

チュニジア共和国

産業省

チュニジア電力・ガス公社



ラデス・コンバインド・サイクル発電所環境影響評価調査



2013年12月 (2版)



T.P.E

Tunisie Protec Environnement
17, impasse de l'aurore 1082 Mutuelleville-
Tél : 71.841.801 / 71.802.822 Fax : 71.785.681
E-mail : tpe@cbg-groupe.com

目次

CHAPITRE 1. プロジェクト正当性および法的制度的制枠組

- 1.1. 環境影響評価調査の背景
- 1.2. プロジェクトの制度的組織的枠組
 - 1.2.1. 政策的枠組
 - 1.2.2. 法的枠組
 - 1.2.3. 制度的枠組
- 1.3. プロジェクト正当性
 - 1.3.1. 序章
 - 1.3.2. サイト選定根拠
 - 1.3.3. コンバインド・サイクル・タイプ選定根拠

CHAPITRE 2. 設計事務所と STEG の紹介

- 2.1. 設計事務所紹介
 - 2.1.1. 会社紹介
 - 2.1.2. 活動範囲
- 2.2. STEG 紹介

CHAPITRE 3. プロジェクト詳細説明

- 3.1. プロジェクト概要説明
- 3.2. 建設サイト、調査区域、および調査対象期間
 - 3.2.1. 建設サイト
 - 3.2.2. 敷地面積
 - 3.2.3. 設置サイトの目的
 - 3.2.4. 調査区域
- 3.3. 調査対象期間
 - 3.3.1. 建設フェーズ
 - 3.3.2. 運転フェーズ
- 3.4. サイトおよび設備に関する記述
 - 3.4.1. サイト・マップ
 - 3.4.2. 設備図面
 - 3.4.3. 作業場に関する記述
 - 3.4.4. 貯蔵設備に関する記述
 - 3.4.5. 集水装置
- 3.5. 発電原理
- 3.6. 方法に関する記述
 - 3.6.1. 発電方法
 - 3.6.2. 原料
 - 3.6.3. エネルギー源
 - 3.6.4. 燃料消費
 - 3.6.5. 発電能力
 - 3.6.6. 監視安全システム
 - 3.6.7. 衛生設備給水回路
- 3.7. プロジェクト物資収支
 - 3.7.1. 液状廃棄物
 - 3.7.2. 大気排出
 - 3.7.3. 固形廃棄物
 - 3.7.4. 泥状廃棄物

- 3.7.5. 騒音
- 3.7.6. 振動
- 3.8. 事故・リスクおよび管理・監視システム
 - 3.8.1. 事故・リスク
- 3.9. ラデス発電所全ステージ(A・B・C)共有施設
 - 3.9.1. 海水吸入口
 - 3.9.2. 海水淡水化施
- 3.10. プロジェクト各フェーズ記述
 - 3.10.1. 建設フェーズ
 - 3.10.2. 運転フェーズ

CHAPTER 4. プロジェクトサイト初期状態および環境分析

- 4.1. サイトの地理的状況
- 4.2. 地形
- 4.3. 地質的環境
- 4.4. 水圏学
- 4.5. 気候
 - 4.5.1. 雨量分布
 - 4.5.2. 温度分布
 - 4.5.3. 湿度と蒸発量
 - 4.5.4. 風量
- 4.6. Ben Arous 県国立公園
 - 4.6.1. Boukornine 国立公園
- 4.7. 海洋と沿岸環境
 - 4.7.1 チュニス湾紹介:地理的概況
 - 4.7.2 チュニス湾測深
 - 4.7.3 湾に隣接する干潟
 - 4.7.4 チュニス湾への河川の水の流入と排水
 - 4.7.5 湾の海水汚染状況
 - 4.7.6 チュニス湾の気候特性
 - 4.7.7 チュニス湾海洋特性
- 4.8. 2013年9月27日に実施された海洋調査(ラデスCステージ 開発前海洋環境初期状態調査)
 - 4.8.1 調査実施過程と結果
 - 4.8.2 結論

CHAPTER 5. プロジェクトの環境に対する予測可能な直接的・間接的・累積的影響分析

- 5.1. 概要説明
- 5.2. 各種インパクト
 - 5.1.1. 直接的または間接的インパクト
 - 5.1.2. 一時的または永続的インパクト
- 5.3. プロジェクトを環境により良く適合させるための措置
 - 5.3.1. インパクト削減または除去のための措置
 - 5.3.2. 補償措置
 - 5.3.3. プロジェクト付随的措置
- 5.4. 環境に対するプロジェクトの予測可能な直接的・間接的・累積的な影響分析
 - 5.4.1. 工事中に発生する可能性のあるインパクト
 - 5.4.2. 運転時に発生する潜在的インパクト
- 5.5. 結論
- 5.6. 環境への影響のマトリックス
- 5.7. 海上でのホットスポット分布の研究
 - 5.7.1. 温排水の特徴

- 5.7.2. タイミングおよびシミュレーションモデルの結果
 - 5.7.3. チュニス湾の流れのシミュレーション
 - 5.7.4. チュニス湾流体シミュレーション結果
 - 5.7.5. 湾内の流れに関する結論
 - 5.7.6. 湾内ホットスポット拡散シミュレーション
 - 5.7.7. 拡張工事後の影響シミュレーション(流量 67,8 m³/s)
 - 5.7.8. 温排水拡散シミュレーション結果まとめ
 - 5.7.9. 結論
 - 5.8. 大気拡散調査
 - 5.8.1. はじめに
 - 5.8.2. タイミングおよびシミュレーションモデルの結果
- CHAPITRE 6. プロジェクトが環境に対して及ぼすおそれのある損害の排除、削減、ないし緩和のために計画された措置
- 6.1. はじめに
 - 6.2. 工事中の措置
 - 6.3. 生産期における措置
- CHAPITRE 7. 詳細な環境管理計画(PGE) の作成
- 7.1. 詳細な環境管理計画 (PGE) の作成
 - 7.2. 環境モニタリング計画
 - 7.3. 能力強化
 - 7.4. 一般意見聴取
 - 7.4.1. チュニジアの行政組織
 - 7.4.2. 一般意見聴取会の開催
- 結論
付属文書

序章

ユーザーのニーズの変化および経済活動拡大によって電力需要が増加したことから、発電のためのエネルギー源の多様化と発電能力増が政府に求められている。

そのような状況の下、既存発電所（ステージ A および B）の発電能力の増強を目的に、ラデスに 500 メガワットの発電能力を有する二軸コンバインド・サイクル発電所（ステージ C）の新規建設が検討されている。

関係者は、野放図な産業汚染拡大の危険性を認識し、チュニジアの生態学保護のため行動を起こしたが、その結果、チュニジア電力・ガス公社（STEG）は、国家の環境保護努力に寄与し、環境問題に関する法律を遵守することを検討中である。

本調査は、プロジェクトが環境と社会に及ぼす影響の分析のために行われた。

本調査では、環境影響評価調査策定手順を定めたチュニジア政令第 2005-1991 号の第 6 条に則り、プロジェクトが環境に及ぼすと思われる影響の規模を明白にし、環境保護に即した計画実施の条件を明確にする。

環境影響評価調査の一貫性

2005年7月11日付政令第2005-1991号第6条により、環境影響評価調査（EIA）の調査項目が規定された。この調査項目により、物理的環境、自然環境、および人的環境に及ぶ可能性のあるプロジェクトの影響（インパクト）に関する問題全体が明確になるものと思われる。

EIAは、サイトの原初の状態とその分析、および計画中のプロジェクトに関する詳細な記述から構成されている。

EIAにより、環境保護に対する懸念に配慮し、プロジェクトに関する考察と技術的根拠の調査が可能となる。また環境管理計画には、環境を損なう可能性のあるプロジェクトの影響を排除し、減少させ、問題を補うため、付帯措置を明記する。

最後に、EIAは、推奨される付帯措置実施のための費用積算も同様に行う。

本調査の目的：

本調査の目的は、コンバインド・サイクル発電所新規建設により発生すると思われる環境・社会影響の確認とその分析、および環境管理計画（PGE）に、直接および間接的に影響を受ける場所の保護のために推奨される措置を明確にするものである。

環境影響評価調査の主要調査項目:

1. プロジェクトの設計、施工、および運営に関する法制度枠組み、および EIA に関する法制度枠組みの紹介
2. プロジェクトの影響を受ける地区の規定と画定
3. プロジェクトに関する詳細な説明
4. 現場の初期状態とその環境の分析:
 - i. 物理的環境
 - ii. 生物学的環境
 - iii. 社会文化的環境
5. プロジェクトが、環境、特に天然資源、動物相と植物相のさまざまな種、法的保護を受けている地区、影響を受けやすい地区、保護地区、国立公園、都市公園等に及ぼすであろう、直接的、間接的、および累積的な影響の分析
6. 環境管理詳細計画（PGE）策定:
 - i. プロジェクトの負の影響の排除、縮小、また可能であればそれを補うための（インパクト）緩和措置の策定、およびその措置実行のための費用積算
 - ii. 環境管理・監視計画策定
 - iii. 影響（インパクト）の緩和を監理するための制度的措置、およびトレーニングと制度強化項目の確認
7. 国民の意見の聴取、および政府組織、非政府組織、およびプロジェクトの影響を受ける住民との会合

第1章 プロジェクト正当性および法的制度的制枠組

1.1. 環境影響評価調査の背景

環境影響評価調査は、環境政策および活動の実施に向けた重要な手段の一つである。環境影響評価調査は、投資プロジェクト準備段階に環境的要素を組み込むことを保証し、環境と天然資源に潜在的影響を及ぼす経済的開発活動の設計・準備プロセスの前段階で行われる。

1.2. プロジェクトの制度的組織的枠組

1.2.1. 政策的枠組

国内レベル:チュニジアにおいて環境保護は、国民に対して生活の質と持続可能な社会経済発展を保証するための目標および戦略的方針である。それは、経済発展および国民の社会的条件改善という責務と、天然資源保護および環境保護の要請を両立させるという意味の表明である。特に、天然資源管理は、過去数年間、チュニジアの指導者の主要な懸案事項であった。

この問題は、特に、チュニジアの気候変化、天然資源の枯渇および脆弱性に向けられてきた。そのため、経済社会開発計画において、天然資源保護と汚染対策のための大事業が優先される。

国際レベル:チュニジアは、ほぼすべての国際条約に加盟している。特に、チュニジアは、オゾン層保護に関するモントリオール議定書、気候変動に関する国連の枠組み協定、種の多様性に関する条約、砂漠化防止対策に関する条約、有害廃棄物に関するバーゼル条約、および地中海保護に関するバルセロナ条約とその議定書に署名・批准している。

1.2.2. 法的枠組

環境保護、特に天然資源の保護のため、チュニジアは、法律、対応規制を確立した。これは、主要天然資源に関する法律、汚染発生事業所に対する複数の強圧手段、及び予防措置としての EIA の義務化といった多岐にわたる手段を包含する。

2005 年 7 月 11 日付政令第 2005-1991 号は、添付資料 I に記載された施設（その中に発電所が含まれるが:添付資料の B 部門に区分されている）に関して、コンサルタント会社またはその分野の専門家により策定されるべき環境影響評価調査を義務付けている。前記政令第 6 条では、環境影響評価調査の調査項目において、施設の環境に対する予測可能な影響を反映し、少なくとも、いくつかの規定された項目を含むことを義務付けている。

そのほか、チュニジアにおける環境と工業部門を規制し、発電所プロジェクトにおいて遵守されるべき主要な法制度は下記の通りである:

- ✓ 公共水利施設の規定、保護および利用に関する各種措置を含む水に関する法律、公布 1975 年 3 月 31 日付法律第 75-16 号。本法律の第 109 条の規定によると、利用権有無にかかわらず、公共水利施設の水域に、廃水、廃棄物または公共衛生管理を損なう可能性のある物質を垂れ流す、注ぐ、廃棄することは禁止されている。
- ✓ 工業団地規制に関する 1984 年 12 月 29 日付政令第 84-1556 号。本政令第 26 条の規

定によると、企業が発生する日中の騒音レベルは、本地区にもっとも近接する住居の正面において計測した値が、50 デシベルを超えてはならない。

- ✓ 投棄する場所の環境（海、湖、セブカ、河川、地下水層等）への廃棄物投棄組織化に関する 1985 年 1 月 2 日付政令第 85-56 号。自然環境に排水を流す場合、その規準に適合する排水処理を施さなければならない。
- ✓ 国家環境保護庁（ANPE）創設に関する、1988 年 8 月 2 日付法律第 88-91 号であり、1992 年 11 月 30 日に修正された法律第 92-115 号。本法律第 8 条の規定によると、環境に害を与える産業施設、またはその活動が、固形、液体、ガス、またはその他の廃棄物投棄による環境汚染が発生した場合、その汚染の除去、削減、また必要な場合には、廃棄物の回収、およびその結果生じた損害賠償が義務付けられる。国家環境保護庁は、守るべき公共利益に与えた損害賠償を獲得するためのあらゆる訴訟を起こす権限を有する。
- ✓ 水環境（海事公有財産、公共水利施設、および公共配管）への廃水投棄を規制する条件を規定するチュニジア規準 NT106.002 の認可に関する、1989 年 7 月 20 日付国家経済省省令。
- ✓ 農業への廃水利用に関する国家規準 NT106.03 の認可に関する、1990 年 5 月 28 日付国家経済省省令。
- ✓ ANPE の監査官に関する内規を規定する 1990 年 12 月 25 日付政令第 90-2273 号。大気中汚染物質の限界値および指針値に関する国家規準 NT106.04 認可に関する、1994 年 12 月 28 日付国家経済省省令。
- ✓ 廃棄物、およびその管理と処理に関する、1996 年 6 月 10 日付法律第 96-41 号。廃棄物は、その出所に従い、一般廃棄物または産業廃棄物に区分され、その性質により、有害廃棄物または非有害廃棄物または不活性廃棄物に区分される。有害廃棄物管理方法は規制の対象となっている。有害廃棄物リストは、2000 年 10 月 10 日付政令 2000-2339 により規定されている。
- ✓ 人、財産、環境を損なう可能性のある危険や損害を避けるため、有害物質道路輸送実施に関する規則を規定した、1997 年 6 月 2 日付法律第 97-37 号。有害物質は、9 等級に区分されている。道路輸送が許可された等級別物質リストと規定は、政令により規定されている。
- ✓ 管轄分野において環境・国土整備省により交付される認可に関する事務手続き簡略化に関する、2001 年 1 月 30 日付法律第 2001-14 号。
- ✓ 水の利用を伴う生産設備、生産作業、および生産方法に関して、その水消費量の最小値を決めたものであり、それを超えると技術的・定期的・義務的診断を受けることが義務付けられる水の消費量の最小値、その他、専門家任命条件、および診断性質と頻度を規定する、2002 年 2 月 14 日政令第 2002-335 号。

- ✓ 合理的管理を保証し、環境への投棄を避けるための使用済み潤滑油およびフィルターの再利用の条件と方法を規定する、2002年4月1日政令第2002-693号。
- ✓ 環境影響評価調査に関する、2005年7月11日政令第2005-1991号。建設機材部門のすべてのプロジェクトは、環境影響評価調査が義務付けられる。
- ✓ 国家廃棄物管理庁（ANGED）創設に関する、2005年8月22日付政令第2005-2317号。第4条によると、本庁は、現行規制に規定された廃棄物管理に関する契約負担目録と認可書類を作成し、その実施の管理をする。また、本庁は、職業として、自らの利益、または第三者の利益を目的として、廃棄物の運搬、除去、および再利用を実施する事業所や企業が作成すべき台帳と帳簿の管理を行う。
- ✓ チュニジア政府が環境に関する国際的合意の遵守を担保とした任務を含む環境・持続的開発省（MEDD）の権限を規定した、2005年11月1日付政令第2005-2933号。
- ✓ 危険、非衛生、または周囲に悪影響をおよぼす事業所の分類基準を規定した、2005年11月15日付産業・エネルギー・中小企業省省令。本規準の第1709項によると、セメント製造施設は、生産量にかかわらず、第1等級に指定されている。
- ✓ 道路輸送に伴い治安部隊の監督と警護を義務付けられる有害物質リストを規定する、2005年11月29日付政令第2005-3079号。
- ✓ 使用済み蓄電池および乾電池の回収条件および方法を規定する、2005年12月26日付政令第2005-3395号。
- ✓ 有害物質の処理施設、収容施設、保管施設、および移送施設の建設に関する、2006年3月23日付環境・持続的開発省省令。
- ✓ 希少および絶滅危惧種の動物相と植物相のリストを規定した、2006年7月19日付農業・水資源省省令。
- ✓ 危険、非衛生、または周囲に悪影響をおよぼす事業所の開設および運営方法に関する、2006年10月9日付政令第2006-2687号。

1.2.3. 制度的枠組

チュニジアは、制度枠組を段階的に設立した。チュニジアでは、固形廃棄物セクターを規制する2つの基本的法文書がある：

- 地方自治体基本法第95-68号：廃棄物収集と市町村の権限
- 廃棄物およびそれらの管理・除去の監督に関する法律第96-41号：収集後および廃棄物処理は、ANPEに任される。

環境管理の包括的責任は、環境・持続的開発省（MEDD）および省監督下の各庁が担う：国家下水局（ONAS）、国家環境保護庁（ANPE）、国家廃棄物管理庁（ANGED）、およびチュニス環境技術国際センター（CITET）。

環境問題に関わるその他の省庁は下記の通り：

農業・水資源省、内務・地方開発省、保健・文化省、商業・手工業省、産業・技術省、沿岸保護・整備庁（各機関の関係分野は下記の通り:水、土壌、森林および国立公園、市営サービス、保健・衛生行政、歴史・文化遺産および海洋沿岸保護。

1.3. プロジェクト正当性

1.3.1. 序章

産業省の監督下、公社として運営されるチュニジア電力・ガス公社（STEG）は、電気とガスの輸送と配電の独占権を有し、それぞれ売上の80%と20%をしめる。

STEGの電力事業は、需要の増加に伴い急速に変化したが、その変化は、特に経済・都市計画大事業実施後の第12次計画中に顕著となった。

需要を満す任務のほか、STEGはエネルギー源の多様化、および環境保護を目指しており、そのため、再生可能で清潔なエネルギー源の利用を選択している。

ラデスのコンバインド・サイクル発電所の建設プロジェクトは、完成度の高い技術により発電強化の一環として行われる。本エネルギー・プロジェクトは、短期・中期の地方社会経済発展のため、絶対的な必要性を持つものである。

1.3.2. サイト選定根拠

特定の既存発電所のサイトを選択することは（計画中の発電所は現在稼働中の発電所の増設となる）、サイトの利用および活用（新規発電所設置に適した空地の有無等）および既存発電所の設備とインフラストラクチャー（ネットワークの存在、接続の可能性等）を利用できるという強みがある。これらの長所を活用することにより、投入する投資を最適化することができる。

提案された場所には多くの利点がある。工業地帯に位置するため、配水管と電気配線が存在する（既存ネットワークの存在、接続の可能性）。新規プロジェクトは現在稼働中の発電所の増設となるため、本サイトを選択することにより発電所設置コストを低減し（既存ネットワークへの統合のためコストが低く抑えられる）と環境への影響を最小化することが可能となる。

1.3.3. コンバインド・サイクル・タイプ選定根拠

コンバインド・サイクルは、発電所の基本的ニーズに即しており、効率が良い（59%、他の発電手段に較べて、短い工期と短期間での稼働開始とネットワークへの統合という利点を有する）。

コンバインド・サイクル火力発電所は、急速に拡大中である。コンバインド・サイクル発電所は、コスト面における競争力の高さ、効率の良さ、操業開始に必要な時間が短い、他の火力発電に比較して環境への影響が少ないという長所がある。また堅牢な既存のガスインフラ

と送電インフラが、さらにコンバインド・サイクルの長所を強める。

二軸コンバインド・サイクルにより、2段階施工が可能となり、短期の電気供給不足を補うことができる:サイクル・ガスタービンの稼働開始は 2017 年夏、また、コンバインド・サイクルの稼働開始は 2018 年夏に予定されている。

第2章 設計事務所と STEG の紹介

2.1. 設計事務所紹介

設計コンサルタント事務所

TUNISIE PROTEC ENVIRONNEMENT

Address : 17, Impasse de l'Aurore -1082 Mutuelleville Tunis

-TUNISIE Tél : 216-71-841.801 / 216-71-802.822

Fax : 216-71-792.718 / 216-71-785.681

E -mail : tpe@cbg-groupe.com

Tripoli Branch Office: Sidi El Massri – Route l'université - P.O Box : 93126

2.1.1. 会社紹介

TPE (Tunisie Protec Environnement) は、チュニジアの設計・コンサルタント事務所であり、環境及び水利部門を専門分野とする。活動範囲は、産業プロジェクト、農業プロジェクト、および観光事業であり、各種環境調査を行う:環境評価調査、廃棄物汚染除去・収集・再利用・管理に関する調査、および農業水利事業（ポンプユニット、水利構造物）に関する調査である。

2.1.2. 活動範囲

- 環境影響評価
- 汚染防止調査
- 実施設計
- ゴミ収集・再利用プロジェクト調査
- 手続き最適化監査報告書および排出物・廃棄物最小化監査報告書
- 汚染除去インフラ利用アシスタント
- 環境にやさしいテクノロジープロジェクト設計
- 排水処理施設設計（入札公告、公募、入札図書）
- 排水前処理設計
- 灌漑地区整備プロジェクト設計（公募、入札図書）
- 飲料水供給プロジェクト設計（公募、入札図書）

- 騒音影響調査
- 技術的・経済的フィジビリティ・スタディー
- 排水・排気処理施設設置および運転開始テクニカル・アシスタンス
- 環境および国土整備に関するトレーニング実施（短期・中期）
- 企業レベルアップの一環としての環境診断

2.2. STEG 紹介

本プロジェクト・デベロッパーであるチュニジア電力ガス公社（STEG）は、産業省の管轄下、公的企業として、1962年4月に創設された。

STEG は、電力とガスの運搬と配給の独占権を有している。その主たる使命は、電気、天然ガスの需要を、最善の経済的条件の下、環境および消費者の安全を確保しつつ、高品質に満たすことにある。

チュニジア全土に散在する発電所で発電された電力は、アルジェリアとリビアのマグレブ電線網と接続された高圧網を通して送られる。

天然ガス部門では、STEG は高圧配管運搬網および低圧配管配給網を有する。

STEG の電気事業は、チュニジアの天然資源が限られる中、増え続ける需要に対処するため急速に発展してきた。現在有する設備容量は 3250MW であり、発電能力は 10250GWh（2008）、電化率は 99%である。

