


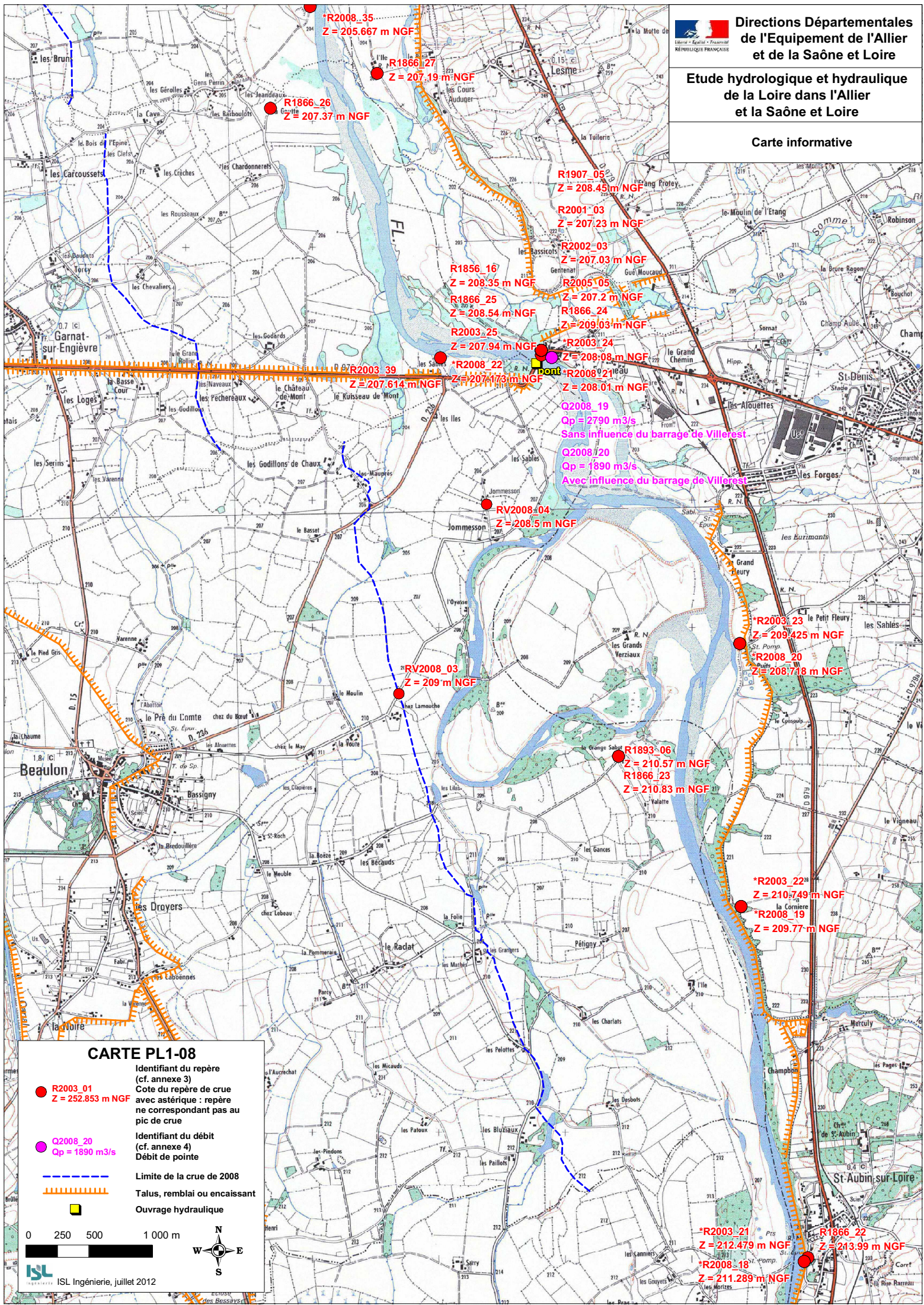


CARTE PL1-07

- **R2003_01**
Identifiant du repère (cf. annexe 3)
Z = 252.853 m NGF
Cote du repère de crue avec astérisque : repère ne correspondant pas au pic de crue
- **Q2008_20**
Identifiant du débit (cf. annexe 4)
Qp = 1690 m³/s
- Limite de la crue de 2008
- Talus, remblai ou encasement
- Ouvrage hydraulique
- 0 250 500 1 000 m

 ISL Ingénierie, juillet 2012



CARTE PL1-08

● **R2003_01**
Z = 252.853 m NGF
Identifiant du repère
(cf. annexe 3)
Cote du repère de crue
avec astérisque : repère
ne correspondant pas au
pic de crue

● **Q2008_20**
Qp = 1890 m³/s
Identifiant du débit
(cf. annexe 4)
Débit de pointe

