

## **VORTRÄGE II**

---

### **PLANUNG UND BAU DES SEINE-SCHELDE-KANALS – UNTER BERÜCKSICHTIGUNG ÖKOLOGISCHER ASPEKTE IN FRANKREICH UND BELGIEN**

Jean-Noel Maillet - Bethune



## Der Seine-Nordeuropa-Kanal (SNE)

Zentrales Bindeglied  
der europäischen  
**Seine-Scheldt-  
Wasserstraße**

Verkehrskonferenz Elbe/Oder

Dienstag, 03. Juli 2007

Berlin



### Ablauf der Darstellung

- Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten
- Wasserversorgung
- Grosse Bauwerke
- Einpassung des Projektes
- Arbeitsplanung
- Nachfolgende Etappen

## CANAL SEIN



### Die wichtigsten technischen Eigenschaften des Projektes

Das Projekt besteht aus einem 106 km langen Kanal (der Klasse Vb) zwischen Compiègne und Aubencheul-au-Bac mit :

- 8 durch 7 „einfache“ Schleusen mit Sparbecken verbundene Haltungen;
- 2 Reservebecken;
- 3 Kanalbrücken;
- 59 Bauwerke ;
- 55 Millionen Kubikmeter Erdarbeiten;
- 2450 ha Grundfläche;
- 4 multimodale Plattformen und 7 Umschlagkais
- 5 Sporthafeneinrichtungen.

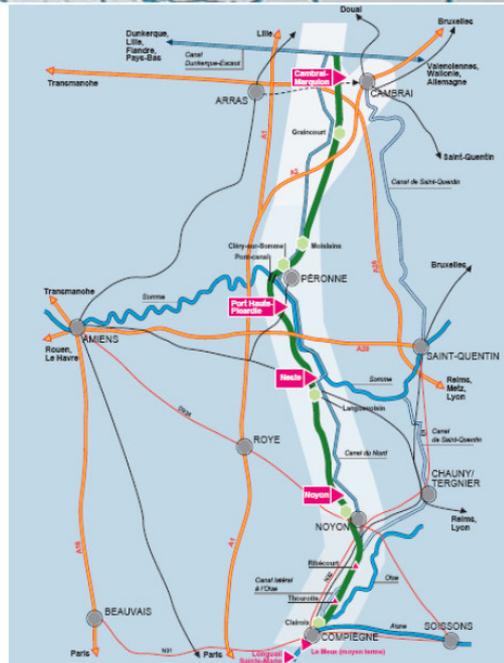


## SEINE-NORDEUROPA KANAL



### Hafen- und Logistikzonen entlang des Kanals

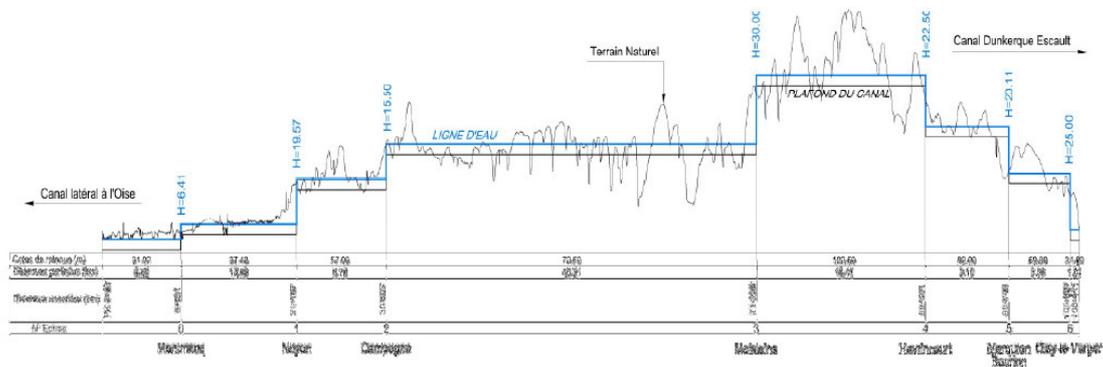
- 360 ha Industriehafen- und Logistikbereichen
- Steigerung des **landwirtschaftlichen und industriellen Potenzials** der Regionen
- Ansiedlung von **logistischen Verteilzentralen**
- Beitrag zur **Volumenverdichtung**
- Ausbau der **Intermodalität** Wasser – Schiene – Straße





## Wasserstaffel des Seine-Nordeuropa-Kanals Funktionsdiagramm - Wasserstaffel

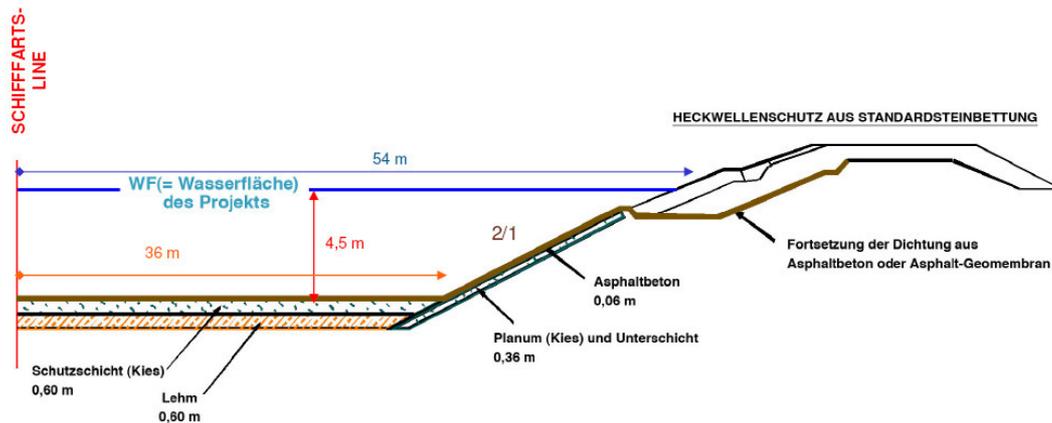
SCHEMA FONCTIONNEL - ESCALIER D'EAU



## Umfangreiche Erdarbeiten

- Erdaushubvolumen : 55 Millionen Kubikmeter
- Anschüttungsvolumen : 25 Millionen Kubikmeter
- Lagerungsvolumen : 30 Millionen Kubikmeter
  