中・長期的には、STEG は、再生エネルギーを優先し、また効率の良い設備（例えば、発電において独占的地位を占めるコンバインド・サイクル）を配備し、エネルギー生産ソースのより一層の多様化と環境保護を目指している。このような状況下で、STEG は発電オプションとして風力テクノロジーを導入した。風力による第 1 番目の発電所（10MW）は 2000 年に北部の Sidi Daoud で運転を開始した。本発電所は、2004 年に 8.7MW の拡張工事が行われた。ビゼルテにおいても、風力発電所が操業されている。拡張工事やその他のプロジェクトが計画され、または建設中である。

社名	チュニジア電力ガス公社
法的形態	産業・商業的性格を有する公社
第一責任者	MR. M.TAHAR LAARIBI- 取締役会会長兼社長
本社住所	38, RUE KEMAL ATATURK 1021- TUNIS

第3章 プロジェクト詳細説明

3.1. プロジェクト概要説明

プロジェクトは、約 500MW の発電能力を有する二軸コンバインド・サイクル型ラデス C ステージ火力発電所の建設である。業者の指名は、入札により行われ、落札業者は、契約負担事項に従い、設計、製造、調達、現場輸送、組立、試運転、設備運転開始、および土木工事と構造物工事を行う。

施工期間は、33 か月と予定されており、また運転期間は約 25 年とされている。

3.2. 建設サイト、調査区域、および調査対象期間

3.2.1. 建設サイト

新規コンバインド・サイクル型ラデス火力発電所は、チュニジアの北部沿岸地帯、チュニス湾の最奥部の La Goulette 港南側に位置する既存発電所の敷地内に建設される（首都から約 10 km）。CPC（Carthage Power Company）発電所（民間発電所）と隣接するラデス発電所は 2 基の火力発電所（ステージ A と B）からなる。

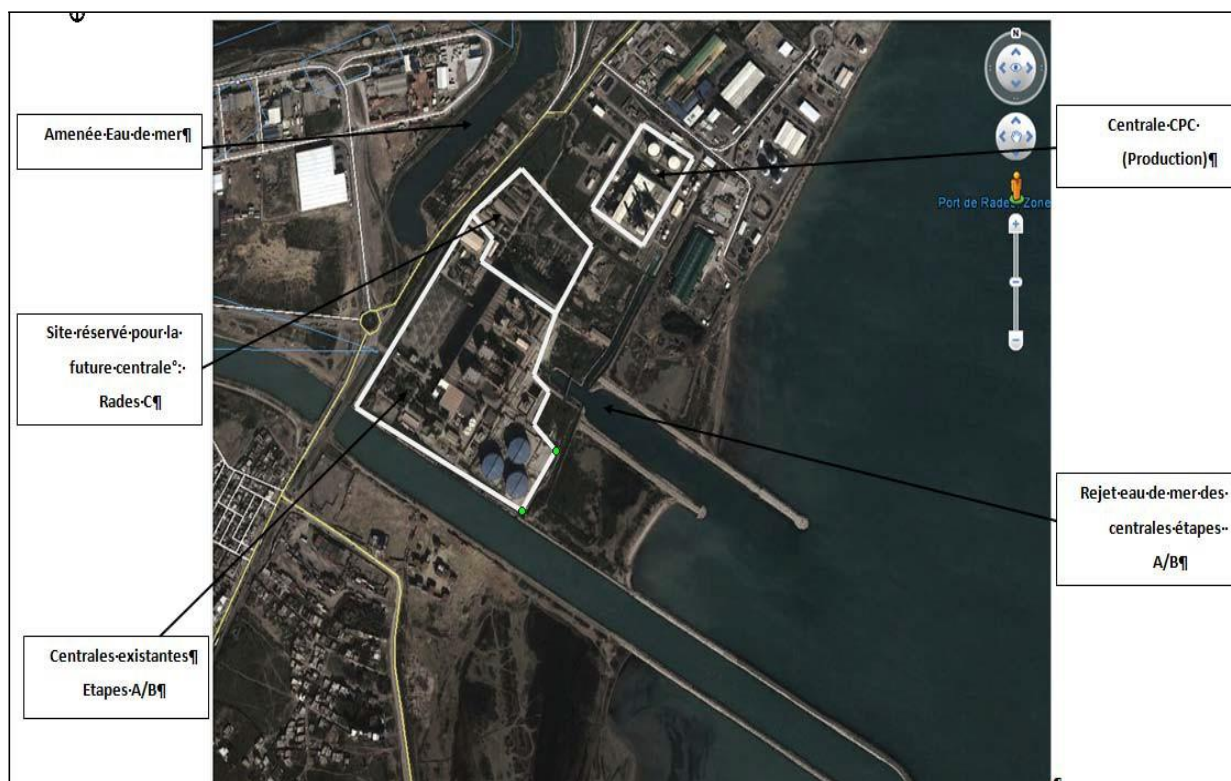


図 1:新規ラデス C 発電所のサイトレイアウト

発電所の UTM 座標は以下の通り:緯度 : 36°47 ' 53.85 " N 東経 : 10°17 ' 1.81 " E

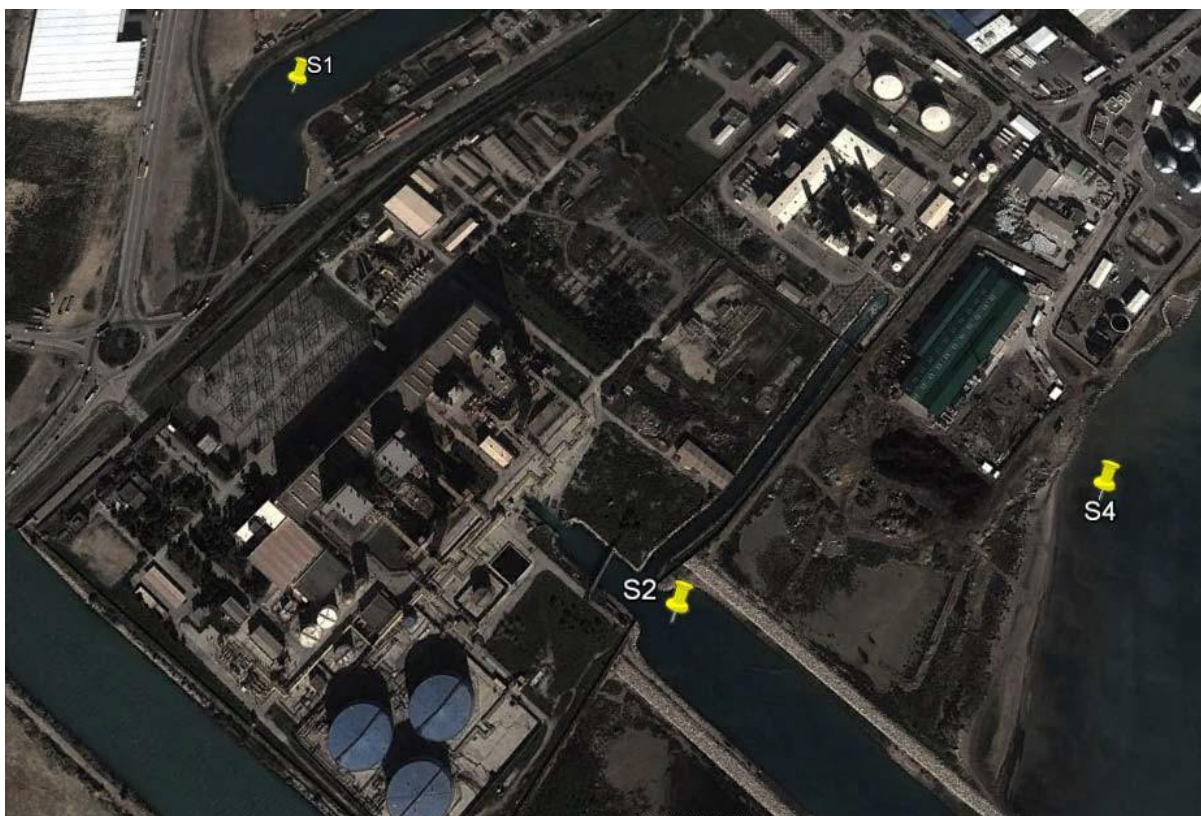


図 2:ラデス発電所の外観

3.2.2. 敷地面積

土地は STEG 所有地であり、敷地面積は約 37 000 000 m²である（CPC、ステージ A/B、新規発電所ステージ「C」を含む）。

表 1 : 発電所サイト核施設面積

施設名	面積
機械室	3 000 m ²
電気室	1 000 m ²
作業場と倉庫	600 m ²
コンプレッサー・ルーム	100 m ²
ディーゼル・ルーム	60 m ²
事務棟	-
守衛室	-
社会福祉室	-

サイト面積の残りの部分:

- 新規発電所のガスタービンと蒸気タービンの付帯設備
- 緑化地区
- 道路

3.2.3. 設置サイトの目的

発電所の新規建設用地は、STEG 所有地であり産業地区にある。

3.2.4. 調査区域

プロジェクトの社会経済的性格と規模を考慮して、調査区域と影響区域は、チュニジア全国にわたる。大気中への排気ガスの排出とヒートアイランド・エフェクトを受ける区域に関しては、発電所サイト周辺半径 6km の区域とする。

3.3. 調査対象期間

発電所運転は、少なくとも 25 年間継続する。あらゆる理由により運転休止を決定した場合は、STEG が施設の解体とサイト復旧の責任を持つものとする。

影響評価調査の対象期間は、プロジェクト建設フェーズと運転フェーズに関するものである。

発電所の解体フェーズでは、運転期間最後の影響評価調査を行う。

3.3.1. 建設フェーズ

建設フェーズは、調査、設計、建設工事、組立、試運転、および運転開始フェーズを含む。このフェーズの推定期間は 33 か月と推定される。

3.3.2. 運転フェーズ

ラデス C ステージの新規発電所の運転期間はおよそ 20 年間と推定される。

計画対象期間

		年次	2013	2014	2017	2037	2036	2046	2047	2077
	フェーズ									
中期プロジェクト	発電所建設		■							
	運転フェーズ				■					
長期プロジェクト	運転期間を10年間延長するための定期検査:仮定1						■			
	発電所の全面的刷新:仮定2							■		
	元の状態への復旧、環境の修復								★	

3.4. サイトおよび設備に関する記述

3.4.1. サイト・マップ

ガスタービン発電所サイトの詳細サイト・マップは添付 1 を参照のこと。

3.4.2. 設備図面

本プロジェクトに含まれる全設備および付帯設備を記載した発電所平面図は添付 2 を参照のこと。

3.4.2.1. ガスタービン

ガスタービン、燃焼タービンまたはガス燃焼タービン（正式名）とも呼ばれ、内燃機関グループに属する熱力学回転機械であり、その役割は、タービン内で膨張する炭化水素（重油、燃料ガス等）燃焼により生じる熱力学的エネルギーから直接、軸回転の機械エネルギーに変換するものである。酸化剤（大抵の場合は大気中の空気である）が、燃焼室に入る前に、タービンと同じ軸で駆動される回転圧縮機により圧縮される。

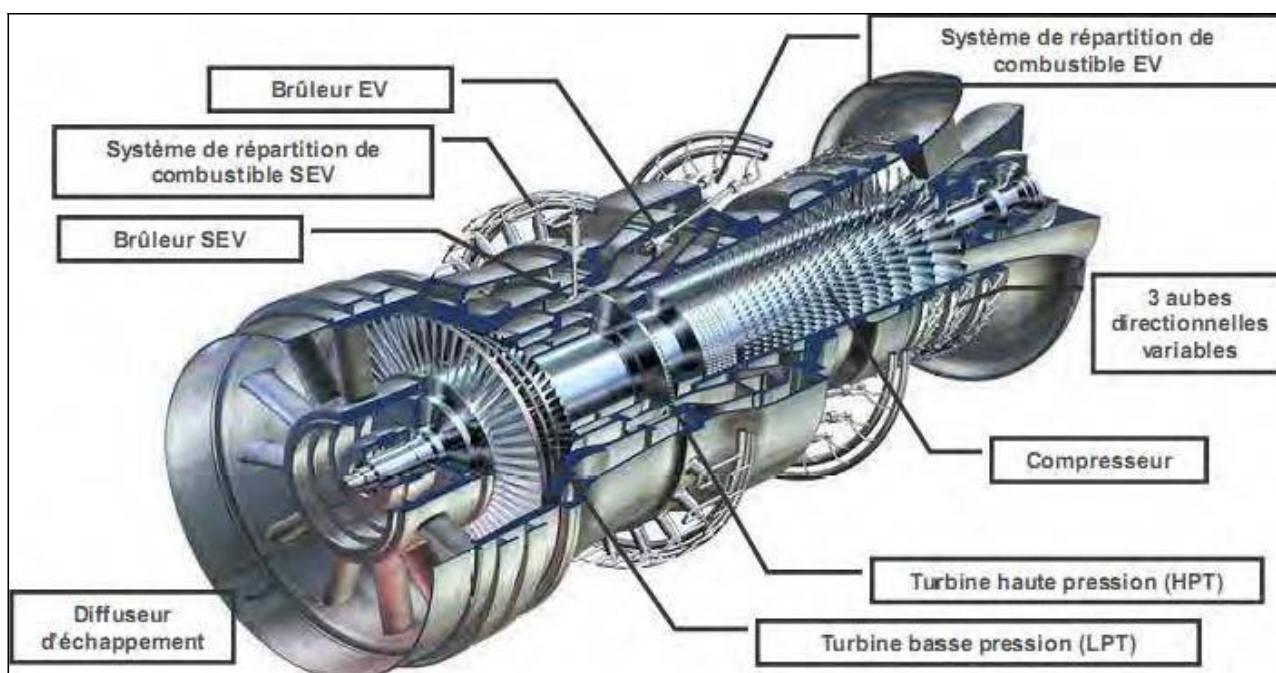


図 3:ガスタービン図

3.4.2.2. 蒸気タービン

蒸気タービンは、フィンを備える多数のリング（高馬力だと数百のリング）により構成される。まず、圧力蒸気が小径のリングを通過し、大径のリングに達する。それにより、タービンが回転し、それと連結する交流発電機を駆動する。

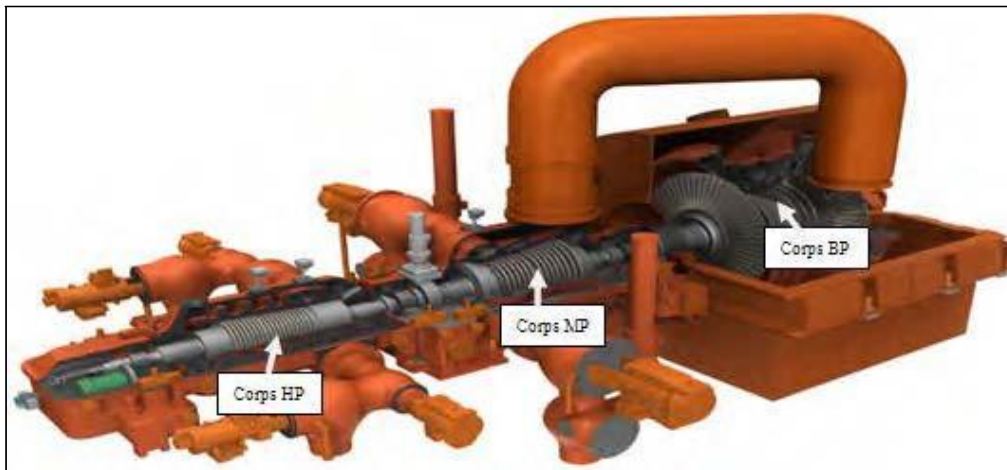


図 4:蒸気タービン一例

3.4.2.3. 交流発電機

交流発電機は、正弦交流電圧を発電するための回転機械である。作動は、自転車のダイナモに近い。

交流発電機は、ガスタービンおよび蒸気タービンと連結されている。

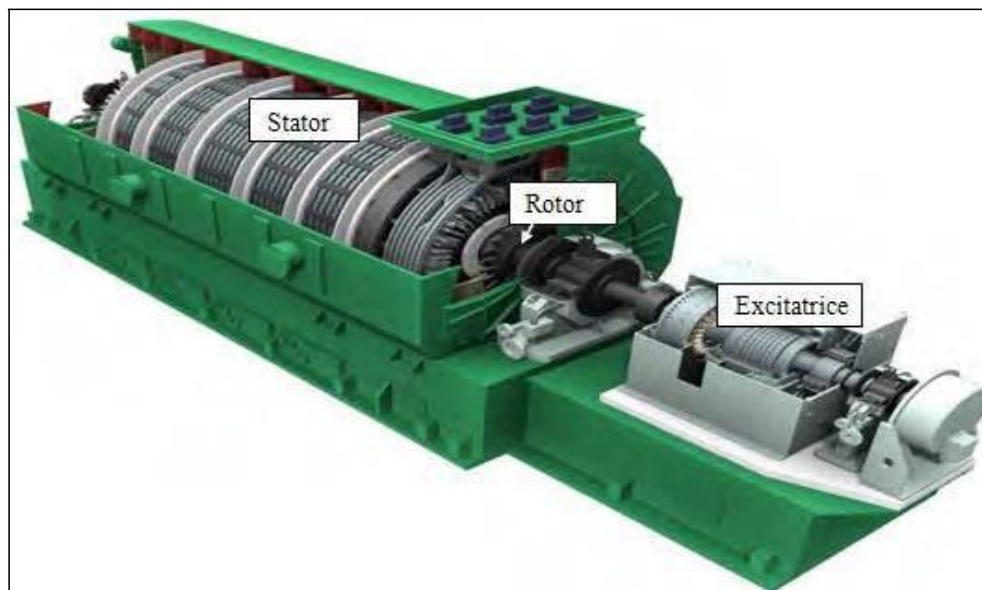


図 5:産業用交流発電機の標準タイプ

3.4.2.4. 回収ボイラー

回収ボイラーは熱交換器で、高圧ガス・フローから熱エネルギーを回収する。それによって、蒸気を生成し蒸気タービンに供給する。回収ボイラーは熱交換器である。熱交換機は高圧ガスのフローから熱エネルギーを回収する。その回収した熱エネルギーを利用して蒸気を生成する。その蒸気は蒸気タービンに供給される。通常、回収ボイラーは、コンバインド・サイクル発電所に使用されることが多い。回収ボイラーは、ガスタービンからの排気ガスを回収し、その排気ガスにより蒸気を生成する。その蒸気は蒸気タービンに供給される。この蒸気タービンが発電をする。こうしたプロセスを利用することにより、ガスタービンのみによる発電、または蒸気タービンのみによる発電と比べてより効率的に発電が行われる。

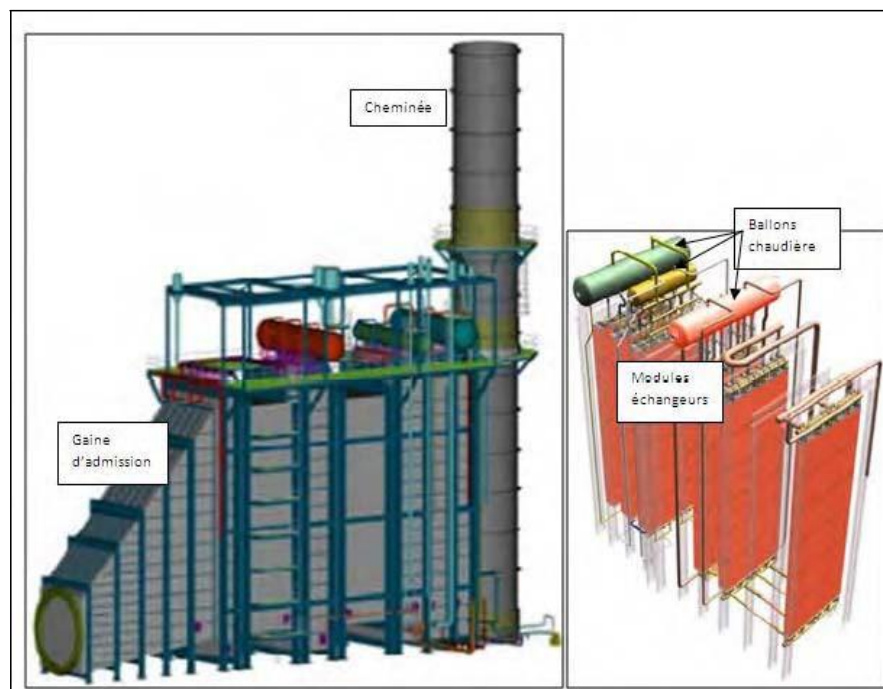


図 6:発電所の回収ボイラーの一例

3.4.2.5. 煙突

煙突は、発電により発生する物質（ガス、蒸気、塵埃）を大気中に放出するための金属構造物である。ラデス C ステージの新発電所において、STEG は、サイズ（高さと径）を決定するために、発電所の大気放出をより拡散し、生態系に悪影響を及ぼさないよう発電能力とプロジェクトサイトの環境に適合する数学モデルを適用した。

3.4.2.6. 蒸気凝縮器

凝縮器の主要機能は、冷媒により蒸気を凝縮（ガスから液体への変換）することである。気体の潜熱は冷媒に移される。これは、一定温度のフェーズに変化することである。冷媒は、凝縮温度に応じて変化する:空気、水、塩水。

凝縮器は、フィンチューブ型および管束型熱交換器がよく使用される。凝縮は、フィンチューブ内ではほぼ完了する。通常、径が 1 cm、長さが 2m から 6m のチューブを、三角形配列または正方形配列にて使用する。減圧下で作動する装置の損失水頭が、これらの要素選定の基準の一つとなる。

3.4.3. 作業場に関する記述

計画の発電所には作業場設置が予定されており、その面積はおよそ 700 平米となる。作業場は、電気機械設備の一貫した整備に必要である。

3.4.4. 貯蔵設備に関する記述

発電所の主要燃料であるガスはガスタービン内で直接燃焼される。ガスは、ガスパイプにより、76 バールの圧力、および 100000Nm³/h の流量で送られる。

軽油供給回路に含まれる主要構成要素は下記の通り：

- タンクローリーから貯蔵タンクへの移送を可能にする移送回路、
- 10000 立米の容量を有する軽油貯蔵タンク、
- ガスタービンに軽油を送る移送回路および供給回路

3.4.5. 集水装置

ボイラーおよび付帯設備からの排水は、補給水処理装置のすぐそばに設置される大容量中和ピットで処理される。このピットは、コンクリート製で、処理する物質（樹脂、プラスチック等）に適した保護コーティングで覆われる。ピットは、堰の形状をした石壁により 2 つのパートに分割される。第 1 区画は、腐食性物質に強い特殊な配管により自然硫化が行われる。第 2 区画は、固形堆積物の沈殿、液体の再循環、および必要な場合には水酸化ナトリウムの注入が行われる。