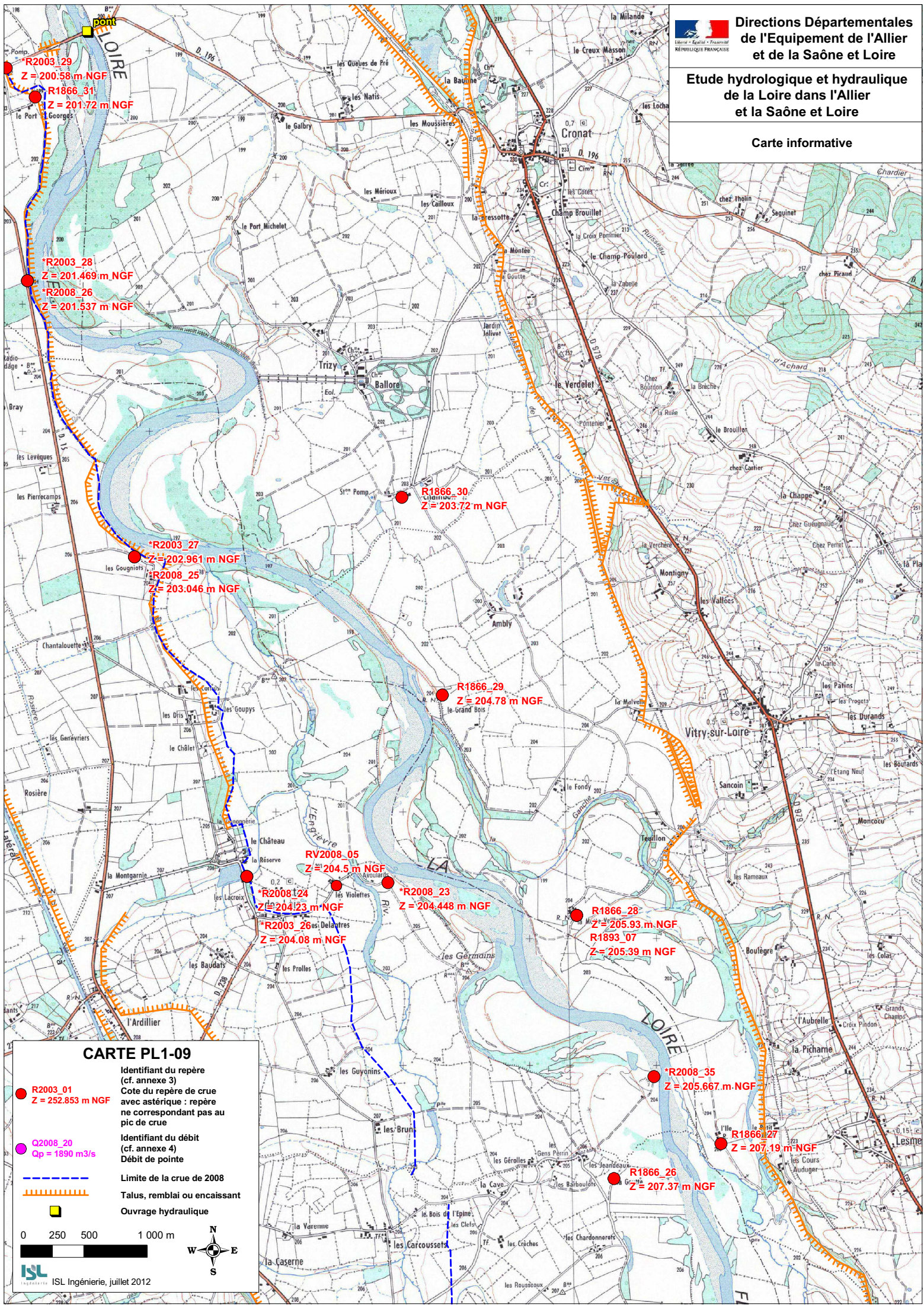
--- Limite de la crue de 2008

▨ Talus, remblai ou encaissant

■ Ouvrage hydraulique

0 250 500 1 000 m





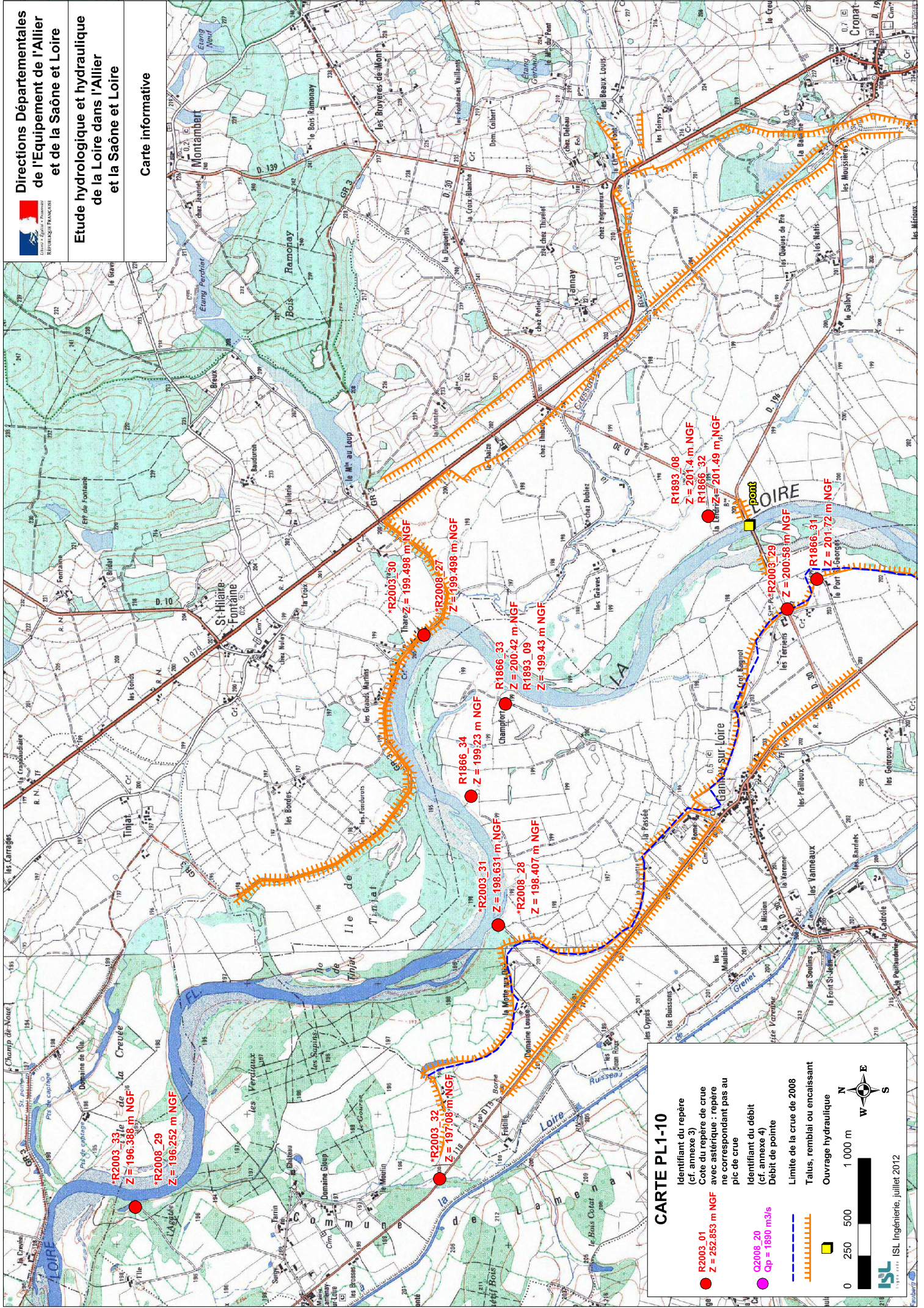
CARTE PL1-09

● **R2003_01**
Z = 252.853 m NGF
Identifiant du repère
(cf. annexe 3)
Cote du repère de crue
avec astérisque : repère
ne correspondant pas au
pic de crue

● **Q2008_20**
Qp = 1890 m³/s
Identifiant du débit
(cf. annexe 4)
Débit de pointe

--- Limite de la crue de 2008
--- Talus, remblai ou encaissant
■ Ouvrage hydraulique





CARTE PL1-10

- **R2003_01**
Identifiant du repère (cf. annexe 3)
Z = 252.853 m NGF
Cote du repère de crue avec astérisque : repère ne correspondant pas au pic de crue
- **Q2008_20**
Identifiant du débit (cf. annexe 4)
Qp = 1690 m³/s
- Limite de la crue de 2008
- Talus, remblai ou encaissement
- Ouvrage hydraulique

0 250 500 1 000 m

N
W E
S

ISL
Ingénierie, juillet 2012

ANNEXE 6 : CHRONIQUE DE DEBIT DE POINTE DE VILLEREST, DIGOIN ET GILLY

Chronique de Villerest extraites de la Banque HYDRO (1920 – 2012)

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
08/10/1920	1920	643
04/02/1922	1921	477
04/03/1923	1922	346
05/10/1924	1924	1740
17/05/1926	1925	1090
09/03/1927	1926	1570
15/02/1928	1927	850
03/12/1928	1928	516
08/05/1930	1929	1250
09/03/1931	1930	553
06/04/1932	1931	941
06/03/1933	1932	505
01/10/1933	1933	2180
11/11/1934	1934	631
11/11/1935	1935	1320
23/03/1937	1936	333
02/11/1937	1937	777
10/09/1938	1938	941
20/02/1940	1939	516
22/01/1941	1940	661
07/03/1942	1941	1380
01/11/1942	1942	237
26/10/1943	1943	2090
29/04/1946	1945	476
06/03/1947	1946	339
15/05/1948	1947	631
06/09/1948	1948	191
21/11/1949	1949	502
20/05/1951	1950	795
20/11/1951	1951	1410
26/11/1952	1952	435
25/03/1954	1953	334
19/01/1955	1954	541
23/03/1956	1955	556
25/06/1957	1956	882
26/12/1957	1957	478

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
21/12/1958	1958	807
16/03/1960	1959	527
26/10/1960	1960	603
12/12/1961	1961	267
01/06/1963	1962	500
01/11/1963	1963	1390
01/05/1965	1964	385
01/01/1966	1965	321
01/11/1966	1966	600
01/02/1968	1967	360
01/12/1968	1968	735
01/01/1970	1969	615
01/04/1971	1970	535
01/02/1972	1971	352
01/01/1973	1972	181
01/12/1973	1973	1150
01/02/1975	1974	363
01/02/1976	1975	250
01/11/1976	1976	1680
01/02/1978	1977	459
01/02/1979	1978	192
01/10/1979	1979	720
01/09/1980	1980	1830
01/01/1982	1981	525
01/05/1983	1982	1570
01/06/1984	1983	207
01/12/1984	1984	750
01/04/1986	1985	950
01/04/1987	1986	473
01/03/1988	1987	795
01/04/1989	1988	1050
01/02/1990	1989	436
01/03/1991	1990	240
01/06/1992	1991	1000
01/11/1992	1992	460
11/01/1994	1993	747
06/11/1994	1994	902
24/01/1996	1995	438
02/05/1998	1997	250
19/05/1999	1998	980
23/10/1999	1999	505
05/05/2001	2000	763
21/10/2001	2001	644

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
26/11/2002	2002	1040
03/12/2003	2003	1660
05/11/2004	2004	733
11/04/2006	2005	271
06/06/2007	2006	506
31/05/2008	2007	412
02/11/2008	2008	1820
16/06/2010	2009	506
01/11/2010	2010	526

Chronique de Villerest extraites de l'étude EPTEAU [6] (1838 – 1983)

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	Q [m ³ /s]
10/1839	1839	1150
11/1840	1840	1900
2/1841	1840	2350
10/1841	1841	1100
11/1843	1843	1350
10/1844	1844	1250
11/1845	1845	1350
3/1845	1844	1110
10/1846	1846	4850
5/1846	1845	1050
11/1847	1847	1630
5/1851	1850	1050
6/1852	1851	2950
11/1852	1852	1670
6/1854	1853	1850
10/1855	1855	1670
5/1856	1855	2550
6/1856	1855	1250
4/1856	1855	1150
10/1857	1857	1800
12/1860	1860	1200
12/1862	1862	1150
10/1864	1864	2450
12/1865	1865	1670
9/1866	1866	3800
4/1866	1865	1400
3/1866	1865	1020

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	Q [m3/s]
10/1868	1868	1760
10/1872	1872	2270
5/1872	1871	1480
12/1872	1872	1100
5/1872	1871	1000
9/1875	1875	1250
6/1876	1875	1070
10/1878	1878	1750
4/1879	1878	1500
4/1879	1878	1250
7/1882	1881	1500
12/1888	1888	1770
9/1890	1890	1280
10/1891	1891	2000
11/1891	1891	1040
10/1893	1893	1630
5/1894	1893	1130
3/1895	1894	1240
7/1896	1895	1125
9/1897	1897	1310
4/1898	1897	1040
11/1898	1898	1040
11/1899	1899	1000
8/1900	1899	2350
9/1900	1900	2250
6/1900	1899	1070
9/1901	1901	1630
10/1901	1901	1310
10/1903	1903	1040
3/1904	1903	1125
11/1905	1905	1080
10/1907	1907	3050
10/1907	1907	2950
12/1910	1910	1160
11/1914	1914	2140
8/1914	1913	1125
11/1923	1923	1240
11/1924	1924	1800
10/1924	1924	1630
11/1926	1926	1340
5/1926	1925	1050