- Erdbewegungen : 500 000 000 m<sup>3</sup>.km
  - Strasse : 270 000 000 m<sup>3</sup>.km
  - Wasserweg : 230 000 000 m<sup>3</sup>.km

## Standardprofil und Dichtigkeit des Kanals



## Ablauf der Darstellung

- Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten
- Wasserversorgung
- Grosse Bauwerke
- Einpassung des Projektes
- Arbeitsplanung
- Nachfolgende Etappen



## Wasserversorgung und Funktionsweise

### Prinzipien

#### 1 Wassereinsparung :

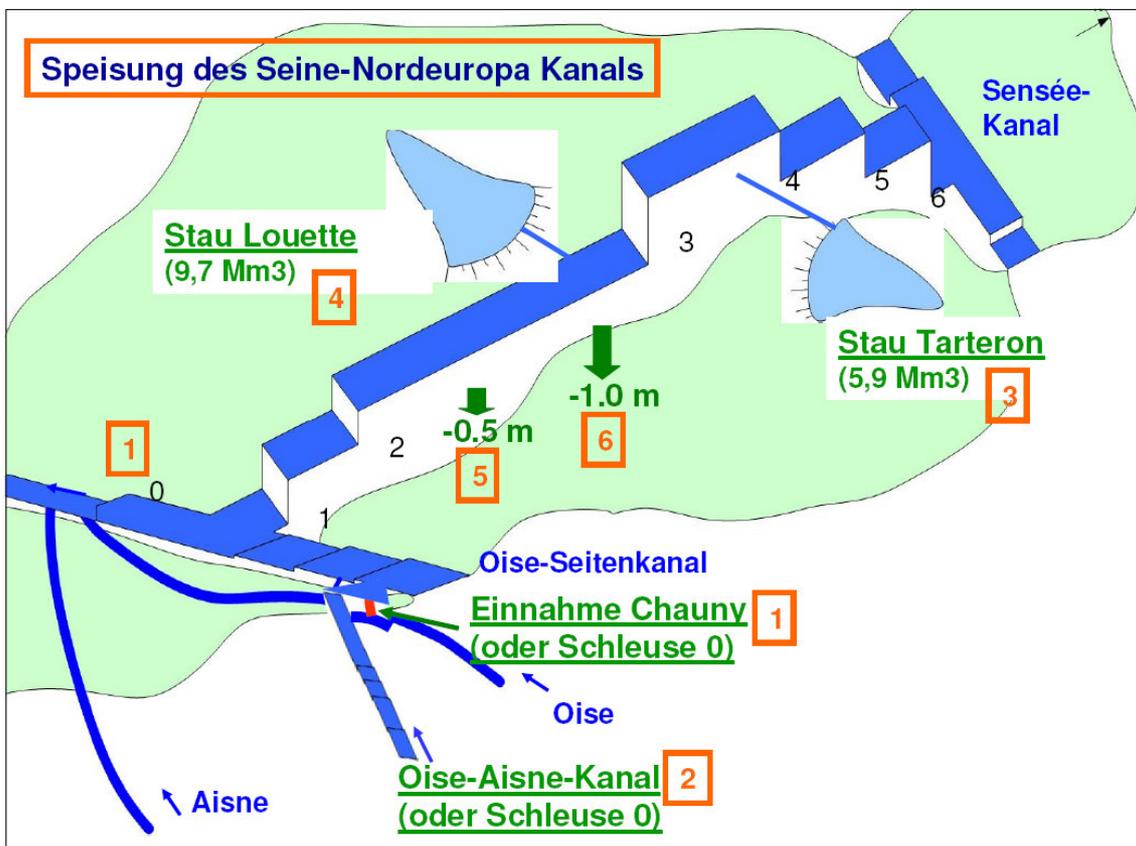
- Recycling des Schleusenwassers
- Dichtigkeit des Kanals entspricht einer Materialschicht mit einer Stärke von 30cm und einem Durchlässigkeitskoeffizienten von  $K=10^{-9}$  m/s

#### 2 Erhaltung sonstiger derzeitiger oder künftiger Wassernutzungen :

Begrenzung der Ressourcenentnahme =  
 Durchschnittlich alle 5 Jahre festgestellter niedrigster monatlicher jährlicher  
 Wasserabfluss (QMNA5)

+  
 Erhöhung des übrigen Wasserbedarfs in den kommenden 30 Jahren

#### 3 Suche nach der besten Wasserqualität für den Kanal und die Enden (Oise, Sensée-Kanal)





## Wasserversorgung

Reihenfolge der Inbetriebnahme	Benutzte Speicher	Verfügb. Volumen (hm <sup>3</sup> ) (1)	Kumul. Volumen (hm <sup>3</sup> )	Lieferdauer (Tage)	Kumulierte Lieferdauer (Tage)	Wiederkehrperiode (Jährl.)	
						Anfang	Ende (2)
1	Tarteron-Tal	5,1	5,1	49	49	3	4
2	Louette-Tal	7,3	12,4	70	120	4	22
3	CSNE NNN-0,5 m	2,3	14,7	22	142	22	40
4	CSNE NNN-1,0 m	2,2	16,9	21	163	40	65

(1) : Tatsächlich für die Speisung des Seine-Nordeuropa-Kanals verfügbares Volumen

### Wassereinsparung

#### 1 Wasserversorgung ausschließlich zwecks Kompensierung der endgültigen Verluste : 1,2 m<sup>3</sup>/s (Maximalwert)

- Verdunstung 5mm/j (0,28 m<sup>3</sup>/s)
- Versickerung 12 mm/j (0,66 m<sup>3</sup>/s)
- Sicherheit 20% (0,26 m<sup>3</sup>/s)

#### 2 Autonome Speisung des Schleusenwassers :

- Sparbecken : Einsparung 2/3 Schleusenvolumen
- Recycling durch Pumpen : 1/3 Schleusenvolumen