上澄みは、水酸化ナトリウムにより処理され、第 2 区画に流し込まれる。第 2 区画においては、圧縮空気による攪拌と所望の酸度にするために酸の添加が行われる。この pH コントロールの後、完全に中和された排水は、現行のチュニジア規準、特に NT 106002 に則り、水中ポンプにより下水道に排出される。

中和ピットは、回収ボイラーと補給水処理装置に共通のものである。その能力は、洗浄が定期的に行われるボイラー回路の容量の 3 倍に等しい。

ボイラー排水、および始動運転・通常運転用水補給装置からの排水は、冷却・ろ過された後に回収され、再処理され、蒸気回路にて再利用される。

廃水と衛生廃水は、専用の大容量浄化槽に送られる。

海水に関しては、次亜塩素酸ナトリウム注入がポンプ室上流で行われ、海の植物相と動物相の繁殖を予防する。亜硫酸水素ナトリウムが、次亜塩素酸ナトリウム残留物を中和するために注入され、海中に排水される。

海水は開路を循環し、適宜、凝縮器による蒸気凝縮を可能とする。「環境保護 - 水環境への廃水」というタイトルのチュニジア基準 NT106.22 がその基準となる。

3.5. 発電原理

発電は下記の2段階で行われる:

コンバインド・サイクル発電所は、天然ガスを燃料として、2段階の発電が行われる。

第1のガスタービンは、天然ガスの燃焼により交流発電機を作動し、第1サイクルで発電をする。

第2サイクルでは、第1サイクルから生じる熱が最大限回収され、蒸気を発生し、第2のタービン、蒸気タービンを回転させ、追加発電をする。総電力のうち、2/3はガスタービン、1/3は蒸気タービンで発電される。

この2つのサイクルを組み合わせることにより、発電所の発電効率を58.5%程度まで高めることができる。

3.6. 方法に関する記述

3.6.1. 発電方法

始動の際、交流発電機は駆動ラインの始動のために使われる。

吸入された空気はろ過され、インテイクを介してガスタービンの圧縮機インレットに送られる。圧縮機から送られた圧縮空気はガスタービンの燃焼室内で燃料と混合・燃焼される。

燃焼室からの高温ガスは、タービンの各階層で減圧される。減圧により、熱力学エネルギーは機械的エネルギーに変換され、タービンのローターに伝達され、交流発電機を駆動し、電気エネルギーを生成する(コンバインド・サイクル発電所)。このようにして約550°Cの減圧されたガスは、ダクトを介して回収ボイラーに送られる。この高圧ガスの熱エネルギーにより、水補給装置である熱交換器ユニット内であらかじめ加熱された水を過熱蒸気に変換する。この高熱力学的特性を有する蒸気は、蒸気タービン内で減圧され、熱エネルギーを機械的エネルギーに変換する、この機械的エネルギーは、蒸気タービンまたはガスタービンにより駆動される交流発電機により電気エネルギーに変換される。

減圧された蒸気は、凝縮器に送られ、高真空凝縮器(ヒート・シンクとしての)内において、蒸気は残りの熱量を、循環ポンプによる汲み上げられた海水に伝導して凝縮する。海水は凝縮器のパイプを通過した後、廃棄用水路に排水される。凝縮された水は、抽出ポンプにより吸引され、水補給装置の給水タンクまで再び送られる。そこから、水は、給水ポンプによって、複数のヒーターを介して、ボイラーの各回路に送られる。

このように、水は閉回路を循環するが、回路内におけるロス、補給水によって補う。

3.6.2. 原料

ラデスのガスタービンは、主要燃料としての天然ガス、および代替燃料の軽油を燃焼することが可能である。

ガスタービンの代替燃料である軽油の貯蔵は、発電所内の貯蔵施設エリアに設置された容量10000立米のタンクにて行われる。

軽油は、タンクローリーからタンクローリーに備えられたポンプにより、もしくは軽油貯蔵施設エリア供給施設備え付けの移送ポンプにより軽油貯蔵タンクに送られる。

軽油貯蔵能力は、ガスタービンがフル稼働を 5 日間継続することができるように設計されるということを追記する。

3.6.3. エネルギー源

コンバインド・サイクル発電所に使用されるエネルギー源は、天然ガスおよび代替燃料の軽油である。

これら燃料の限界特性と化学的組成は、添付資料 3 に記載されている。

3.6.4. 燃料消費

ガスタービンの平均燃料消費量は以下の通りである：

燃料	天然ガス	軽油
消費量	75 000 Nm ³ /h	68 T/h

3.6.5. 発電能力

ラデスに建設されるコンバインド・サイクル発電所は、ベースロード発電として予定されている。年間平均発電量は 2700 から 3200GWh と推定される。

3.6.6. 監視安全システム

発電所内には、防火システムが設置され、下記設備の安全と保護を確保する：

- 変圧器、
- 交流発電機およびその区画、
- 電気室、
- ケーブルトレイ、
- タービン発電機およびその区画、
- 消火泡製造システム、
- 事務棟および警備室、
- ガス施設 - ガスパイプ網、
- タービン潤滑油タンク、
- 軽油貯蔵タンクとその区画
- ボイラーとその付帯設備
- 既存の作業場、倉庫、および車庫

3 種類の防火システムがある：

3.6.6.1. 二酸化炭素による消火

すべての建物とエリア（主にガスタービン、交流発電機、制御室）は、固定自動防火設備が必要とされ、自動二酸化炭素消火システムを備えている。この防火設備は、二酸化

炭素泡沫が施設内を埋め尽くし、消火するタイプの防火設備である。

3.6.6.2. 可動および携帯用消火器

防火エリアのリスク・タイプによっては、携帯消火器が発電所に配備される。

3.6.6.3. 水による消火

本発電所においては、防火のための水タンク（または付属器具を備えた衛生設備に供給するため）が設置される。

消火設備として固定配管網が防火の必要な施設すべてに及ぶよう設計がなされており、下記主要設備を含む:

- 水供給不能の事態に備えるために設置された 2 基の電気ポンプ、
- ディーゼルポンプ、
- 配管網末端までの圧力維持可能な低流量ポンプ、
- バッファタンク、
- サイトに適切に配備された消火栓、
- 機械室と事務棟内部の消火器

3.6.6.4. 泡沫消化

軽油貯蔵地区については、本地区に設置された消火栓を備えた配水管網のほか、下記の固定防火設備がある:

- タンク周囲の一次貯蔵タンク（オイル漏れ用）、
- タンクスカート冷却装置、
- タンク内部の物理発泡剤散布装置、
- 一時貯蔵タンク内部の物理発泡剤散布装置

3.6.7. 衛生設備給水回路

本発電所には、衛生設備用給水回路が設けられている:

- 屋内に設置された 2 基の電気ポンプスキッド、
- 疎水性タンク、
- 技術棟、事務棟、厚生施設の衛生設備

3.7. プロジェクト物資収支

3.7.1. 液状廃棄物

本コンバインド・サイクル火力発電所に予測される 3 種類の液状廃棄物:

- ボイラーと付帯施設から出る廃水
- 衛生廃水と雨水
- 海水

3.7.2. 大気排出

大気放出は、発電所の煙突からの煙である。排出される煙の量は、ガスタービン発電機につき、毎時約 2410 トンである。

煙突の高さは、チュニジアの現行法・規制（チュニジア規準 NT 106.04 および 2010 年 9 月 28 日付政令第 2010-2519 号）で定められた空気の質の最低値を保証するものであり、排気ガスの機械への還流を防ぐことができるような高さとする。しかしながら、発電所が工業地区に建設されることから、また本地区では大気排出が多いが、いずれにしても、煙突の高さは 85m 以上とする。

3.7.3. 固形廃棄物

使用燃料が気体または液体のため、固形廃棄物は発生しない。

3.7.4. 泥状廃棄物

発電所において、泥状廃棄物の発生はない。

3.7.5. 騒音

発電所は、形状に工夫を加え、適切な装置を使用し、いかなる騒音も最低レベルに抑えるように設計されている。ガスタービンとその付帯設備から発生する音圧平均レベルは、85 デシベル A（基準:2.10 - 5 Pa）；A という周波数に応じたレスポンス曲線上で標準ソノメーターを使用して計測を行う。

保証される音圧平均レベルは設備外部から 1m の距離、地面から 1.5m の高さ、現況で計測される。発電所の騒音源は、特に記載がない限り、設備または施設の外部から 1m の距離、地面から 1.5m の高さで音圧平均レベルを計測し、85 デシベル A（基準:2.10 - 5 Pa）を超えないものとする。

保証レベルに対する許容最大誤差は、2 デシベル A とする。検査・計測方法は、ISO3746 に準拠する。

3.7.6. 振動

**ガスタービン発電機に関して:

ベアリング振動:振動の強さは、ガスタービン継続運転下（安定温度で運転中）で、ISO10816 に規定された条件で計測される。いかなるベアリングにおいても、またいかなる計測指示に関しても、A/B エリアの限界値を超えないものとする。

**非往復動回転機械

ベアリング振動 : 各ベアリングで計測された振動の大きさは、ISO10816 に準拠し、相当する等級の<A/B>判定エリアの限界値を超えないものとする。

軸振動 : ISO7919 の条件に準拠し、計測軸（Spk-pk）の最大相対移動は A/B エリアの限界値を超えないものとする。

**往復動回転機械:

圧縮機、ジェネレーター等の往復動回転機械については、振動の大きさは、ISO10816 に準拠し、A/B 限定判定エリアの限界値を超えないものとする。

3.8. 事故・リスクおよび管理・監視システム

3.8.1. 事故・リスク

3.8.1.1. 建設フェーズ

通常、建設フェーズにおいては、他の工事と同様、事故の危険性はつきものである。事故は、以下のようなときに発生する:

- 建機やトラックの使用時
- 重量物の荷役時
- 金属資材による工事中
- 試運転時

3.8.1.2. 生産フェーズ

発電所運転中において起きる可能性のある大きな事故は以下のものがある:

- タービンのフィンの脱落
- 膨張室におけるガス漏れ発生時の火災
- 天災
- 軽油タンク破裂・地面へのオイル漏れ
- 地震

3.9. ラデス発電所全ステージ（A・B・C）共有施設

ラデス発電所各ステージ（既存 A・B および新設 C）で使用される施設。主な施設のうち、共同で使用される施設:

- 海水吸入口

- 海水淡水化装置

3.9.1. 海水吸入口

海水吸入口は、ラデス発電所（A ステージ）が設置されて以来存在している。吸入口は、発電の各工程（設備冷却と淡水化）で必要となる海水を吸入するように設計されている。

よって、発電所は、冷却水を海中の水路に吸入し、地上の水路に引き込む。地上水路の仕様は下記の通り:

- 全長:1500m
- 断面:台形
- 土手の傾斜:5/1
- 水路の底の幅:38m
- 水面幅:65.6m
- 水中断面積:143m²
- 平均深さ:2.18m
- 水路始点:La Goulete のフェリー棧橋西側



図 7:海水入口

吸入口は水中ポンプユニットを備え、流量_____m³/s で海水を吸入することが可能であり、また、スクリーナー式が、水に混入している固形物（藻、固形廃棄物等）からポンプを保護する。



図 8:ラデス発電所海水吸入口

3.9.2. 海水淡水化施設

下記コンポーネントを含む:

- 発電所に必要な淡水（原水）にニーズを満たすための海水淡水化ユニット（本入札対象）
- 原水貯水タンク 2 基（産業用水と火災消火用水）
- 原水処理ユニット（逆浸透および脱塩）:本コンバインド・サイクル発電所に必要な脱塩水を供給する
- 浸透水貯水タンク 2 基
- 脱塩水貯水タンク 2 基

淡水化ユニットと水処理ユニットの作動は完全自動であること。淡水化ユニットは自律独立型逆浸透ユニットであり、フィルタリング装置、フィルター・カートリッジおよび限外ろ過装置を備える。また、常駐オペレーターを必要としないこと。

淡水化システム、逆浸透システム、および脱塩システムは、継続運転を保証するためにリダンダンシー（2x100%）を確保すること。

淡水化システムと脱塩システムのためのケミカル・インジェクション・スキッドは、水処理棟内部の一室に設置され、不測の噴射から保護するため、バリヤーで囲まれている。

3.9.2.1. 逆浸透型淡水化装置に関する記述

原水の特質、および生産水の品質を考慮し、処理ラインは下記行程を含むものとする:

*海水取水口

常時運転の海水淡水化装置には、正常な作動を確保するための取水口を備えることが望ましい。取水は、ステンレス製篩による粗ろ過を備えた取水口により行われる。

海水取水での詰まりの大きな原因は、塩分と有機性汚濁の沈殿である。そのため、ショック塩素消毒を施し、それによってあらゆる問題を防ぐことが可能となる。

原水は、ポンピングにより淡水化装置に送られる。水量調節は、貯水タンクに備えられたポンプの周波数変換機により行われる。

*既存の前処理

淡水化装置設計は、ほぼ処理する水の質で決定する。前処理の質が良いほど、淡水化ユニットは良好な条件で作動し、その結果、投資コスト、運転コスト、および整備コストに良い結果を及ぼす。

よって、ベストな作動条件を確保する前処理工程を設計することが重要であり、特に：

- 生物増殖の予防
 - コロイドと特に集水口に存在する懸濁物質の除去、
- が必要となる。

逆浸透型では、水は、高圧の下、浸透膜を通る。また、懸濁物質は、膜の目詰まりを起こすこともあり、膜の品質と寿命に悪影響を及ぼす。これらの理由により、膜は、良質な前処理工程により保護されなければならない。本プロジェクトで提案される前処理は、従来型のデカンテーションと多媒体ろ過によるものであり、これによって、ほとんどの懸濁粒子が除去される。下流に設置されたカートリッジフィルターはより細かい粒子を除去する。

*バイオサイド注入

上述したとおり、生物増殖から取水装置を防ぐことは重要である。そのため、この取水装置にバイオサイドの注入が不可欠となる。

このバイオサイドは、継続的に注入されるのではなく、ショック投与という形で注入される。投与量は、塩素残留率が 0.2 から 0.5ppm となるように決められる。バイオサイドの断続的注入は、継続的注入より明らかに効率的である。その理由は、化学薬品が継続的に注入された場合、バクテリアや微生物はそれに対する抵抗力を増すためである。前処理段階注入は、過流により効率的な混合を図るため配管内で行われる。

*凝固、凝集、および清澄化

移送ポンプからの塩素水は、凝固チェンバーに送られ、そこで化学物質が注入され、高速攪拌機により攪拌される。

凝固の目的は、コロイドの表面電荷を中和して、沈殿を防ぐためである。表面電荷を中和することにより、コロイドがお互いに反発しあうことにより、これが可能となる。

注入ユニットは、安全規則に従い設計される：

- 水は、凝固チェンバーから低速攪拌機を備えた凝集チェンバーに送られる。あらかじめ

凝固剤で凝固された水は、この攪拌により可能な限り均質なフロックとなる。

- コロイドが負荷を失えば、コロイドの沈降が可能となるが、依然としてその速度は遅い。そのため、凝固された水に凝集剤を加えることが必要となる。使用する凝集剤は、高い分子量を有する有機製品であり、その構造により、より早い沈殿速度を持つフロックを形成することが可能となる。このフロックは懸濁粒子やその他のコロイドを集めるため、簡単に分離することが可能となる。
- この凝集水は、低速デカンタに送られる。デカンタのサイズは、凝集された粒子が下部に設けられた区画に沈殿を形成するために必要な時間をとれるほどの大きさとなっている。推奨されるデカンタは、多層、つまり、懸濁粒子除去の効率を高める複数の薄層を有する。デカンタは、装置内に形成された泥土を取り出すためのシステムを備えており、排出された泥土はそのために用意された保管場所に送られる。上澄みされた水は上部から側面に設置されたパイプを通して小さな区画に送られる。

*中間ストレージ

上澄みされた水は、配管を介してデカンタから貯蔵室に送られる。流量の変動はわずかではあるが、中間ストレージによりプロセスへの障害が起きることはない。

第2逆浸透型脱塩装置から送り返された水は良質な特性を有し、塩分が少ないという利点があるため、中間ストレージで貯蔵された後、リサイクルに回される。これにより、施設全体の変換率が改善される。

*給水ポンプ

2基のポンプが設置され、水は、サンド・フィルター、淡水化装置、そして中間ストレージへと送られる。

これら2基のポンプは、同時に運転され、海水に長期間耐えることが可能なスーパー2層ステンレス鋼でできている。

ポンプには、液圧計、プレッシャースイッチ、計装、タップが備えられている。

*サンド・フィルター

サンド・フィルターにより、上澄み水の残留粒子を取除くことが可能となる。フィルターは、多層フィルターであり、砂により20ミクロン以上の粒子が取り除かれる。

また、フィルターは、圧力容器であり、シンプルで堅牢な設計を持ち、可動部分が少ないため、非常に寿命が長く、整備コストを最低に抑えることが可能となる。処理水と処理される水の区画は完全に分かれている。

*カートリッジフィルター

安全措置として、1階層の5 μ フィルターが逆浸透膜の上流に設置されている。このフィルターにより5 μ 以下のすべての粒子がカートリッジで取り除かれる。より細かい粒子の一部も、バリアー効果で取り除かれる。

フィルターの目詰まりは、フィルターの入り口と出口の間の差圧トランスミッターにより検知される。最大値に達したとき、カートリッジを新しいものと交換する。

*化学薬品投薬量

ポリアミド膜は、給水中に含まれる塩素に対して非常に弱い。よって、断続的にショック塩素消毒を行う場合、定期的検査が必要となる。高圧ポンプの配管内に化学薬品を注入する脱塩素装置が設置されている。

また、金属イオン封鎖剤が高圧ポンプの上流に設置されている。金属イオン封鎖剤により、廃棄用のパイプを含めたすべてのパイプをミネラル塩沈殿から防ぐことができる。

同様に炭酸カルシウムの沈殿を防ぐため、硫酸も注入される。酸の注入は、作動条件に応じて必要と判断された場合にのみ行われる。

これらの化学物質は、通常運転時に注入されるが、クエン酸やその他の洗浄剤といった化学物質もまた同様に、洗浄用として使用される。

3.10. プロジェクト各フェーズ記述

3.10.1. 建設フェーズ

ラデス発電所 C ステージは、既存発電所 (B ステージ) の近く、面積_____ヘクタールの敷地に建設される。主要建設工程は以下の通りである:

3.10.1.1. 造成工事

- 敷地造成工事は、建設工事を妨げる障害物を除去するための整地である。

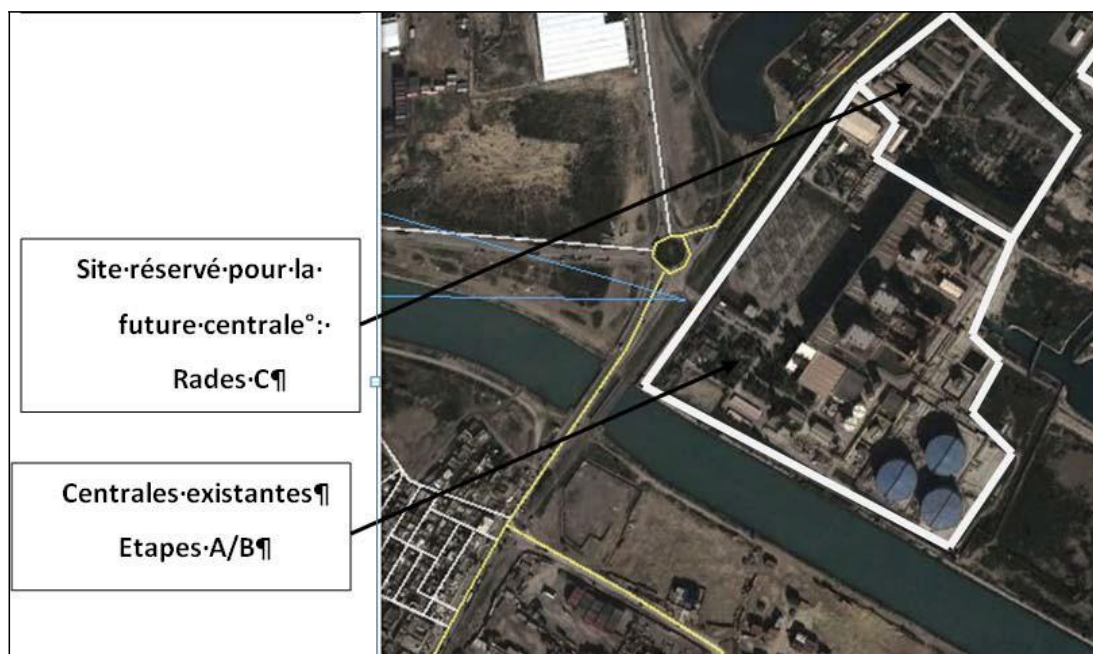


図 9: ラデス発電所 C ステージ用サイト

発電所建設用敷地は地形上平坦な土地であり、整地には多くの土工作业を必要しない。

掘削土は、基本的に植生と粘土質の砂からなる。

業者と下請けの人員用および機材管理用として、モバイルハウスまたはプレハブが現場に設置される。

土木工事のための基礎の種類を決定するためにサイトの地質調査が行われる。

3.10.1.2. 土木工事

土木工事には、仮柵、囲い、設備の基礎と建築物基礎、石積み工事、金属骨組み、生産棟、および事務棟の建設工事を含む。

施工に必要とされる建機:ブルドーザー、グレーダー、パワーショベル、固定クレーンと稼働クレーン、コンクリートミキサー車等。

3.10.1.3. 建築工事

建設工事:主にボイラー組立工事、設備取付、配線工事、配管工事等。

3.10.1.4. 試運転

*所定の検査および試運転

発電所建設工事各工程において、工事と機材がプロジェクトの仕様と要件事項に適合しているかを確認するため、複数の試運転と検査が行われる。特に下記項目が含まれる:

- 検査会社による土木工事の所定の検査
- 建設過程または設備製造過程における使用資機材の検査、および材料証明書による認証
- 用途に応じた配管溶接の浸透検査または X 線検査
- 圧力を受ける配管および設備の水圧試験
- 全計器の通電試験

*運転開始

発電所の運転開始において、設備一式または同じセクションの設備の性能が運転公称条件で検査される。

*性能試験

本テストは、運転公称条件およびさまざまな運転条件における、発電所の技術性能試験と環境試験に関する。本テストは、数日間におよぶ契約期間において、施主と契約者の間であらかじめ決められた方法により実施される。すべての性能目標が達成され、また、運転期間中にこれらの性能保持に対する大きな問題がないことが施主により確認された時点で、発電所の仮検収が行われる。

試運転期間の最後に、設備一式が検収され、STEG 経営者に引き渡される。

3.10.2. 運転フェーズ

3.10.2.1. 初めに

コンバインド・サイクルは、蒸気タービン発電機に供給する回収ボイラー内で蒸気を生成するために、非常に高温の燃焼タービン排気ガスの熱エネルギーを回収することにある。その結果として、発電所のエネルギー効率を著しく向上することが可能となる。

