestion

Ouvrages de captage d'eau

Délimitation de zone de captage potentiellement favorable

Risque de pollution de nappe par les eaux superficielles

Recherche d'une barrière hydraulique (artificielle) pour protéger une nappe de contaminations provenant du cours d'eau principal

Débit de la rivière

Pertes en eau sur certains linéaires de cours d'eau

- ③ apport latéral
- ④ apport par le fond

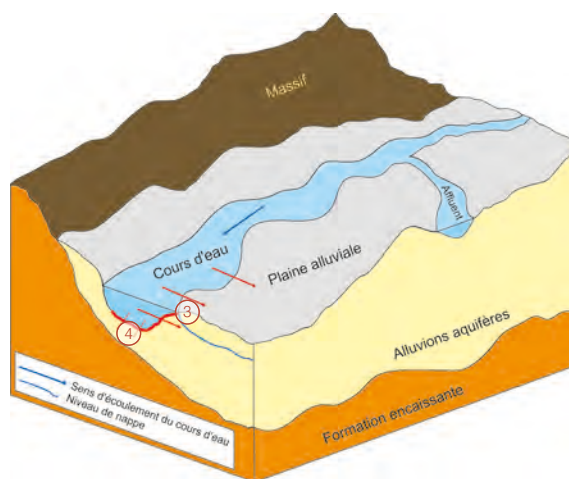


Figure 3. Apport du cours d'eau (ou d'eaux superficielles) à la nappe.

Pas d'échange diagnostiqué (observable, détecté) entre la nappe et la rivière

Outils

Pas d'échange ⑤

Analyse géomatique des niveaux d'eaux

Modèles hydrodynamiques distribués à base physique (Marthe, Eau-Dyssée)

Modèles hydrothermiques à base physique et dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Metis et Molonari)

Géochimie

Végétation aquatique

- ⑤ pas d'échange

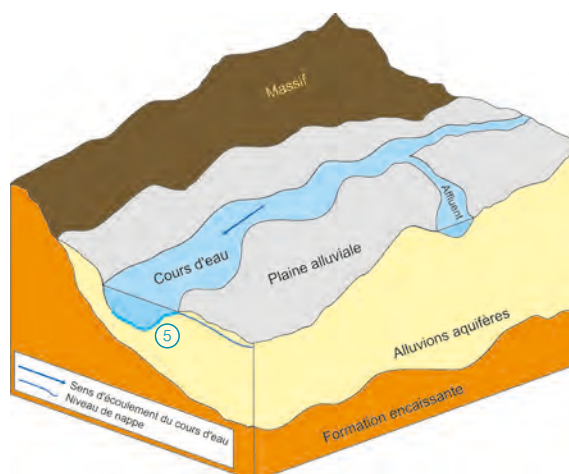
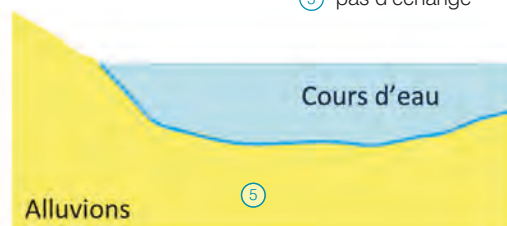


Figure 4. Pas d'échange diagnostiqué entre la nappe et la rivière.

Colmatage entre la nappe et la rivière

Outils

Colmatage physique ⑥

Dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Molonari)
Géochimie
Végétation aquatique
Invertébrés souterrains

Colmatage biologique ⑦

Invertébrés souterrains

Enjeux de gestion

Zone peu favorable à l'implantation de captages pouvant utiliser les ressources souterraines et de surface
Zone peu vulnérable à la pollution (dégradation d'une masse d'eau par l'autre)
Anoxie des sédiments, forme réduite de l'azote et de certains polluants
Si le colmatage est d'origine anthropique, perte de biodiversité et de capacité d'autoépuration, réchauffement excessif du cours d'eau en été par rapport à l'état naturel