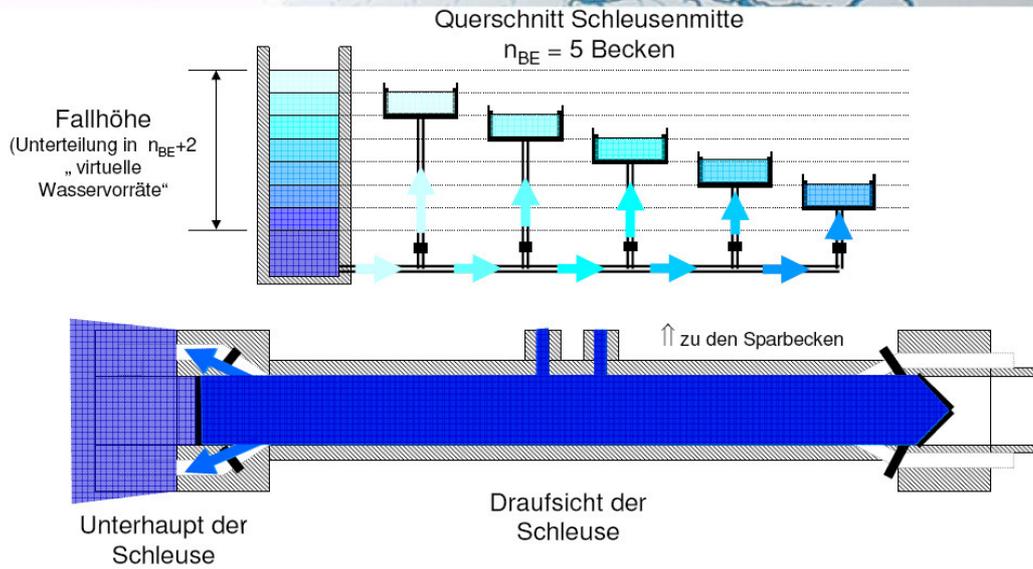


## Ablauf der Darstellung

- Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten
- Wasserversorgung
- Grosse Bauwerke
- Einpassung des Projektes
- Arbeitsplanung
- Nachfolgende Etappen



### Funktionsweise der Sparbecken



### Schleusenmodell (30m) im Massstab 1:25

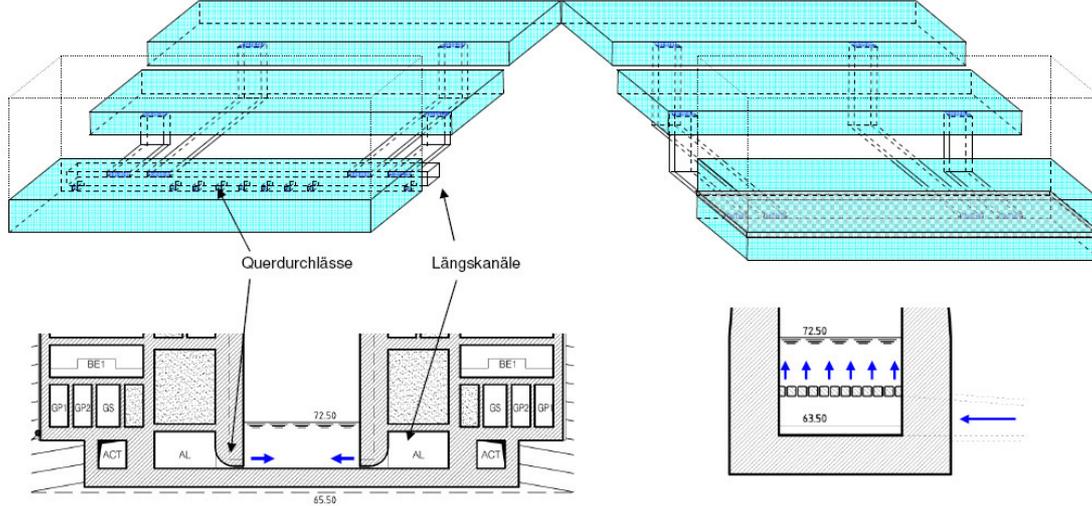




## Verfahren der Einleitung von Wasser in die Schleusenkammer

Seitliche Einleitung am unteren Teil der Schleusenwände  
System mit Längskanälen + Querdurchlässen

Vertikale Einleitung  
System mit perforierter doppelter Schleusensole



## Verfahren der Einleitung von Wasser in die Schleusenkammer

Seitliche Einleitung am unteren Teil der Schleusenwände  
System mit Längskanälen + Querdurchlässen

Vertikale Einleitung  
System mit perforierter doppelter Schleusensole

**Beschreibung :**

Längskanäle : Fläche mind. 20 m<sup>2</sup> (4,00 m x 5,00 m)  
 Querdurchlässe (2,00 m x 0,25<sup>ht</sup> m) : 2 x 30 Einheiten  
 gleichmäßig verteilt (alle 4,00 m)  
 Perfekt symmetrische Anordnung der Querdurchlässe  
 (entgegengesetzte Strahle zur Dissipation der Energie)  
 Die Längskanäle homogenisieren den Durchfluss in die  
 Querdurchlässe und tragen somit zur Dissipation der  
 Energie bei.

**Vorteile**

Reduzierung der Hoch- und Tiefbauarbeiten: Reduzierung  
 der Baugrubentiefe (~ 4,0m)  
 Einfachere Struktur

**Nachteile**

Erweiterung am unteren Teil der Schleusenwände zur  
 Aufnahme der Kanäle → weniger interessant mit einer  
 optimierten Kammer in U-Form. Notbetrieb verlangt  
 Stilllegung eines kompletten Sparbecken-Niveaus für einen  
 ausfallenden Schützen