コンバインド・サイクル発電所には二つのタイプがある:

- 交流発電機 1 台のみ有する発電所であり、タービン 2 基が同軸に取り付けられている (シングルシャフト形式)
- 交流発電機 2 台有する発電所 (多軸・二軸形式):ラデス発電所 C ステージ

3.10.2.2. 発電方法

始動時においては、交流発電機は、駆動系を起動するために使用される。

大気中の空気が吸入され、ろ過され、インテイクから発電機の軸流圧縮機のインレットの方に送られる。

コンプレッサー出口においては、ガスタービンの燃焼室内で圧縮空気が燃料 (緊急用燃料として天然ガスまたは軽油) と混合される。燃焼室からの高温ガスは、タービン各ステージにおいて拡散および通過し減圧する。減圧時の運動エネルギーは、ガスタービンのローターで有効仕事量に変換され、交流発電機を動かし、電気エネルギーを発生する。

約 630° の高温減圧ガスは、エアダクトを介してタービンから出て、回収ボイラーに達し、このようにしてボイラー内に引き込まれた熱エネルギーは、水室を形成する熱交換器アッセンブリー内であらかじめ加熱された水を過熱蒸気に変える。

高い熱力学特性を有する蒸気は、蒸気タービン内で減圧され、蒸気は熱エネルギーを機械エネルギーに変換し、蒸気タービンにより駆動される交流発電機により電気エネルギーに変換される。

3.10.2.3. 淡水化装置による淡水製造

*逆浸透の概要

逆浸透プロセスは、浸透という自然現象を利用したものであり、ほとんどの自然生物反応はこの現象に基づいている。

2 つの塩分濃度の異なる液体が半浸透性膜で分離されている場合、その濃度差のバランスを保つため、水は濃度の低い方から高い方へ移動する。濃度レベルの差が浸透圧力である。

反対に、溶液に圧力を加えると、水の動きは逆転し、その現象を逆浸透と呼ぶ。

*スパイラル型逆浸透膜エレメント

スパイラル型逆浸透膜エレメントでは、2 枚の平らな膜が透過水スペーサーにより分離されている。このアッセンブリーは、3 面が封印され、残りの 1 面が開いており、透過水の通過を可能となる。供給側スペーサーメッシュと透過側スペーサーメッシュが、上記アッセンブリーに追加される。これらのアッセンブリーの一部は、上記のように形成され、透過水集合管として使用される穴が開いたプラスチック製のパイプの周りにスパイラル上に巻かれている。スパイラル型逆浸透膜は、通常長さが 1m、径が 20 cm である。

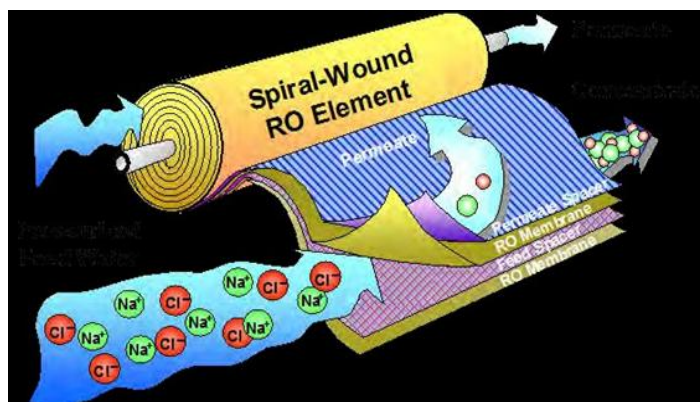


図 10:スパイラル型逆浸透膜

供給側と透過側の流れは、それぞれ膜を通過して処理水供給側から反対側の排水側に真直ぐ、膜の表面上に沿って平行に流れる。スペーサーは、このようにして濃度分極を減少し乱流を生成する。この分極化は、逆浸透膜エレメントにつき 10%から 20%の間に変換率を制限することにより、制御される。

しかしながら、変換率は、供給側と透過側の流動長に応じて変化する。それゆえ、許容できる変換率で作業をするには、スパイラル型逆浸透膜が、連続して配置された 3 枚から 7 枚の膜を含む圧力管に設置される。最初のエレメントの排水は 2 番目の供給となり、以下同様に続く。最後のエレメントの排水は、圧力管から出て、排水集水管へと導かれる。

各エレメントの透過水は、中央の集水管に流れ、共通の集水管より圧力管を出る。4 枚から 6 枚の膜を有する圧力管は、通常運転条件において 50%の変換率にて機能できる。特殊ジョイントにより異なる流れの混合の発生を防ぐことができる。

通常、スパイラル型逆浸透膜は薄い複合膜で作られている。この複合フィルムは、様々なポリマーからなる厚めの支持材上に固定された薄いポリアミド層を含む。

逆浸透装置作動を決定する主要パラメータは:

- 膜性能に影響を与える温度
- 加圧力および運転温度に左右される処理能力
- 膜特性と供給水特性に左右される変換率
- 膜に効率的に加えられる正味圧力

論理的には、これらのパラメータを決定する要因は、処理水の分析に応じて処理する水の質である。

*逆浸透装置

高圧でろ過された海水の流れは、ミネラル塩の濃度を減らすため、逆浸透膜を通される。こうして*ポンピングシステム

異なるポンプシステムが主たる 3つの構成要素を形成する:

- 高圧ポンプ

- － 増圧ポンプ
- － 圧力交換機、2つの流れが発生する。一つは透過水であり、もう一つは濃縮水（排水）ある。

*コンバインド・サイクル発電所用水処理装置と淡水化装置

淡水化回路と水処理回路は、新規発電所の淡水および脱塩水のニーズ、および既存発電所の淡水（処理前）にニーズを確保する。

これらの回路を形成するコンポーネントは下記の通りである：

- － 海水集水ポンプ
- － サンド・フィルターとカートリッジフィルターからなるフィルターユニット（平行に設置された2つのフィルターシステム:フィルター洗浄水流速は各システム 3.5m3)
- － 逆浸透型海水淡水化装置は、2系列の同様のシステムにより形成される。
- － 原水タンク（淡水）2基
- － 原水の逆浸透型淡水化装置（2つの同じシステムからなる）
- － 同様な2つの混床イオン交換システムで形成される脱塩装置（1基が稼働中、残りは待機または再生中）
- － 脱塩水タンク2基
- － 化学薬品の荷役、荷揚げ、および荷おろしのための手段
- － 全施設を制御する発電所の機器

第4章 **プロジェクトサイト初期状態および環境分析**

初期状態分析はサイトに関する参考資料研究およびデータ収集に基づく。分析目的は、サイトの生物物理学的環境特性と人的環境特性を調査し、プロジェクト実施に関して環境の脆弱性と環境の適性を評価することにある。

4.9. サイトの地理的状況

サイト候補地は、チュニスから 10 km 離れた Ben Arous 地方にある。ラデス C ステージの新発電所は、チュニジア北部沿岸地帯、チュニジア湾の最深部、La Goulette の南側の既存発電所敷地内に建設される。

チュニス地方で重要な地位を占める Ben Arous 県の自然環境分析は、本地区が属するより広範囲な地方の特性を考慮する必要がある。

チュニス地方は、全域がチュニス湾に面しており、海岸線には砂地や岩場の海水浴場が点在している。北部の Medjerda 渓谷や南部の Ouest Meliane は、半乾燥地中海性気候が色濃くあらわれたこの地方を構成する自然環境の重要な要素である。

本章では、チュニス地方全域を特徴づける様々な地形（平野、丘、窪地、湖、湿地帯、海岸性、海）により構成された Ben Arous 県の特色の紹介、および分析を行う。

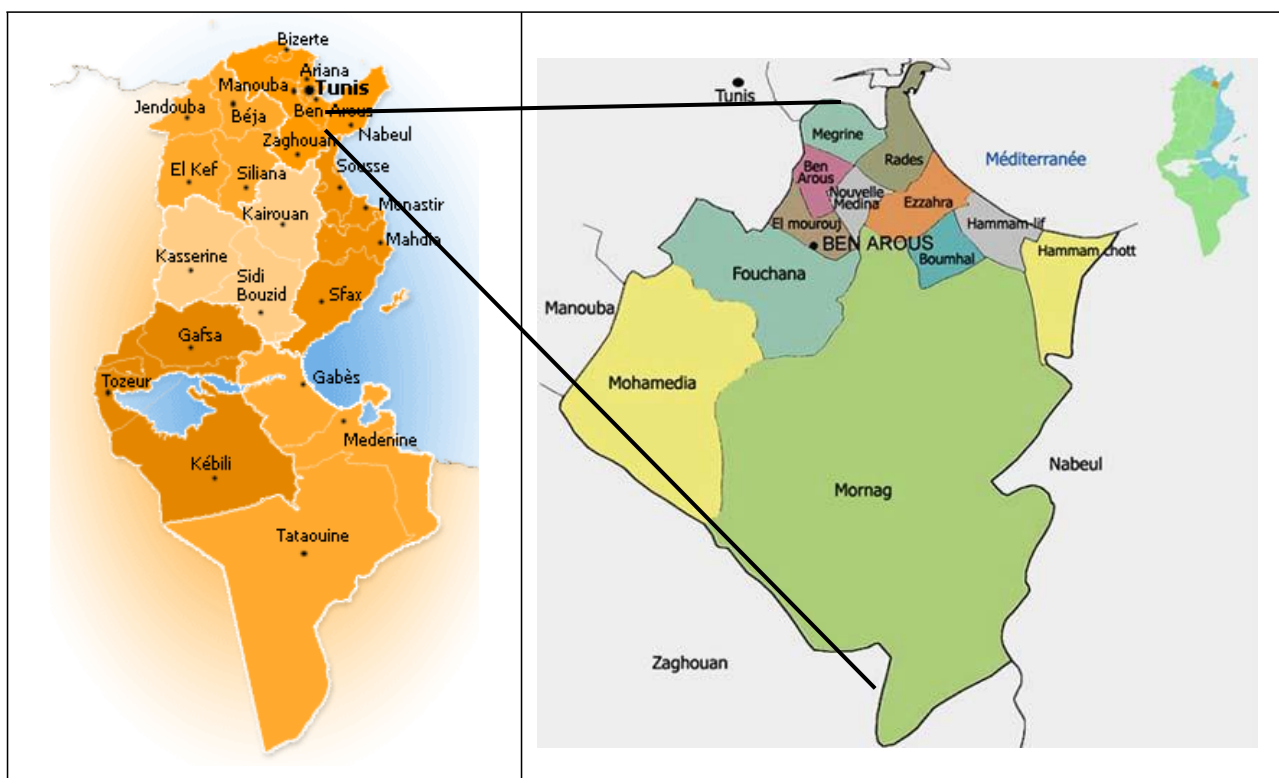


図 11: Ben Arous 県地理的状況



図 12:La Goulette とラデス港湾地区を結ぶ斜張橋、港、ガスタービン発電所、およびコンバインド。サイクル発電所



図 13:ラデス発電所サイト

4.10. 地形

Grand Tunis は、3 か所の湿地帯と 2 重のリング形状を形成する北東部の丘陵と Tell 山岳地帯により構成されている。

正確には下記の通りである:

- 西側:Sejourni セクバと Djebel Ammar セブカの周囲に広がる Mornaguia 平野と Manouba 平野、
- 北側:Djebel Ennahli 高台 (175 メートル) 、Ariana セブカ、チュニス湾の間に広がる Soukra 平野と Ariana 平野、および Lac de Tunis
- 南側:Ben Arous 県:Mornag 平野、Fouchana 平野を流れる Meliane 川と El Hammam 川、その辺縁部にある Djebel Boukonine 山 (507 メートル) と Djebel Ressas 山 (805 メートル)

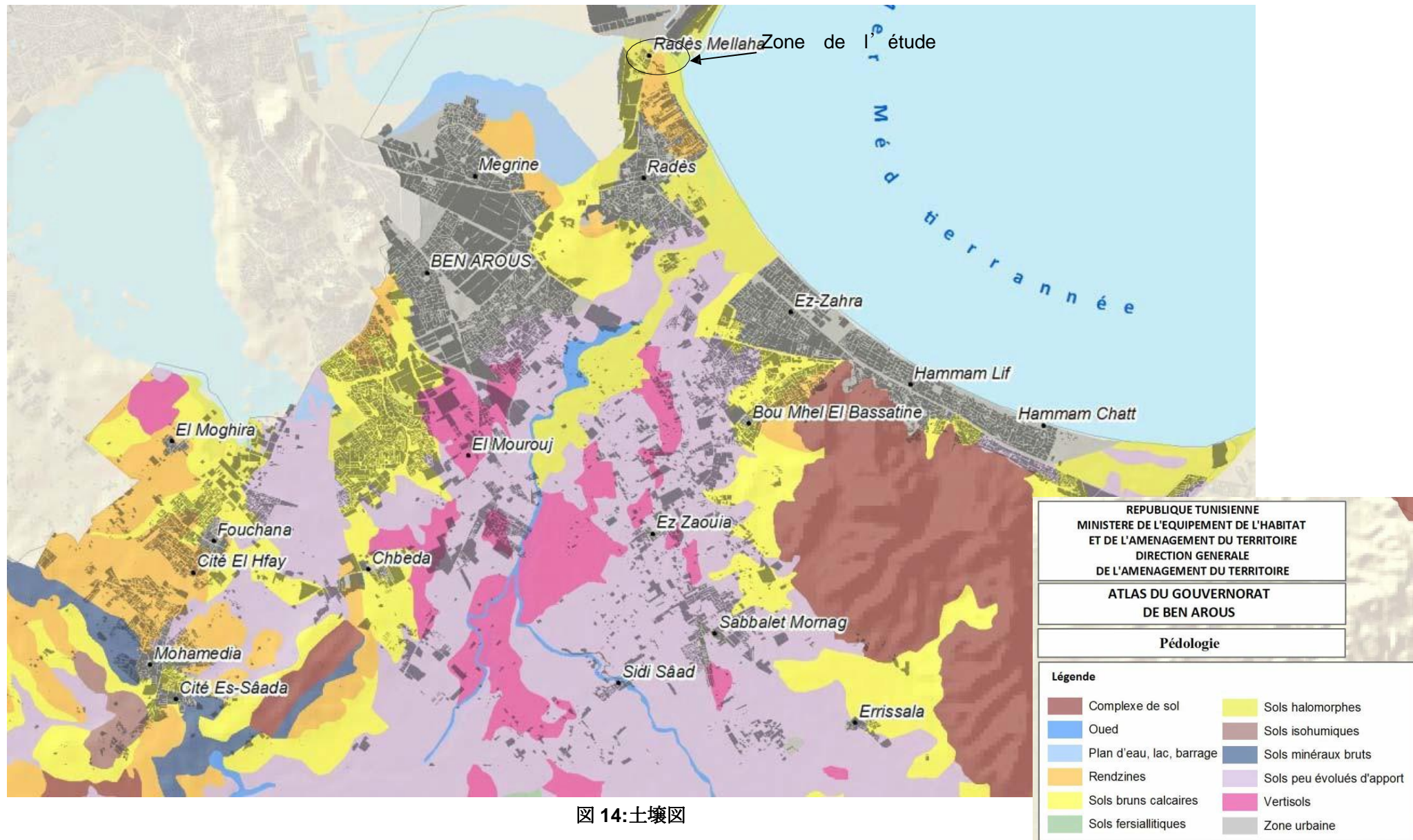


図 14: 土壤図

4.11. 地質的環境

山脈稜線北端に位置する、Grand Tunis は、第三紀末に発生した複数の断層網により引き起こされた陥落で特徴づけられる。これらの陥落は、堆積盆地地帯となっている:Medjerda 溪谷、チュニス湖、Sejoui セクバ、および Ben Arous 県南部の Meliane 川平野である。

また、これらの陥落により、ジュラ紀と白亜紀の石灰質で形成される Jebel Ressas 山と Boukornine 山が形成された。

このように、沈降と構造的な原因で形成された小丘陵で構成されたこの地方の起伏は、主要断層系と数々の地質事変で特徴づけられる。Ben Arous 県の主要平野と Mornag 県の平野は、大陸性第四紀堆積層で形成される。

4.12. 水圏学

自然要素（湾と起伏）を有するチュニス地方は、周辺の平野と高台からの雨水を受ける 3 か所の低地（チュニス湖、Ariana セブカ、および Sejoui セブカ）で形成される。

北側を Medjerda 川、南側を Meliane 川、およびその支流の El Hammam 川が平野を流れる。

Ben Arous 県の主要河川、Meliane 川は、Cite Olympique の近くラデス地区で海に注ぐ。

Meliane 川は、Djebel Bargou と Mansour を水源とし、約 2000 平方キロメートルの流域を潤し、川の長さは約 100 キロメートルに及ぶ。

過去、本河川は洪水による被害をもたらしていたが、Bir M' chegua ダムが建設され、それ以来、時々この地方に豪雨によって発生する洪水や増水による被害を防ぐことができるようになった。

南部の水系は、Meliane 川の周りに形成されており、多数の支流からなる:El Hammam 川、Ben Aissa 川、El Bakbaka 川、Skhira 川、El Gsab 川、El Boul 川。

これらの河川は、Boukornine 山と Djebel Ressas 山に挟まれた Mornag 平野を流れ、支流の El Hammam 川に合流した後、Meliane 川に注ぐ。

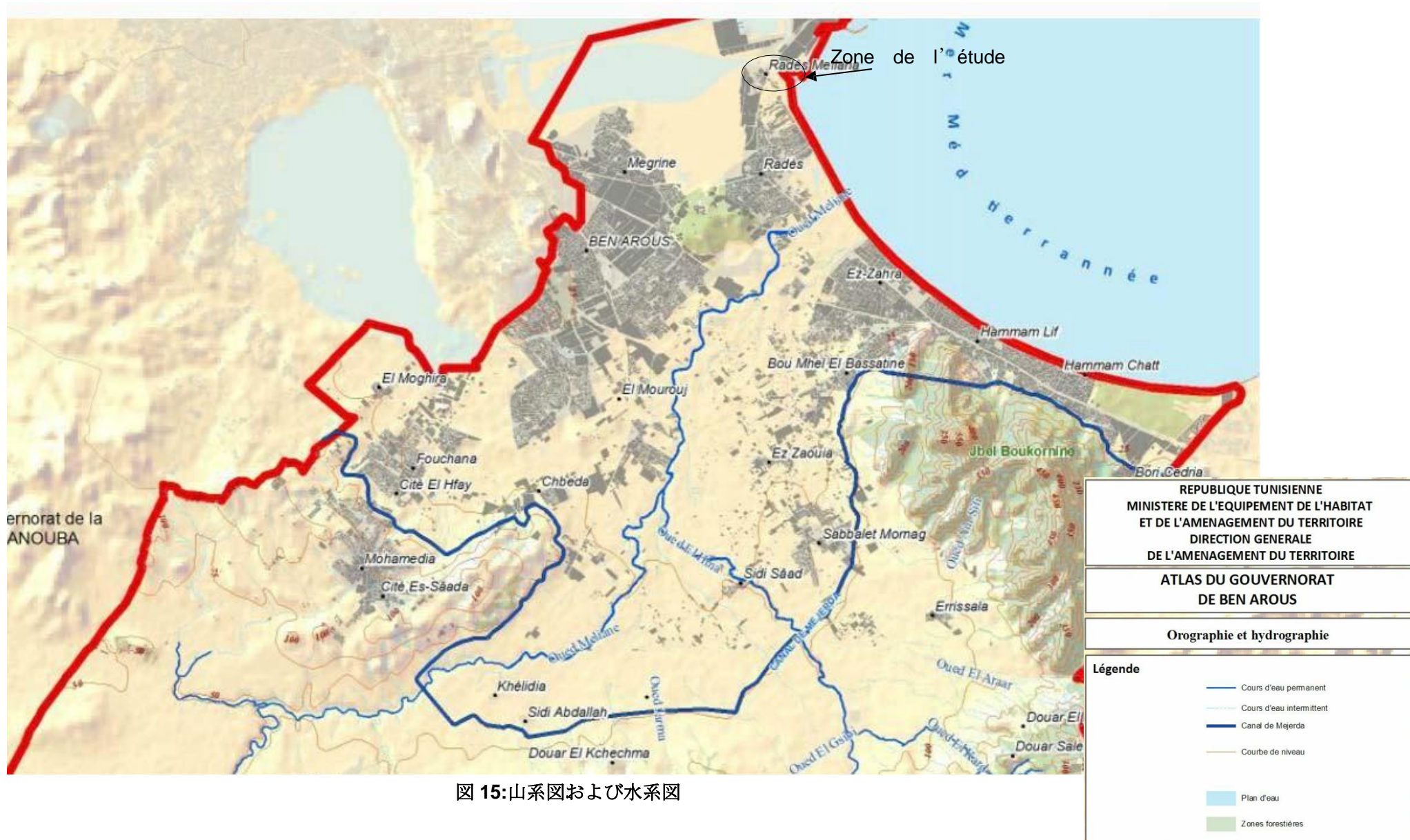


图 15: 山系図および水系図

4.13. 気候

4.5.1. 雨量分布

雨量分布は不規則であり、冬に雨が多く、夏は乾燥している。年間平均雨量は、約 470 ミリで、これらの雨は 10 月から 3 月までの間、100 日程度で分布している。もっとも雨の多い月は、10 月で平均 66.1 ミリ、もっとも雨の少ない月は 7 月で 2.3 ミリである。50 ミリ以上の降雨があった月は、1 月、2 月、10 月、11 月、および 12 月である。

1 月、2 月、3 月、12 月は、降雨日の日数が多く、それぞれその平均が 10 日、11 日、12 日、および 13 日である。

夏の月とは反対に、7 月と 8 月は、降雨日日数は 1 日または 2 日である。

月	平均降水量 (mm)	平均降雨日数
1 月	59.3	12
2 月	57.2	11
3 月	46.7	10
4 月	37.8	8
5 月	22.6	5
6 月	10.4	3
7 月	2.3	1
8 月	6.7	2
9 月	36.0	5
10 月	66.1	9
11 月	53.7	9
12 月	63.1	13
年間雨量	38.4	88

表 2: Grand Tunis の雨量データ (国立気象研究所: INM)

4.5.2. 温度分布

平均気温は、冬；摂氏 11.4 度、夏；摂氏 26.1 度である。最低気温は、-1.7 度（1 月）、最高気温は、46.8 度（8 月）である。このように、冬と夏の寒暖の差が激しく、また、春の移行期がないことが多い。

月	月平均気温
1月	11.4
2月	11.9
3月	13.2
4月	15.6
5月	19.3
6月	23.1
7月	26.3
8月	26.8
9月	24.3
10月	20.3
11月	15.9
12月	12.4
平均	18.375

