

## 1. Opérateurs spatiaux vectoriels

### – Prise en charge

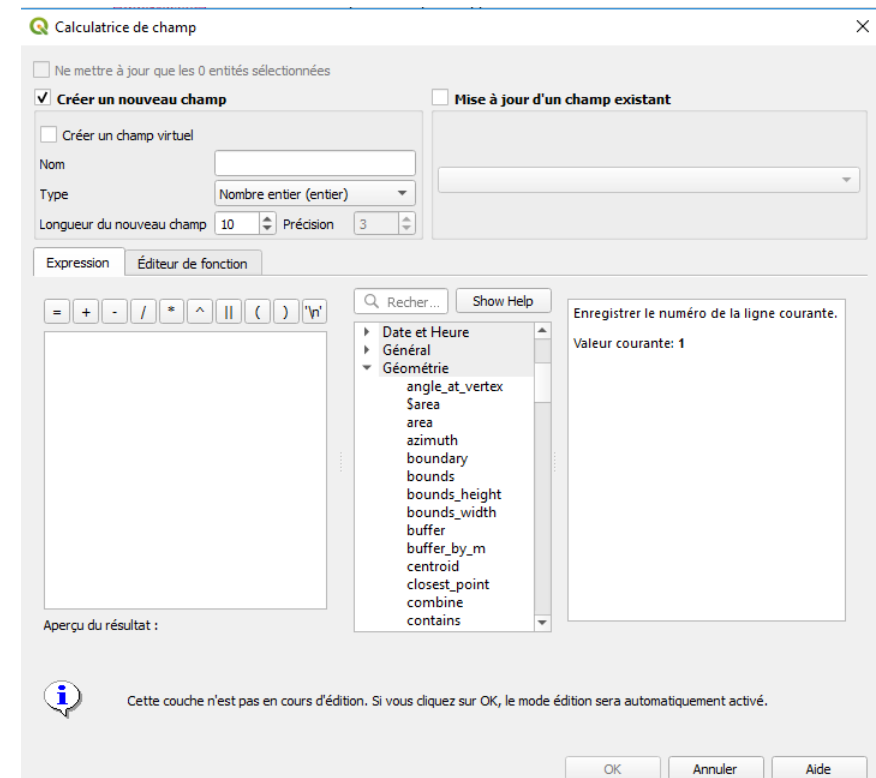
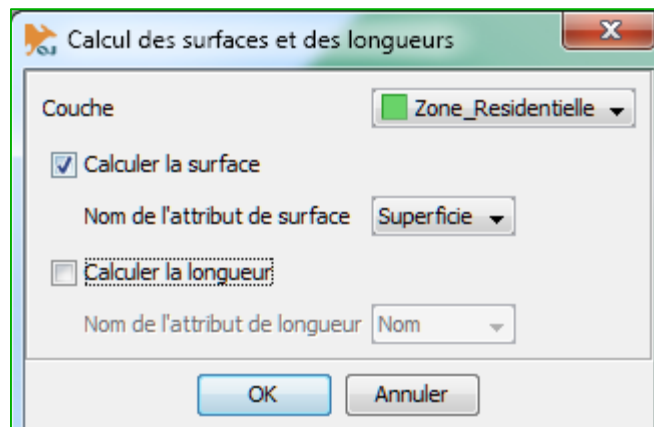
- » La plupart des traitements, opérationnels ou tactiques, exploitent et combinent les fonctions du **SGBD spatial** (SQL).
  - Il est donc possible de réaliser la majorité des traitements directement via l'**interface d'administration du SGBD spatial** ou des programmes en **SQL**.
- » Le **SIG-logiciel**, quant à lui, offre, sous un même type d'interfaces conviviales, l'accès à la plupart des traitements.

### – Types d'opérateurs

- » Les **traitements** tactiques relèvent des **catégories** suivantes :
  - Recherches (spatiales et non spatiales).
  - Jointures (spatiales et non spatiales) = combinaisons.
  - Construction / édition de géométries, notamment par croisement de couches.
  - Transactions = mises à jour (update)
  - Mise en forme de la visualisation et cartographie.
- » Requêtes spatiales, jointures spatiales et croisement de couches utilisent les **prédicats spatiaux**.

- 1.1. Édition et construction de géométries (= SQL SELECT)
  - Dans PostGIS, ces fonctions s'appliquent sur des attributs géométriques de la clause « SELECT » d'une requête SQL (**SELECT**... FROM...)
- 1.1.1. Fonctions d'attributs géométriques
  - On retrouve les traitements sur la géométrie, tels que calculs de longueurs et surfaces, permettant d'éditer / créer un attribut.

*Exemples d'interfaces de Q-GIS et OpenJump*



### – Exemples de fonctions d'attributs géométriques de PostGIS :

- » ST\_Area(geometry)
- » ST\_Length(geometry)

Query Editor   Query History

```

1 SELECT id, st_area(geom)
2 FROM parcelle
3
4
5

```

	Data Output	Explain	Messages	Notifications
	id integer	geom geometry	st_area double precision	
1	1	01060000208A7A0...	13800.0608462558	
2	2	01060000208A7A0...	9037.28908836047	
3	3	01060000208A7A0...	3570.20700034005	
4	4	01060000208A7A0...	2864.37602281496	
5	5	01060000208A7A0...	1732.06810943987	
6	6	01060000208A7A0...	1218.74282369997	
7	7	01060000208A7A0...	1606.85835980999	
8	8	01060000208A7A0...	2256.56187088009	
9	7	01060000208A7A0...	1753.03869960993	
10	10	01060000208A7A0...	1923.55410446488	
11	11	01060000208A7A0...	3789.43012030985	
12	12	01060000208A7A0...	2202.5705032999	
13	13	01060000208A7A0...	4256.69044795509	
14	14	01060000208A7A0...	3626.15621550039	

```

1 SELECT id, st_length(geom)
2 FROM route
3
4
5

```

	Data Output	Explain	Messages	Notifications
	id integer	st_length double precision		
1	2	601.623312819796		
2	1	683.900127980344		
3	4	365.820362301192		
4	3	317.529691130214		
5	5	251.865082039942		

## 1.1.2. Nouveaux objets géographiques construits par calcul géométrique

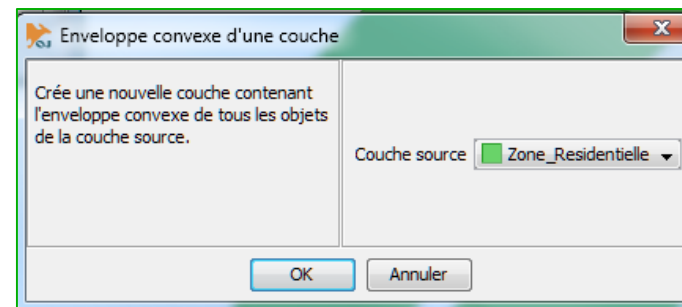
– Les opérations transforment des objets géographiques existants, telles que :

- » La définition d'un **centroïde** par rapport à un polygone.
- » La définition d'un **corridor** (tampon / buffer) autour d'une géométrie.
- » La construction d'un **polygone convexe** autour d'une ou plusieurs géométries.
- » La construction d'un **cadre capable** (*Minimum Bounding Box*, *MBB* ou *BB*, ou *Minimum Bounding Rectangle*, *MBR*) autour d'une ou plusieurs géométries (**enveloppe** au sens de l'OGC).
- » La construction d'une géométrie par **union** de géométries existantes (toutes ou sélectionnées) dans une couche.

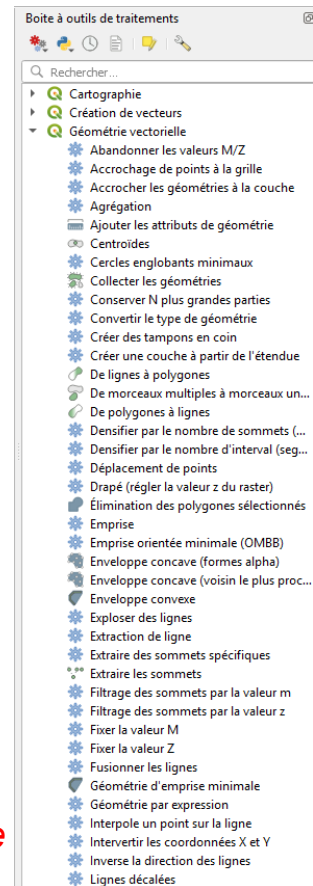
– *Exemples de commandes SQL de PostGIS :*

- » ST\_Centroid(geometry)
- » ST\_Buffer(geometry, double, [integer])
- » ST\_ConvexHull(geometry)
- » ST\_Envelope(geometry)
- » ST\_Union(geometry)

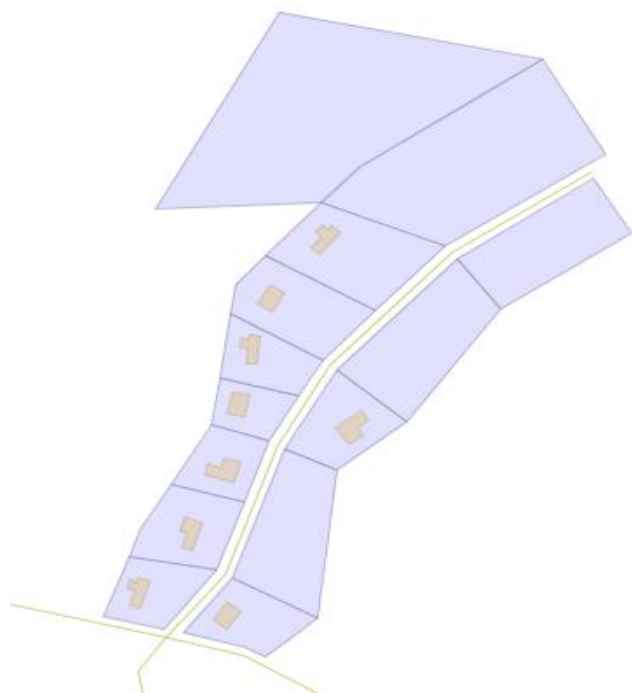
Liste des algorithmes  
de QGIS



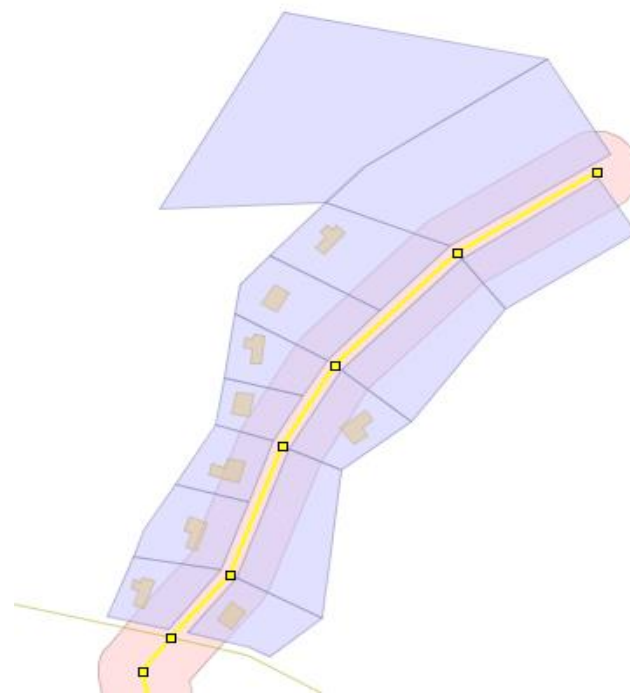
Exemples d'interfaces du calcul de l'enveloppe  
convexe selon OpenJump



## Exemple de création d'une nouvelle géométrie (buffer) dans QGIS



3 couches d'objets : rues, parcelles  
d'habitat, bâtiments résidentiels

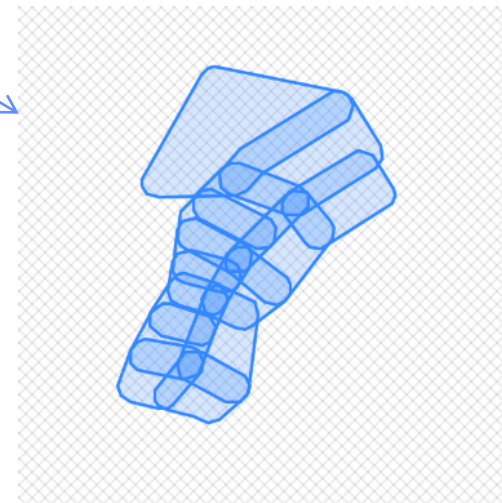
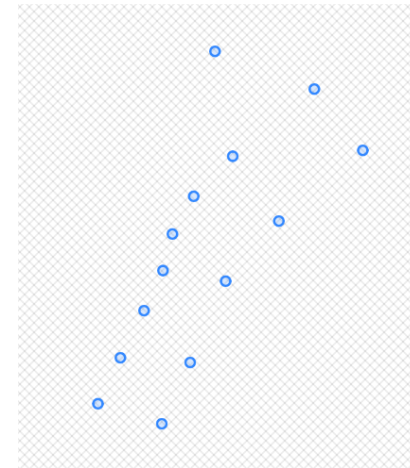


Fonction géométrique : zone-tampon  
25 m autour de la rue sélectionnée

## Exemple de création de centroïdes et de buffers dans PostGIS

```
1 SELECT id, st_centroid(geom), st_buffer(geom, 20)
2 FROM parcelle
3
4
5
```

Data Output	Explain	Messages	Notifications	Geometry Viewer
id integer	st_centroid geometry	st_buffer geometry		
1	1	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
2	2	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
3	3	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
4	4	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
5	5	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
6	6	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
7	7	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
8	8	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
9	7	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
10	10	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
11	11	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
12	12	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
13	13	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	
14	14	01010000208A7A00...	01030000208A7A...	