VILLEREST		
Date	Année hydrologique	Q [m ³ /s]
3/1927	1926	1670
5/1930	1929	1050
4/1932	1931	1060
10/1933	1933	2150
11/1935	1935	1620
11/1937	1937	1100
9/1939	1939	1150
10/1943	1943	2200
11/1951	1951	1800
11/1951	1951	1310
11/1963	1963	1350
6/1963	1962	1050
12/1973	1973	1150
11/1976	1976	1670
10/1976	1976	1350
8/1977	1976	1250
5/1977	1976	1100
8/1977	1976	1050
5/1983	1982	1530

Chronique de Digoin extraites de la Banque HYDRO (1958 – 2012)

DIGOIN		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
22/12/1958	1958	837
18/03/1960	1959	665
06/02/1961	1960	803
14/01/1962	1961	424
21/03/1963	1962	487
08/11/1963	1963	992
20/05/1965	1964	573
02/10/1965	1965	608
11/11/1966	1966	526
08/01/1968	1967	516
26/12/1968	1968	1280
25/02/1970	1969	565
24/03/1971	1970	482
20/02/1972	1971	390
29/01/1973	1972	237
26/12/1973	1973	890

DIGOIN		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
29/11/1974	1974	414
19/11/1975	1975	479
12/11/1976	1976	1570
21/02/1978	1977	534
25/05/1979	1978	307
29/10/1979	1979	580
23/09/1980	1980	1160
08/01/1982	1981	775
19/05/1983	1982	1850
09/02/1984	1983	380
01/05/1985	1984	765
26/04/1986	1985	1090
05/04/1987	1986	476
20/03/1988	1987	974
27/04/1989	1988	1230
15/02/1990	1989	592
23/03/1991	1990	311
12/06/1992	1991	813
22/11/1992	1992	678
12/01/1994	1993	822
06/11/1994	1994	965
25/01/1996	1995	426
14/11/1996	1996	1090
Avr-1998	1997	523
19/05/1999	1998	874
28/12/1999	1999	475
06/05/2001	2000	992
22/10/2001	2001	483
Nov-2002	2002	1080
Déc-2003	2003	1790
18/04/2005	2004	1040
11/04/2006	2005	451
07/06/2007	2006	367
01/06/2008	2007	423
03/11/2008	2008	1780
17/06/2010	2009	465
16/11/2010	2010	601
Janv-2012	2011	546

Chronique de Gilly extraites de la Banque HYDRO (1968 – 2012)

GILLY		
Date	Année hydrologique	QIX (m ³ /s)
25/02/1970	1969	1110
02/02/1971	1970	709
15/02/1972	1971	554
10/12/1972	1972	400
26/12/1973	1973	1360
29/11/1974	1974	746
14/02/1976	1975	971
01/11/1976	1976	1840
21/02/1978	1977	932
07/02/1979	1978	682
06/02/1980	1979	802
22/01/1981	1980	1180
17/12/1981	1981	1270
19/05/1983	1982	2080
09/02/1984	1983	765
03/12/1984	1984	860
27/04/1986	1985	1360
16/06/1987	1986	555
28/12/1990	1990	468
22/11/1992	1992	977
12/01/1994	1993	994
07/11/1994	1994	973
21/05/1996	1995	566
15/11/1996	1996	1080
28/04/1998	1997	1040
20/05/1999	1998	896
29/12/1999	1999	916
06/05/2001	2000	1240
22/10/2001	2001	594
27/11/2002	2002	1160
03/12/2003	2003	1990
18/04/2005	2004	1140
03/03/2007	2006	772
01/06/2008	2007	557
04/11/2008	2008	1900
18/06/2010	2009	482
17/11/2010	2010	817
Janv-2012	2011	756

ANNEXE 7 : CHRONIQUE DE DEBIT RECONTITUES DE DIGOIN ET GILLY

année	Q Villereest	Q Digoïn	Q Gilly
1834		1720	
1835			
1836			
1837			
1838			
1839	1150		
1840	2350	1629	
1841	1100	1256	
1843	1350		
1844	1250		
1845	1350		1111
1846	4850	4565	5301
1847	1630		1130
1848		574	955
1849		454	1267
1850	1050	838	1099
1851	2950	2000	2061
1852	1670	1079	1260
1853	1850	1411	1344
1854		858	1337
1855	2550	2689	4087
1856		1153	1105
1857	1800	1360	1323
1858		657	1081
1859		760	1003
1860	1200	999	1283
1861		2000	2061
1862	1150	1044	1190
1863		581	1238
1864	2450	1981	2102
1865	1670	1325	1658
1866	3800	3387	3966
1867			
1868	1760	1339	1554
1869		493	650
1870		405	659
1871	1480	1079	1449
1872	2270	2280	2887
1873		409	478
1874		657	1229
1875	1250	1027	1378
1876		1033	1584
1877		400	830

1878	1750	1548	2018
1879		747	1093
1880		684	845
1881	1500	1564	2221
1882		638	1190
1883		371	587
1884		697	845
1885		653	1022
1886		436	777
1887		692	1005
1888	1770	1396	1608
1889		653	836
1890	1280	824	1166
1891	2000	1645	1988
1892		468	783
1893	1630	1962	2775
1894	1240	1191	1973
1895	1125	1079	1138
1896		853	1444
1897	1310	814	875
1898	1040	616	891
1899	2350	1712	2018
1900	2250	1790	2094
1901	1630	1332	1646
1902		934	805
1903	1125	769	1449
1904		369	412
1905	1080	1140	1770
1906		734	1005
1907	3050	2832	3162
1908		584	917
1909		677	1456
1910	1160	1217	1723
1911		653	950
1912		638	811
1913	1125	928	1314
1914	2140	1888	2040
1915		747	1111
1916		595	
1917		1044	1209
1918		1140	1366
1919		454	850
1920	643	545	

1921	477	574	955
1922	346	692	1224
1923		1159	1584
1924	1740	1645	1703
1925	1090	1448	2072
1926	1570	1418	1723
1927	850	1085	1578
1928	516	688	1011
1929	1250	1128	1190
1930	553	665	1010
1931	941	1236	1584
1932	505	541	
1933	2180	1548	1536
1934	631	684	836
1935	1320	1382	1723
1936	333	511	911
1937	777	814	
1938	941	862	991
1939	1150	887	1214
1940	661	1033	1536
1941	1380	1033	1190
1942	237	330	
1943	2090	2248	1858
1944		1079	1478
1945	476	424	
1946	339	378	
1947	631	717	
1948	191	290	
1949	502	429	
1950	795	939	906
1951	1410	1687	2157
1952	435	726	1314
1953	334	341	
1954	541	791	1238
1955	556	454	
1956	882	966	1421
1957	478	295	1180
1958	807	837	
1959	527	665	
1960	603	803	
1961	267	424	
1962	500	487	
1963	1390	992	
1964	385	573	
1965	321	608	892
1966	600	526	498
1967	360	516	1120
1968	735	1280	1789
1969	615	565	1110
1970	535	482	709

1971	352	390	554
1972	181	237	400
1973	1150	890	1360
1974	363	414	746
1975	250	479	971
1976	1680	1570	1840
1977	459	534	932
1978	192	307	682
1979	720	580	802
1980	1830	1160	1180
1981	525	775	1270
1982	1570	1850	2080
1983	207	380	765
1984	750	765	860
1985	1050	1190	1460
1986	473	476	555
1987	795	974	1066
1988	1050	1230	1285
1989	436	592	758
1990	240	311	468
1991	1000	813	1242
1992	460	678	977
1993	747	822	994
1994	902	965	973
1995	438	426	566
1996	2080	1460	1290
1997	250	523	1040
1998	980	874	896
1999	505	475	916
2000	763	992	1240
2001	644	483	594
2002	1160	1200	1280
2003	2840	3030	3260
2004	733	1040	1140
2005	271	451	673
2006	506	367	772
2007	412	423	557
2008	3100	2880	3000
2009	506	465	482
2010	526	601	817
2011	356	546	756

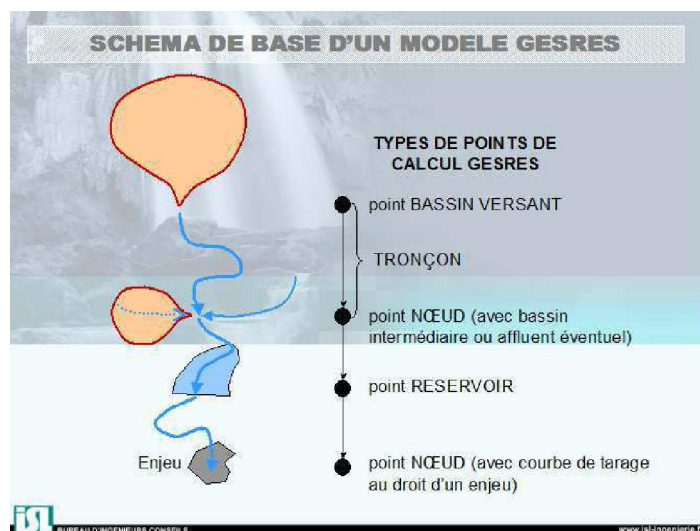
ANNEXE 8 : PRESENTATION DU LOGICIEL ECRET/GESRES

Le Logiciel GESRES^{ISL} sera utilisé. Il s'agit d'un modèle de simulation hydrologique et hydraulique.