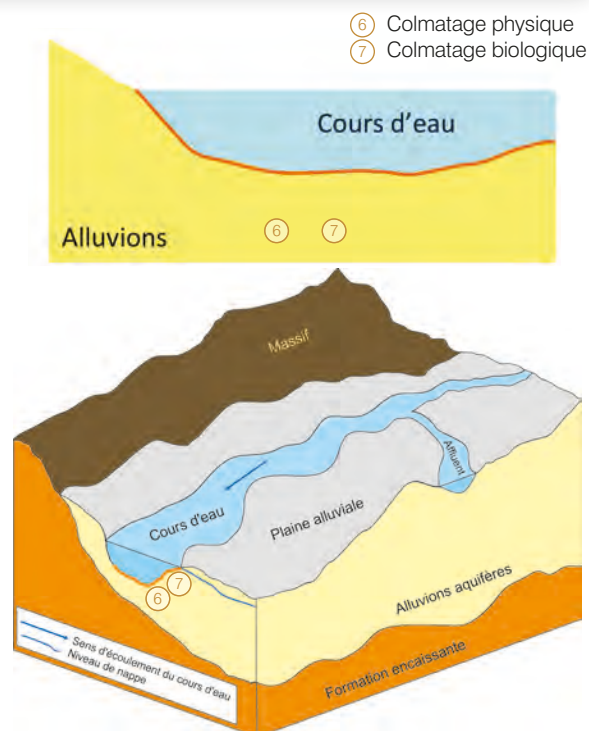


Figure 5. Colmatage physique ou biologique entre la nappe et la rivière.

Circulations complexes du cheminement de l'eau

Outils

Sous-écoulement – méandre ⑧

Modèles hydrodynamiques distribués à base physique (Marthe, Eau-Dyssée)
Modèles hydrothermiques à base physique (Metis)
Géochimie
Végétation aquatique
Invertébrés souterrains

Sous-écoulement – digue ⑨

Dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Molonari)
Géochimie
Végétation aquatique
Invertébrés souterrains

Le sous-écoulement peut aussi se faire d'un affluent en direction du cours d'eau principal via le milieu souterrain (8bis). Comme pour le cas avec le méandre ce type d'échange se fait à l'échelle de la plaine.

Mélange eau souterraine/eau superficielle quantifiable ⑩

Certains outils permettent de déterminer les proportions d'un mélange d'eau superficielle et d'eau souterraine. Ces proportions sont quantifiables avec le dispositif Molonari et la géochimie.

Enjeux de gestion

Sous-écoulement-méandre

Implantation de captages utilisant les ressources souterraines et de surface
Auto-épuration du cours d'eau via les zones humides alluviales

Sous-écoulement-digue

Quantification des pertes d'eau d'un canal

- ⑧ Sous-écoulement d'eau superficielle via le milieu souterrain vers une rivière
- ⑨ Sous-écoulement d'eau superficielle via le milieu souterrain vers un canal
- ⑩ Exemple de quantification de mélange

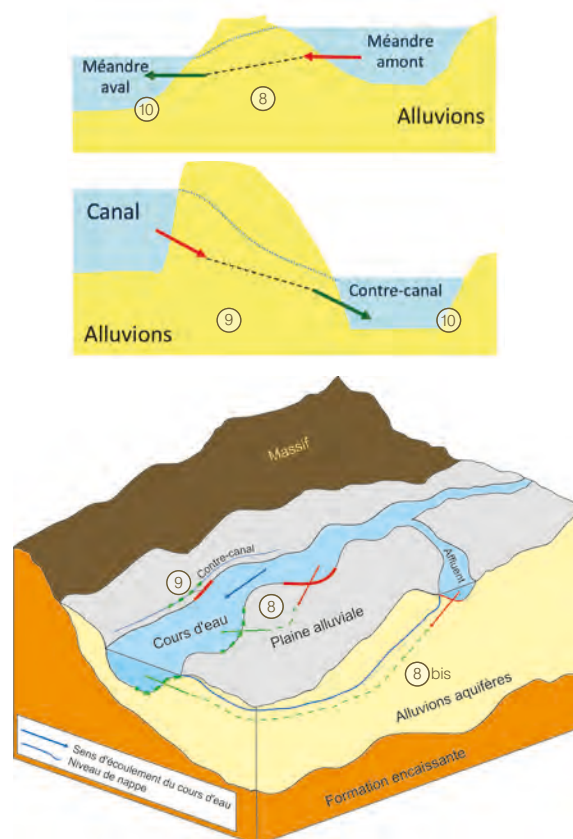


Figure 6. Circulations plus complexes du cheminement de l'eau.