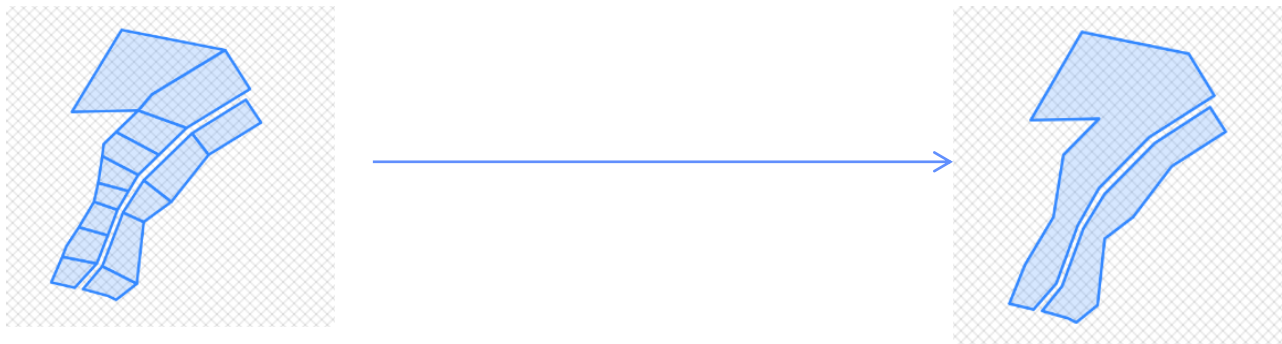


– **Union sur un seul attribut géométrique**

» Dans PostGIS, l'union peut être appliquée sur un seul attribut:

**st\_union(geometry)**

- Equivalent spatial d'une fonction d'agrégation classique (« sum », « count », etc) et peut être utilisé avec un « group by » SQL
- A ne pas confondre avec st\_union(raster) → voir ch.4



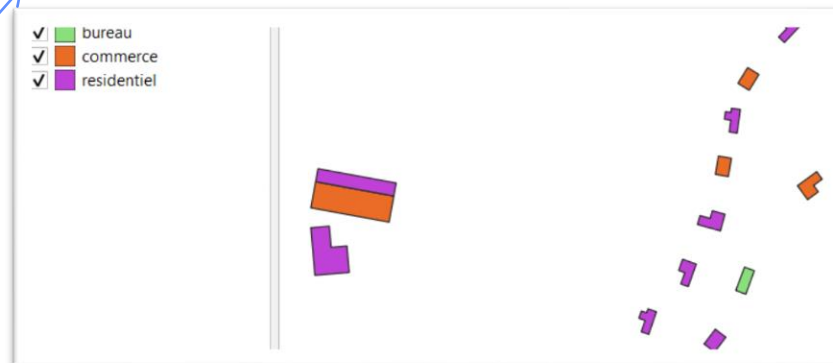
*Exemple d'union sur un seul attribut géométrique dans PostGIS avec utilisation de « group by »*

Query Editor		Query History	
1	<b>select</b>	affectatio,	st_union(geom)
2	<b>from</b>	batiment	
3	<b>group by</b>	affectatio	

Data Output		Explain	Messages	Notifications
	affectatio		st_union	
	character varying (80)		geometry	
1	bureau		01060000208A7A0...	
2	residentiel		01060000208A7A0...	
3	commerce		01060000208A7A0...	

Résultat = 3 multipolygones





### 1.1.3. Création de couches de données par superposition (*overlay*)

- Réalise un **traitement spatial** entre les entités des 2 couches superposées, avec création de **nouvelles entités** éventuellement porteuses des **attributs des couches originales** et sauvegardées dans une **nouvelle** couche de données si appliquées via un SIG-logiciel.

#### » **Union entre deux couches**

- Dans PostGIS, l'union peut être appliquée sur deux attributs géométriques:  
**st\_union(geometry, geometry)**
  - Applique une union pour chaque élément du produit cartésien entre les deux attributs (répartis sur deux tables ou non)

## Exemple d'union entre deux tables dans PostGIS (2 requêtes)

Query Editor   Query History

```


1 create or replace view parcelle_union as
2 select st_union(geom) from parcelle;
3 select st_union(st_union, geom) from parcelle_union, zone_bruit
4
5
6

```


Data Output   Explain   Messages   Notifications   Geometry Viewer




The Geometry Viewer displays a single, large, irregular blue polygon. This represents the result of the spatial union operation performed on the 'parcelle' table, where all individual parcel geometries have been merged into one continuous shape.



Select geom from parcelle



Select st\_union(geom)  
from parcelle



Select geom from zone\_bruit

This vertical stack of three diagrams illustrates the components of the SQL query. The top diagram shows a single parcel geometry selected from the 'parcelle' table. The middle diagram shows the result of applying the 'st\_union' function to the 'geom' column of the 'parcelle' table, resulting in a single large polygon. The bottom diagram shows a single geometry selected from the 'zone\_bruit' table, which will be used in the final union operation with the 'parcelle\_union' view.

Attention, quand un opérateur spatial implique plusieurs tables, PostGIS effectue l'opération sur chaque élément du produit cartésien entre les deux tables  
→ étape intermédiaire pour éviter des géométries redondantes

## Exemple d'union entre deux tables dans PostGIS (1 requête)

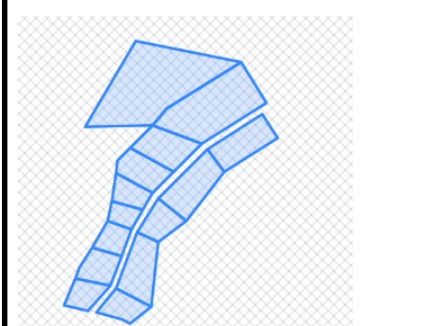
Query Editor   Query History

```

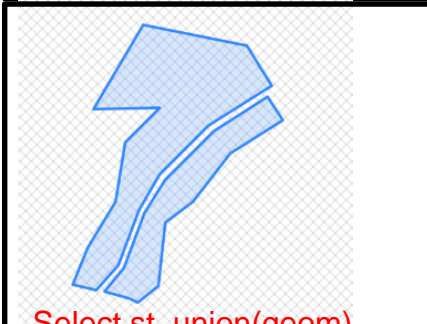
1  select st_union(
2      st_union(parcelle.geom), st_union(zone_bruit.geom)
3  )
4  from parcelle, zone_bruit

```

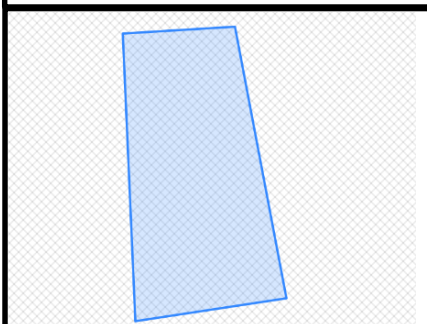
Data Output   Explain   Messages   Notifications   Geometry Viewer

Select geom from parcelle



Select st\_union(geom)  
from parcelle

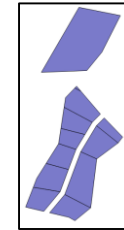
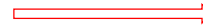
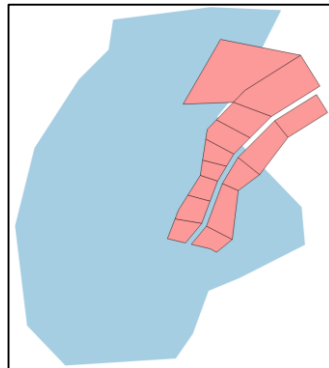


Select geom from zone\_bruit

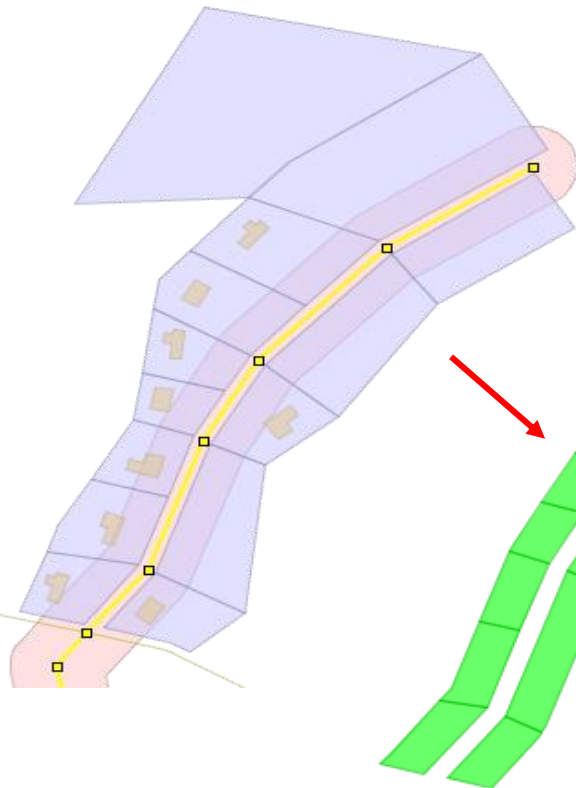
Attention, quand un opérateur spatial implique plusieurs tables, PostGIS effectue l'opération sur chaque élément du produit cartésien entre les deux tables

→ étape intermédiaire pour éviter des géométries redondantes

» **Intersection** : retourne les parties de géométries communes entre une couche A et une couche B



## Exemple d'intersection dans QGIS



**Intersection** : entre la couche de parcelles d'habitat et la zone-tampon

..	FID	name	laenge	vorname	nachname	Surface
	79	Hafenstraße	683			1923
	80	Hafenstraße	683	Dieter	Dachs	1753
	81	Hafenstraße	683			3789
	82	Hafenstraße	683	Moritz	Moor	2256
	83	Hafenstraße	683	Jens	Jensen	1606
	84	Hafenstraße	683	Kay	Kaiman	1218
	85	Hafenstraße	683	Frieda	Meyer	1732
	86	Hafenstraße	683			2202
	87	Hafenstraße	683			4256
	88	Hafenstraße	683	Malte	Müller	2864
	89	Hafenstraße	683	Helmut	Helmchen	3570
	90	Hafenstraße	683			3626
	91	Hafenstraße	683	Otto	Fant	9037

*Attributs de la zone-tampon*

*Attributs des parcelles d'habitat*

Visualisation des attributs (report des 2 couches) des objets intersectés

Note: pour obtenir les attributs avec l'intersection de PostGIS, il suffit de les ajouter dans le SELECT de la requête SQL

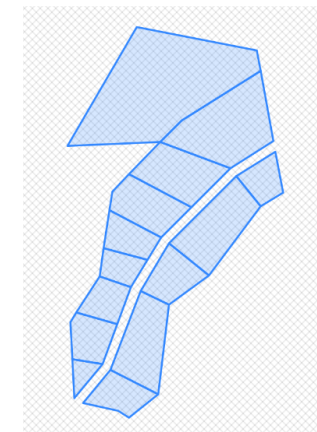
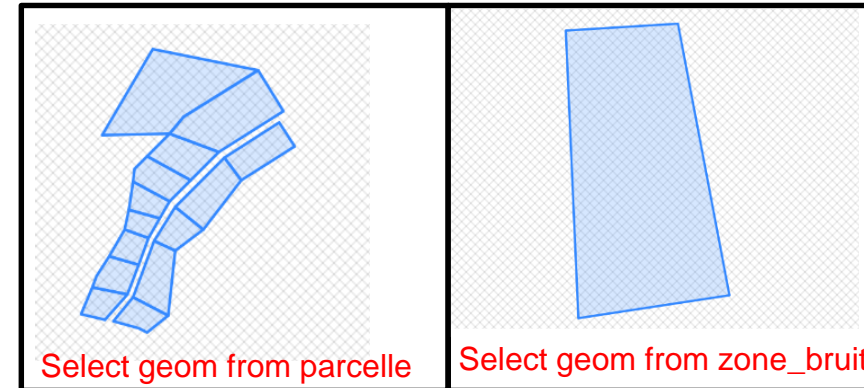
## Exemple d'intersection dans PostGIS

Query Editor Query History

```
1 select st_intersection(parcelle.geom, zone_bruit.geom),
2 parcelle.id as parcelle, zone_bruit.id as zone_bruit
3 from parcelle, zone_bruit
4
```

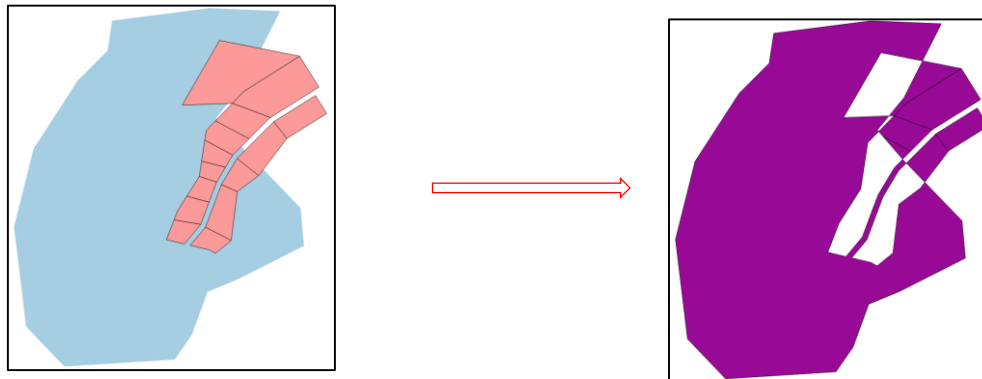
Data Output Explain Messages Notifications

	st_intersection geometry	parcelle integer	zone_bruit integer
1	01030000208A7A000001...	1	1
2	01030000208A7A000001...	2	1
3	01030000208A7A000001...	3	1
4	01030000208A7A000001...	4	1
5	01030000208A7A000001...	5	1
6	01030000208A7A000001...	6	1
7	01030000208A7A000001...	7	1
8	01030000208A7A000001...	8	1
9	01030000208A7A000001...	7	1
10	01030000208A7A000001...	10	1
11	01030000208A7A000001...	11	1
12	01030000208A7A000001...	12	1
13	01030000208A7A000001...	13	1
14	01030000208A7A000001...	14	1



Note: ici, pas d'étape intermédiaire car l'intersection de chaque élément du produit cartésien entre les deux tables ne provoque pas de redondance géométrique

» **Différence symétrique** : retourne les parties de géométries non-communes entre une couche A et une couche B