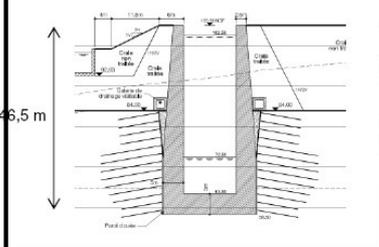
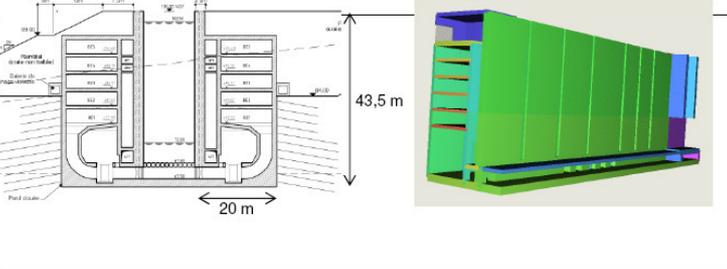
Untere Kammer unter der perforierten Schleusensole :  
 Höhe 3 m, Breite 12,50 m  
 perforierte Sohle : 1 100 Löcher, Schnitt 0,20 x 0,20 m  
 Eintritt ab BE in die untere Kammer  
 Möglichkeit einer Unsymmetrie  
 Innerhalb der Kammer gestattet eine Regulierungszone  
 die Umwandlung der Querdurchflüsse in  
 Längsdurchflüsse

Beruhigung der Schleusenkammer mindestens gleich,  
 oder höher.  
 Notbetrieb mit einem stillgelegten Schützen möglich

Vertiefung der Struktur  
 Kosten der doppelten perforierten Schleusensole



Vergleichsstudie von Schleusen mit separaten oder integrierten Sparbecken  
Funktionsweise der 2 Arten von Stahlbetonstrukturen

<p>Schleusenkammer in U-Form (separate Sparbecken)</p> 	<p>Schleuse mit integriertem Sparbecken</p> 		
<p>Querschnitt Schleusen-kammer</p>	<p>Querschnitt Schleusen-kammer</p>	<p>¼ Schleusen-kammer – 3D-Ansicht</p>	
<p>Funktionsweise in rein ebenen Verformungszustand</p> <p>Steifigkeitskontrast Schleusen-kammer / Häupter → Stossfuge erforderlich</p>	<p>Komplexere Funktionsweise :</p> <p>Steifigkeit der Schleusenwände + Sparbecken in Querebene in Konkurrenz mit Steifigkeit der Sparbecken in Horizontalebene → 3D-Modellisierung mit Schalenelementen erforderlich</p> <p>Kein Steifigkeitskontrast Schleusen-kammer / Häupter → monolithische Struktur</p>		



Strukturelles Design der Schleusen-kammer  
Die verschiedenen Bauwerke

Verteilung der Betonvolumen (Standardlösung der APS)

<p>Die Schleusen-kammer</p>	<p>Länge ungefähr 200 m, Breite 12,50 m Gesamthöhe zwischen 30 m und 46 m</p>	<p>43 %</p>
<p>Die Häupter</p>	<p>Bauwerke aus Blockgewichten Breite ~ 37 m, Länge 20 m (Oberhaupt) et 40 m (Unterhaupt)</p>	<p>25 %</p>
<p>Die Schützen-kammer</p>	<p>Anordnung unterhalb der Sparbecken, im mittleren Teil Breite 36 m, Länge zwischen 50 m und 85 m</p>	<p>15 %</p>
<p>Die Sparbecken</p>	<p>3 bis 5 Becken pro Schleuse : 200 m x 16 m x 6,00<sup>ht</sup></p>	<p>8 %</p>
<p>Sonstige</p>	<p>Verbindungs-kanäle, Wartekai</p>	<p>9 %</p>

→ Die Optimierung der Schleusen-kammer ist wichtig



## Strukturelles Design der Schleusenammer Behandelte Anschüttung : Vorteile / Nachteile

### Behandelte Anschüttung (Schluff – Sande - Kreide)

#### Vorteile :

- Verwertung eines reichlich vor Ort verfügbaren überschüssigen Materials
- Hoher Verformbarkeitswert :
  - bietet guten Widerstand für die Schleusenwände (*bei voller Schleusenammer*)
  - begrenzt die Senkungen (*Fundament der Sparbecken*)
- Festigkeit des Materials begrenzt die Stösse gegen die Schleusenwände
- Geringe zusätzliche Kosten im Vergleich zu den Gewinnen auf den Stahlbetonteilen der Schleuseammer
- Referenzen in der Strassenbautechnik

#### Nachteile :

- Einschränkende Einsatzbedingungen (frost- und witterungsempfindlich)
- Kaum Vergleichsmöglichkeiten mit Massenanwendungen
- Störender Druck auf die Schleusenwände bei der Kompaktierung und vor dem Abbinden
- Verhalten auf zyklische Beanspruchungen weitgehend unbekannt, Risse



## Strukturelles Design und Baumethode der Schleusenammer : Anpassung an die hydrogeologischen Gegebenheiten

### Insgesamt 7 Schleusen

Schleuse 0 und Schleuse 1, beide im Oise-Tal,  
spezifische geotechnische Eigenschaften, unterscheiden sich hauptsächlich durch :

- eine überhalb der Kreide liegende Sohle
- einen hohen Grundwasserspiegel  
⇒ Spezifische Baumethoden

Schleusen 2 – 3 – 4 – 5 et 6, auf dem Kreide-Plateau angelegt

Gleichmäßige geotechnische Konfigurationen, die sich auszeichnen durch

- einen relativ tiefen Graben im Kridemassiv
- einen tiefen Grundwasserspiegel in bezug auf das Bauwerk  
⇒ Ähnliche Baumethoden



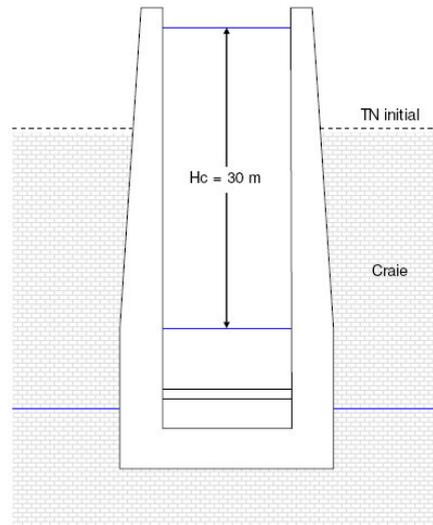
## Baumethode : Beispiel Schleuse 3

### Schleuse 3 : Haupteigenschaften

- Kreide mit wertvollen Eigenschaften  
(mit Ausnahme der 3 ersten veränderten Meter)
- Tiefer Grundwasserspiegel