Le code de calcul s'articule autour de trois modules:

- le **module hydrologique** réalise la transformation pluie-débit sur une distribution de bassins versants,
- le **module de propagation** réalise la propagation et la combinaison des débits résultant de la transformation pluie-débit dans le réseau hydrographique,
- le **module gestion des réservoirs** permet d'intégrer une gestion fine des ouvrages-réservoirs disposés sur le réseau hydrographique et d'associer à chacun des nœuds prélèvements et apports.

Le modèle peut aussi bien être utilisé pour des simulations « évènementielles » que pour des simulations « continues » sur des périodes de plusieurs années.



L'architecture du modèle s'appuie sur une topologie simplifiée, formée de nœuds de calcul auxquels sont rattachés les éléments producteurs et de contrôle des débits (bassin versant, hydrogramme, retenue) et reliés entre eux par les éléments du réseau hydrographique (bief, flux).

Le logiciel GESRES ISL est par ailleurs couplé à une base de données géographiques au format Mapinfo qui permet d'extraire de manière automatique les caractéristiques des différents éléments structurels du modèle.

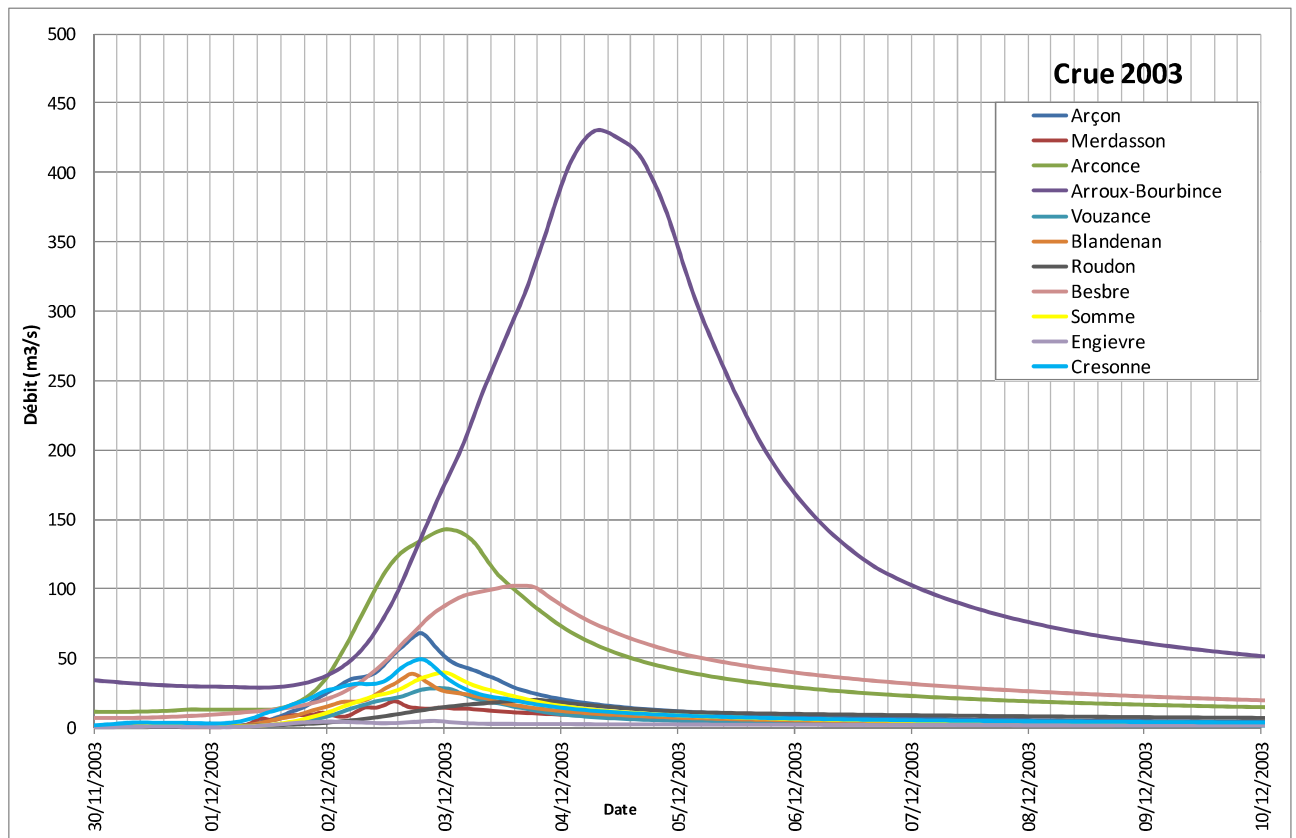
ANNEXE 9 : TEMPS DE CONCENTRATION OBTENUS PAR BASSIN VERSANT A PARTIR DES FORMULES EMPIRIQUES