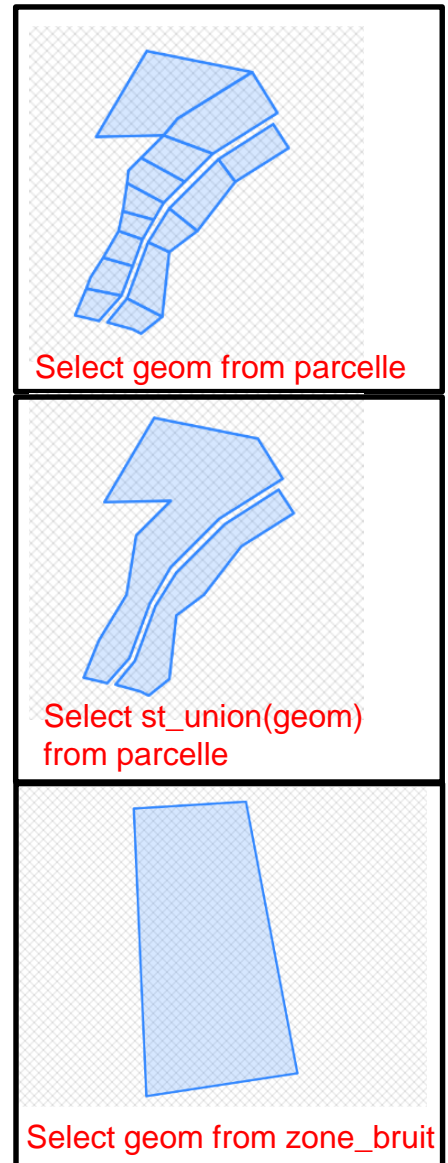
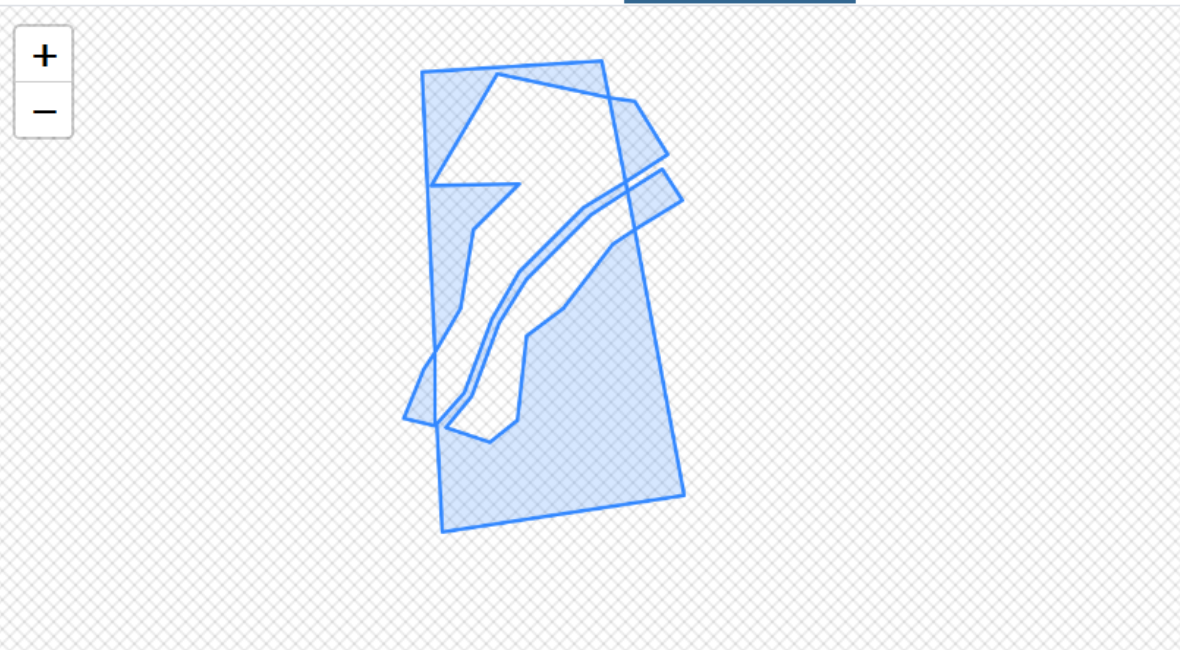


## Exemple de différence symétrique dans PostGIS (2 requêtes)

Query Editor Query History

```
1 create or replace view parcelle_union as
2 select st_union(geom) from parcelle;
3 select st_symdifference(geom, st_union) from parcelle_union, zone_bruit
4
5
6
```

Data Output Explain Messages Notifications Geometry Viewer



Attention, quand un opérateur spatial implique plusieurs tables, PostGIS effectue l'opération sur chaque élément du produit cartésien entre les deux tables  
→ étape intermédiaire pour éviter des géométries redondantes



## Exemple de différence symétrique dans PostGIS (1 requête)

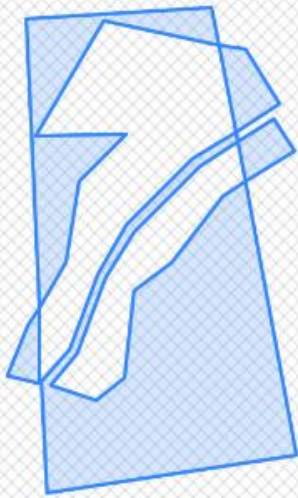

Query Editor   Query History

```


1  select st_symdifference(
2      st_union(parcelle.geom), st_union(zone_bruit.geom)
3  )
4  from parcelle, zone_bruit

```


Data Output   Explain   Messages   Notifications   Geometry Viewer

Select geom from parcelle



Select st\_union(geom)  
from parcelle

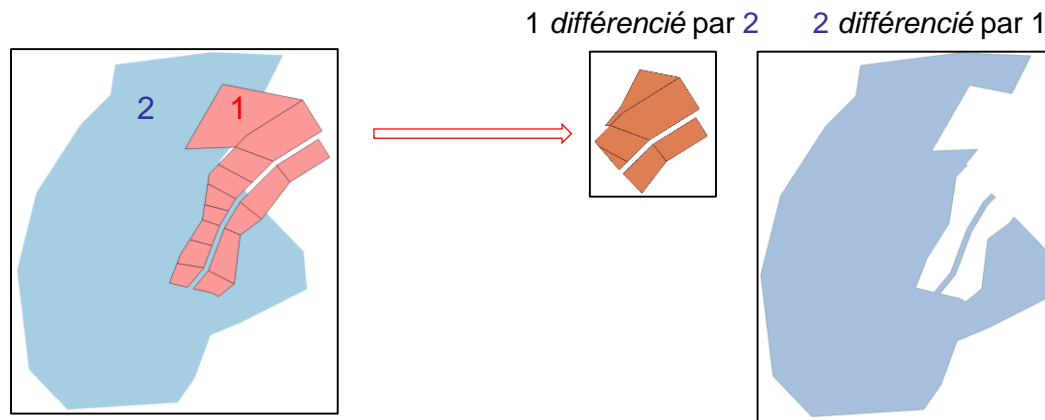


Select geom from zone\_bruit

Attention, quand un opérateur spatial implique plusieurs tables, PostGIS effectue l'opération sur chaque élément du produit cartésien entre les deux tables

→ étape intermédiaire pour éviter des géométries redondantes

- » **Différenciation** : « *A différencié par B* » retourne les parties de géométries de A non-communes avec B
- » Attention: contrairement à l'intersection et la différence symétrique, le résultat de la différenciation dépend de l'ordre des couches



## Exemple de différenciation dans PostGIS

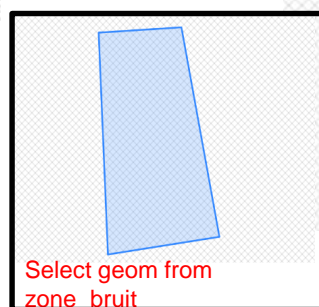
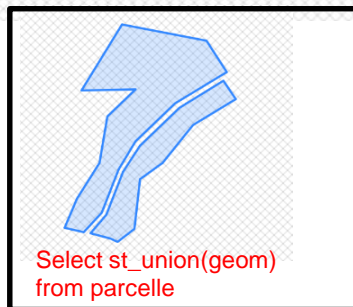
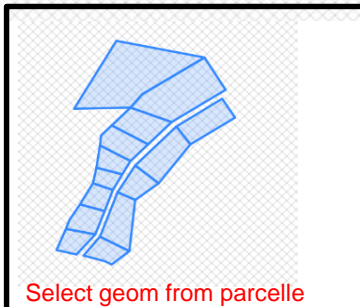
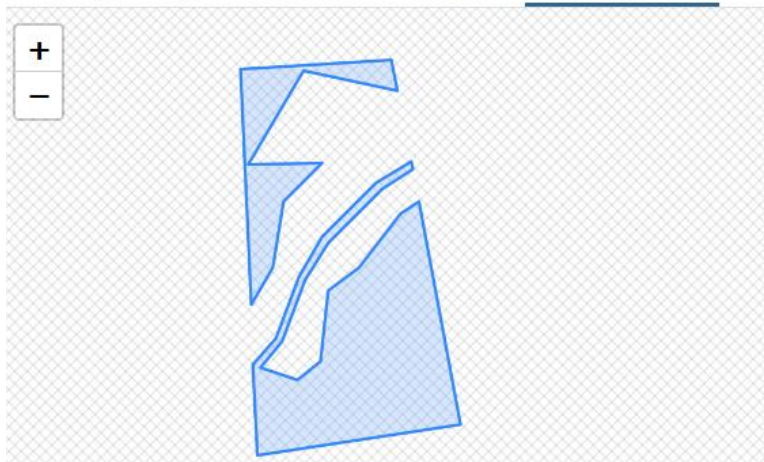
Query Editor   Query History

```

1 select st_difference(
2     st_union(zone_bruit.geom), st_union(parcelle.geom)
3 )
4 from parcelle, zone_bruit

```

Data Output   Explain   Messages   Notifications   Geometry Viewer



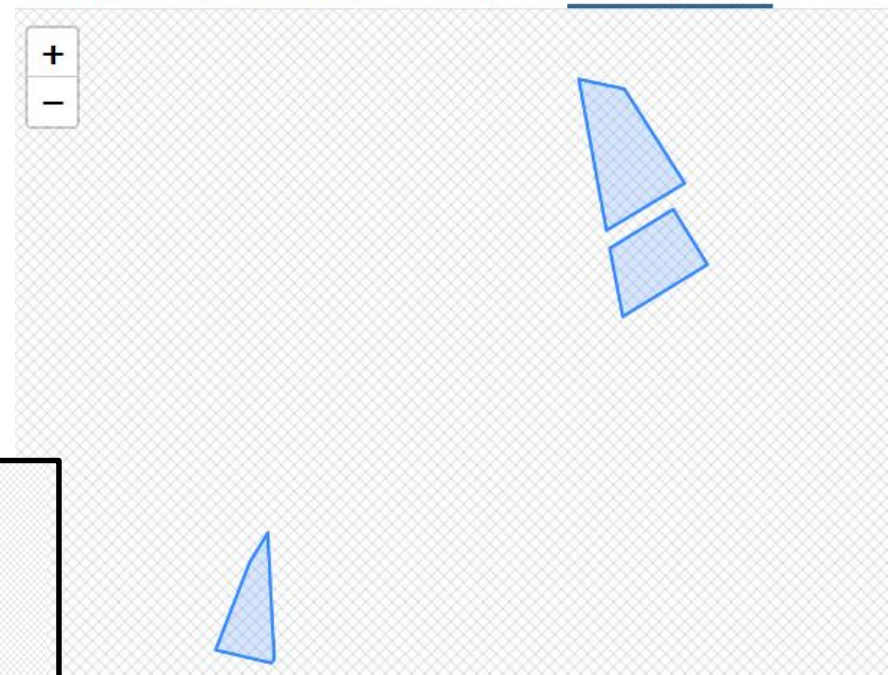
Query Editor   Query History

```

1 select st_difference(
2     st_union(parcelle.geom), st_union(zone_bruit.geom)
3 )
4 from parcelle, zone_bruit

```

Data Output   Explain   Messages   Notifications   Geometry Viewer



- 1.2. Recherches (= WHERE SQL)

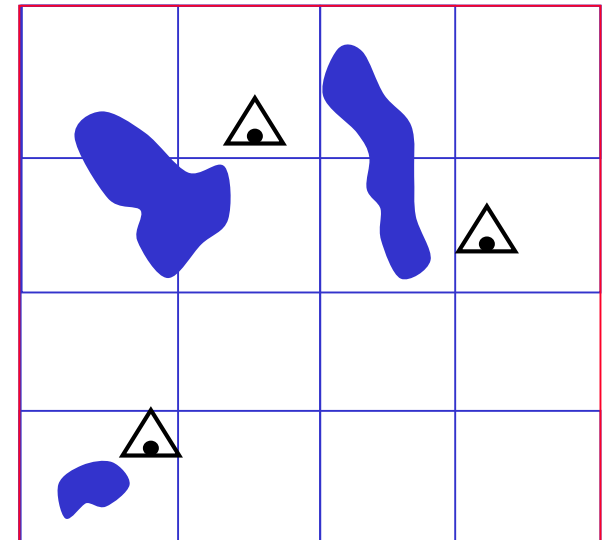
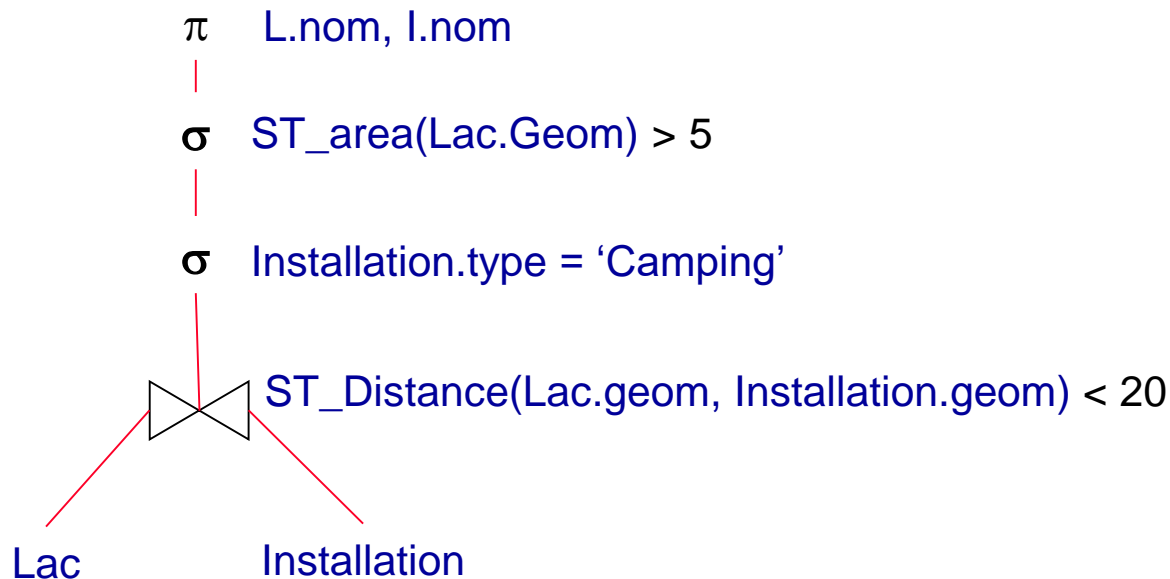
- La recherche de données (parfois appelée sélection ou simplement requête) s'applique dans la clause WHERE d'une requête SQL

SELECT ... FROM ... **WHERE** ...