Recyclage d'eau superficielle dans le cours d'eau par exfiltration/infiltration ou échanges hyporhéiques

Outils

Recyclage ⁽¹¹⁾

Dispositifs de mesure de température et d'écoulements d'eau (Molonari)
Invertébrés souterrains

Enjeux de gestion

Fonctionnalité d'autoépuration favorisée
Maintien d'une haute disponibilité en nutriments et du soutien de la productivité de l'écosystème
Apport d'eau froide à l'aval des bancs de graviers des cours d'eau
Risques d'exportation de polluants vers les interstices
Assèchement facilité lors des étiages sévères

⁽¹¹⁾ recyclage

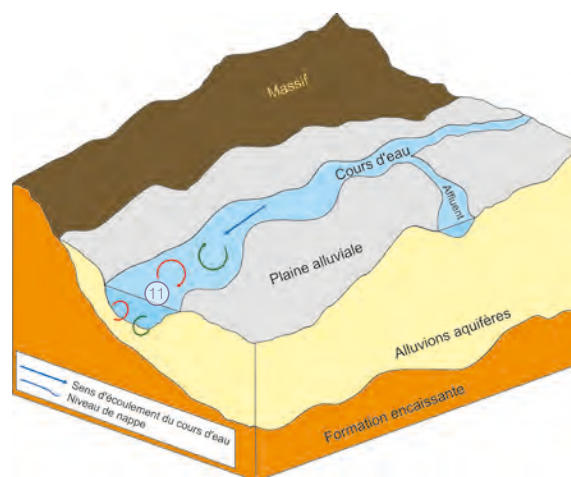


Figure 7. Recyclage d'eau superficielle dans le cours d'eau par exfiltration/infiltration ou échanges hyporhéiques.

Dans certains cas, la nappe n'est pas connectée au cours d'eau. La figure 8 montre un exemple de nappe perchée résultant de l'incision du lit d'un cours d'eau et de l'abaissement du niveau de base. Dans ces conditions, le diagnostic des échanges nappe/rivière fondé sur l'analyse géomatique des niveaux d'eau et la végétation aquatique n'est pas pertinent.



Figure 8. Cas particuliers : incision du lit de la rivière et déconnexion de l'aquifère.

3.3. Synthèse : quel(s) outil(s) pour quel type d'échange ?

Le tableau 3 propose une vue synthétique du potentiel de diagnostic des types d'échanges (en colonne) de chacun des outils (en ligne) proposés dans ce guide.

3.4. Pour aller plus loin

Guide Nappes/Rhône : p. 40 (Chapitre 2)

Rapport final Naprom: p. 166 (5.4. Protocole de comparaison des métriques)

Tableau 3. Grille synthétique - configurations d'échanges prises en compte par les outils.

	Configurations d'échanges											
	Nappe → rivière		Rivière → nappe		Absence d'échange	Colmatage		Indicateurs du cheminement de l'eau				Cas particuliers
Outils n°	Latéral	Fond	Latéral	Fond		Physique	Biologique	Sous-écoulement		Recyclage ou échanges hyporhéiques	Mélange	Nappe déconnectée ou surélevée
								Méandre	Digue			
1. Analyse géomatique des niveaux d'eau	O	N	O	N	O	N	N	N	N	N	N	N
2. Modélisation hydrodynamique...	O ^a mais non distingués		O ^a mais non distingués		O	N	N	O ^c si maillage adapté	N	N	N	O
3.1. Modélisation hydrothermique...	O	O	O	O	O	N	N	O	N	N	N	O
3.2. Dispositif Molonari	O	O	O	O	O	O	N	N	O	O ^d si plusieurs Molonari sur le même tronçon	O ^e si couplage avec modèle	O
4. Infrarouge thermique (IRT)	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5. Géochimie	O ^a mais non distingués		O ^a mais non distingués		O	O	N	O	O	N	O	O
6. Végétation aquatique	O ^a mais non distingués		N	N	O	O ^b pour les ZH alluvionnaires	N	O	O	N	N	N
7. Invertébrés souterrains	O ^a mais non distingués		O ^a mais non distingués		N	O	O	O	O	O	N	O

N = Non (type d'échange non diagnosticable par l'outil considéré)

O = Oui (type d'échange diagnosticable par l'outil considéré)

O^a = Oui, mais échanges latéraux et par le fond non distingués

O^b = Les macrophytes peuvent détecter le colmatage physique seulement à l'échelle des zones humides créées par alluvionnement

O^c = Les modèles à base physique peuvent détecter le sous-écoulement à l'échelle du méandre si le maillage est adapté et la taille du méandre suffisante

O^d = Le recyclage est détectable si plusieurs dispositifs Molonari sont installés sur un même tronçon

O^e = Le mélange est détectable si le dispositif Molonari est couplé avec un modèle à base physique