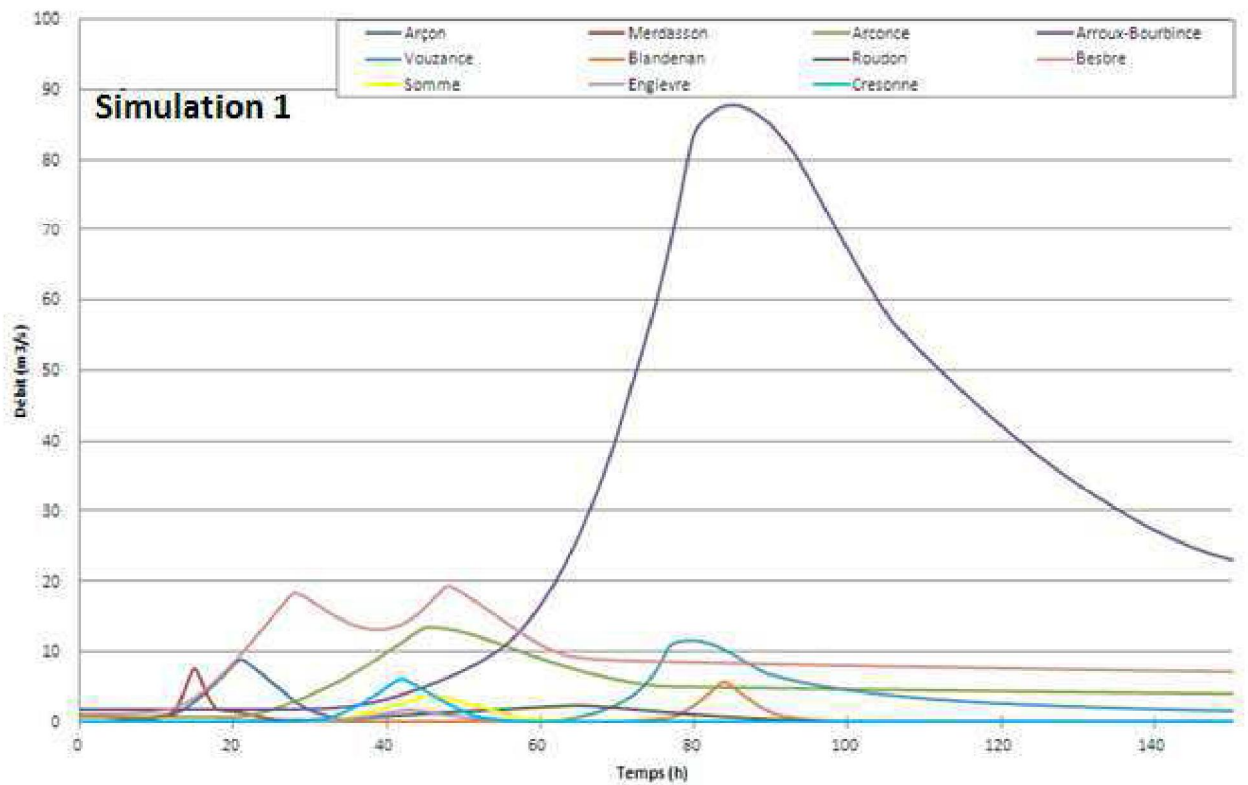
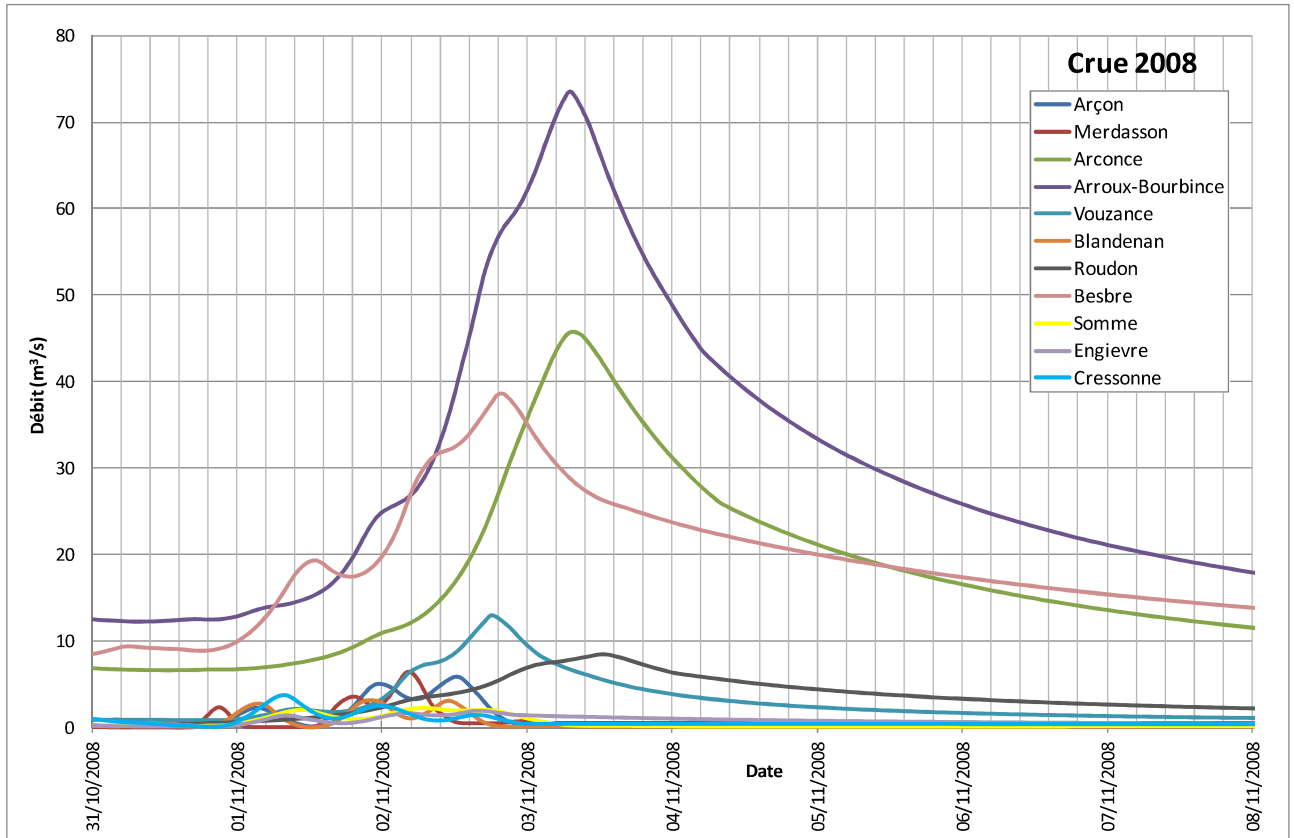
	Bassin versant	Surface (km ²)	Longueur du chemin hydraulique (km)	Pente moyenne (m/m)	Pente pondérée (m/m)	Calcul du temps de concentration (Tc)					
						Ventura	Kirpich	Johnstone et Cross	Turraza	SCS	estimation directe
BV1	Renaison Confluence	137	25,7	0,0277	0,0126	13,2	4,4	4,3	13,5	8,1	30,3
BV2	Oudan Station	26	12,8	0,0198	0,0156	5,2	2,3	2,7	5,6	4,2	1,9
BV3	Oudam Confluence	13	4,9	0,0049	0,0049	6,6	1,8	3,0	5,7	3,5	14,0
BV4	Rhins Confluence	33	13,3	0,0103	0,0103	7,2	2,8	3,4	7,5	5,3	26,0
BV5	Rhins Station	434	39,4	0,0141	0,0100	26,5	6,6	5,9	25,8	12,9	49,9
BV6	Teysonne Confluence	140	28,4	0,0184	0,0044	22,5	7,0	7,5	23,7	14,8	46,6
BV7	Teysonne Station	23	8,3	0,0464	0,0394	3,1	1,2	1,4	2,9	1,9	8,3
BV8	Sornin Confluence	56	23,3	0,0171	0,0058	12,5	5,4	6,0	14,3	11,1	60,7
BV9	Sornin Station	462	47,2	0,0092	0,0042	41,9	10,6	9,9	42,9	22,8	143,8
BV10	Arconce Station	593	82,2	0,0027	0,0011	93,4	27,3	25,8	110,3	70,0	492,5
BV11	Arconce Confluence	69	16,6	0,0008	0,0006	42,6	10,0	15,6	42,3	26,1	133,5
BV12	Vousance Station	132	27,1	0,0069	0,0024	30,0	8,6	10,1	31,4	19,6	110,7
BV13	Vousance Confluence	20	11,3	0,0018	0,0017	13,5	5,0	7,6	14,6	11,4	54,0
BV14	Besbre Station	725	95,0	0,0102	0,0035	58,1	19,6	15,6	69,7	44,2	320,4
BV15	Besbre Confluence	42	11,2	0,0009	0,0017	19,7	4,9	7,6	18,7	11,3	53,5
BV16	Aron Station	1468	90,7	0,0015	0,0009	165,5	32,3	30,6	173,7	85,3	612,0
BV17	Aron Confluence	246	15,0	0,0005	0,0005	91,5	10,2	16,8	71,0	27,3	136,9
BV18	Engièvre Confluence	93	21,9	0,0025	0,0018	29,2	8,2	10,5	30,2	19,1	103,2
BV19	Somme Confluence	265	48,0	0,0033	0,0025	41,3	13,1	13,0	46,6	30,1	190,0
BV20	Arroux Confluence	8	2,9	0,0010	0,0010	10,8	2,1	5,0	8,7	5,0	17,9
BV21	Arroux Station	2292	128,6	0,0027	0,0012	172,1	36,6	30,3	188,3	93,9	722,1