- » La **qualification** (« **WHERE** ») est une expression logique de critères simples (attributaires) ou complexes (ex. *spatiaux*) permettant d'exprimer une condition que doivent satisfaire les résultats.
- On peut distinguer les requêtes selon :
  - » La nature de la qualification : requêtes attributaires (qualification non spatiale) et **requêtes spatiales** (**qualification spatiale** utilisant les prédicats spatiaux – ex. *topologiques*).
  - » La nature des résultats : (carto-)**graphiques** (visualisations) ou non graphiques (tables).
  - » Le nombre de tables / fichiers consultés.

```
SELECT Lac.nom, Installation.nom, Lac.geom, Installation.geom
FROM Lac, Installation
WHERE ST_area(Lac.geom) > 5 AND
      Installation.Type = 'Camping' AND
      ST_Distance(Lacs.geom, Installation.geom) < 20
```

Lac bleu	Camping des lacs
Lac noir	Camping des lacs
Lac noir	Camping InZePré
Lac aux oiseaux	Camping Dupont

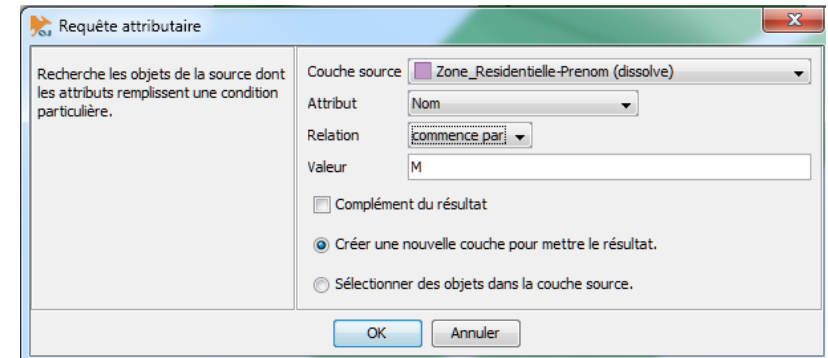
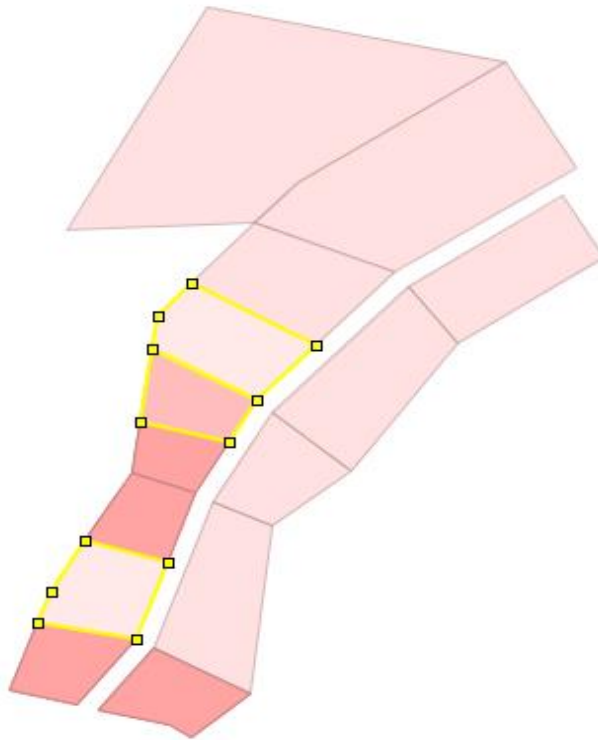


*Exemple de recherche spatiale avec résultats sous forme de table et de carte*



### – 1.2.1. Requêtes attributaires classiques

» Recherche identique à celle effectuée dans une base non spatiale, mais avec la possibilité de **visualiser** les objets sélectionnés.



*Exemple d'interface pour  
une requête attributaire  
selon OpenJump*

..	FID	vorname	nachname	Surface
	47	Malte	Müller	2864
	48	Frieda	Meyer	1732
	51	Moritz	Moor	2256

**Recherche sur les attributs** : dans la couche  
de parcelles d'habitat, selon l'attribut  
'Nom de propriétaire' (commençant par **M**)

Visualisation des attributs  
des objets correspondants  
(parcelles d'habitat)

## Exemple de recherche attributaire classique dans PostGIS

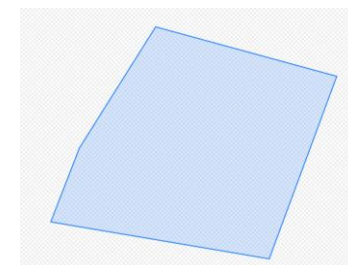
td\_traitement/postgres@PostgreSQL 11

Query Editor Query History

```
1 SELECT * from parcelle where nom like 'M%'
```

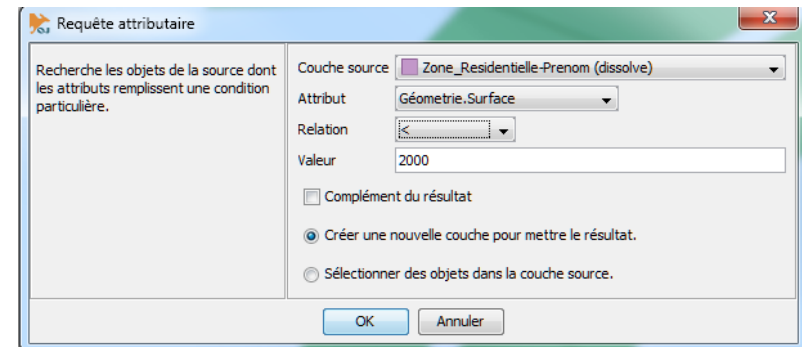
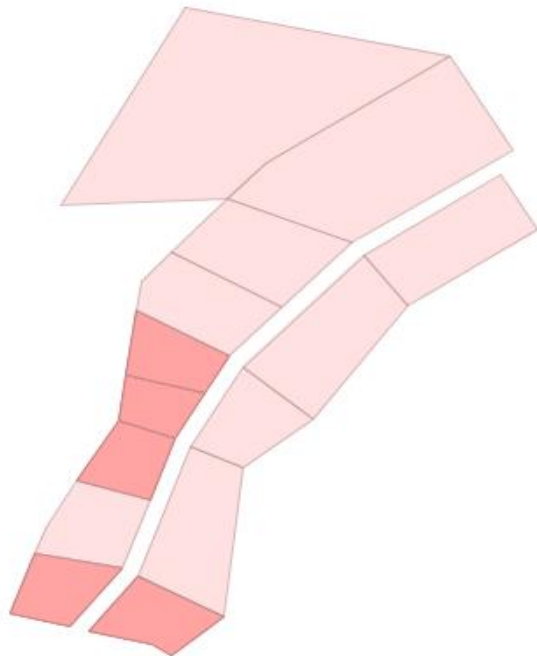
Data Output Explain Messages Notifications

	gid [PK] integer	prenom character varying (11)	nom character varying (9)	superficie double precision	id integer	geom geometry
1	8	Raymond	Macherot	2256	8	01060000208A7A0...



### – 1.2.2. Requêtes attributaires sur la géométrie

- » Recherche les objets de la couche dont une **fonction d'attribut** de la géométrie (longueur, surface, nombre de points... 'est simple', 'est fermée'...) rencontre une condition particulière.



*Exemple d'interface pour  
une requête attributaire sur la géométrie  
selon OpenJump*

..	FID	vorname	nachname	Surface
<input checked="" type="checkbox"/>	92	Frieda	Meyer	1732
<input checked="" type="checkbox"/>	93	Kay	Kaiman	1218
<input checked="" type="checkbox"/>	94	Jens	Jensen	1606
<input checked="" type="checkbox"/>	95	Dieter	Dachs	1753
<input checked="" type="checkbox"/>	96			1923

Requête sur la géométrie : dans la couche  
de parcelles d'habitat, selon l'attribut  
'Geo.Area' (< 2000)  
( ≠ d'une requête simple sur l'attribut 'Surface' !)

Visualisation des attributs  
des objets restants  
(parcelles d'habitat)



```
select * from parcelle where st_area(geom) < 2000
```

[ta Output](#) [Explain](#) [Messages](#) [Notifications](#) [Geometry Viewer](#)

gid [PK] integer	prenom character varying (11)	nom character varying (9)	superficie double precision	id integer	geom geometry
5	Eddy	Paape	1732	5	01060000208A7A0...
6	Henri	Vernes	1218	6	01060000208A7A0...
7	Arthur	Piroton	1606	7	01060000208A7A0...
9	Miton	Caniff	1753	7	01060000208A7A0...
10	Jean-Michel	Charlier	1923	10	01060000208A7A0...

### – 1.2.3. Requêtes spatiales

- » Les requêtes spatiales utilisent les caractéristiques géométriques et topologiques (prédicats) des entités pour :
  - **Vérifier** le(s) critère(s) (résultat **binaire**, vrai ou faux).
  - **Sélectionner** les entités répondant favorablement aux critères (**pas de création de nouvelles entités**).
- » Les requêtes spatiales s'appliquent entre 2 **couches d'entités** à travers une relation spatiale donnée (**prédicat spatial**) en considérant :
  - Une couche « **source** » contenant généralement une collection d'entités quelconques, au sein de laquelle les **résultats** de la requête **seront sélectionnés**.
  - Une couche « **masque** » contenant généralement une ou plusieurs entités spécialement **pré-sélectionnées** pour conditionner l'application de la requête.

– Les principales relations spatiales, topologiques / géométriques, sont les suivantes :

*Intersecte*

*Contient*

*Recouvre*

*Est recouvert par*

*Traverse*

*Est disjoint de*

*Égal*

*Recouvre partiellement*

*Touche*

*Est inclus dans*

*Est situé à moins de*

*Similaire*

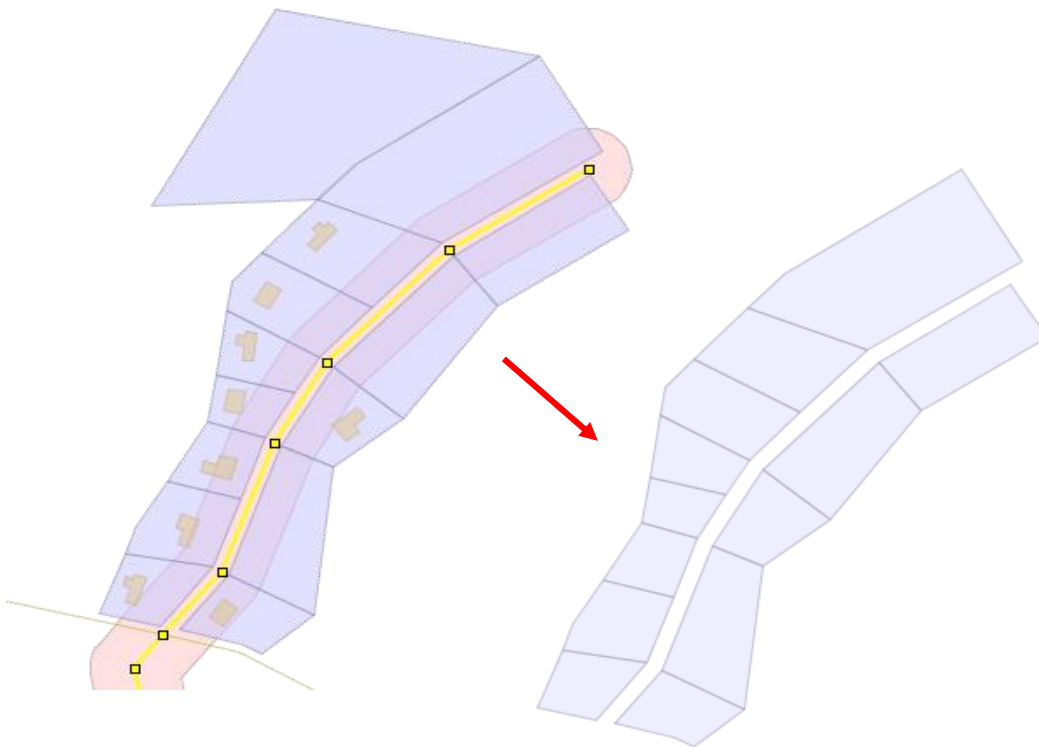
*Cf. chap. 3*

$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
disjoint	meet	overlap	contain
$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
equal	coveredBy	inside	cover

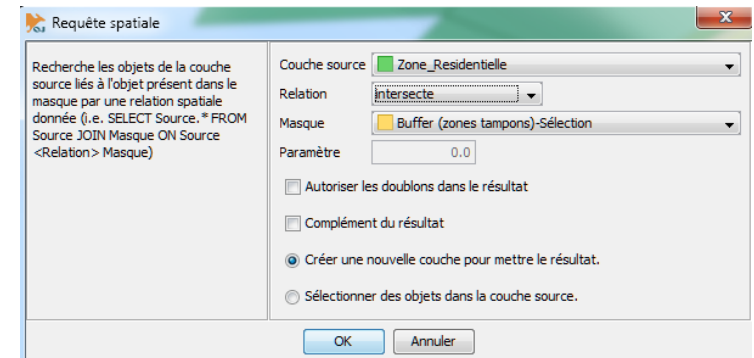
– Exemples de commandes SQL de PostGIS :

- ST\_Distance(geometry, geometry)
- ST\_DWithin(geometry, geometry, float) { binaire }
- ST\_Equals(geometry, geometry) { binaire }
- ST\_Intersects(geometry, geometry) { binaire }
- ST\_Touches(geometry, geometry) { binaire }
- ST\_Contains(geometry, geometry) { binaire }

» Exemple de sélection des objets de la couche « source » liés à l'objet présent dans la couche « masque » par une relation spatiale donnée (intersecte, contient, recouvre, touche, etc.).



Requête spatiale : entre la couche de parcelles d'habitat (source) et la zone-tampon (masque) selon la relation « intersection »



Interface OpenJump pour une requête spatiale

..	FID	vorname	nachname	flaeche
<input checked="" type="checkbox"/>	109	Jens	Jensen	1606
<input checked="" type="checkbox"/>	110			4256
<input checked="" type="checkbox"/>	111	Malte	Müller	2864
<input checked="" type="checkbox"/>	112	Kay	Kaiman	1218
<input checked="" type="checkbox"/>	113	Helmut	Helmchen	3570
<input checked="" type="checkbox"/>	114	Otto	Fant	9037
<input checked="" type="checkbox"/>	115			3626
<input checked="" type="checkbox"/>	116	Moritz	Moor	2256
<input checked="" type="checkbox"/>	117	Dieter	Dachs	1753
<input checked="" type="checkbox"/>	118	Frieda	Meyer	1732
<input checked="" type="checkbox"/>	119			1923
<input checked="" type="checkbox"/>	120			2202
<input checked="" type="checkbox"/>	121			3789

Visualisation des attributs des objets identifiés (parcelles d'habitat)


Deux requêtes spatiales équivalentes dans PostGIS:  
recherche des parcelles à moins de 25 m de la route

Query Editor Query History

```
1 SELECT parcelle.id, parcelle.geom FROM parcelle, route
2 WHERE st_distance(parcelle.geom, route.geom) < 25
```

Data Output Explain Messages Notifications Geometry Viewer

	id integer	geom geometry
1	2	01060000208A7A0...
2	3	01060000208A7A0...
3	4	01060000208A7A0...
4	5	01060000208A7A0...
5	6	01060000208A7A0...
6	7	01060000208A7A0...
7	8	01060000208A7A0...
8	7	01060000208A7A0...
9	7	01060000208A7A0...
10	10	01060000208A7A0...
11	10	01060000208A7A0...
12	11	01060000208A7A0...
13	12	01060000208A7A0...
14	13	01060000208A7A0...
15	14	01060000208A7A0...