### Untersuchte Lösungen

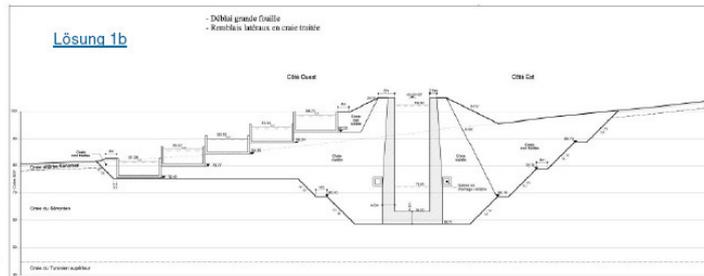
- Lösung 1 : grosse, offene, geböschte Grube
  - 1a : mit seitlicher Anschüttung von unbehandelter Kreide
  - 1b : mit seitlicher Anschüttung von behandelter Kreide
- Lösung 2 : ein Niveau mit vernagelter Wand (13 m hoch)
  - 2a : mit seitlicher Anschüttung von unbehandelter Kreide
  - 2b : mit seitlicher Anschüttung von behandelter Kreide
- Lösung 3 : zwei Niveaus mit vernagelter Wand (24 m hoch)
  - 3a : mit seitlicher Anschüttung von unbehandelter Kreide
  - 3b : mit seitlicher Anschüttung von behandelter Kreide



## Baumethode : Beispiel Schleuse 3

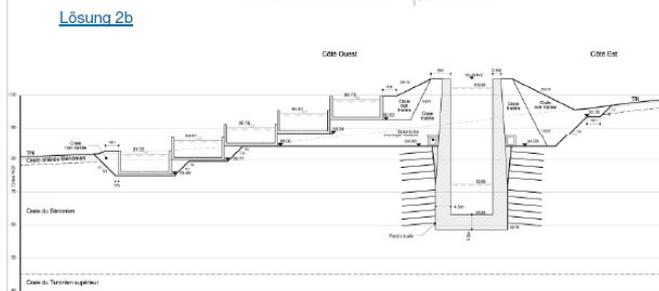
### Lösung 1b

- DDM grande fouille
- Remblais latéraux en craie traitée



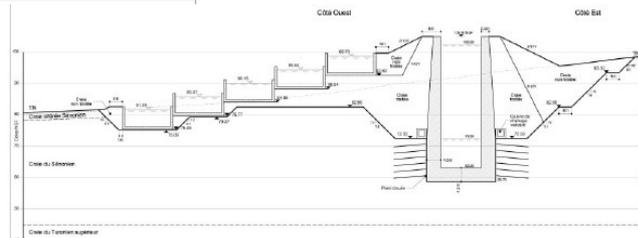
### Lösung 2b

- Paroi clouée en dessous de 84.00 NGF
- Remblais latéraux en craie traitée



### Lösung 3b

- Paroi clouée en dessous de 72.50 NGF
- Remblais latéraux en craie traitée





Baumethode zur Herstellung von Schleusen :  
Beispiel Schleuse 3

Baukosten pro laufenden Meter Schleusenammer

Lösungen	Kosten nach Posten					Klassierung nach Kostenkriterien
	Erdbewegungen	Transport + Lagerung Anschüttungsmaterials	Anschüttung	Beton	Insgesamt	
1a: geböschter Graben Anschüttung von Kreide	100	23	48	1170	1341	6
1b: geböschter Graben Anschütt. von beh. Kreide	90	22	225	860	1197	4
2a: vernagelte Wand (h=13m) Anschüttung von Kreide	80	12	24	1118	1234	5
2b: vernagelte Wand (h=13m) Anschütt. von beh. Kreide	80	12	120	858	1070	1
3a: vernagelte Wand (h=25m) Anschüttung von Kreide	92	9	24	1035	1160	3
3b: vernagelte Wand (h=25m) Anschütt. von beh. Kreide	92	9	110	879	1090	2

Optimierte Lösung durch Anschüttung von behandeltem Material und vernagelte Wand : 20% Kostenreduzierung der Schleusenammer



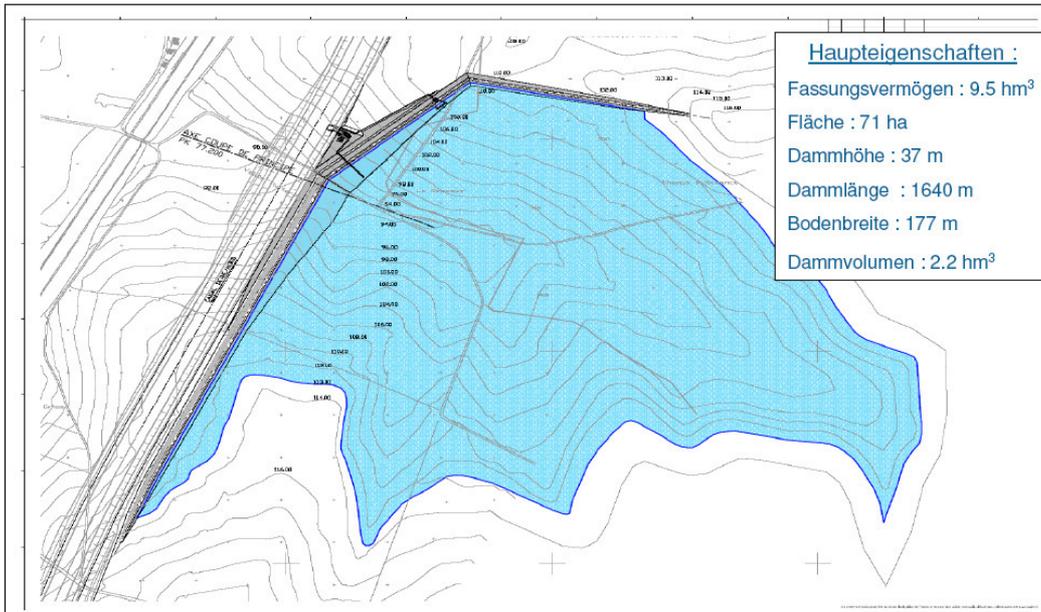
Die Schleusen in einigen Zahlen  
(einfache Schleusen)