表 3:チュニス地方月間平均気温 (INM2007)

4.5.3. 湿度と蒸発量

月	チュニス地方		
	06h	12h	18h
1月	86	69	83
2月	86	64	78
3月	86	61	76
4月	87	61	75
5月	82	55	68
6月	78	51	63
7月	72	46	60
8月	80	48	64
9月	85	54	71
10月	88	60	74
11月	88	65	81
12月	86	67	82

表 4:Grand Tunis 湿度 (INM 2007)

湿度と同様、蒸発量は多く、特に夏季に高く、7月には 208 ミリに達する。記録によると、月間平均蒸発量は、67 ミリ (1月) から最高 200 ミリ以上 (7月~8月) である。

月	Grand Tunis
1月	67
2月	69
3月	86
4月	107
5月	141
6月	173
7月	208
8月	190
9月	139
10月	105
11月	82
12月	70

表 5:Grand Tunis における月間平均蒸発量

4.5.4. 風量

風の向きは、主に北西側または東側に偏る傾向のある西風であり、詳細は下記のとおりである:

- 冬および秋においては、西風（北西よりまたは南西よりに傾く傾向）である、
- 春においては、北西風（東よりまたは北東よりに傾く傾向）である、
- 夏においては、東風（北東よりまたは北西よりに傾く傾向）である。

南風は、夏にはしばしば南西と南東からのシロッコが吹き、7月と8月の気温の上昇に影響している。

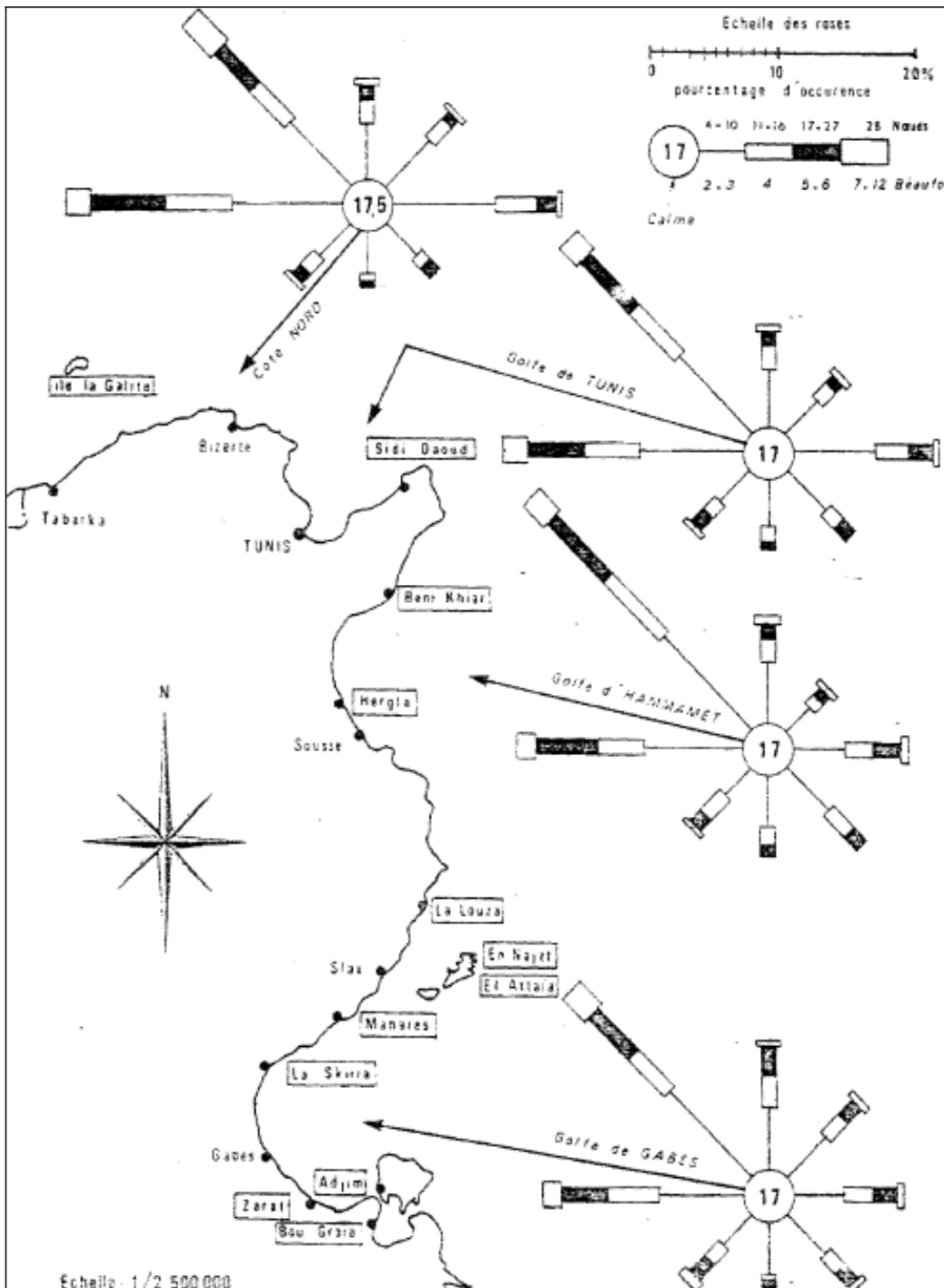


図 16:チュニジア沖合における風の年間統計

4.6. Ben Arous 県国立公園

4.6.2. Boukornine 国立公園

1987年に設立。Ben Arous 県内、チュニスから 18 km の場所に本国立公園は位置している。Hammam-Lif 辺縁部の郊外公園であり、面積は 1939 ヘクタールである。

自然環境 (Djebel 山) :

植物相:

ペルシャシクラメン、野生チューリップ等のいくつかの希少種が生息。13種類のラン、そのうちの一部はこの公園内でしか見ることはできない。

動物相:

イノシシやジャッカル等の哺乳動物を見ることができる。また、はりねずみや数種類の陸生カメも見ることができる。

断崖には多数の猛禽類が生息している。

4.7. 海洋と沿岸環境

チュニス湾の最深部に位置するチュニス地方は、経済的観点（港、外に向かって開いている）および都市という環境（海岸部に位置している）から、その地理的条件により条件づけられている。

海岸線は地中海に面しており、Farina 岬から Bon 岬（北）まで 100 キロメートル程続く。チュニス湾の最深部には、チュニス商業港、La Goulette、Rades、Sidi Bou Said ヨットハーバー、Ghammarth Marina のリゾート地が存在する。

北から南に延びる海岸線は、ほぼ全体的に標高が低いが、Ghammarth と Sidi Bou Said は断崖である。

湾の奥の海岸は、地中海特有の 3 種類の植生（シオニラ、ポシドニア、イワヅタ）が生息し、その植生が海洋生物の棲息場所を提供している。

この三方を囲まれた湾内における潮の満ち引きは、半日周で、1 日に 2 度の満潮と干潮がある。潮の高さはまちまちであるが、平均干満の差は、50 cm となっている。

	満潮		引潮	
	方角	強さ	方角	強さ
Cap Ghammarth – La Goulette	N.O	8 à 10	E.S.E	40 à 50
Baie La Marsa	N.W	8 à 10	S.E	8 à 10
La Goulette	N.S	-	S.N	-
Cap Salambo - Carthage	S.N	4 à 5	N.S	4 à 5
Radès Méliane	L côte	3 à 10	Il côte	-
Hammam-Lif	L côte	20 à 40	Il côte	-

表 6:チュニス湾の沿岸流 (INM 2007)

海岸線は、都市開発が進んでいるが、沿岸には、昔からある砂丘や新しくできた砂丘がわずかではある存在し、そこに、森（チュニス北側:Ghammarth、チュニス南側: Borj Cedria）がある。それらの森が、チュニス地区北部（La Marsa や La Goulette）やチュニス地方南部（Rades、Ezzahra、Hammam – Lif、Hammam – Chatt）の開発が進んだ地区の境界線を形成している。

4.7.1 チュニス湾紹介:地理的概況

チュニス湾は、チュニジアの北東部に位置し、北緯 36 度 42 分と 37 度 10 分、子午線 10 度 10 分と 11 度 5 分の間位置する。

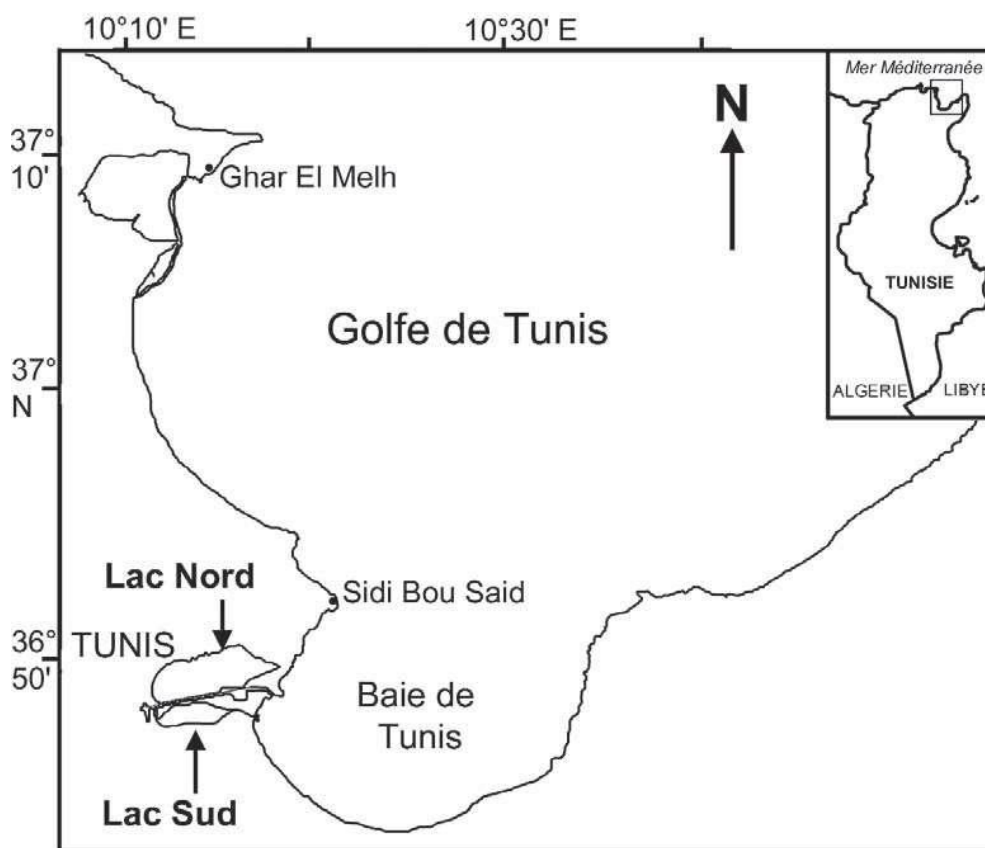


図 17:チュニス湾地理的状況 (Jouini およびその他:2005)

チュニス湾は、約 1500 平方キロメートルで、Cap Farina (Sidi Ali El Mekki) と RAS Adar (Cap Bon の最北端) を結ぶ線がチュニス湾の北側境界線となる。

チュニジアの海域の境界は、シシリー島から約 200 km に位置し、チュニジアの北側は、シシリア - チュニジア海峡で区切られる。

地中海の西側海域と東側海域の中央に位置するチュニス湾は、チュニジアの北側海域だけではなく、地中海全体の海洋生態系にとって重要な場所である。

チュニス小湾は、チュニス湾の奥にあり比較的穏やかである。Cap Carthage (Sidi Bou Said の丘の突端) から Ras El Fartas (Korbous 北側数キロに位置する突端) まで伸びる沿岸地帯がチュニス湾に臨み、その面積は約 355 平方キロメートルである。



図 18:調査地区：チュニス湾 (GoogleEarth, 2012)

4.7.2 チュニス湾測深

本作業で使用する測深データは、l' Office de la Topographie et de la Cartographie (地形地図局) から入手した。

この図面によると、チュニス湾沿岸部の海は浅く、沖合では 100 メートル以上に達する。

チュニス小湾の深さは、30 メートル以下で比較的浅い。

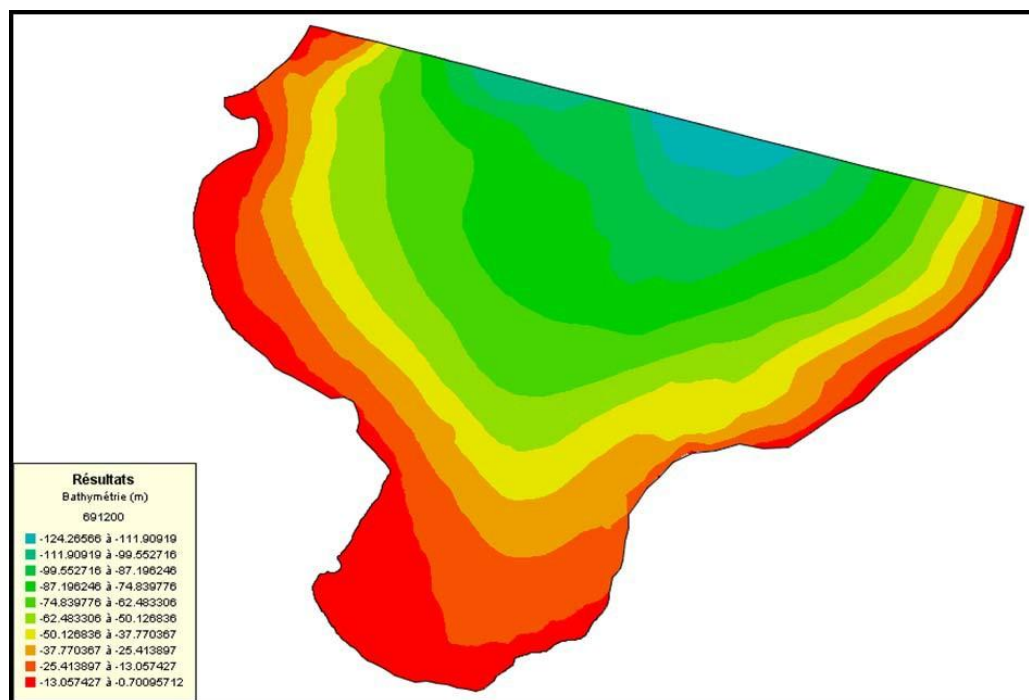


図 19:チュニス湾測深図、(MEDD:環境持続的開発省、2008)
(チュニジア基準海水位メートル)

4.7.3 湾に隣接する干潟

チュニス湾は、地中海に面しており、約 60 km 距離の距離で地中海と接する。

また、チュニス湾の海水は、そこに流れ込む河川の水により影響される。

というのも、複数の干潟と河川と運河がチュニス湾と接続するからである。

以下に、チュニス湾とつながる主要内水域を紹介する。

4.7.3.1 Ghar El Melh 干潟

Ghar El Melh 干潟は、チュニジア北東部およびチュニス湾の北西部に存在する（子午線:10 度 08 分と 10 度 15 分の間、北緯 37 度 06 分と 37 度 10 分の間）。

この干潟は、面積約 35 平方キロメートル、深さは約 0.8 メートルである。干潟は、“El Boughaz” という水路で湾とつながっており、その幅は 85 メートル、平均深さは 2.5 メートルである。Ghar El Melh 干潟と湾との水の交流は、潮の満ち引きで行われる。満潮と干潮の間では、通常、干潟への流入（満ち潮）流量は、97 立米・秒、流出（引き潮）流量は、90.3 立米・秒である（MEDD2008:環境持続的開発省 2008）。



図 20:Ghar El Melh 干潟位置 (Google Earth 2008)

4.7.3.2 チュニスの Lac Nord

チュニスの lac Nord は、チュニス市の干潟群の一部で、運河と lac Sud により形成される。

この湖は、チュニジアの北東部、チュニス市の東側に位置する（子午線 10 度 11 分と 10 度 18 分の間、北緯 36 度 47 分と 36° 50 分の間）。その面積は約 24 平方キロメートルである。湖の平均深さは 1.6 メートルであり、Kheireddine 運河（幅:75 メートル、深さ:3 メートル）によりチュニス湾とつながっている。

湖の整備後は、運河における湾と湖の水の交流は、水閘門の入水門と出水門で、門の開閉は潮の高さに応じて自動的に行われる。湖の北側の入水門は満ち潮時（湖への流入）に開き、湖の南側の出

水門は引き潮時（湖からの流出）に開く。半日周の平均潮時で、流入時の流量は、61 立米・秒、流出時の流量は 72 立米・秒である（SPLT:チュニス北湖開発会社、2008）。



図 21:チュニス Lac Nord 位置 (Google Earth 2008)

4.7.3.3 チュニスの Lac Sud

Lac Sud もまた、チュニス市の干潟群の一部を形成し、チュニス小湾の奥に位置する。

湖の整備後、湖の面積は、約 7 平方キロメートル、平均深さは 2.4 メートルである。チュニス湾とは、Rades 運河により接続している。

湖と湾の水の交流は、Rades 運河に設置された水閘門により行われ、この水閘門は、満潮時の湖への流入のみを行う。この水閘門は、海の水位が湖の水位を超えたときに自動的に開き、その反対の場合に閉まる。

流入量は、平均的満ち潮で 49.4 立米・秒に達する。引き潮では、水の交流は非常に少なく、水閘門は閉められている (Jouini 2003)。

湖からの流出は、干潮時での湖から運河への流出のための、運河とつながる他の水閘門により行われる (Jouini 2003、IHE 2010)。



図 20:チュニス Lac Sud の位置 (Google Earth 2008)

4.7.3.4 Sabkhet Soliman

Sabkhat Soliman は Soliman 市の北側に位置し、西側を Soliman 海岸、北側を地盤改良工事がされた砂丘で、北東部・東部・南東部を農耕地で縁どられる。この干潟は、広さ約 2.2 万平米、深さ 25 センチメートル以下で、El Bey 川が注ぐ。海とは、幅 20 メートル、深さ 3 メートルの小運河で接続している。

セブカにおける水位の変化は、El Bey 川の増水による流入量、または潮の干満により決まる常に一定した流入量により変化する。

湾と水の交流は、平均流量 4.3 立米・秒で行われる (MEDD 2008)。

また、この湖は、Soliman 浄水場の廃水を受け入れており、その水は、水路を通り湾に流れる。



図 23: Sabkhet Soliman の位置 (GoogleEarth, 2012)

4.7.4 チュニス湾への河川の水の流入と排水

チュニス湾は、様々な自然環境と人間社会からの影響を受けるが、それらの影響とは、例えば、河川からの水の流入や浄水場の排水がある。

4.7.4.1 河川

a) メジェルダ川

チュニジアの北部を流れるメジェルダ川には多数の永久河川の支流を含み、その中で最大の本流はアルジェリアの山岳地帯から流れ出る。その水源はアルジェリアの Souk Ahras 地方に存在する。主流の長さは約 460 キロメートルであり、5 つの主要支流がある:Beja、Tessa、Kessab、Seliana、および Mellegue。

メジェルダ川の流域面積は、23 000 平方キロメートル、そのうち 8 000 平方キロメートルはアルジェリア側にある。年間平均流量は、約 30 立米・秒であり、その流れは、地中海雨量の特徴でもある季節変動が大きい。渇水期の流量は、1 立米・秒以下となるが、増水期には 1000 から 1200 立米・秒に達する。

豪雨の際には、流量は、本来の川の水量となる。1973 年 3 月の豪雨では、流量が 3500 立米・秒に達した (MEDD2008)。

メジェルダ川は、チュニジアの北部を通過し、全く平らな沖積平野を流れ、Cap Farina と Cap Gammarth の間でチュニス湾に注ぎ込む。

また、本河川は、湾の海水への栄養分をもたらす主要な水源となっている (MEDD2008)

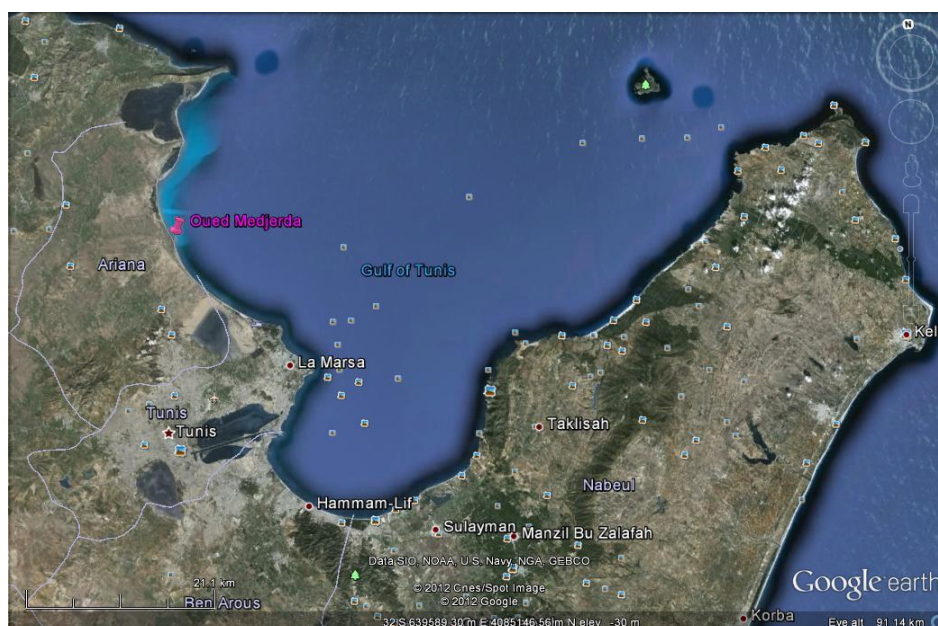




図 24:メジェルダ川河口 (Google Earth 2012)

b) メリアナ川

メリアナ川は、河川流量において、チュニジアで 2 番目に大きな河川である（経年平均流量:33 百万立米）。

本河川はチュニジア山稜西側流域を流れ、Rades と Hammam Lif の間でチュニス湾の南側に注ぐ。

河川の規模（流域面積 1500 平方キロメートル、長さ 100 キロメートル）は、メジェルダ川と比べると小さいが、汚染水を絶え間なく下流に流し、チュニス小湾（Ayadi と Bargaoui1998）に注いでいることから重要な河川ではある。本河川の流量は、不規則であり、平均流量は 0.7 立米・秒（IHE、2010）であるが、増水期には 200 立米・秒に達する。チュニジアでは、夏季に流れを維持する希少な河川である。

メリアナ川は、チュニス湾（チュニス小湾）に注ぐ。この川を流れる水には 3 種類ある:流域に降った雨、および ONAS の浄水場の排水（メインは、Rades—Sud Meliane のチュニス浄水場:STEP、または産業排水）と家庭排水である（MEDD、2008）。