Query Editor Query History

```
1 SELECT parcelle.id, parcelle.geom FROM parcelle, route
2 WHERE st_intersects(parcelle.geom, st_buffer(route.geom, 25))
```

Data Output Explain Messages Notifications Geometry Viewer

	id integer	geom geometry
1	7	01060000208A7A0...
2	10	01060000208A7A0...
3	2	01060000208A7A0...
4	3	01060000208A7A0...
5	4	01060000208A7A0...
6	5	01060000208A7A0...
7	6	01060000208A7A0...
8	7	01060000208A7A0...
9	8	01060000208A7A0...
10	7	01060000208A7A0...
11	10	01060000208A7A0...
12	11	01060000208A7A0...
13	12	01060000208A7A0...
14	13	01060000208A7A0...
15	14	01060000208A7A0...



Autre requête spatiale dans PostGIS:  
Recherche du bâtiment le plus proche de la route

Query Editor Query History

```
1 SELECT batiment.id, batiment.geom, st_distance(batiment.geom, route.geom) as dist
2 FROM batiment, route
3 ORDER BY dist
4 LIMIT 1
5
```

Data Output Explain Messages Notifications Geometry Viewer

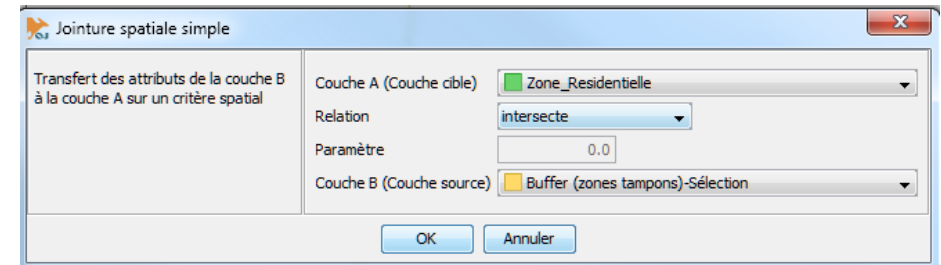
	id integer	geom geometry	dist double precision
1	12	01060000208A7A0...	10.7242351670453

#### – 1.2.4. Jointure spatiale

- » Effectue une jointure entre les **tables** de 2 couches, en rapprochant les attributs des **seules** entités qui répondent à une **relation spatiale** donnée (intersecte, traverse, recouvre, touche, etc.), avec **création** d'une **nouvelle couche de données** pour les résultats.
- » L'opération peut être décomposée en deux étapes :
  1. **Sélection** des entités d'une couche « **source** » et celles de la couche « **cible** » qui répondent à la relation spatiale choisie entre les 2 couches (les entités de la couche « cible » ne sont **pas** géométriquement **modifiées**).
  2. **Ajoute** les attributs des entités sélectionnées de la couche « source » à la table de la couche « cible », pour les seuls tuples sélectionnés à l'étape précédente.
    - En résultat, seules les entités sélectionnées de la couche « **cible** » sont copiés dans une **nouvelle table** créée pour ce résultat, avec jointure des attributs des deux couches originales.

*N.B. La couche « source » est celle qui alimente et la couche « cible » est celle qui est alimentée par la jointure.*

Exemple de jointure spatiale simple sur base d'une relation d'intersection  
entre les objets de 2 couches



Interface OpenJump pour une jointure spatiale

Attributs: Projet 1:Jointure-intersecte (2)

Jointure-intersecte (2) (13 Objets)

FID	A_Nom	A_Longueur	B_Prenom	B_Nom	B_Superficie
105	Avenue de la BD	683	Georges	Remi	9037.0
106	Avenue de la BD	683	Victor	Hubinon	3570.0
107	Avenue de la BD	683	Maurice	De Bevere	2864.0
108	Avenue de la BD	683	Eddy	Paape	1732.0
109	Avenue de la BD	683	Henri	Vernes	1218.0
110	Avenue de la BD	683	Arthur	Piroton	1606.0
111	Avenue de la BD	683	Raymond	Macherot	2256.0
112	Avenue de la BD	683	Miton	Caniff	1753.0
113	Avenue de la BD	683	Jean-Michel	Charlier	1923.0
114	Avenue de la BD	683	Edgar	Jacobs	3789.0
115	Avenue de la BD	683	Jean	Graton	2202.0
116	Avenue de la BD	683	Jean	Vanhamme	4256.0
117	Avenue de la BD	683	Philippe	Geluck	3626.0

Attributs de  
la zone-tampon

Attributs des parcelles  
d'habitat

Visualisation des attributs des objets identifiés

Géométries  
du résultat  
de la jointure

Jointure spatiale : entre la couche de  
parcelles d'habitat (cible) et la zone-tampon (source)  
selon la relation « intersection »

Les entités de la couche « **cible** » restent **complètes** !  
Elles ne sont pas « intersectées » comme lors d'une  
opération « overlay / intersection » !





» Dans PostGIS, une jointure spatiale est en fait une requête spatiale dans laquelle les attributs des 2 tables impliquées sont sélectionnés

Query Editor Query History

```
1 SELECT * FROM parcelle, route
2 WHERE st_intersects(parcelle.geom, st_buffer(route.geom, 25))
```

	gid integer	prenom character varying (11)	nom character varying (9)	superficie double precision	id integer	geom geometry	nom character varying (17)	longueur double precision	id integer	geom geometry
1	9	Miton	Caniff	1753	7	01060000208A7A0..	Allee du Parc	601	2	01050000208A7A0...
2	10	Jean-Michel	Charlier	1923	10	01060000208A7A0..	Allee du Parc	601	2	01050000208A7A0...
3	2	Georges	Remi	9037	2	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
4	3	Victor	Hubinon	3570	3	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
5	4	Maurice	De Bevere	2864	4	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
6	5	Eddy	Paape	1732	5	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
7	6	Henri	Vernes	1218	6	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
8	7	Arthur	Piroton	1606	7	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
9	8	Raymond	Macherot	2256	8	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
10	9	Miton	Caniff	1753	7	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
11	10	Jean-Michel	Charlier	1923	10	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
12	11	Edgar	Jacobs	3789	11	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
13	12	Jean	Graton	2202	12	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
14	13	Jean	Vanhamme	4256	13	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...
15	14	Philippe	Geluck	3626	14	01060000208A7A0..	Avenue de la BD	683	1	01050000208A7A0...

- 3. Exercices pour l'examen pratique

- **Données:**

- » 4 Shapefiles à intégrer dans une BD PostGIS
      - batiment.shp, parcelle.shp, route.shp, zone\_bruit.shp (srid 31370)
    - » [http://geomatics.ulg.ac.be/download/sig/data/traitemement\\_vecteur.rar](http://geomatics.ulg.ac.be/download/sig/data/traitemement_vecteur.rar)

- **Répondez aux questions suivantes au moyen de requête(s) SQL dans PostGIS**

- » 1. Quel est le type d'affectation du bâtiment situé sur la parcelle de Monsieur Graton?
    - » 2. Affichez une carte des bâtiments résidentiels dont la parcelle est totalement incluse dans la zone de bruit
    - » 3. Quelle est la superficie totale (hectares) des parties de parcelles recouvertes par la zone de bruit et dont l'affectation du bâtiment est résidentielle ?
    - » 4. Affichez le nombre de bâtiments par type d'affectation se situant à moins de 20m de la route (résultat tabulaire)
    - » 5. Quelle est la longueur totale (m) de l'allée du parc qui ne traverse pas la zone de bruit?

**– Solution 1**

- » Quel est le type d'affectation du bâtiment situé sur la parcelle de Monsieur Graton?

Query Editor		Query History	
1	<code>select</code>	<code>batiment.affectatio</code>	
2	<code>from</code>	<code>batiment, parcelle</code>	
3	<code>where</code>	<code>st_intersects(batiment.geom, parcelle.geom)</code>	
4	<code>and</code>	<code>parcelle.nom='Graton'</code>	
5			
6			
Data Output		Explain	Messages
		Notifications	
	<b>affectatio</b>		
	character varying (80)		
1	commerce		

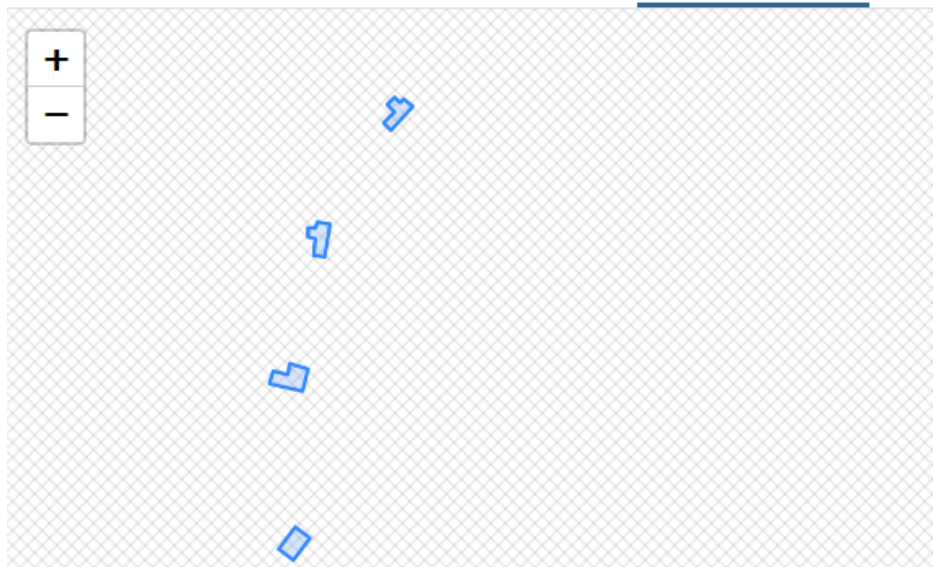
## – Solution 2

- » Affichez une carte des bâtiments résidentiels dont la parcelle est totalement incluse dans la zone de bruit

Query Editor Query History

```
1 select batiment.id, batiment.geom, batiment.affectatio
2 from parcelle, zone_bruit, batiment
3 where st_contains(zone_bruit.geom, parcelle.geom)
4 AND st_intersects(parcelle.geom, batiment.geom)
5 AND batiment.affectatio='residentiel'
6
```

Data Output Explain Messages Notifications Geometry Viewer



## – Solution 3

- » Quelle est la superficie totale (hectares) des parties de parcelles recouvertes par la zone de bruit et dont l'affectation du bâtiment est résidentielle ?

Query Editor

Query History

```

1  select
2      st_area(
3          st_union(
4              st_intersection(parcelle.geom, zone_bruit.geom
5              )
6          )
7      )/10000
8  from  parcelle, zone_bruit, batiment
9  where st_intersects(batiment.geom, parcelle.geom)
10 and  batiment.affectatio='residentiel'
11

```

Data Output

Explain

Messages

Notifications

Geometry Viewer

	?column? double precision
1	1.12953765174674

– Solution 4

- » Affichez le nombre de bâtiments par type d'affectation se situant à moins de 20m de la route (résultat tabulaire)

Query Editor

Query History

1

2

3

4

```
select batiment.affectatio, count(batiment.id)
from batiment, route
where st_distance(batiment.geom, route.geom) < 20
group by batiment.affectatio
```

Data Output

Explain

Messages

Notifications

	<div>affectatio</div> <div>character varying (80)</div>	<div></div>	<div>count</div> <div>bigint</div>	<div></div>
1	bureau		1	
2	commerce		1	
3	residentiel		8	

– Solution 5

- » Quelle est la longueur totale (m) de l'allée du parc qui ne traverse pas la zone de bruit?

Query Editor

Query History

```

1  select
2      st_length(
3          st_difference(
4              route.geom, zone_bruit.geom
5          )
6      )
7  from route, zone_bruit
8  where route.nom='Allee du Parc'
9

```

Data Output

Explain

Messages

Notifications

Geometry Viewer

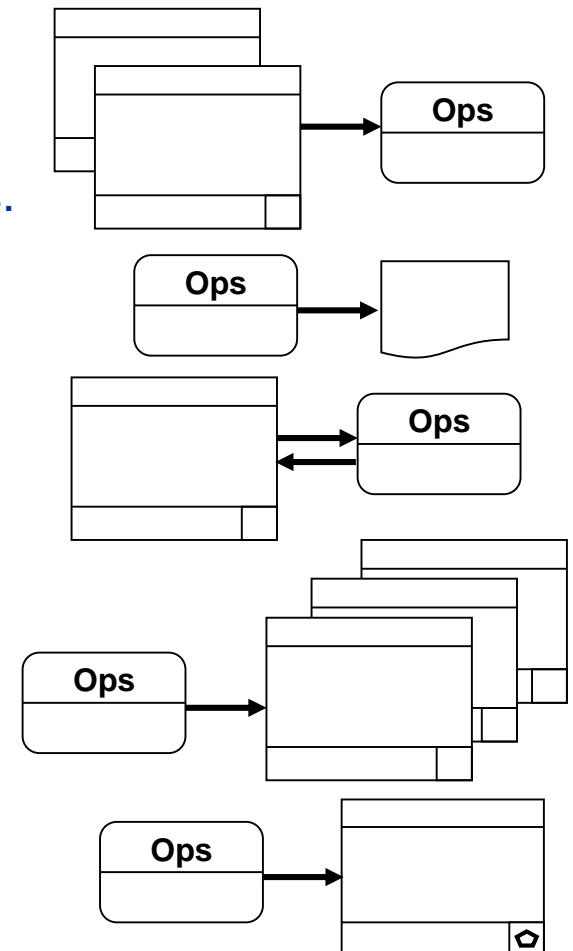
	st_length double precision	
1	318.455749329282	

## 2. Opérateurs spatiaux en mode maillé (raster)

Dans cette partie, nous verrons les traitements raster tels que présentés dans les SIG-logiciels (QGIS, ArcGIS, Idrisi, ...). Les fonctionnalités de PostGIS raster vues dans ce cours se limitent à celles du chapitre 4.