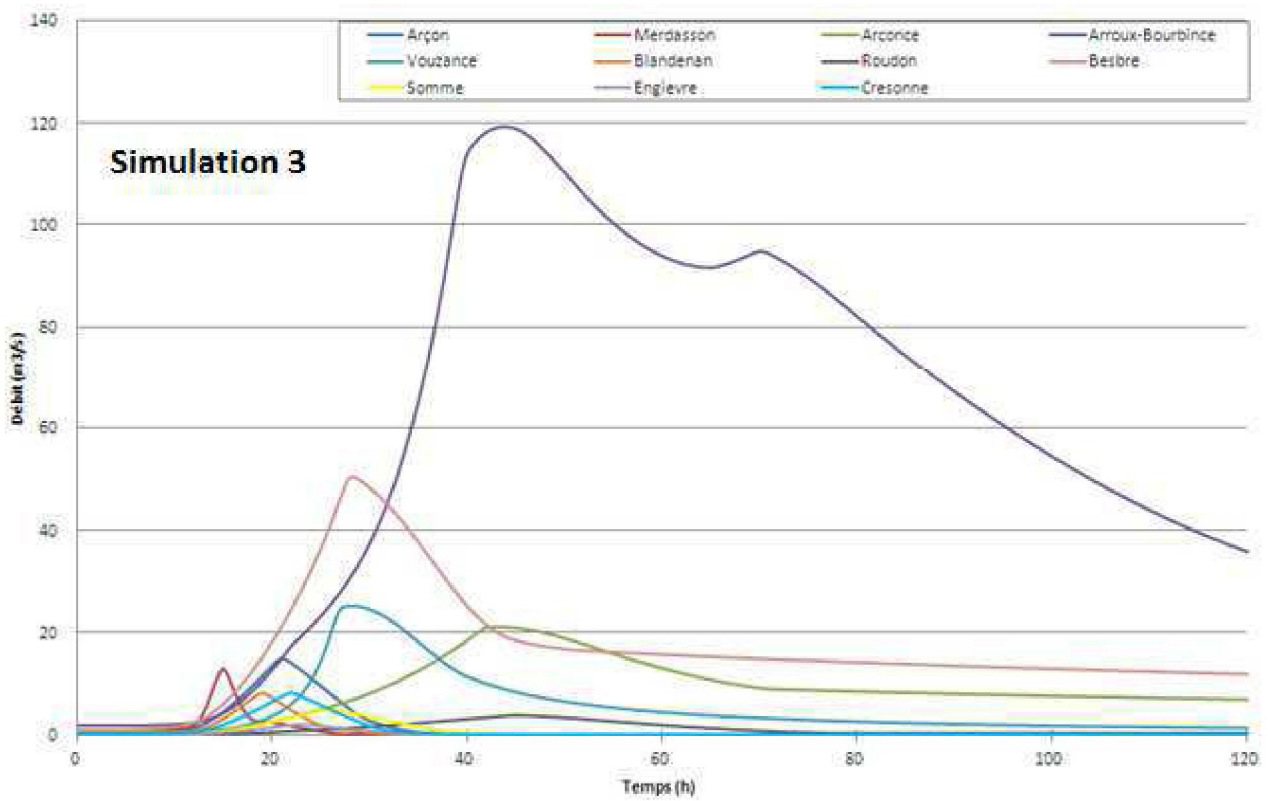
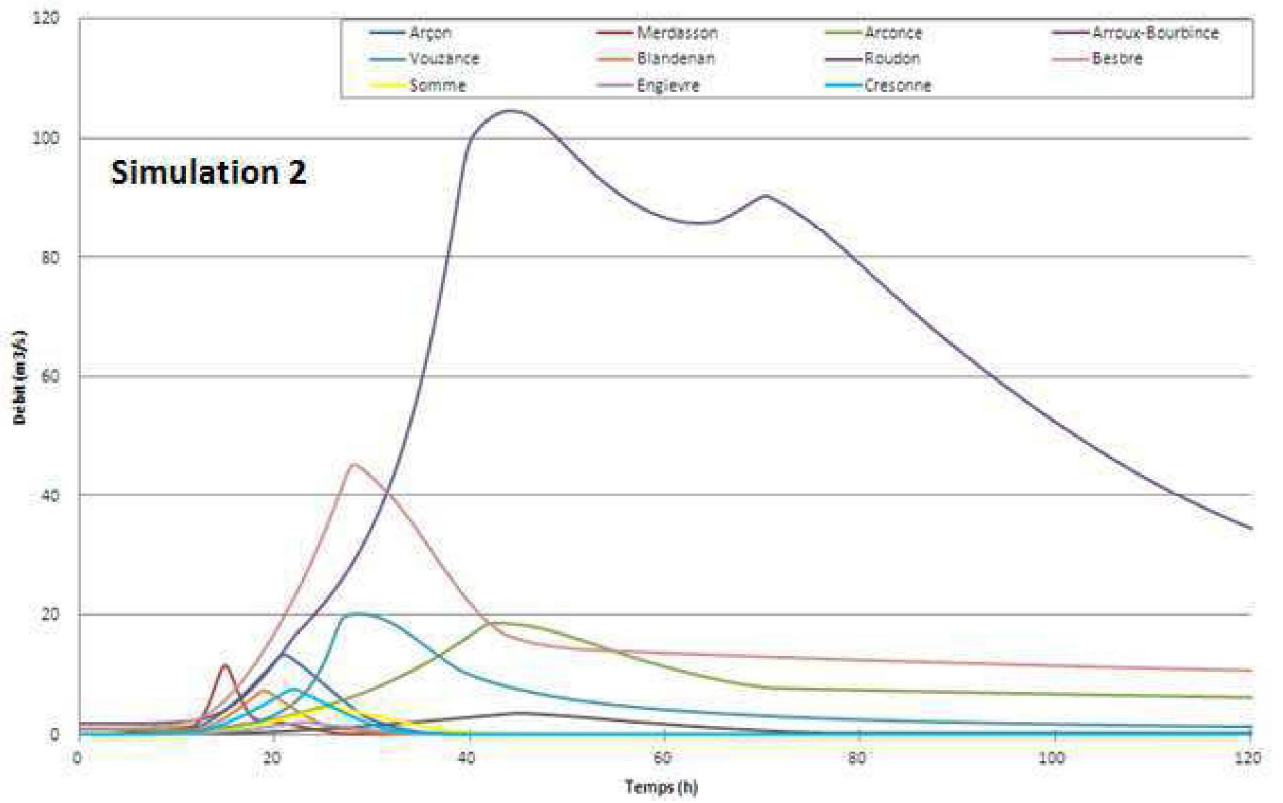
	Bassin versant	Surface (km ²)	Longueur du chemin hydraulique (km)	Pente moyenne (m/m)	Pente pondérée (m/m)	Calcul du temps de concentration (Tc)					
						Ventura	Kirpich	Johnstone et Cross	Turraza	SCS	estimation directe
BV22	Abron Confluence	186	32,6	0,0025	0,0022	36,5	10,1	11,4	38,5	23,3	136,3
BV23	Ixeure Station	114	18,7	0,0066	0,0057	17,9	4,6	5,4	17,0	9,4	49,2
BV24	Ixeure Confluence	61	17,0	0,0042	0,0034	16,9	5,2	6,7	17,3	11,3	57,8
BV25	Bourbince Confluence	52	21,4	0,0043	0,0018	21,5	8,0	10,2	24,3	18,5	99,4
BV26	Bourbince Station	823	73,9	0,0017	0,0011	110,2	25,1	24,5	118,9	64,3	443,0
BV27	Maltaverne Confluence	56	9,3	0,0094	0,0081	10,6	2,4	3,2	8,9	4,5	20,5
BV28	Trambouzan Confluence	172	21,5	0,0153	0,0110	15,8	4,0	4,2	14,7	7,5	40,6
BV29	Merdasson Confluence	144	10,6	0,0141	0,0120	13,9	2,3	2,8	10,5	4,1	19,3
BV30	Arçon Confluence	356	28,5	0,0107	0,0037	39,3	7,6	8,3	35,6	16,3	92,9
BV31	Roudon Confluence	372	360,9	0,0004	0,0031	44,1	57,3	32,3	92,3	136,5	129,1
BV32	Blandenan Confluence	234	20,8	0,0049	0,0046	28,5	5,4	6,3	24,9	11,3	60,6
BV33	Pommier Confluence	183	16,1	0,0025	0,0022	36,2	5,9	8,0	30,2	13,3	67,6
BV34	BV Amont (Villerest)	12			0,0089	4,6					49,1
BV35	Acolin Confluence	11	14,1	0,0018	0,0011	12,6	7,1	10,8	16,2	17,2	68,8
BV36	Acolin Station	388	52,4	0,0018	0,0014	67,7	17,7	18,5	73,9	43,8	281,5
BV37	Cressonne Confluence	330	28,2	0,0060	0,0030	42,4	8,2	9,2	38,7	18,1	102,9

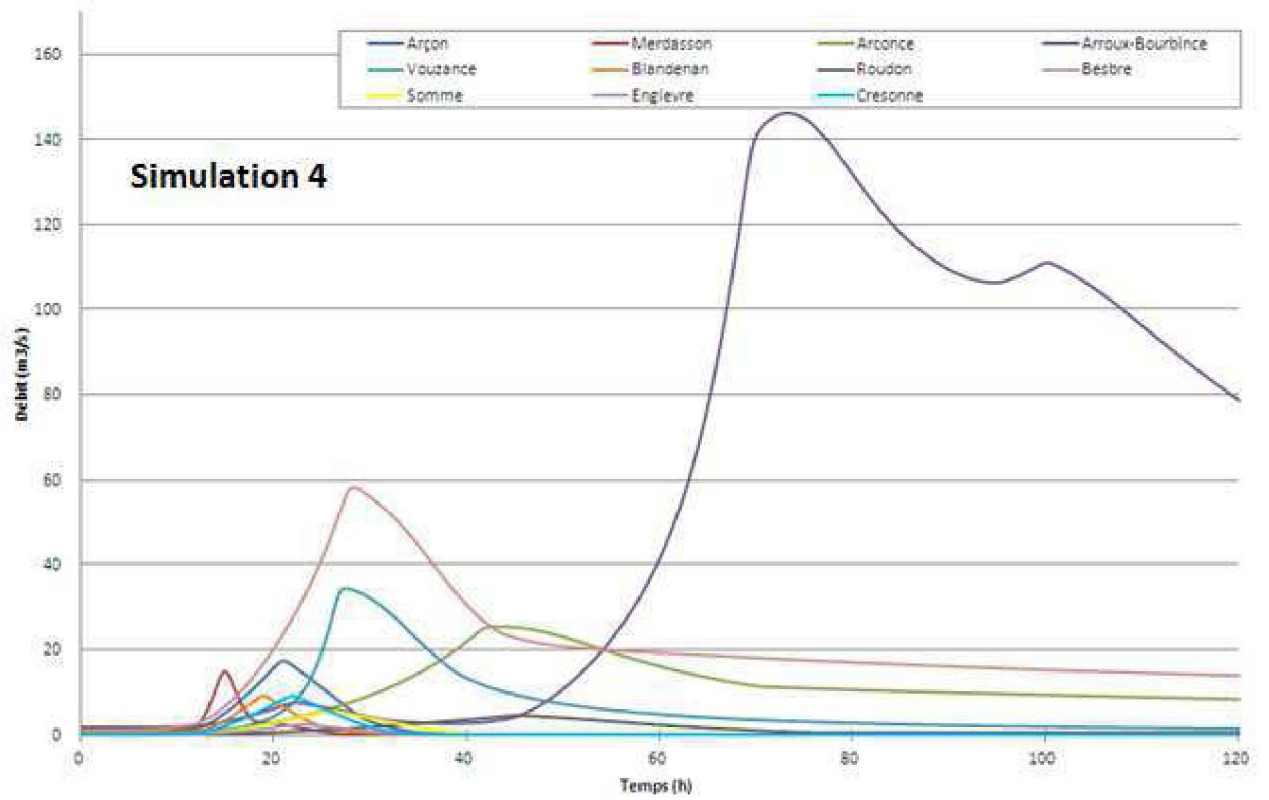
ANNEXE 10 : HYDROGRAMMES DES AFFLUENTS POUR LES DIFFERENTES CRUES DE LA LOIRE

Nota : La période de retour des pointes de crue des affluents n'est pas la même que celle de la Loire. Ainsi, le titre du graphique « Q10 » par exemple correspond à la période de retour de la crue de la Loire et non pas des affluents.