本河川を流れる水は、水に溶け込んだまたは固形の有機物質物質の栄養分を含むという特徴を持つ。



Embouchure de l'oued Méliane

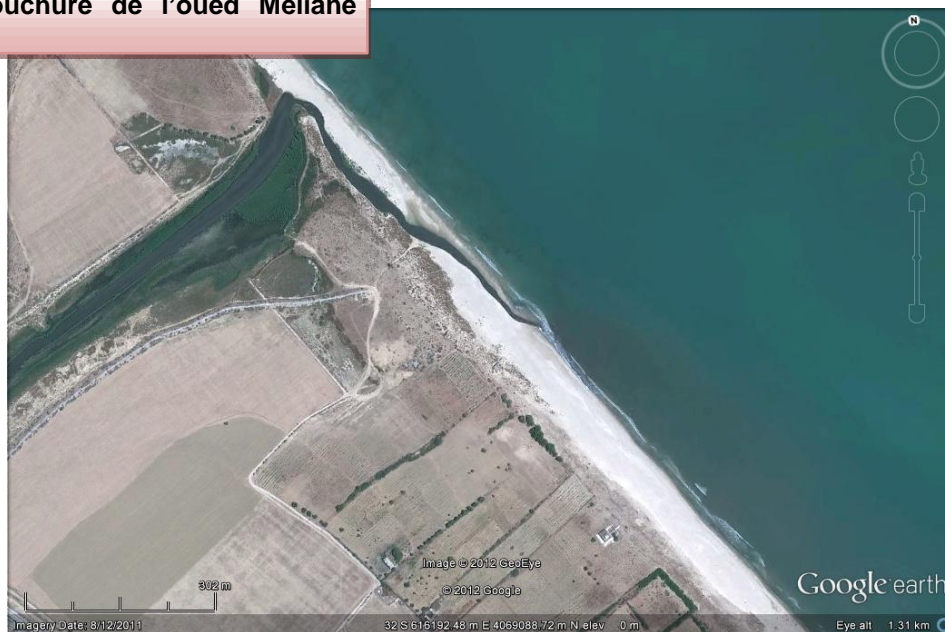
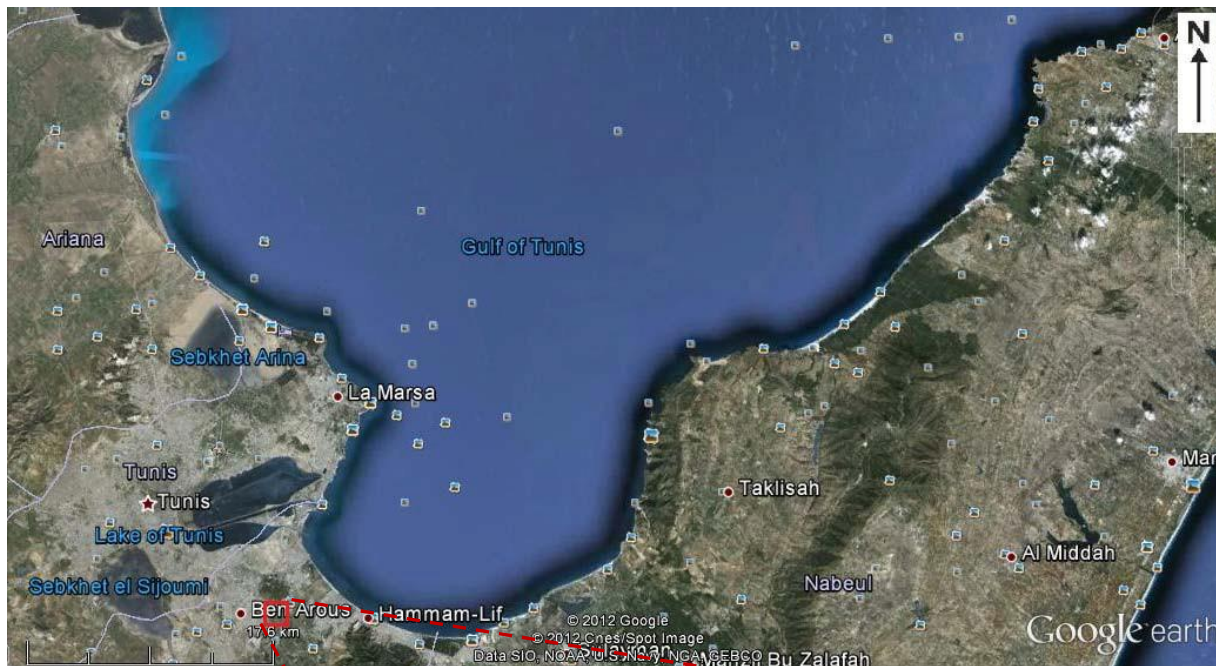


図 25:メリアナ川河口位置(Google Earth、2012)



STEP de Radés

Rejet de la STEP de Radés

図 26: Rades の STEP の位置とその廃水 (Google Earth2012)

4.7.4.2 水路および都市廃棄物と熱放出

チュニジアで最も都市化された沿岸部に面しているチュニス湾では、日ごとに人々の活動が増加している。事実、チュニス湾の地理的戦略的状況が、あらゆる種類の活動（産業、海洋交通、観光など）を増大し、またそのせいで汚染の危機が増加している。このように、現在、様々な廃棄物がチュニス湾に流されている。

a) 運河

運河は、1881年、チュニス港を内陸につなぐために建設された。この運河は、西北西から東北東に流れる。距離は約15キロメートル、幅は100メートル、深さは8メートルである。この運河のチュニス湾との水の交流は、ラデス発電所の冷却水需要と Lac Sud との水の交流（Lac Sud 運河の水の流量は約3百万立米・日である）に左右される。チュニス湾との流量は、60立米・秒に達する（El Dougui, 2005、MEDD2008、IHE2010）。



図 27: 運河位置 (Google Earth 2012)

b) **Khalij 水路**

Khalij 水路は、Raoued 海岸の北約 4km の地点でチュニス湾に注ぐ。この水路は、El Hassiane 川の雨水と Choutrana 浄水場の排水および北部沿岸排を流している。深さは約 1メートルで、平均傾斜度が 0.01° である。湾に注ぎ込む流量は、約 230 000 立米・日である（MEDD2008、IHE2010）。



図 28: Khalij 水路(Google Earth2012)

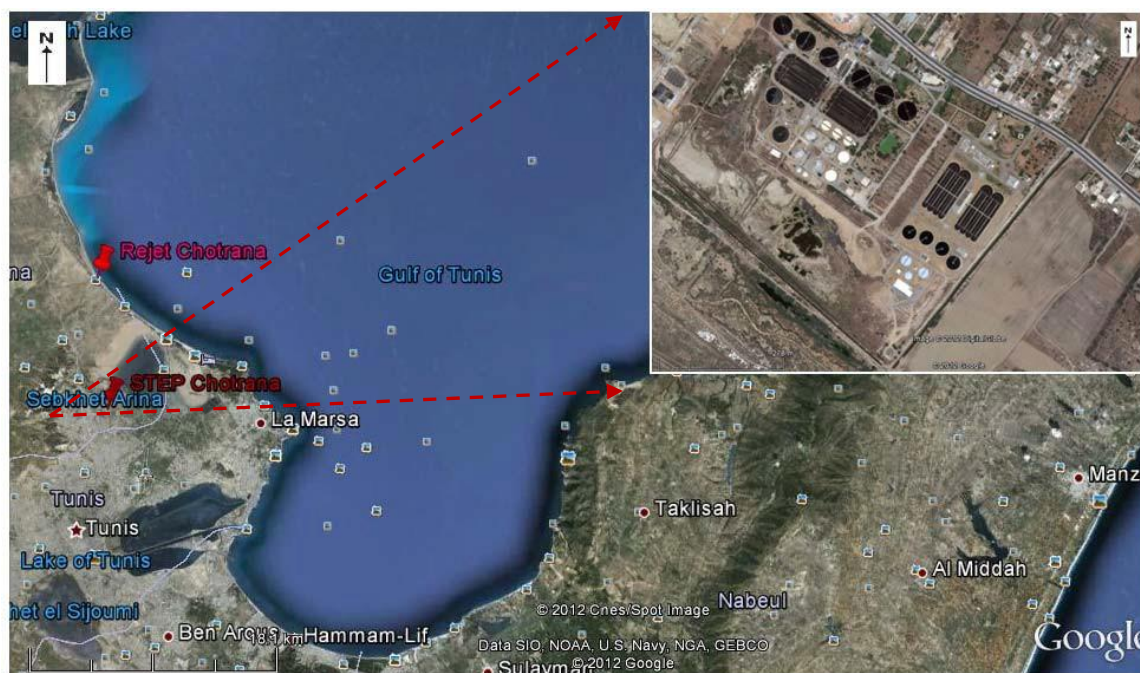


図 29: Choutrana STEP 廃水(Google Earth 2012)

c) Rades 発電所廃水 (A-B 及び CPC)

Rades 発電所の取水は、運河 (Rades 港付近) で行われる。その反対に、温水が運河に流され、チュニス小湾の奥の地点で湾に注ぐ。この水路は幅が約 70 メートル、深さが約 25 メートルで、Rades 発電所の冷却水の水路への廃水流量は、58 立米・秒である。

この廃水の温度は、約 6°C である (IHE2010)。



図 30: Rades 発電所のチュニス湾への廃水 (Google Earth 2012)

4.7.5 湾の海水汚染状況

チュニス湾は、内陸からの様々な廃水 (河川からの水、沿岸湿地帯の水、沿岸部都市からの下水等) を受ける沿岸部のバイオトープである。これらの廃水は、湾の水質劣化につながっている (沿岸部の富栄養化、沿岸部植生の漸進的消失)。

Rades 地区は、富栄養化の影響が顕著である。この地区は、主に全リンとクロロフィル a による汚染が最も多い地区である。OCDE の区分 (1982) に基づくと、この地区は、中栄養化 50%、富栄養化が 45% で、廃水流量は 1 立米・秒である。流量が 1.5 立米・秒を超えた場合 (これから数年後)、富栄養化または超富栄養化 (Ben Charrade と Moussa, 2009) となる恐れがある。

溶解した無機質窒素に関しては、チュニス湾の表層水は、比較的多量の酸素を含んでいるため、硝酸塩がチュニス湾の表層水において支配的な形態である。1993年10月の計測結果によると、硝酸イオン（ NO_3^- ）含有率は、大体、 $2\mu\text{M}/\text{l}$ 以下であった、しかしながら、硝酸塩の濃度は比較的高く、湾沖合、および Korbous 沿岸付近では、 $7\mu\text{M}/\text{l}$ が記録された。深層水では、硝酸イオン（ NO_3^- ）の含有率は概して表層水での値より低いが、唯一例外は、メジェルダ川の旧河口付近一帯であり、反対の結果が観察された（MEDD、2008）。

4.7.5.1 湾内の被覆植物

底生植物調査に関しては、資料がほとんどない。下図は、1972年のチュニス湾における底生植物相分布を表している。

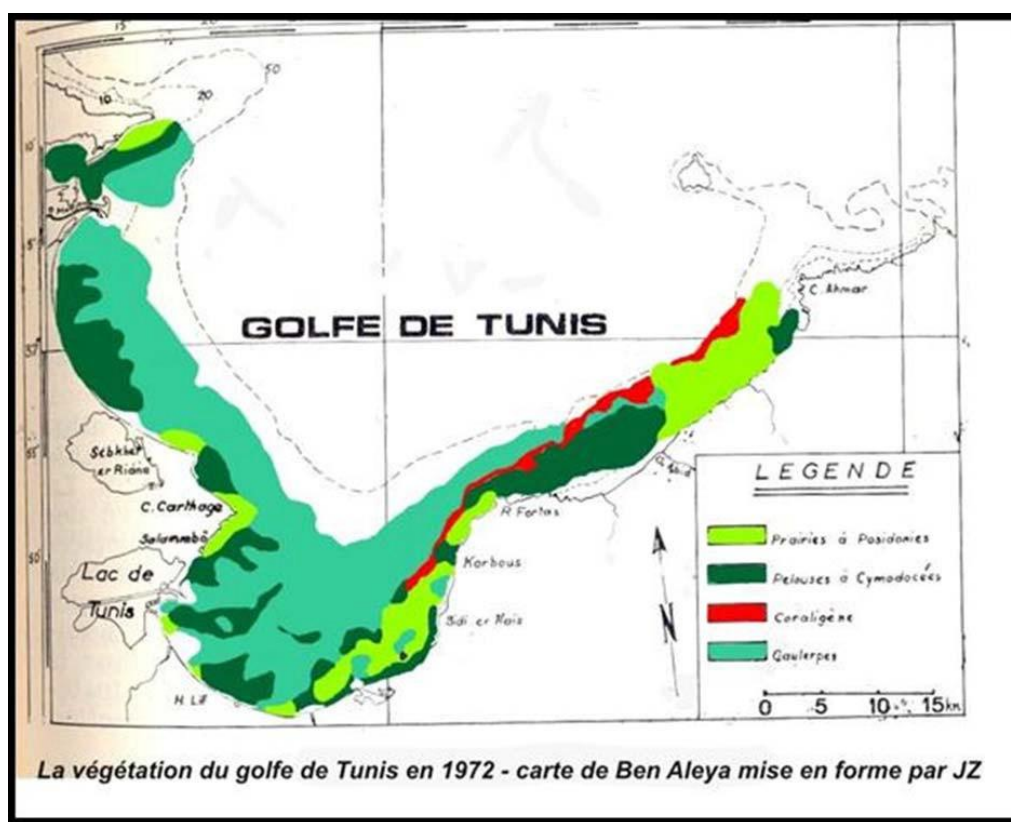


図 31:1972年チュニス湾植生（MEDD内の資料、2008）

環境の状態が良好であることを示す種の存在に関しては、イバラモ群落は自然環境の質を示す良い指標である。

残念ながら、現在、チュニス湾において、この群落に覆われた海面は非常に限られている

(MEDD2008)。下記がその理由である：

- ・ 沿岸部における水の透明度の悪化、
- ・ 環境富栄養化。

北から湾の南の方向に少しずつ移動すると、このイバラモの植生が、「健康」な状態から、悪い状態になり、最終的に死滅した無機質となる。



図 32:チュニス湾におけるイバラモ群落の状態劣化段階 (MEDD2008)

4.7.6 チュニス湾の気候特性

チュニジアは、地中海性温暖気候エリアとサハラ亜熱帯性気候エリアの境界上にある。沿岸部は、海水の温暖化作用の影響で、特に冬季は気候が温暖である。

この気候の主要特性は:

- 夏季の永続的で強い熱気
- 他の季節での気候不順
- 少ない雨量と豪雨

夏は、暑く乾燥しており、3 カ月から 5 か月間継続する。冬は、涼しく、不順で雨天がちな天候が続く。しばしば、異常に熱い日が続いた後に急に寒くなることがある。2 カ月から 3 カ月間、気温は、朝方の 20℃から午後の 30℃の間で変化する。稀に非常に熱くなることがある。南風が、水域と大気の境界面（表層水帯）の気温を減少させる。冬季の陸風は海水温度を下げる効果がある。その反対に夏季によく吹く東からの風は、チュニス湾の沿岸部の気温を調節する効果がある（Ben Charrada 1997）。

4.7.6.1 大気温度

チュニス - カルタゴ観測所において 2001 年 10 月から 2012 年 1 月までの間観測された経年平均気温は、下図が示す通り約 22.1℃であり、調査区域の温暖性気候的特質を表している。

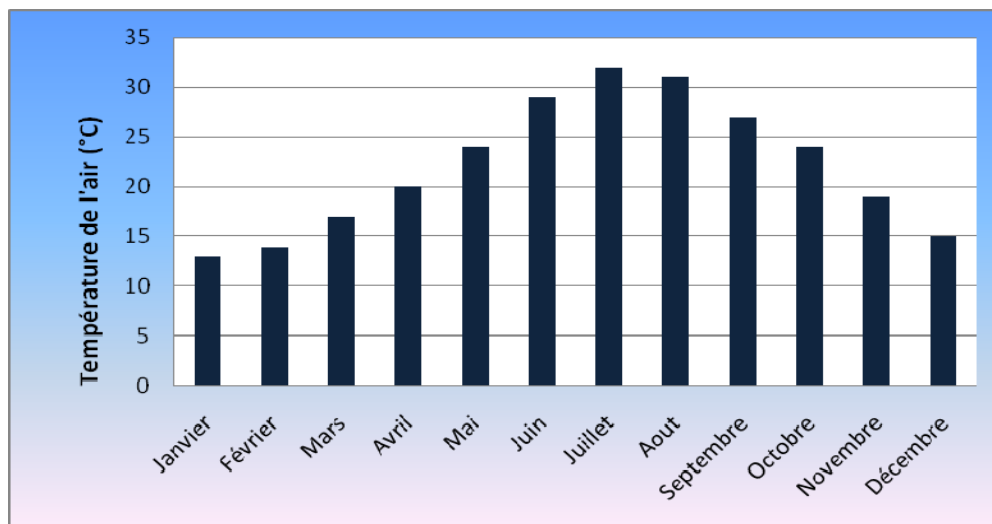


図 33:大気平均気温月毎の変化 (2001 年 10 月から 2012 年 1 月)
(www.windfinder.com から引用)

大気温度は、季節ごとに変化する。最低気温は、1月に記録されたもので、13℃である。経年平均最高気温は、31℃から 32℃で、7月および8月の気温に一致する。

4.7.6.2 風

直接、海水の動きと海洋廃水拡散に影響を与える気候データに風がある。事実、風は海面の流れと水面の上下運動や波を引き起こし、廃水受容環境における廃水の希釈作用に影響を与えることができる。

風が起きる理由は、地球の自転に関するコリオリの力と、2つの場所における圧力差が組み合わさり生じた結果である。しばしば、チュニジアは、相反する圧力場の中心となる。その結果として、特に風が強くなる。そのため、風はそれが激しくと頻繁であるということから、海での流れに対して重要な影響を及ぼす (MEDD 2008)。

風は、季節により変化する。事実、1年間の間に吹く風の方向は様々である。風は特に季節の変化に左右される。同様に、計測地の標高や地理的条件にも左右される (INM 1999)。チュニス湾での風力を調べるため、Bizerte、Tunis-Carthage、および Kelibia の年間風配図と月間風配図 (8月のもの) を入手した。この風配図は、1970年から1990年の間における3時間ごと (1日に8回) の風力観測 (地面から10メートルの高さにおける) に基づく。

下記にその風配図を示す、月毎の風配図による頻度分析の結果、夏 (8月) には、北北東の風が最も多く、平均風速は毎秒6メートルである。年間の頻度に関しては、山脈の北側では、西の風がもっとも多く、風速は毎秒約7メートルである。

下図には、風速が等級別に異なる色で表されている。特定の方向を持つ風速等級の長さは、観測されたその等級の風の頻度に比例する。

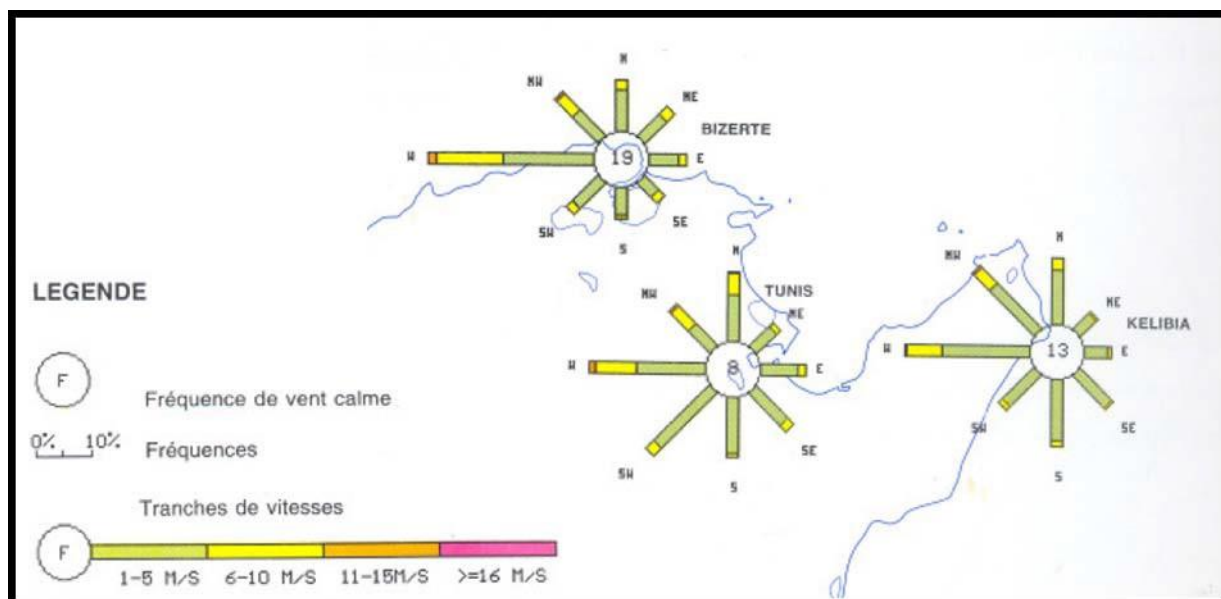


図 34:1970 年から 1990 年の期間におけるチュニス湾の年間風配図 (INM, 1999)

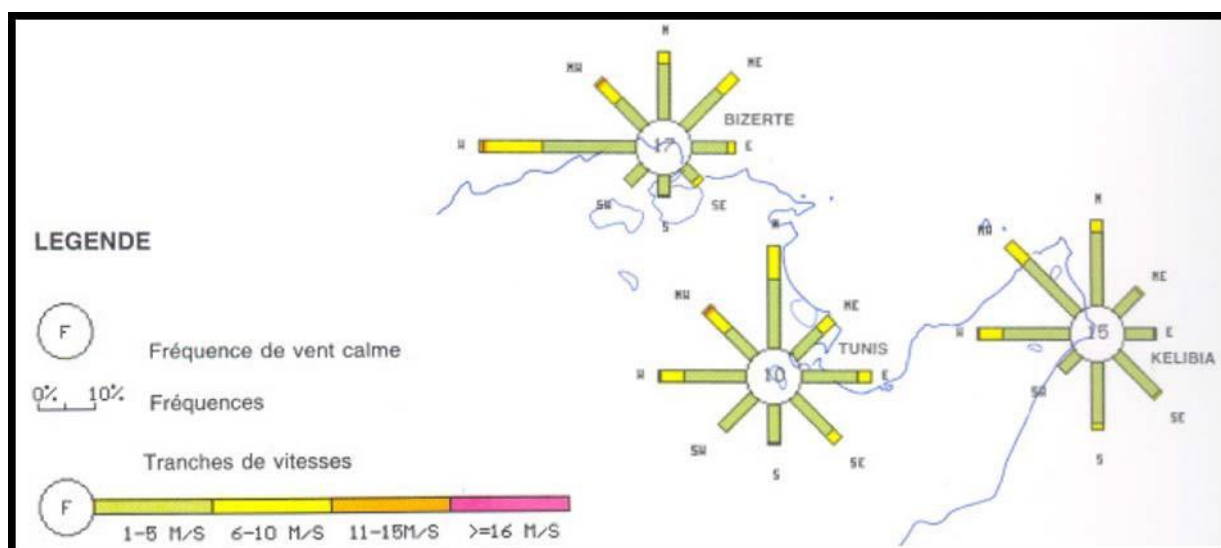


図 35:1970 年から 1990 年の期間におけるチュニス湾の 8 月の風配図 (INM, 1999)