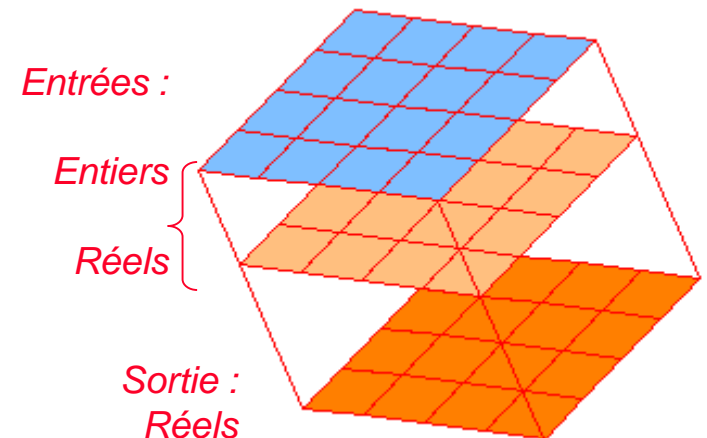
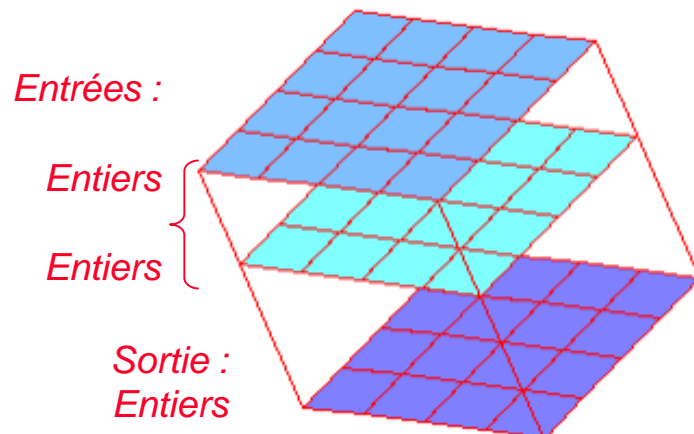
### 2.1. Types d'opérateurs raster

- Les opérateurs peuvent être distingués selon :
  - » Le nombre de couche(s) raster en **entrée** : 1 ou plus.
  - » Le type et le nombre de résultat(s) en **sortie** :
    - Des statistiques sur la ou les couche(s) d'entrée (pas de création de nouvelle couche).
    - Mise à jour de la couche raster d'entrée (pas de création de nouvelle couche).
    - 1 ou plusieurs nouvelle(s) couche(s) raster (les plus fréquents).
    - 1 ou plusieurs couche(s) vectorielle(s).





- D'autre part, les fonctions peuvent être distinguées sur la **spatialisation des opérations** qu'elles mettent en œuvre :
  - » **Locales** : sur chaque pixel indépendamment : reclassification, sélection, statistique, etc.
  - » **Focales** : sur un voisinage de pixels : contexte, filtrage.
  - » **Zonales** : sur des groupes de pixels : statistiques, etc.
- Enfin, les opérateurs sont généralement sensibles aux **types de données** qu'ils acceptent en entrée et ils peuvent **modifier** ce type en sortie.
  - » Certaines fonctions sont **polymorphes** vis-à-vis des types de données d'entrée.
  - » Certaines créent un raster du même type que les données d'entrée.
  - » D'autres demandent / créent systématiquement des raster en réels, ou en entiers / octets.



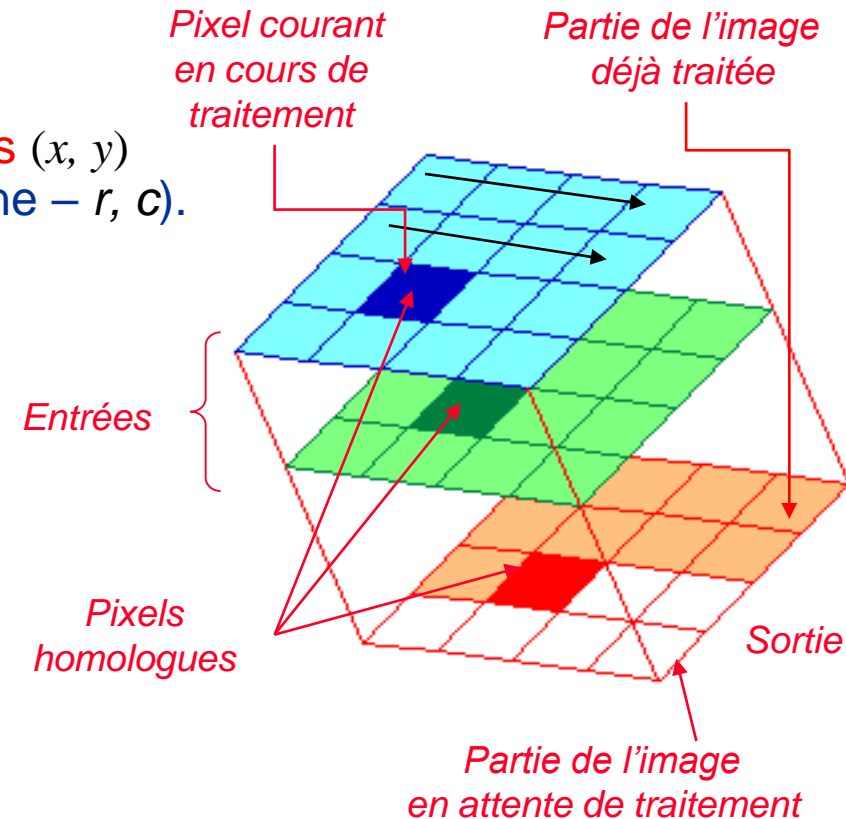
## 2.2. Traitements locaux

### – Détermination de la localisation

- » Usage des coordonnées **cartographiques**  $(x, y)$  ou des coordonnées **image** (rang, colonne –  $r, c$ ).

### – Traitements pixel par pixel

- » Le traitement est effectué sur chaque pixel (**accès par rang**) avant de passer au pixel suivant.
- » À chaque pixel du raster d'entrée sur lequel est effectué le calcul, correspond un **pixel homologue** (mêmes coordonnées-image) dans le raster de sortie.



Traitement local sur 2 couches raster en entrée avec 1 raster résultat

– **Exemple d'opérateur local : seuillage binaire (« masque binaire »)**

» Sélection et reclassification d'une image pour construire une image binaire.

- Les valeurs originelles **sélectionnées** sont reclassées à la valeur **1**.
- Les valeurs originelles non sélectionnées sont reclassées à la valeur **0**.

» La reclassification peut être effectuée de plusieurs manières :

- **Table de substitution :**

- Valeurs originelles **entières**, positives ou nulles, en **nombre limité**.
- Valeurs de substitution : 0 ou 1.

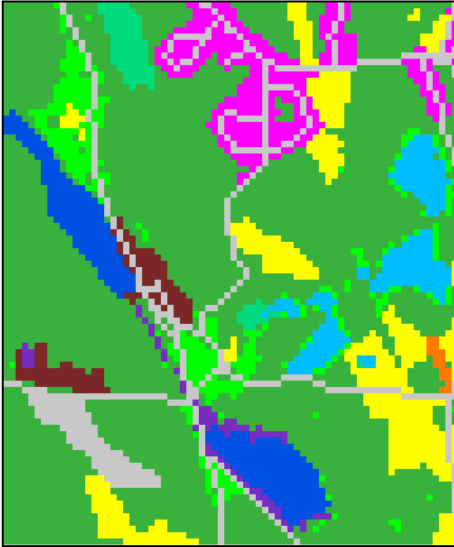
- Opérateur classique de **test** :

- Valeurs originelles **entières** ou **réelles**.
- Valeurs de substitution : 0 ou 1.
- **Règles** de substitution : valeurs originelles supérieures ou inférieures à un seuil ou comprises dans un ou plusieurs intervalles.

*Si pixel[c,r] > seuil Alors pixel[c,r] := 1 Sinon pixel [c,r] := 0*

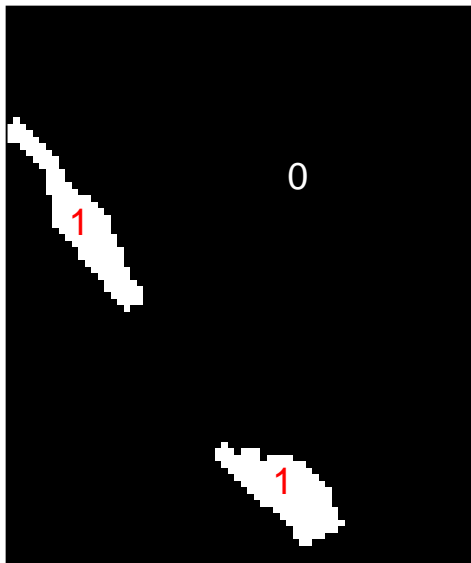
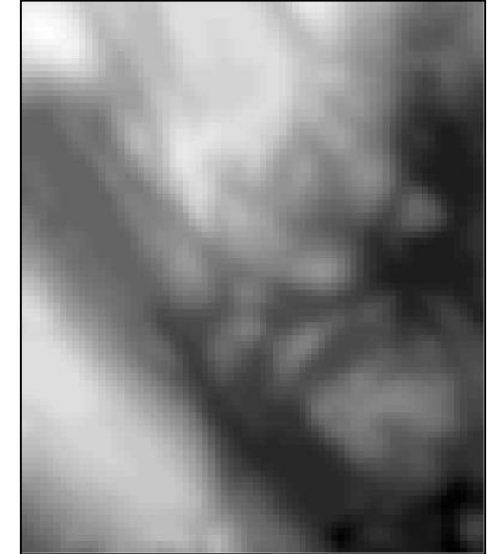
**OU**

*Si Minimum.Classe[i] <= pixel[c,r] < Maximum.Classe[i]  
Alors pixel[c,r] := 1 Sinon pixel[c,r] := 0*



*Affectations du sol*

*Modèle numérique  
de terrain*



*Image booléenne  
des 2 lacs réservoirs*

## Table

1 0  
2 1  
3 0  
4 0  
5 0  
6 0  
7 0  
8 0  
9 0  
10 0  
11 0

## Légende

1 : réservoirs

*Construction  
d'une image booléenne  
par reclassification  
pré-déterminée*

*Construction  
d'une image booléenne  
par seuillage  
binaire*

0 = [ 260, 330 [  
1 = [ 330, 370 ]

*Seuillage à 330 m*



## 2.3. Traitements focaux

### – Principe

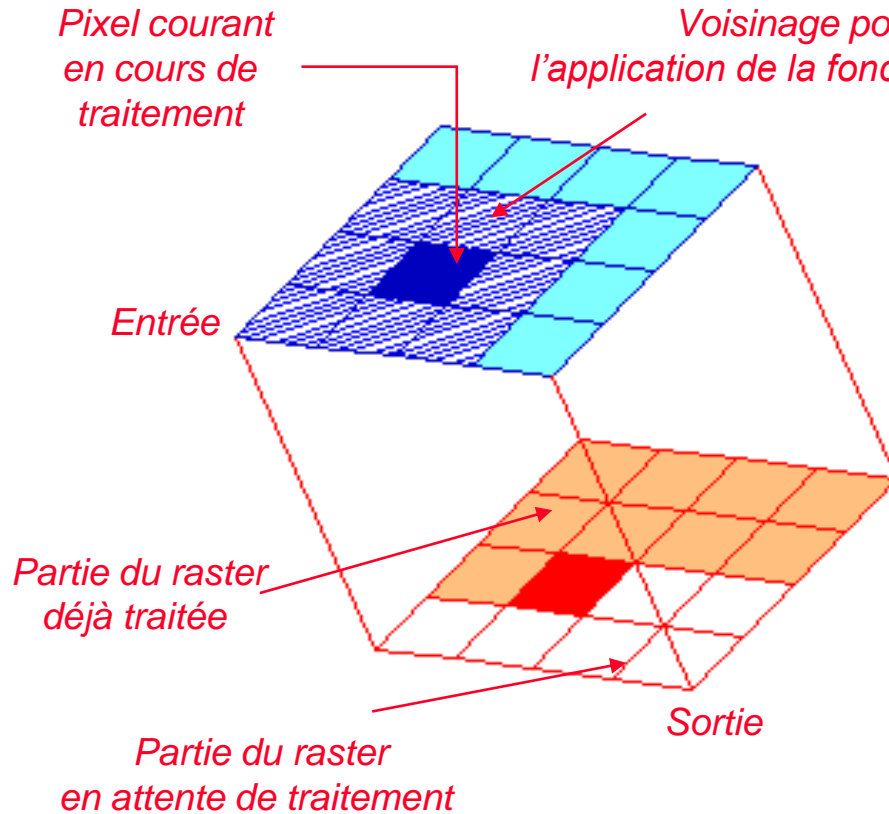
- » Utilisent un traitement pixel par pixel, mais considèrent le **voisinage** du pixel courant en entrée pour effectuer le calcul.
- » Dans le raster de sortie, le résultat reste affecté au **seul pixel** sur lequel a été **centré** le traitement.

### – Voisinage

- » Le voisinage est défini par une **fenêtre rectangulaire** de taille variable.
  - **Voisinage carré** (le plus souvent), rectangulaire ou quelconque

### – Traitements

- » La manière de prendre en compte le voisinage du pixel courant peut être définie :
  - Par une fonction focale standard (minimum, moyenne, etc.).
  - Par la fixation d'une ou plusieurs valeurs de paramètres (**coefficients**) à chaque position de la fenêtre de voisinage et par le choix d'une fonction focale à appliquer.