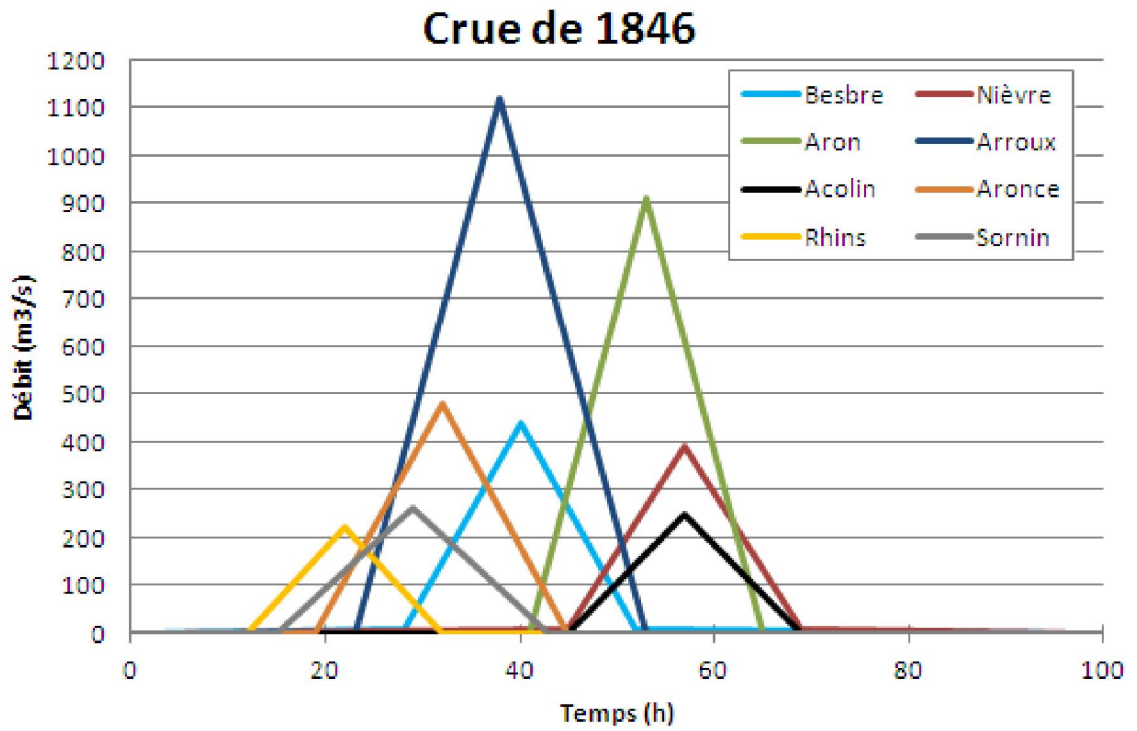








ANNEXE 11 : HYDROGRAMMES RECONSTITUES DES AFFLUENTS LORS DE LA CRUE DE 1846



Hydrogrammes de crues des affluents de la Loire - étude EPTEAU [6]

ANNEXE 12 : EXTRAITS DE L'ETUDE DE DANGERS DU BARRAGE DE VILLEREST

Quantiles de débits retenus au droit du barrage (extraits de l'étude de dangers)

« L'étude hydrologique réalisée lors de l'élaboration du dossier principal du barrage, en 1977, reprend les données disponibles à l'époque pour calculer les crues de projet qui vont permettre de dimensionner l'ouvrage.

Données de bases utilisées

Les débits de la Loire à Villerest sont connus depuis 1920, date à laquelle les services techniques de la Ville de Paris posèrent une échelle et commencèrent à faire des jaugeages précisément à l'emplacement du barrage. Cette échelle fut par la suite remplacée par un limnigraphe.

Il a donc été possible de prendre en compte les débits enregistrés sur la période 1955-1970, la comparaison des résultats de cette période avec la première période (1921-1954) ayant été jugée satisfaisante.

L'ensemble des débits naturels sur la période 1921-1970 a donc été utilisé pour les calculs de l'étude hydrologique réalisée en 1977 pour la construction du barrage. La hauteur atteinte par les crues à Roanne est par ailleurs mesurable depuis 1839 au Pont du Coteau (R.N.7). Toutes ces crues sont postérieures à la construction du barrage de navigation de Roanne, puisque le canal a été mis en service en 1836.

Enfin, un modèle réduit construit et étudié au Laboratoire National d'Hydraulique du Centre de recherche et d'essais de Chatou en 1965, a permis de préciser la valeur des débits des crues catastrophiques du XIX^{ème} siècle (1866-1856-1846) et des crues remarquables du XX^{ème} siècle (1907-1943-1963).

Méthodologie utilisée pour déterminer les quantiles de débits au droit du barrage

Des études statistiques des crues ont été réalisées lors de l'étude hydrologique du dossier principal du barrage par le Centre de Recherches et d'Etudes de Chatou. Ces études estimaient le débit d'une crue millénale, par ajustement de la loi de Fréchet ou par ajustement de la loi de Galton. Ces études ont été jugées insuffisantes, car elles ne prenaient en compte qu'un nombre trop restreint de crues.

L'étude statistique des crues a donc été reprise par le Service Hydrologique Centralisateur (SHC). A partir de données plus anciennes et l'utilisation du modèle réduit de la digue de Pinay, le débit de la crue millénale a été ré-estimé, en appliquant à nouveau la loi de Fréchet et la loi de Galton.

Dans une dernière étude de Juin 1973 appelée « Remarques et compléments à propos de l'estimation des crues maximales de la Loire à Villerest » et réalisée par la Division Technique Générale d'EDF, la méthode du Gradex appliquée pour une période d'observation de 20 crues (1952-1971), donnait des résultats voisins de ceux obtenus par le SHC par ajustement de la loi Galton.

Débits retenus :

Les résultats obtenus par la Méthode du Gradex étant très voisins de ceux obtenus par l'ajustement par la loi de Galton, c'est cette dernière méthode qui a été retenue pour l'estimation des débits de faible fréquence à Villerest.

On retiendra donc les chiffres suivants (crue moyenne) permettant de dimensionner l'ouvrage en termes de capacité d'évacuation :

- ♣ Crue décennale : 1 600 m³/s*
- ♣ Crue centennale : 3 700 m³/s*
- ♣ Crue millénale : 6 000 m³/s*
- ♣ Crue pentamillénale : 7 930 m³/s*
- ♣ Crue décamillénale : 8 800 m³/s*

Pour dimensionner l'ouvrage en termes de stabilité, il a été retenu les débits calculés à la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 70 %, soit :

- ♣ Crue centennale : 4 300 m³/s*
- ♣ Crue millénale : 7 200 m³/s*
- ♣ Crue pentamillénale : 9 640 m³/s*

La crue maximale prise en compte pour l'étude de stabilité de l'ouvrage, et donc la crue dimensionnant l'ouvrage, est donc la crue pentamillénale à la limite de l'intervalle de confiance 70%, c'est-à-dire 9 640 m³/s, qui a été arrondi à 10 000 m³/s. C'est ce débit de crue qui a été retenu pour dimensionner l'ouvrage en calculant l'influence d'une telle crue dans la retenue et le laminage de la crue rendu possible par le barrage. »

Le fonctionnement du barrage en crue (extraits de l'étude de dangers)

« Le fonctionnement du barrage est basé sur l'application du règlement d'eau et sa consigne d'application.

Le principe de fonctionnement du barrage est de contrôler le débit sortant en ouvrant plus ou moins les vannes mobiles du barrage, en fonction des débits prévus et observés à l'entrée de la retenue. Ainsi, au plus fort de la crue, le débit sortant est inférieur au débit entrant, ce qui atténue les niveaux maxima qui auraient été atteints à l'aval.

Au cours des opérations d'écrêtement, la cote au barrage ne doit pas dépasser les valeurs prévues au règlement d'eau, qui dépendent du débit entrant maximum. Plus la crue est importante, plus le niveau maximal autorisé est haut. Ces valeurs à ne pas dépasser ont été fixées afin de ne pas aggraver les hauteurs d'eau en amont »

Dispositif de prévision

La surveillance hydrologique du bassin amont, qui couvre 6 520 km², est assurée par un réseau de surveillance des hauteurs d'eau et de la pluviométrie (réseau CRISTAL) sous forme de stations d'enregistrement implantées sur les hauts bassins de la Loire et de l'Allier ainsi que du Morvan. Ces données permettent à travers une application nommée GABVN, de calculer les consignes de lâchures correspondantes au niveau du barrage.