その他、ウェブサイト www.windfinder.com では最近のデータを提供しているが、このサイトでは、世界中のヨット愛好家たちのため、世界中の気象予測（特に風に関するデータ）が掲載されている。

これらのデータは、Tunis-Carthage 観測所で、2001 年 10 月から 2012 年 1 月の期間において、毎日 7 時から 19 時まで実施された風の観察に基づいて作成された風配図として表される。

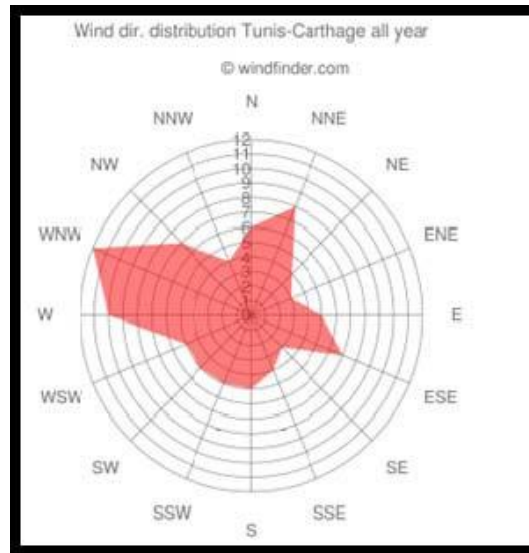


図 36:チュニス風配表 (2001年10月から2012年1月) (www.windfinder.com)

4.7.6.3 雨量

チュニジアは、湿潤温暖気候とサハラ乾燥気候の間の移行帯に位置している。

下記結果は、INM (1999年) から入手した 1961年から1990年の期間における Tunis—Carthage 観測所での月間雨量結果である。

雨季は、冬季 (9月から5月) の各月における最大雨量を示している。

INM (1999) のデータによると、雨量経年変化は非常に小さいことがわかる。

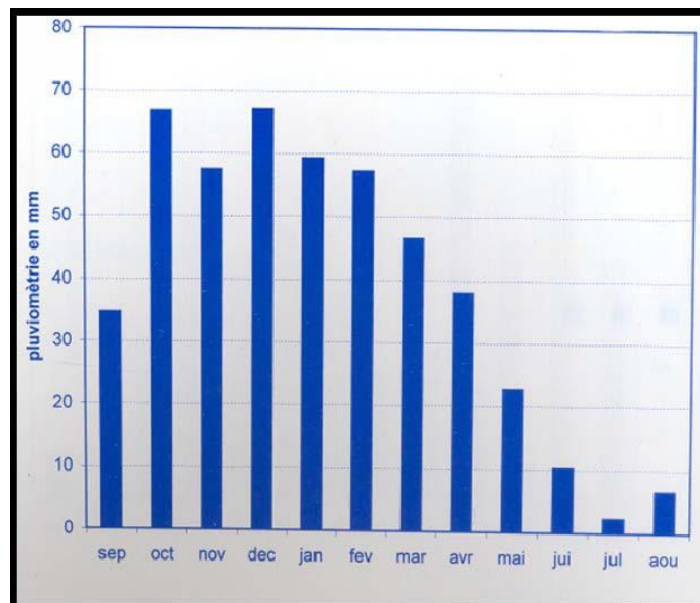


図 37:1961年—1990年の期間の Tunis—Carthage 観測所における月間平均雨量の変化 (INM, 1999)

4.7.6.4 蒸発

下記結果は、INM（1999年）から入手した1961年から1990年の期間のTunis-Carthage観測所における月間蒸発量である。

この図は、夏季（7月）の最大蒸発量と冬季（12月から2月）の最小蒸発量を表す。

INM（1999）のデータによると、夏季の日間蒸発量は約10ミリメートルの日が多く、雨の日は少ない。そのため深刻な水不足という結果となっている。

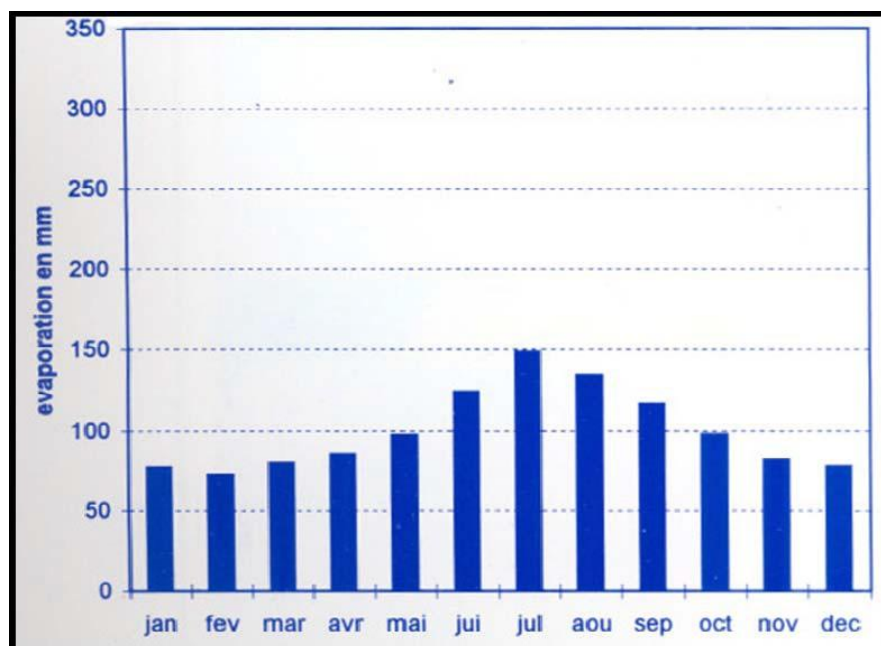


図 38:1961年－1990年の期間のTunis-Carthage観測所における月間平均蒸発量の変化
(INM, 1999)

4.8.7 チュニス湾海洋特性

海水の動きは、複数の要素（波浪、潮、および海流）により変化する。

以下、入手した参考資料のデータを基に、上記の要素の確認を行った。

4.8.7.1 潮

潮の干満は、海水の動きを左右するもっとも重要な現象の一つである。事実、潮の干満は、沿岸部に廃棄されるすべての汚染物質を移動させ、希釈する流れを発生する。

潮の干満現象は、月と太陽の引力の影響による海水位（満ち潮と引き潮）の定期的な上げ下げである。

この潮のサイクルで水位が最も高くなることを上げ潮（一般的に満潮）、その反対に、最低水位を下げ潮（または引き潮）という。潮の周期と大きさは、地球に影響を及ぼす天体の位置に応じて、時間と空間の中で変化する。一般に、月の作用は、月が地球により近いことから、太陽の作用よりも大きいということを言及しておく。

チュニジアの沿岸においては、潮の干満は通常、海図基準（ZH）、またはチュニジア基準水位のゼロ（NGT）（チュニジア湾において、チュニジア基準水位の 0 メートルが ZH+0.41 メートルであることを考慮しつつ）を基準に計測される。

公表データによると、チュニジア沿岸において通常起きる潮の干満は半日周のものであるが、その大きさは、エリアによって異なる（IHE、2005）。

La Goulette 港の海水位変化を調査するという目的で行われた一連の計測が、2005 年 2 月 15 日から 2005 年 5 月 15 日の 3 カ月間の期間、IHE 事務所により実施された。La Goulette 港の平均水位は、常にゼロよりも高く、13.5 センチメートル NGT と 12.7 センチメートル NGT のレンジで変化している。表 I - 1 と図 I-24 で、計測期間における平均海水位変化を示す（IHE 2005）。

潮差に関して、本調査により下記の結果を得た：

- La Goulette 港の平均潮差:20 センチメートル、
- 小潮では潮差:ほぼ 0、
- 大潮では潮差は:30 センチメートルに増加、
- 昼夜平分時での高潮時:36.3 センチメートル。

表 7:計測期間における La Goulette 港の平均水位（IHE、2005）

期間	水位 (cm NGT)	日平均最高水位 (cm NGT)	日平均最低水位 (cm NGT)
15/02/05 ~15/03/05	13.42	19.36	6.56
16/03/05 ~ 15/04/05	12.89	19.41	3.98
16/04/05 ~15/05/05	14.48	20.29	7.79
全観察期間	13.6	20.29	3.98

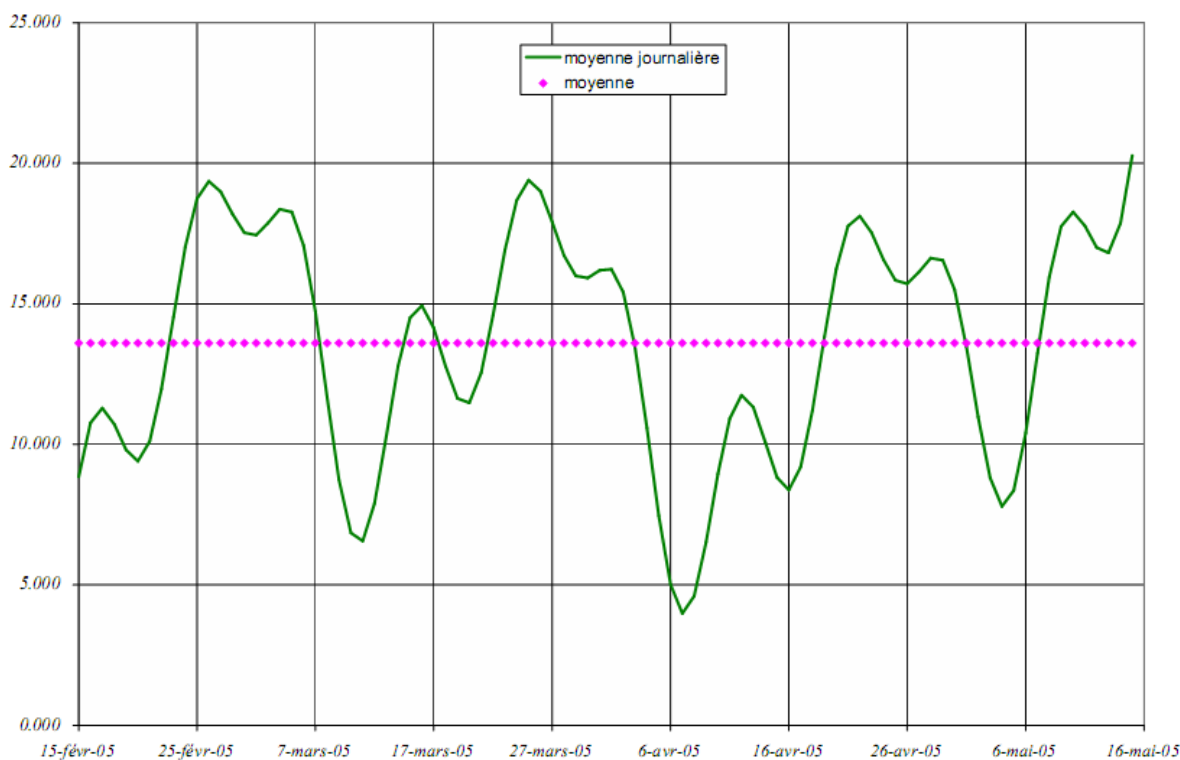


図 39: La Goulette 港での平均水位変化 (cm NGT) (IHE 2005)

4.8.7.2 波浪

波浪は、観察地区と離れた風力場により形成される海水面の波上の動きである。つまり、特定の一つの波である。

風が離れた場所から吹く場合、海水面にさざ波が生じる。風が強くなると、海水面の変形が大きくなり、無秩序な様相のうねりを形成する（3次元での動き）、その後、秩序だった波が風の方向に形成される。

波浪は、障害物に出会うと打ち返し、波動の異なる環境に出会うと偏向して、障害物を避けるときは、波動を迂回させる。これらすべての現象において、波浪周期は一定であるが、その大きさは変化する。チュニス湾では、H.P.（高さと周期）<1995>を推定した結果、一般的に波浪の主な方向は北北東または東であり、時に東北東方向および南東方向の間の不規則なさざ波を発生する：

- 十年有義波は 4.4 メートルから 5.2 メートルであり、その周期は 11.3 秒から 13.2 秒。
- 五十年有義波は 5.7 メートルから 6.8 メートルであり、その周期は 13.8 秒から 16.4 秒。

表 8:チュニス湾の波浪高さ と 周期 (HP、1995)

場所		再現期間 (年数)					平均的方向 (北に対する角度)
		5	10	25	50	100	
チュニス湾 (北の郊外)	高さ (m)	4.4	5.2	6.1	6.8	7.5	18
	周期 (s)	11.8	13.2	15.1	16.4	17.8	
チュニス湾 (南の郊外)	高さ (m)	3.8	4.4	5.2	5.7	6.3	356
	周期 (s)	10.2	11.3	12.7	13.8	14.8	

4.8.7.3 海流

海流は、沿岸部に廃棄された汚染物質を運び、希釈するという直接的影響力を持つ海洋の主要要素である。

下記 4 タイプの波が、沿岸部の海水の動きに対して、それ相応の重要な役割を果たす (MEDD 2008) :

- 海水面の一般的な流れ、
- 風の作用による流れ、
- 潮による流れ、
- 波浪による流れ。

以下の段落では、これらの流れのタイプとチュニス湾へのインパクトを、入手した参考資料のデータに基づき、説明する。

4.8.7.4 海水面の一般的な流れ

海水面の一般的な流れは、大洋または海洋の海水の循環である。

地中海での循環は、大西洋の塩分の少ない海水を、ジブラルタル海峡を通して地中海に送り、地中海の塩分濃度の濃い水に変化させ、その海水を、再度ジブラルタル海峡を介して北大西洋に戻すという循環を作る「エンジン」のようなものである。

大西洋の海水は、ジブラルタル海峡の海水面に侵入し、北アフリカ沿岸を流れ、アルジェリア海流を形成する。

シシリア海峡においては、海水の流れは、二つに分岐する:

- 一つの流れは、北に向かい、イタリアの沿岸を北上し、ティレニア海に侵入する。
- もう一方の流れは、シシリア海峡を東に向かう。地球の回転によるコリオリ力は東に向かう海水の流れを南方向に押す。

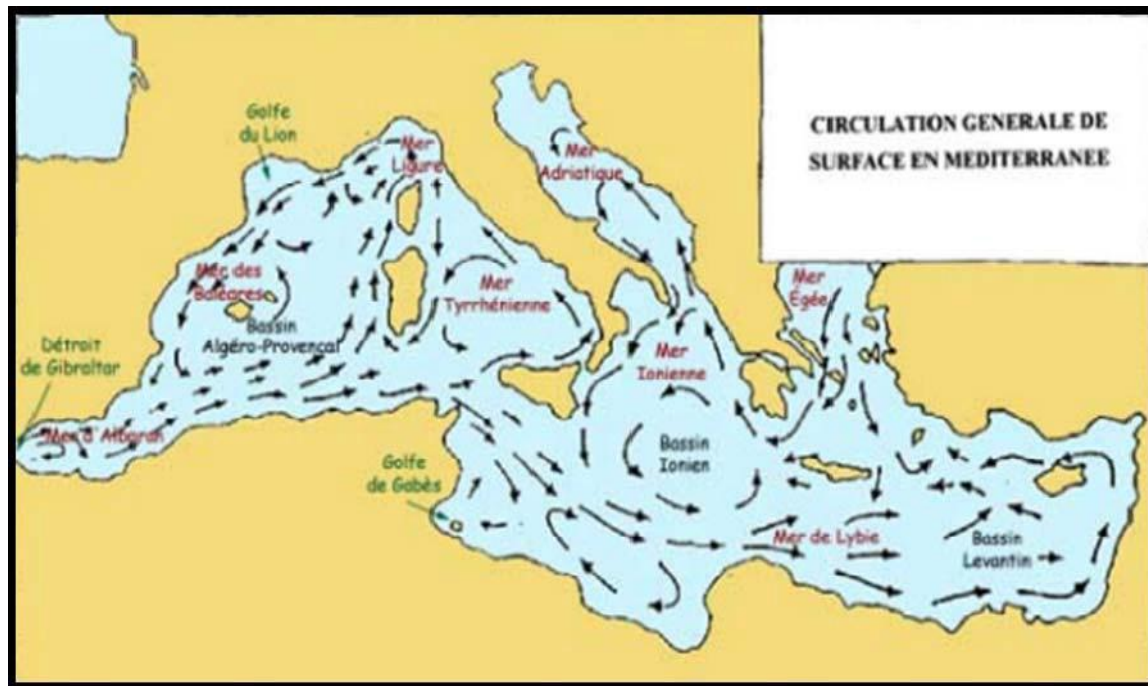


図 40:海水面海流図 (Lacombe と Tchernia 1972)

チュニジアの北岸沖合では、一般的な海流は、地中海の一般的な循環に関わって、西から東に循環する。東岸沖合では、むしろ北から東に向かう流れである。この一般的な海流は、沖合の海水であり、沿岸の海水には、殆どもしくは全く関係しないということを言及しておく。このように、われわれの調査地域において、チュニス湾の海水の動きに対するこの海流のインパクトはほとんどないと思われる。

4.8.7.5 風による海流

風による海流は、もちろん風がある時にのみ存在する。しかしながら、その因果関係を明確にしようと思えば、風の強さと方向のみを考慮するだけでは十分ではない:実際、風の吹く期間、広がり、また沿岸の地形を考慮する必要がある。風により引き起こされる海流の速度は、一般的に風速の約 2% である (SOGREAH 1982)。その海流速度は弱く (0.3 メートル/秒以下)、穏やかな時には秒速数センチメートルである。これらの海流は、主に沿岸に平行に流れるが、その速度は平均 0.10 メートル/秒と推定される。

嵐の時には、風による流れが潮の干満と組み合わせたり、海水位が著しく高くなることもある (高潮現象)。

下図は 3D モデルを使って作成されたものである。チュニス地方の代表的な風の条件下において、チュニス湾の海水の動きのシミュレーションを行ったが、その結果の一部である。

- **北西風:**1年を通じて、特に冬季におけるチュニス市の主な風の方角である。平均速度は、毎秒9メートルである。

地中海西部および大西洋からの海流は、一部がチュニス湾に北西側からチュニス湾に侵入し、北東側から出る。その流れが湾内に回転循環の動きを発生させる。この回転循環は、時計の針と反対方向の動きで、チュニス小湾でよくみられる。

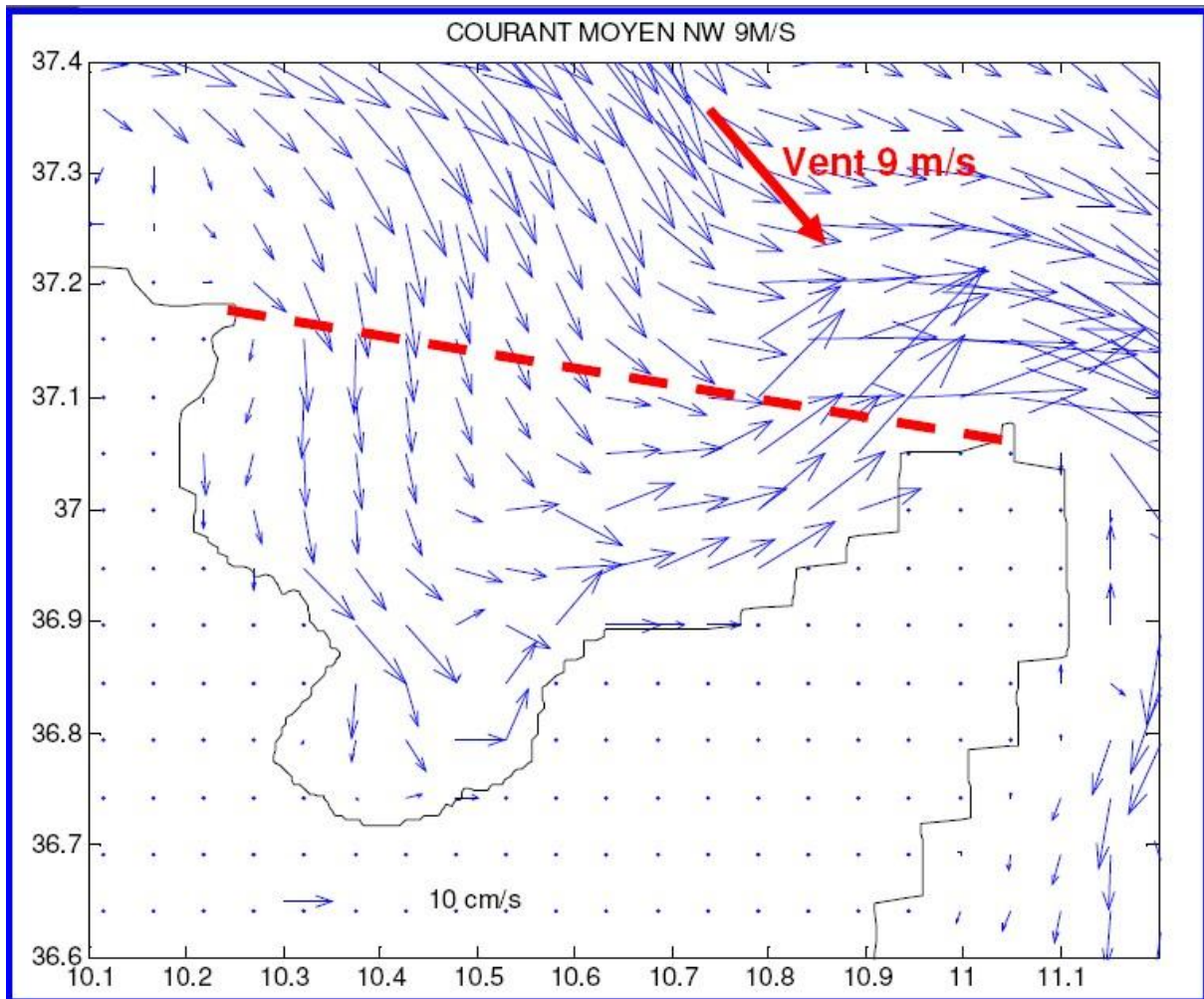


図 41:毎秒9メートルの北西風により引き起こされるチュニス湾内の平均的循環 (MEDD 2008)