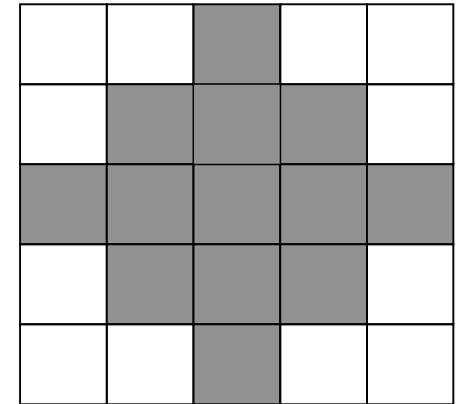


Traitement focal sur une image en entrée  
avec une image résultat

Affectation de coefficients à  
chaque cellule du voisinage  
dans une fenêtre carrée

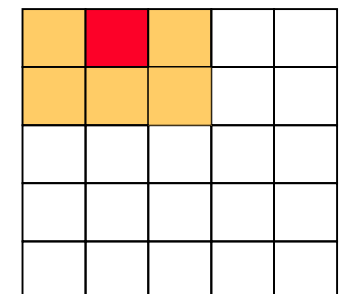
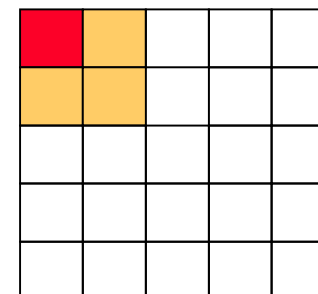
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Coefficients correspondant à un filtre  
(par la moyenne)  
la fonction focale étant une  
somme pondérée des valeurs  
des pixels par ces coefficients



Voisinage non rectangulaire  
défini de façon binaire dans  
une fenêtre carrée

Prise en compte partielle du voisinage  
pour les pixels des bords du raster



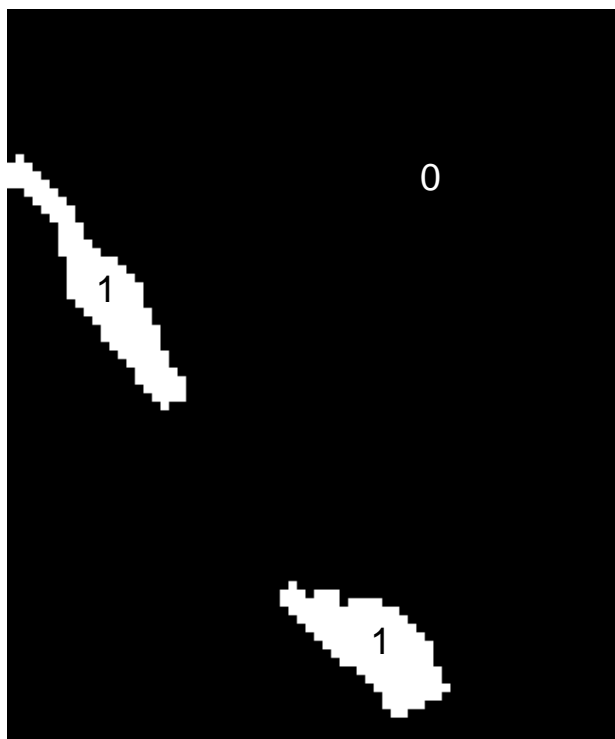
– **Exemple d'opérateur focal : *groupement de pixels***

- » **Objectif** : assigner un attribut (**numéro**) distinct à tous les **groupes de pixels voisins présentant une même valeur** dans le raster original.
  - Reconstitue des « **entités géographiques** » telles que perçues en mode vectoriel.
- » **Groupe de pixels voisins** :
  - **Voisinage** entre pixels par un côté (connexité 4) et, éventuellement, en plus par un coin (connexité 8).
  - **Valeurs identiques** codées sur des entiers (le plus souvent sur un octet ou booléennes).
- » **Assignation des numéros aux groupes** :
  - # 1 depuis le coin supérieur gauche du raster.
  - Le fond d'image éventuel (ex. *valeur 0 ou NoData*) peut constituer un groupe ou plusieurs groupes distincts (enclaves)
- » **Mise en œuvre** : application directe sur un raster codé en entiers
- » **Résultats** : raster codé en entiers positifs (= **numéros des groupes**)

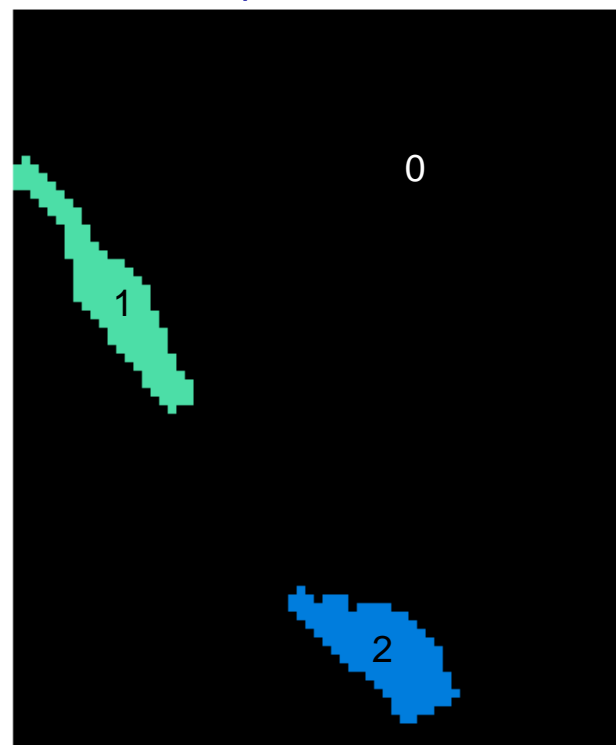


*Groupeement des pixels au départ d'un raster booléen*

*Raster booléen de  
2 lacs réservoirs*



*Raster après groupement et  
affectation d'une valeur distincte  
à chaque lac réservoir*



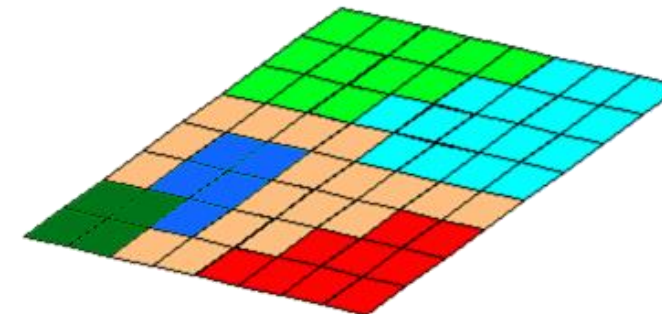
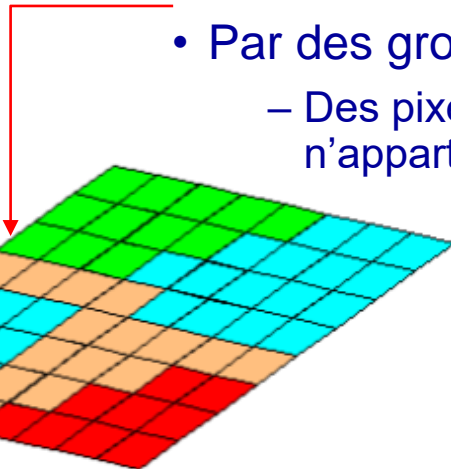
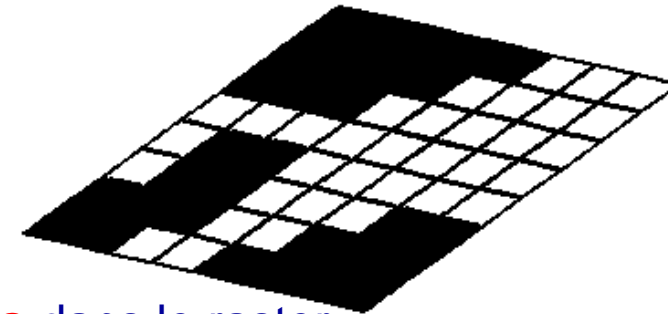
## 2.4. Traitements zonaux

### – Principe

- » Utilisent des **groupes** de pixels **contigus ou non**.
- » Le traitement s'applique pixel par pixel mais fait intervenir dans le calcul du résultat **tous les pixels du groupe auquel appartient le pixel courant**.

### – Définition des groupes

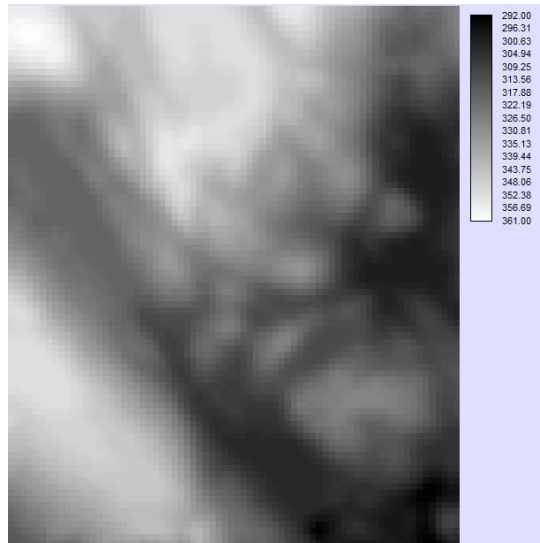
- » Les groupes peuvent être définis :
  - Par une **image de référence**.
    - Exemple : un raster comportant les ID d'objets discrets.
  - Par tous les pixels de **même valeur dispersés** dans le raster.
  - Par des groupes de pixels de **même valeur contigus**.
    - Des pixels de même valeur appartiennent à des groupes distincts s'ils n'appartiennent pas à la même plage.



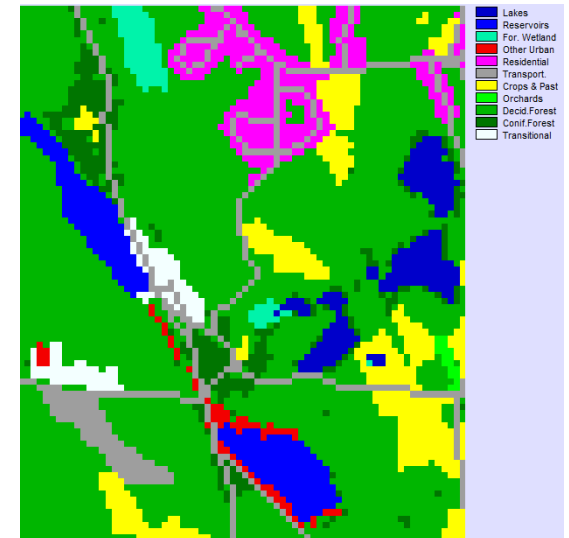
– **Exemple d'opérateur zonal : extraction de statistiques sur base d'un masque**

- » **Objectif** : calcul d'une ou plusieurs **statistiques descriptives** sur les pixels d'un raster, sélectionnés grâce à une **image de référence** (masque binaire ou non).
- » Les statistiques descriptives courantes sont calculées pour chaque groupe de pixels de l'image de référence
  - **Groupe de pixels de l'image de référence** : tous les pixels contigus ou non présentant la même valeur.
  - Statistiques calculées : moyenne, mode, médiane, variance, écart-type, coefficient de variation, minimum, maximum, intervalle.
- » Mise en œuvre :
  - L'image de **référence** ne peut contenir que des **valeurs entières positives ou nulles** (numéros des groupes ou régions dans l'image).
    - Définition d'une image de référence par sélection, binarisation ou groupement.
  - Sélection du raster d'où seront issues les statistiques.
  - Sélection de la ou des statistique(s) à calculer.
- » **Résultat** : valeur(s) de la ou des statistique(s) pour chacun des groupes de pixels présents dans la référence sous forme :
  - de **tableau** (ou de fichier de valeurs).
  - de raster : chaque pixel a comme valeur 1 statistique du groupe auquel il appartient.

## Modèle numérique de terrain



## Modes d'occupation du sol



*Extraction de statistiques du relief  
pour chacun des modes d'occupation du sol*

Summary statistics from RELIEF based on LANDUSE

ID	Minimum	Maximum	Total	Average	Range	Population_SD	Sample_SD	Mode	Frequency	Diversity
1	300	318	70027	304,4652	18	5,959728	5,972726	300	0,4304348	15
2	299	323	95056	311,659	24	7,871205	7,88414	319	0,4295082	16
3	312	346	32080	337,6842	34	11,67838	11,74033	343	0,4	13
4	298	352	22089	311,1127	54	13,91579	14,01484	306	0,1267606	15
5	305	352	114145	341,7515	47	11,68555	11,70308	352	0,2065868	45
6	297	352	166532	331,7371	55	15,96556	15,98148	352	0,07968128	55
7	295	355	169538	324,1644	60	12,69904	12,71119	330	0,03824092	59
8	311	314	5618	312,1111	3	0,8089011	0,8323524	312	0,5	4
9	292	361	1199361	326,9796	69	15,59137	15,5935	321	0,03571429	70
10	293	352	103800	318,4049	59	12,86868	12,88846	313	0,04907975	54
11	313	352	40239	335,325	39	13,73024	13,78781	352	0,2333333	35

## 2.5. Algèbre de cartes

- **Langage**, avec **expressions** (opérateurs, constantes, variables) qui peuvent être combinées entre elles selon une **syntaxe**; le tout est soumis à un **interpréteur** de commandes.
- Une séquence d'opérations portant sur un ou plusieurs jeux de données peut être :
  - » Soit écrite dans une interface dédiée (« raster calculator »)
  - » Soit être traduite par un **formalisme** graphique (modeleur de traitements en mode raster).

## 2.5.1. Syntaxe des expressions

### – Expression

» Une expression utilise l'opérateur « = ».

- Le raster de sortie est situé à gauche de l'opérateur « = ».
- L'opération à évaluer est à droite de l'opérateur « = ».

Ex. Output = image1 + image2

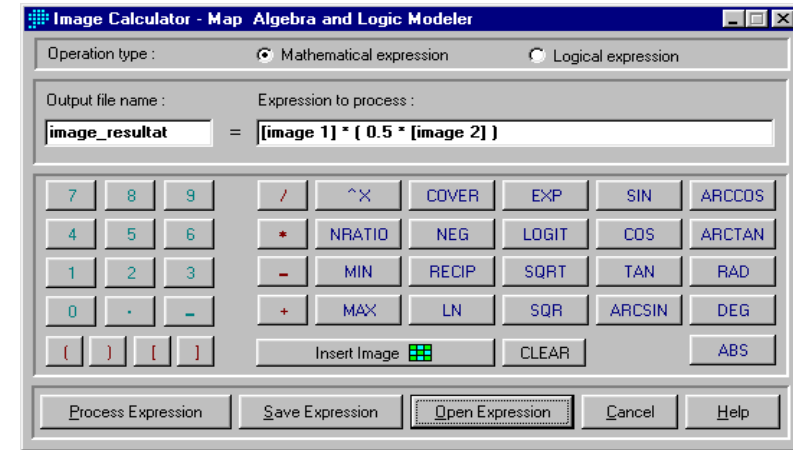
Output = sin (image1)

Output = image1 \* image2

» L'expression peut contenir des scalaires, des paramètres et des opérateurs multiples dont la priorité est gérée par des parenthèses.

Ex. Output = (image1 \* 0.5) + exp (image2, 3)

- Toutes les données participant à l'expression à évaluer doivent exister a priori.
- Les expressions peuvent généralement être introduites de manière interactive par un éditeur d'expressions.