	Schleuse 0 PK 8 (Sildende)	Schleuse 1 PK 21	Schleuse 2 PK 30	Schleuse 3 PK 71	Schleuse 4 PK 89	Schleuse 5 PK 98	Schleuse 6 PK 105 (Nordende)
Fallhöhe	6,41	19,57	15,50	30,00	22,50	20,11	25,00
Anzahl der Sparbecken	0	3	2	5	4	3	4
Anzahl der Schützen	4	16	12	24	20	16	20

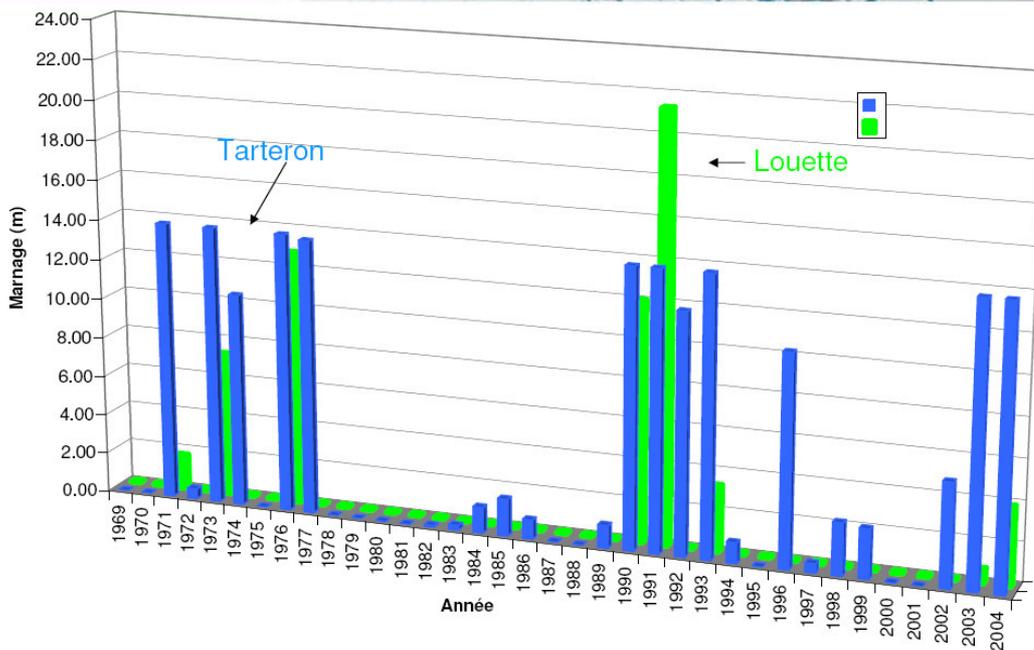
Länge der Schleusenammer	195 m
Breite der Schleusenammer:	12,5 m
Nutzbare Fahrwassertiefe	5 m
Gesamtbetonvolumen für die 7 Schleusen	1 000 000 m <sup>3</sup>
Gesamtbewehrungsmasse für die 7 Schleusen	90 000 t
Gesamtfläche der Schalungen der 7 Schleusen	830 000 m <sup>2</sup>
Metallstrukturen:	
7 Schleusentore stromaufwärts von etwa 7 X 7 m	5 000 t
6 Schleusentore stromabwärts von etwa 14 X 13,5 m	
1 Schleusentor stromabwärts von etwa 7 X 13,5 m	
126 Schützen de 3,5 X 3,5 m	
7 Pumpstationen mit insgesamt 21 Pumpen mit einer Leistung von je 400 à 1 900 kW	
Installierte Leistung von 1,8 bis 6,9 MVA pro Schleuse und insgesamt 28 MVA	
Jährlicher Gesamtstromverbrauch zwischen 50 GWh (2013) und 87 GWh (2025)	



### Das Louette-Reservebecken



### Reservebecken : Tidenhubwerte





## Kunstbauten für die Überquerung der Somme und die vom Kanal durchquerten Wege

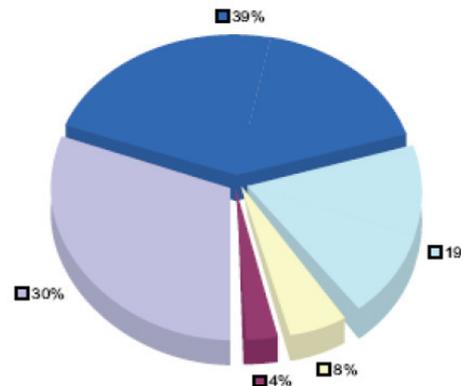
Nr.	Überquerende Kunstbauwerke: Brücken und Kanalbrücken	Stahlmassen der Strukturen	Fahrbahnflächen	Abmessungen
OA 10	Kanalbrücke der Somme	24 400 t	44 000 m <sup>2</sup>	Länge 1,3 km – Navigationseinschränkung (26,6 m + 2 Nebenfahrbahnen)
OA 16	Kanalbrücke auf der A26	3 000 t	4 500 m <sup>2</sup>	Länge 100 m - Breite 38m + 2 Nebenfahrbahnen von 3,5m
OA4	Kanalbrücke auf der A29	1 000 t	2 400 m <sup>2</sup>	Länge 52m - Breite 38m + 2 Nebenfahrbahnen von 3,5m
OA 1	Eisenbahnbrücke (Eisenbahnlinie von Creil-Jeumont nach Noyon)	3 000 t	1 700 m <sup>2</sup>	Doppelgleis, Bogensehnenträger 175m Tragweite -Breite etwa 10m
OA3	Eisenbahnbrücke (Eisenbahnlinie von Amiens-Laon nach Nesle)	1 550 t	3 000 m <sup>2</sup>	3 Kunstbauwerke : 1 Bogensehnenträger + 1 Doppelträger gemischt + 1 Stahlbetonbrücke bei einer Gesamtlänge von 312 m
OA 13	Autobahnbrücke (A2)	3 000 t	6 400 m <sup>2</sup>	Länge 313m - Breite 20,5 m
Sonstige	Sonstige Straßenbrücken	17450 t	52 000 m <sup>2</sup>	50 sekundäre Kunstbauwerke mit Doppelträger oder Bogensehnenträger
	Subtotal „Stahlbauteile“ der Kunstbauwerke des Kanals	53 400 t	114 000 m <sup>2</sup>	