Une astreinte 24 h/ 24 h est assurée sur Orléans par des « prévisionnistes », qui vérifient la cohérence des données reçues et qui sont alertés par l'application CRISTAL en cas de dépassement de seuils d'alerte prévus au règlement d'eau.

La salle de prévision est partagée avec les équipes d'astreinte de la DREAL Centre, service de prévision des crues Loire-Cher-Indre (SPC). Les informations relatives à la gestion de l'ouvrage et aux prévisions de débits entrant dans la retenue sont transmises au prévisionniste de l'équipe du Service de Prévision des Crues, qui est présent dans la même salle.

En cas de crise, une permanence est mise en place dans les locaux de la DREAL Centre.

En situation de crue, les consignes de débit sortant sont élaborées depuis Orléans et transmises au barrage pour application. Elles sont élaborées toutes les 2 heures pour les 4 heures à venir à partir de logiciels spécifiques.

L'enchaînement des modules pour le calcul des lâchures à réaliser au niveau du barrage est le suivant :

1. Module de prévision des débits à l'amont du barrage

Les prévisions de débits de la Loire à l'entrée de la retenue de Villerest sont calculées au moyen d'un modèle développé à la fin des années 1980 qui est en cours de modernisation.

Ce modèle de prévision fonctionne à partir de données recueillies en temps réel par le réseau CRISTAL, précédemment validées par le prévisionniste. Il fournit des prévisions de débits à l'entrée de la retenue (à la station de Feurs) avec une anticipation de 18 heures maximum.

Il est constitué d'une succession de modèles pluie-débit (transformation des précipitations en débit) et de modèles de propagation en rivière.

2. Module de calcul du débit à lâcher par le barrage pour écrêter la crue

Les valeurs de débits à évacuer au barrage sont déterminées au moyen d'un modèle de simulation des écoulements dans la retenue, de manière à réduire autant que possible le débit de pointe de la crue sans que soit dépassée la cote maximale autorisée par le règlement d'eau du barrage.

3. Organigrammes de décision

De nombreux cas de figures peuvent se produire pendant l'écrêtement d'une crue, tels que le déstockage préalable de la retenue avant l'arrivée de la crue ou le risque d'occurrence d'une nouvelle crue à la suite de la première.

En outre, des précautions doivent être prises pour limiter les variations des débits sortants d'une part pour la sécurité des riverains de l'aval et d'autre part pour tenir compte des contraintes de fonctionnement du barrage de navigation de Roanne à l'aval, propriété de VNF.

L'ensemble de ces cas sont répertoriés et organisés dans des organigrammes de décision.

4. Modèle de secours

En cas de défaillance du modèle de prévision amont et du modèle d'écoulement (associé notamment à la destruction des stations de mesure en cas de fortes crues par exemple), le gestionnaire utilise un modèle de secours permettant d'obtenir un écrêtement réduit de moitié par rapport au système complet et n'utilisant que les

données observées au barrage sur les 2 heures passées (cote et débit sortant). Ce modèle, annexé aux consignes d'exploitation sous forme d'abaques, a été informatisé pour une utilisation aisée. Il est disponible au barrage et à Orléans. »

Principes de l'écrêtement

« La méthode utilisée pour le calcul de l'écrêtement lors de l'étude hydrologique du dossier principal de l'ouvrage tient compte de la variation de la vitesse d'entrée de la crue dans la retenue. Par contre, elle ne tient pas compte de la durée nécessaire pour qu'un volume entrant dans la retenue produise un effet au niveau du barrage. Ceci a pour effet de rendre les résultats légèrement moins bons qu'ils ne le seraient en tenant compte de la durée de propagation de l'onde dans la retenue, mais cette approximation va dans le sens de la sécurité.

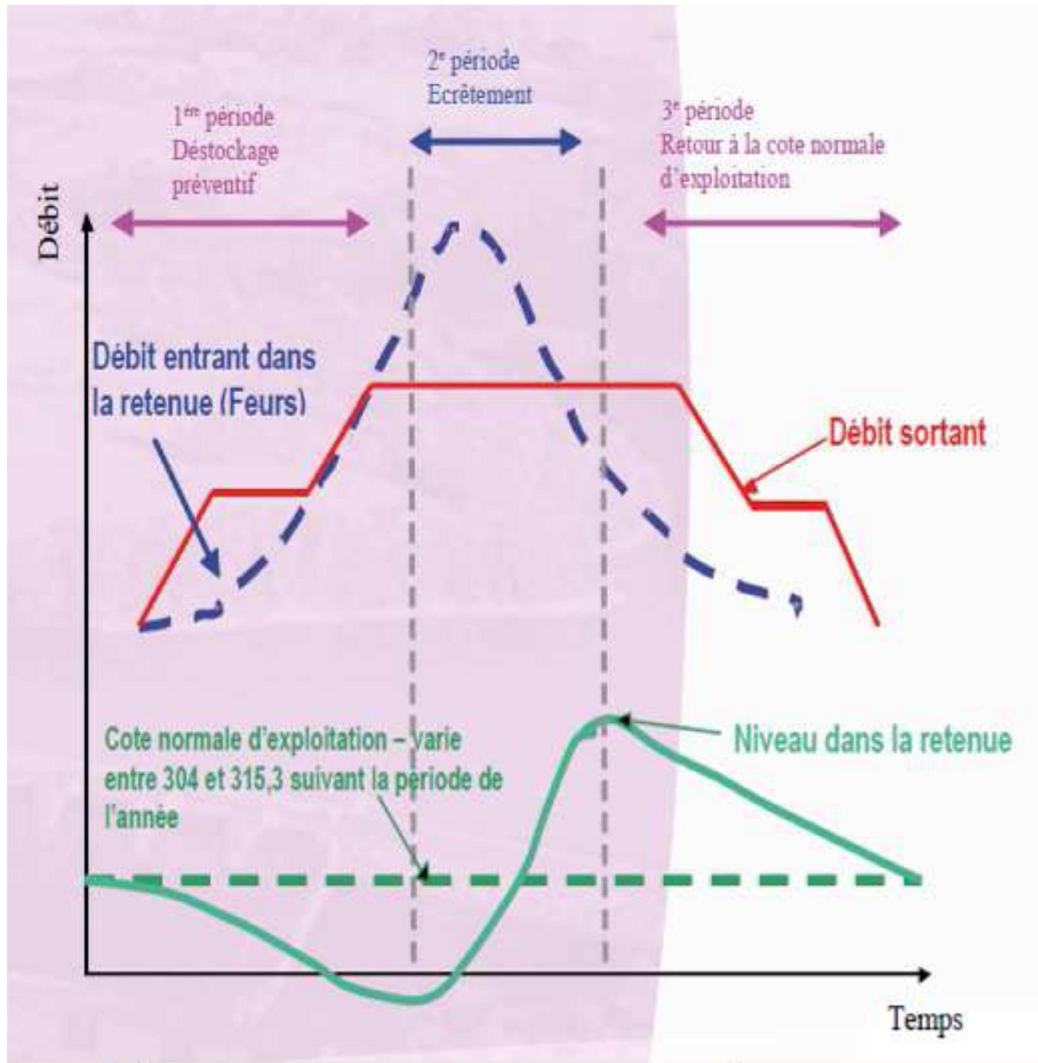
Schématiquement, la gestion du barrage s'effectue suivant 3 périodes :

1ère période : un déstockage préventif a lieu dès lors qu'une crue d'intensité supérieure à 1000 m³/s est prévue à l'entrée de la retenue (Feurs). On procède alors à un déstockage jusqu'à 1000 m³/s, débit non dommageable pour l'aval

2ème période : lorsqu'on prévoit le débit maximum de la crue, on calcule le débit d'écrêtement, qui permettra d'atténuer la pointe de la crue, sans dépasser la cote maximale prescrite par le règlement d'eau. L'objectif est d'utiliser au mieux le volume du barrage.

3ème période correspond à un déstockage, afin de revenir à la cote normale d'exploitation

Les principes d'écrêtement présentés ci-avant sont représentés sur la figure suivante :



En calculant l'écrêtement engendré par le barrage, on obtient pour la crue maximale passant à la cote de retenue aux PHE (324 m NGF), toutes vannes fonctionnant, la possibilité pour le barrage d'écrêter une crue de débit maximum égal à 8 500 m³/s dont la période de retour est de 7500 ans (2300 ans à la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 70%).

Dans le cas où la vanne de fond serait bloquée, la crue maximale passant à la cote 324 est la crue de 7200 m³/s, durée de retour 2500 ans (1000 ans à la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 70%). L'ouvrage peut donc écrêter une crue supérieure à la crue pentamillénale toutes vannes fonctionnant, et une crue supérieure à la crue millénale si la vanne de fond est bloquée, sans dépasser la cote 324. »