Interface dédiée à « l'algèbre de cartes »  
du logiciel Idrisi

## 2.5.2. Opérations de superposition (*overlay*) entre raster par « algèbre de carte »

### – Algèbre booléenne entre masques binaires

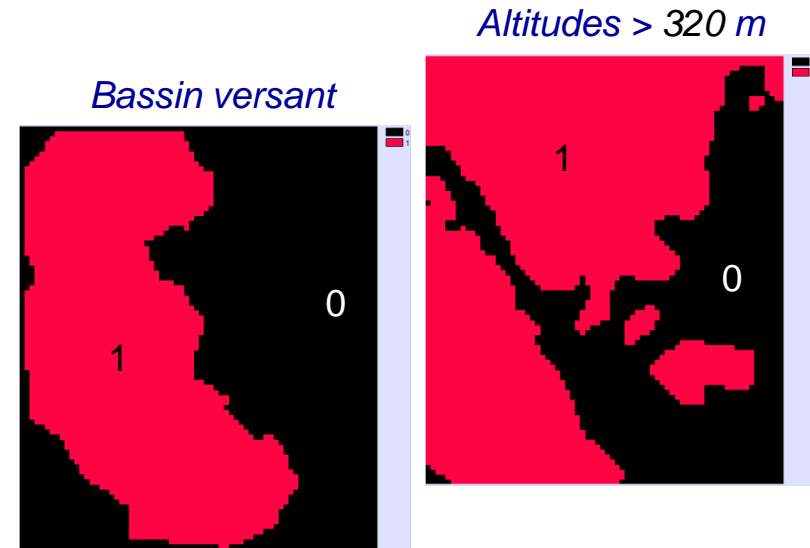
#### ET logique entre deux masques binaires

- » **Objectif** : recherche des pixels présentant simultanément une valeur **unitaire** dans les deux masques booléens.
- » **Principe** : opération ET logique entre les pixels homologues des deux masques.

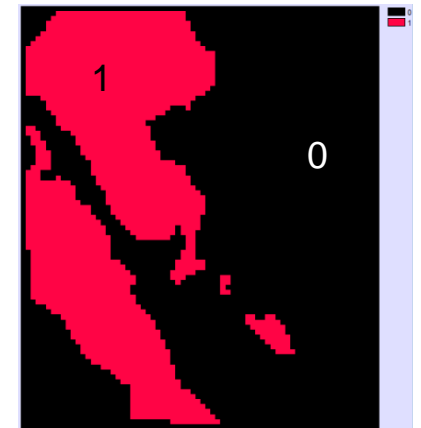
- Table de vérité :

AND	0	1
0	0	0
1	0	1

- » **Résultat** : nouveau raster booléen.
- » Opérateur équivalent : **multiplication**.
- » *Exemple d'utilisation : recherche de **cooccurrences** entre les modalités de deux attributs préalablement rendues booléennes (combinaison de contraintes exclusives).*



*Altitudes > 320 m **ET**  
dans le bassin versant*



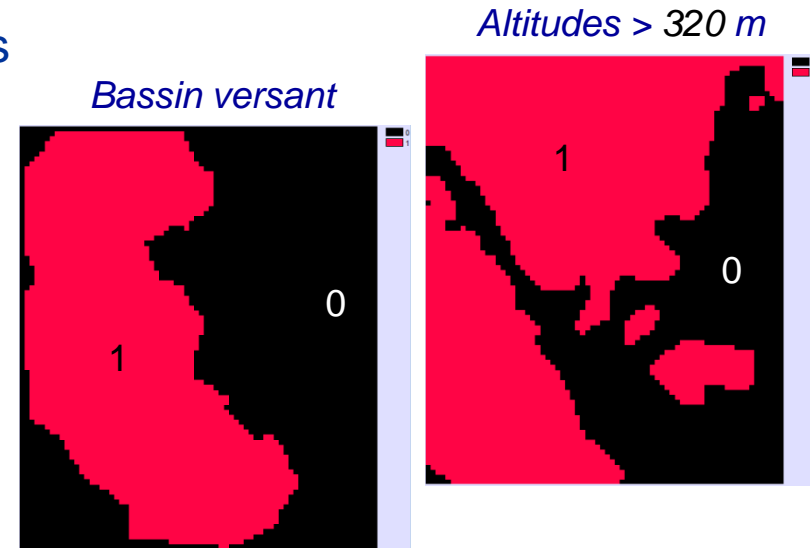


## OU logique entre deux masques binaires

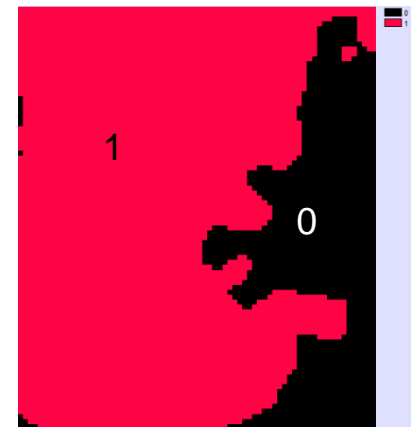
- » **Objectif** : recherche des pixels présentant une valeur unitaire dans **au moins** un des deux masques booléens.
- » **Principe** : opération OU logique entre les pixels homologues des deux masques.
- » Table de vérité :

OU	0	1
0	0	1
1	1	1

- » **Résultat** : nouveau raster booléen.
- » Opérateurs équivalents :
  - Maximum [image1, image2]
- » *Exemple d'utilisation : **union** (combinaison) de deux contraintes non exclusives.*



*Altitudes > 320 m **OU**  
dans le bassin versant*



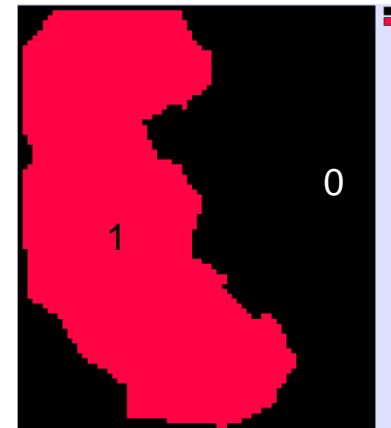
## OU exclusif logique entre deux masques binaires

- » **Objectif** : recherche des pixels présentant une valeur unitaire dans **un seul** des deux masques booléens.
- » **Principe** : opération OU exclusif (XOR) logique entre les pixels homologues des deux masques.
- » Table de vérité :

XOR	0	1
0	0	1
1	1	0

- » **Résultat** : nouveau raster booléen.
- » **Opérateur équivalent** :  
| image1 - image2 |
- » **Exemple d'utilisation** : **différenciation** de deux contraintes exclusives.

Bassin versant



Altitudes > 320 m



Masque des pixels situés dans le bassin à moins de 320 m et hors bassin à plus de 320 m

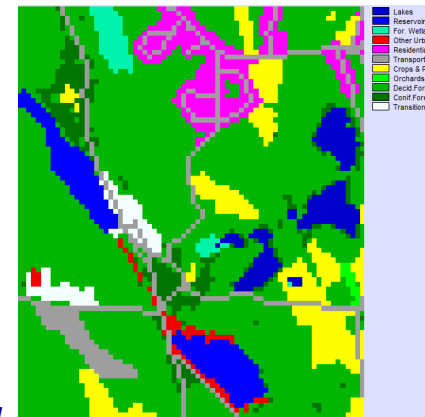
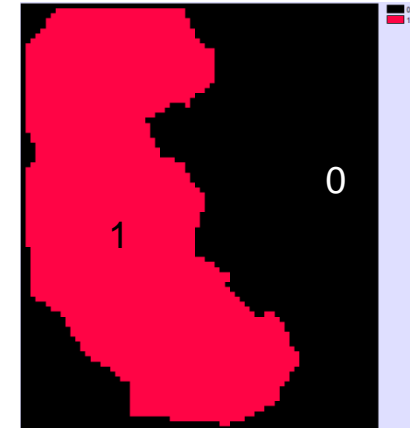


– Délimitation d'une région d'intérêt (R.O.I.)

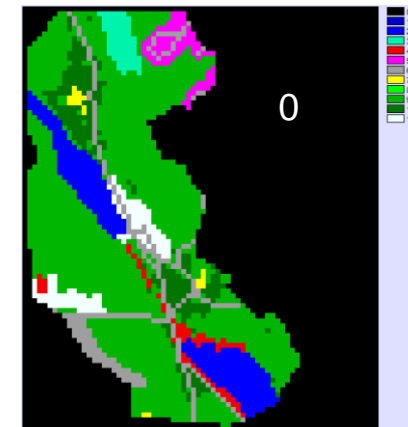
**Multiplication entre un masque booléen et un raster**

- » **Objectif** : sélection des pixels d'un raster répondant à une **contrainte** traduite par un masque booléen.
  - » **Principe** : opération de **multiplication** entre les pixels homologues du masque booléen et du raster.
  - » **Résultat** :
    - Raster du même type que le raster original non booléen, mais incorporant un fond d'image mis à 0.
- N.B. Les statistiques du raster résultant ne doivent plus prendre en compte la valeur 0.*
- » **Exemples d'utilisation** :
    - Région d'intérêt
    - **Sélection spatiale** et thématique

Bassin versant



Modes d'occupation  
du sol



Occupations du sol  
dans le bassin versant

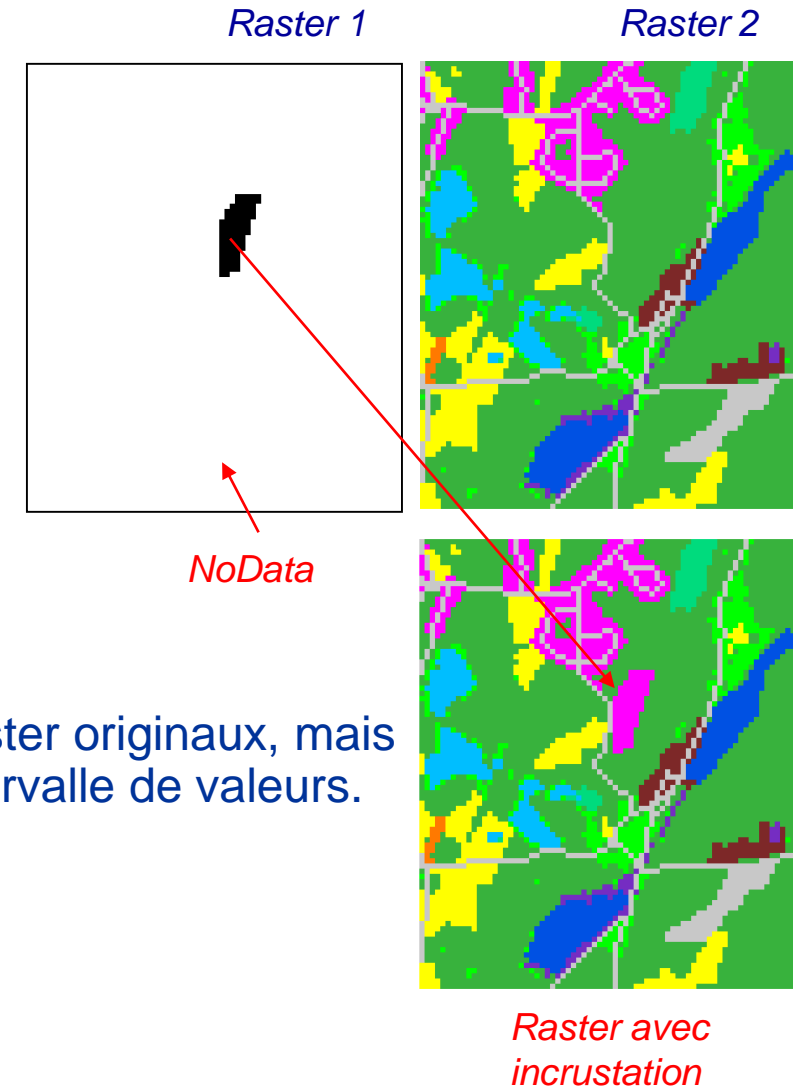
– Opération de couverture (*cover*) ou « d'incrustation »

» **Objectif** : **incrustation** d'un raster comportant un fond « **transparent** » (mis à **NoData**), dans un autre raster.

» **Conditions** :

- Le raster à **incruster** doit comporter un **fond d'image « transparent »** (*NoData* ou 0) (mais les 2 images doivent rester superposables et généralement de même type).
- Le raster à incruster **peut/doit** présenter des valeurs **distinctes** du raster couvert.
- **L'ordre des raster** vis-à-vis de l'opérateur est **important**.

» **Résultat** : raster du même type que les raster originaux, mais susceptible de présenter un plus large intervalle de valeurs.



– Opération de reclassification croisée entre 2 rasters

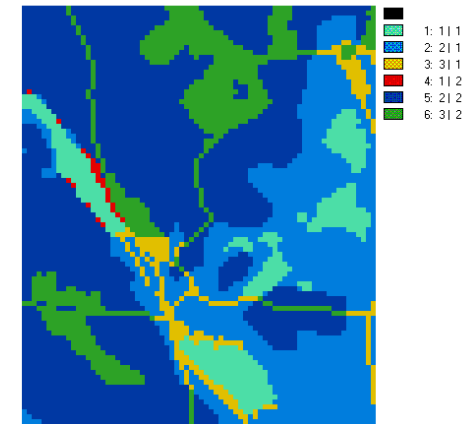
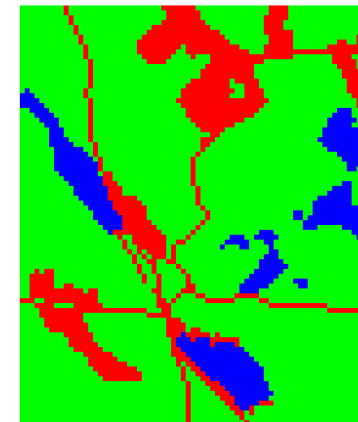
- » **Objectif** : recherche de toutes les **cooccurrences** entre les **modalités** de 2 raster.
- » **Principe** : attribution automatique d'un **numéro** à toute **combinaison de modalités** rencontrée.
- » **Conditions** :
  - Raster de même type, en **octets** ou en **entiers positifs**.
  - Seules les combinaisons **effectivement présentes** de modalités originales sont retenues.
  - L'ordre des rasters vis-à-vis de l'opérateur détermine l'ordre des modalités du raster résultant.
- » **Résultat** : raster codé sur un entier positif, où chaque valeur (**numéro**) correspond à une combinaison de modalités originales.

*Affectations du sol  
en 3 catégories :*

- 1 : Plans d'eau
- 2 : Végétation
- 3 : Espace bâti

*Altitudes en  
2 catégories :*

- 1 : < 320 m
- 2 : > 320 m



*Classification croisée  
en 3 x 2 catégories*