## Ein sozioökonomisch rentables Projekt

Kosten **3,17 Milliarden € (ÖPP)**

- Erdarbeiten
- Schleusen und andere Wasserbauten
- Brücken und andere Ingenieurbauten
- Hafenterrassen
- Umweltmaßnahmen



Nettokapitalwert: **8 Milliarden €** (Bewertung über 50 Jahre)

Sozioökonomische interne Rendite von **6,2 und 8 %**

(in Frankreich wird eine Investition als rentabel betrachtet, wenn die interne Rendite über 4 % liegt)



## Finanzierungsperspektiven des Projekts

- **EU** im Rahmen des TEN-V-Programms
  - **Staat**
  - Französische **Regionen**
  - Andere Mitgliedsstaaten (NL, BE) und die belgischen **Regionen**
  - **Private Partner** im Rahmen eines öffentlich-privaten Partnerschaftsvertrags (gemäß Verordnung vom 17. Juni 2004)
  - **Kanalnutzer** (Zusatzgebühr)
- im Januar 2007 wurde eine **Finanzierungsmission** von den Ministerien für Verkehr und Finanzen in Auftrag gegeben.

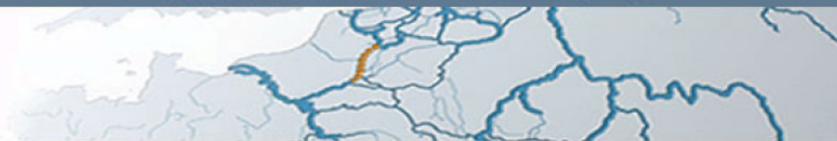


## Ablauf der Darstellung

- **Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten**
- **Wasserversorgung**
- **Grosse Bauwerke**
- **Einpassung des Projektes**
- **Arbeitsplanung**
- **Nachfolgende Etappen**



### Photomontage des Louette-Reservebeckens



### Ein Architektenwettbewerb für den Brückenkanal über die Somme



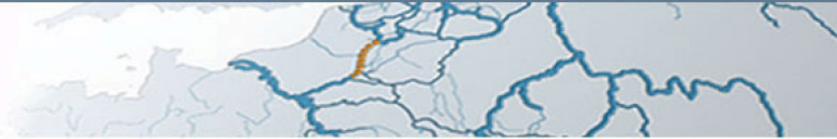


## Die Kanalbrücke über die Somme



## Bilder des zukünftigen Kanals





## Optimierter Wasserhaushalt

### Sorgfältig kontrollierte Wasserversorgung

- max. Wasserdichtheit des Kanals, Rückführung des Schleusenwassers
- Anlegen von Reservoirs (Rückhaltebecken)

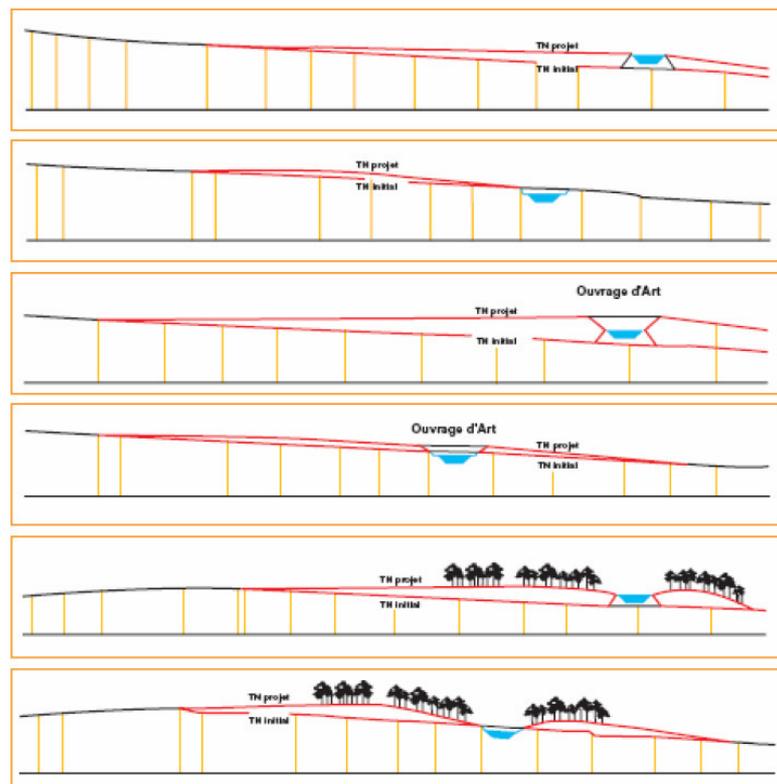
### Geringeres Ausmaß der Oise-Überschwemmungen durch das Projekt

- Verringerung der Überschwemmungen zw. Compiègne und Noyon
- Mögl. Transfer von Wasserüberschüssen der Somme ins Oise-Becken

### Aufwertung durch Wassertransfer

- Entnahme von 1-2 m<sup>3</sup>/s aus der Oise zur Gewährleistung der Wasserversorgung des Ballungsraums Lille (außerhalb der Niedrigwasserperioden der Oise)

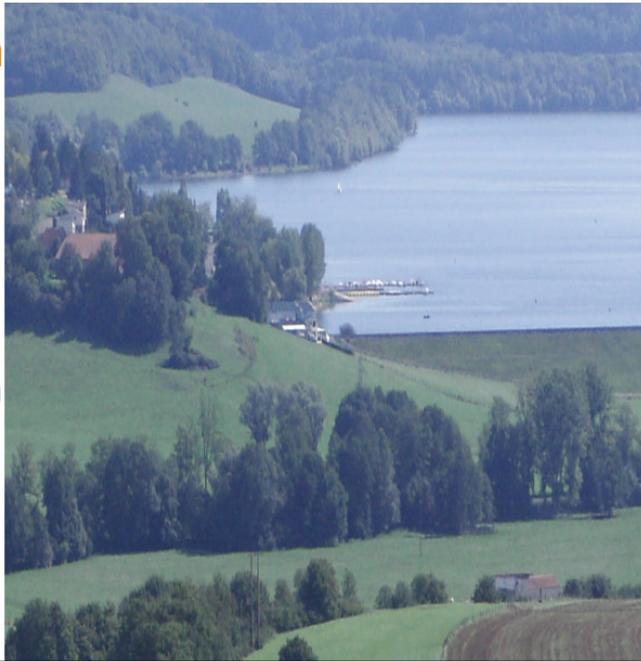
## Bewertung der Landschaftseinpassungsprinzipien





## Entwicklungschancen für den Tourismus

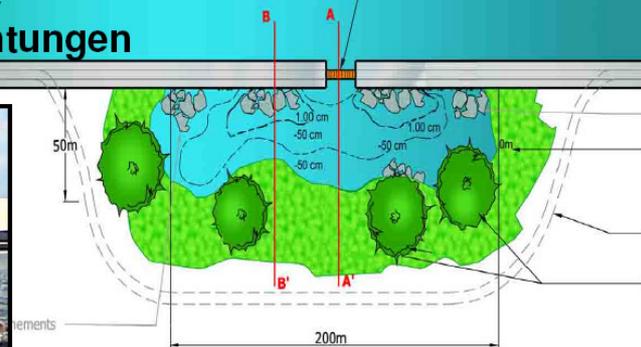
- Flusskreuzfahrten
- Ausbau der sehenswerten Bauten des Kanals zu Touristenattraktionen
- Immobilienentwicklung
- Mögliche Aktivitäten an den Rückhaltebecken:
  - Angeln
  - Bootsfahrten
  - Hotels / Restaurants



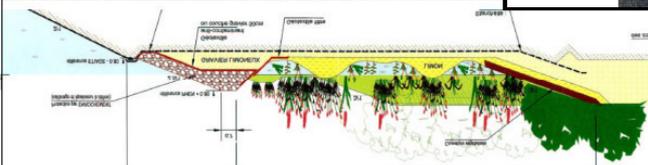
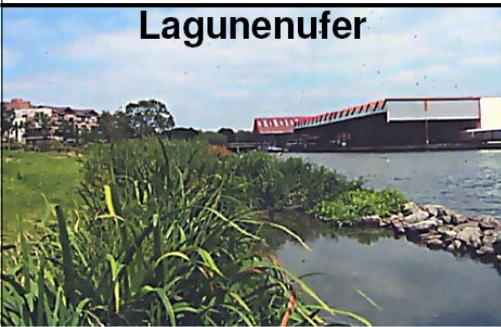
## Ökologische Einpassung des Kanals

### Hydraulische Nebeneinrichtungen

Pont avec système permettant de limiter le battillage en période de fraie (enrochement, fascines ou barrières amovibles)



### Lagunenufer



Bildung 9: Altessing mit Schellneck im Jahr 1999



## Kohlenstoffbilanz

- Einsparungen von **220 000–280 000 t CO<sub>2</sub>** bis 2020
- Einsparungen von **550 000–580 000 t CO<sub>2</sub>** bis 2050
- Einsparungen von **925 000–950 000 t CO<sub>2</sub>** bei voller Auslastung

## Energiebilanz

- Einsparungen von **67 000 t RÖE** bis 2020
- Einsparungen von **170 000 t RÖE** bis 2050
- Einsparungen von **290 000 t RÖE** bei voller Auslastung



## Ablauf der Darstellung

- **Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten**
- **Wasserversorgung**
- **Grosse Bauwerke**
- **Einpassung des Projektes**
- **Arbeitsplanung**
- **Nachfolgende Etappen**



## Arbeitsplanung : 2009-2013

- **Allgemeine Fristen :**                    56 Monate                    2009-2013
- **Erdarbeiten :**                            42 Monate                    2009-2012
- **Schleusen :**                              46 Monate                    2010-2013
- **Bauwerke :**                                47 Monate                    2010-2013
- **Dichtigkeit :**                             24 Monate                    2011-2013
- **Inbetriebnahme und Test :**        10 Monate                    2013
  
- **Quelques cadences moyennes :**
  - Erdarbeiten : 60 000 m<sup>3</sup>/Tag
  - Schleusen : 40 000 m<sup>3</sup> Beton/Monat



## Ablauf der Darstellung

- **Streckenführung, Wasserstaffel und Erdarbeiten**
- **Wasserversorgung**
- **Grosse Bauwerke**
- **Einpassung des Projektes**
- **Arbeitsplanung**
- **Nachfolgende Etappen**



## Umfang des Partnerschaftsvertrags

- **Vorfinanzierung, Bau, Betrieb und Wartung, Reperation der folgenden Bauwerke :**
  - **Neuer Kanalabschnitt für die Grossschifffahrt**
  - **Hafeneinrichtung zur Verkehrsoptimierung und -beschleunigung**
  - **Logistikzonen zwecks Aufnahme von verkehrserzeugenden Tätigkeiten** (abhängig vom Ergebnis des wettbewerbsorientierten Dialogs)
  - **Gewinnbringende Nebentätigkeiten zur Senkung der Infrastrukturkosten für die Öffentlichkeit**



## Zeitplan für die Vorbereitung des wettbewerbsorientierten Dialogs

- |  |                   |
|--|-------------------|
| ➤ Vorbereitung und Vorabinformation  | März-Oktober 2007 |
| ➤ Veröffentlichung der Ausschreibung   | Ende 2007         |
| ➤ Dauer des wettbewerbsorientierten Dialogs  | 24 Monate         |
| <b>Phase 1</b> Organigramm – architekton./raumplaner. Entwurf                      | 6 Monate          |
| <b>Phase 2</b> Detailplanung – Zusatzaktivitäten                                   | 7,5 Monate        |
| <b>Phase 3</b> Genehmigung der Detailplanung – Vertragsentwurf                     | 2,5 Monate        |
| <b>Phase 4</b> Endgebot  | 3 Monate          |
| <b>Phase 5</b> Vertragsabschluss – Vervollständigung der Regelung der Finanzierung | 6 Monate          |