- **東風:**夏季に主に吹く風であり、風速は平均毎秒7メートルである。

地中海西部からの海流は、チュニス湾を避けて地中海東方向に進む。しかしながら、湾内に回転循環を発生させる。海水は、北東側から湾内に侵入し北西側から出ていく。しかし、その規模は小さい。

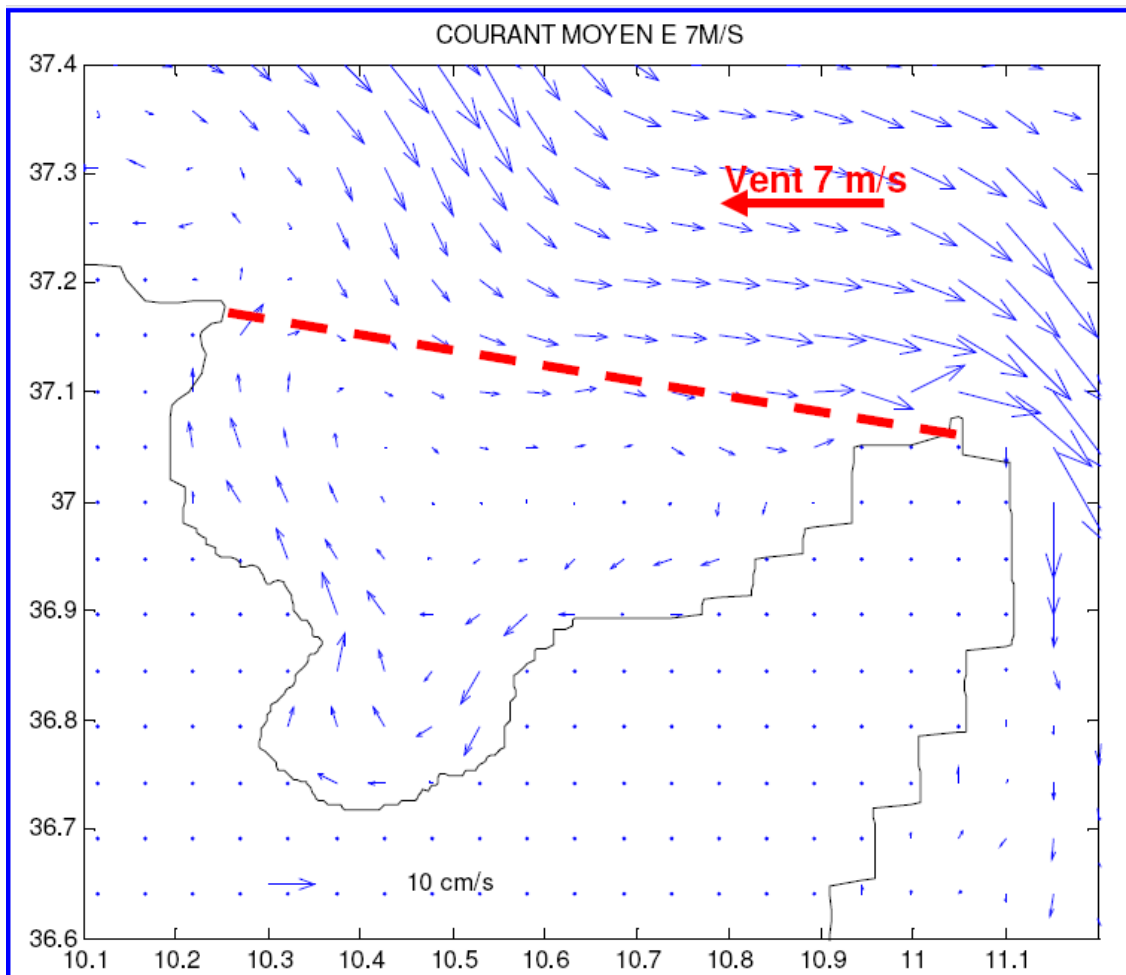


図 42: 東風毎秒 7 メートルの風により発生するチュニス湾内の平均的循環 (MEDD 2008)

- **穏やかな風:** チュニス地方で吹く風の約 8% はこの風である。シミュレーションによると、平均風速はわずか毎秒 1 メートルである。

地中海西部からの海流は、チュニス湾を完全に避ける。そのため、沖合への動きは除き、湾内の循環は非常に小さい。

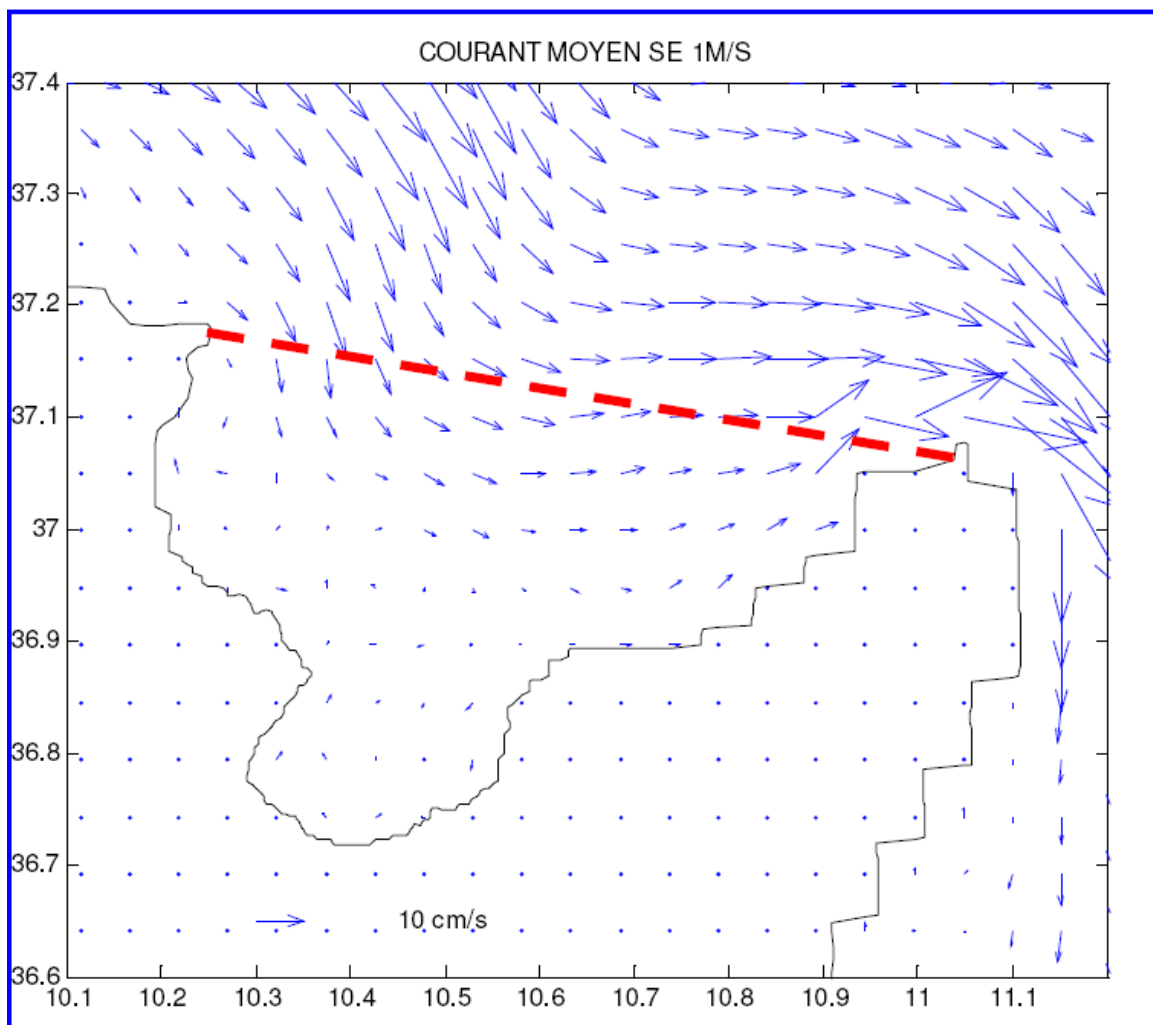


図 43: 秒速 1m の穏やかな風により発生するチュニス湾内の平均的循環 (MEDD 2008)

4.8.7.6 潮の干満により発生する流れ

潮の干満により発生する流れは、潮による水位の変化により生じる海流である。よって、天体の動きにより発生する海流ということができる。

チュニジア沿岸では、この海流は非常に弱いものであり（最大毎秒 0.10 メートル）、地方で局所的に吹く風により生じる波浪による流れのため目立たないことが多い (LCHF - SGTE 1978)。

この海流は、唯一、沿岸部の干潟と湾との連絡箇所と隘路において大きくなる。

下図は、チュニジア沿岸における潮の流れのチャートを表したものである。

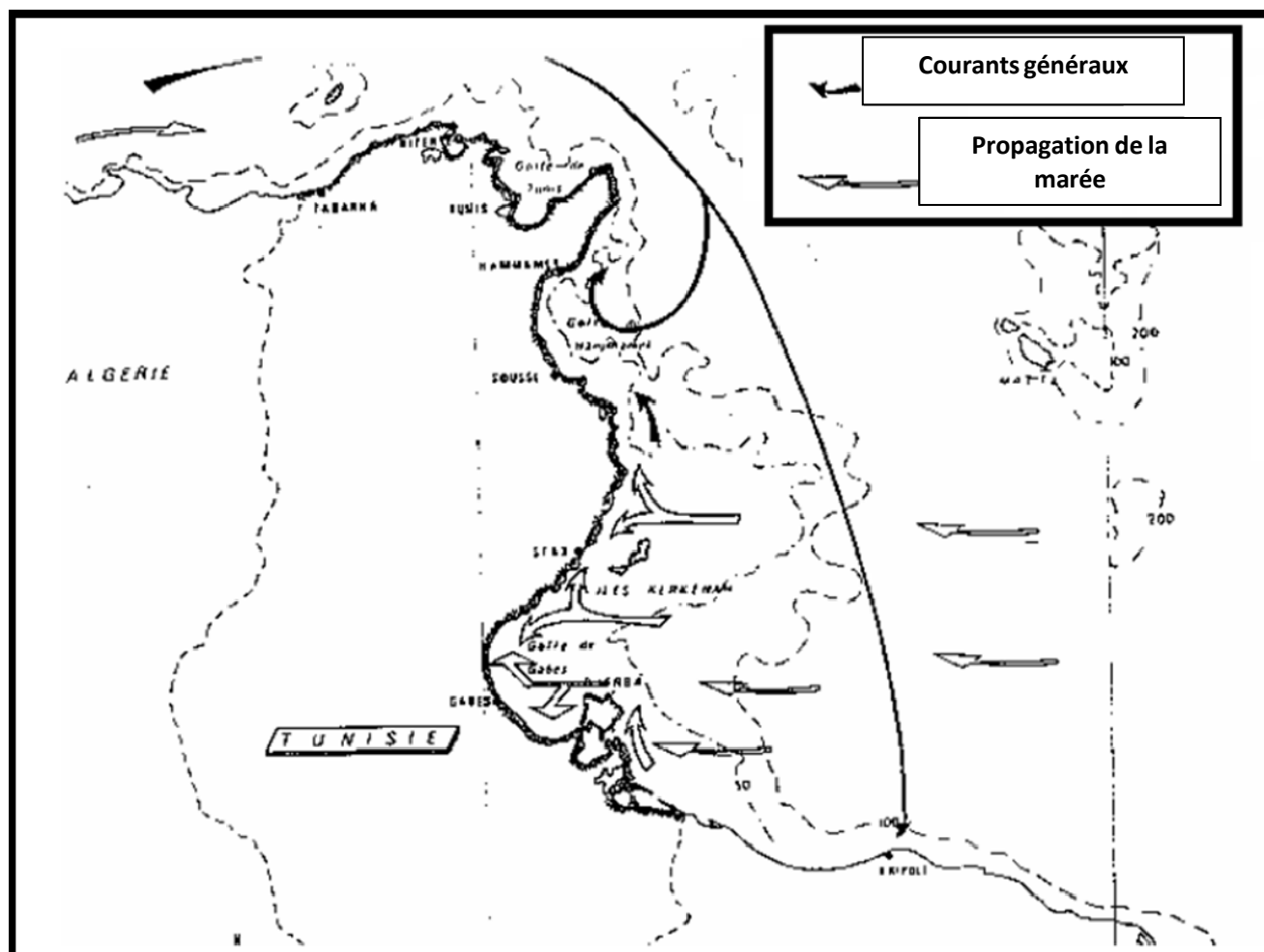


図 44:チュニジア沿岸にお主な流れと潮の干満 (LCHF - SGTF 1978)

4.8.7.7 波浪により発生する流れ

一般的に、波浪をによる流れは少ない。しかし、この流れは、沿岸部での堆積物運搬の主な原因となっている (Ben Charrade およびその他、1997)。事実、この波浪による流れは、沿岸の砂を沿岸沿いに移動させる原因となっている。よって、その流れを引き起こす波浪からこの現象を切り離して考えることはできない。同じ地形に打ち寄せる、同じ特性 (高さ、期間、傾斜) を持つ波浪の場合、波浪により生じる流れはどの海岸でも同様である (MEDD 2008)。

ちなみに、2種類の流れを識別することができる:

- 引っ張る力を有する流れ:特定の波浪形態、特に非回転性波浪 (Stokes 波浪) と共存して堆積物の移動を引き起こす流れ、
- 波浪により生じる沿岸沿いの流れ:この海流は、引っ張る力を有する流れに関係しており、沿岸に対して波が拡散する方向、打ち寄せる地区の広がり地形に影響される。

4.9. 2013年9月27日に実施された海洋調査（ラデス C ステージ開発前海洋環境初期状態調査）

4.8.1 調査実施過程と結果

下表および下図に記載の場所においてサンプリングが行われた。

サンプリングは、サンプリングポイントの地理的情報の他、サンプリング時間、サンプリングポイントの深さ、海面温度、海底温度、および海中写真を含む。サンプルは 30 度のアルコールに保存され、ラボラトリーにて 2 ミリメートルの目のふるいにかけてられる。

サンプリングポイント 4、5、6、8、9、および 12 における統一されたエリア（30 cm 平方）および最大 5 cm の深さから、地層サンプリングと生物相サンプリングを行った。これらのサンプリングポイントの生物群集、その場所で支配的な生息環境、および異形群そうの確認を試みた；これは種と地層のリストの分析（数量的）をもとに行う。

12 か所のサンプリングポイント全体から、

- ✓ 海水の発電所への用水路、またはこの水の排水路内に位置している（ポイント 1、ポイント 2、ポイント 3）。これらサンプリングポイントでは、潜水夫の安全を考慮して、サンプリングは行わず、深さの測定、および海面温度と海底温度の測定のみ行った。
- ✓ サンプリングポイント 7 では、その場所へアクセスする際に強い流れがあったため、採集ができなかった。また、採集をするためには、潜水夫により重いバラストを用意する必要があったためである。
- ✓ サンプリングポイント 8 は参照ポイントと見なされた。

現場調査は 2013 年 9 月 27 日に実施された。

水の補給（STEG の廃水）により下記結果が生じるということは重要である。

- ✓ 高温の廃水に混合されることによる海水温度の上昇、
- ✓ 廃棄エリアにおける海水温度上昇と海水の流れによる拡散。

サンプリング ポイント	経度	緯度	深さ (m)	温度		2013年9月27日金曜日:時間
				海面	海底	
S1	36°47' 58.00" N	10°16' 49.50" E	4.9	30.1		15h00
S2	36°47' 43.62" N	10°17' 7.00" E	2.5	32		09h50
S3	36°47' 37.50" N	10°17' 20.20" E	1.9	30		09h55
S4	36°47' 48.40" N	10°17' 20.60" E	2.5	30	29	11h45
S5	36°48' 02.00" N	10°17' 33.60" E	3.1	30	27	10h50
S6	36°47' 46.20" N	10°17' 41.00" E	4.2	30.1	29	12h00
S7	36°47' 25.80" N	10°17' 29.42" E	3.4	32	31.5	10h00
S8	36°47' 11.90" N	10°17' 9.93" E	0.5	30		13h05
S9	36°47' 11.20" N	10°17' 31.30" E	3.6	32	28	12h50
S10	36°46' 52.50" N	10°17' 39.60" E	2.5	30	28.5	13h50
S11	36°47' 13.10" N	10°18' 0.60" E	4.3	30	28.5	13h25
S12	36°47' 28.60" N	10°17' 48.10" E	3.2	30	27.4	12h20

表 9: サンプリングポイントの場所、深さ、作業時の温度および作業時間



図 45:調査したサンプリングポイントの位置

ポイント	深さ(m)	特性	コメント
1	4.9	温度と深さの測定	サンプリングポイントは STEG へ／からの入り口水路と出口水路に位置する。
2	2.5	温度と深さの測定	
3	1.9	温度と深さの測定	
4	2.5	閉ざされた海中、小湾、湾、および水流、および海面の流れや海底の流れが少ない砂浜に存在する砂質泥（ SVMC 、上層潮下帯）の生命共同体的特性を有する細粒の堆積による泥状海底。海洋環形動物ケヤリ虫（おそらく濾斗状の動物）および二枚貝軟体動物（殻の残骸）、ヨーロッパワスレ、およびリュウキュウアサリ属	閉ざされた海中に存在する砂質泥（ SVMC ）、痩せた堆積層の特徴を有し、非泥状の細粒砂地に生息する種のリストに較べて、非常に貧しい種のリストの生物共同体
5	3.1	シモドセア（シモドセア・ノドサ）および二枚貝の棲息環境としての特性を持つ泥の多い軟弱な海底。特に干潟ザルガイ（ <i>Cerastoderma glaucum</i> ）、コハクノツユガイ、フネガイ、ムラサキイガイ、 <i>Pecten glaber</i> 、 <i>Turitella turbona</i> （干潟ザルガイを除き、他はすべて幼貝）、リュウキュウアサリ、ヨーロッパアサリ、およびメガミナシノハナガイの異形群そうの様相を呈する泥状の海底	閉ざされた海中の砂質泥（ SVMC ）。シモドセアおよび二枚貝が生息する異形群そう:水が淀んだバイオームの特徴である悪臭がある。二枚貝の異形群そうはヨーロッパアサリの幼貝が特に多い。干潟ザルガイの存在は、淡水が再出現したことを意味する。

6	4.2	泥の比率が高い、泥状の軟弱な海底であり、その結果緊密な底質となり、閉ざされた海中の砂質泥（SVMC）という特徴を示す。シモドセアを有する特徴。しかしながら、悪臭の不在、また泥質の特徴である甲殻綱十脚目（アナジャコ）が生息せず、その反対にチチュウカイミドリガニが生息する。ヨーロッパアサリが多く生息する。またフネガイも同様に生息する	閉ざされた海中の砂質泥（SVMC）。シモドセアが繁殖する環境。チチュウカイミドリガニが存在する反面、二枚貝の棲息がない。つまり、これはサンプリングポイント 5 よりも海水の動きが強いということを意味する。しかしながら、チチュウカイミドリガニの存在は、汚染が進んでいるということを意味する。
7	3.4	海面と海底の温度を除き、本サンプリングポイントでは、サンプリング時の流れが強く、よって潜水夫による海底の正確な場所にアクセスが不可能であったためサンプリングはせず。	
8	0.5	砂の多く（細粒砂）、泥が少ない軟弱な海底。ヨーロッパワスレの幼貝、メガミナシノハナガイの幼貝、ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ、干潟と砂が多い閉ざされた底の特徴である海洋環形動物のゴカイが生息する。そして、腹足動物のホタテガイも棲息する。	地中海によく見られる種のホタテガイ、これは特に静かな海中の砂質泥（SVMC）の堆積地に生息する。（イワツタの異形群そうや シモドセアの異形群そう）が繁殖する堆積層、そのほか閉ざされた干潟環境や静かな砂地の底に特徴的なゴカイ、およびメガミナシノハナガイの存在。
9	3.6	非常に緊密性の高い泥（SVMC）。海水の動きがほとんどない淀んだ環境としての特徴。環形動物（ゴカイ）が非常に多い。	このサンプリングポイントでの水の入替えが非常に少ないことから、汚染の危険性に大きく晒されている。コハクノツユガイの棲息は、この閉ざされた泥状の環境の

		二枚貝コハクノツユガイや幼貝（ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ）、および腹足類のタマキビガイ	特徴である。
10	2.5	泥の多い非常に緊密な軟弱な底。ヨーロッパアサリ、マテガイ、腹足類のケリチウム、海洋環形動物のゴカイが生息する	ヨーロッパアサリ、マテガイ、ケリチウム、およびゴカイの存在は、閉ざされた環境と水の動きの少ない環境の特徴である。
11	4.3	植生被覆がない緊密な泥状で、砂の成分がほとんどない。閉ざされた海中の砂質泥（SVMC）の特徴である数多くの環形動物（ゴカイ）の存在。パラオニス科、ゴカイ、ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ、フランスナミノコ	この場所は、極度に閉ざされた環境としての特徴を持つ生息環境であり、海水の入れ替えは非常に限られている。
12	3.2	非常に緊密な泥、こげ茶色から黒色。フランスナミノコ、ニッコウガイ科、腹足類のケリチウム、および環形動物のゴカイ、パラオニス科	悪臭、緊密、黒色という特徴を持つ泥。環形動物が大量に生息しており、海水が淀んだ特徴を表している。

表 10:各サンプリングポイントでのサンプリング結果

サンプリング ポイント	概観	詳細図
St4		
コメント	<p>静かな海中に存在する砂質泥（SVMC）、痩せた異形群そうの特徴。非泥状の細粒砂地に生息する種のリストに較べて、非常に貧しい種のリストの生物共同体</p>	

表 11: サンプリングポイント 4 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真



サンプリング ポイント	概観	詳細図
St5		
コメント	<p>静かな海中の軟泥（SVMC）。シモドセアおよび二枚貝が生息する異形群そう:水が淀んだバイオームの特徴である悪臭。二枚貝が生息する環境はヨーロッパアサリの幼貝が特に多い。干潟ザルガイの存在は、淡水が再出現したことを意味する。</p>	

表 12:サンプリングポイント 5 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真

サンプリング ポイント	外観図	詳細図
St6		
コメント	<p>静かな海中の軟泥（SVMC）。シモドセアの異形群そう。チチュウカイミドリガニが存在する反面、二枚貝の棲息がない。つまり、これはサンプリングポイント 5 よりも海水の動きが強いということを意味する。しかしながら、チチュウカイミドリガニの存在は、汚染が進んでいるということも意味する。</p>	

表 13: サンプリングポイント 6 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真




サンプリングポイント	概観	詳細図
St8	 	
コメント	<p>地中海によく見られる種のホタテガイ、これは特に閉ざされた海中の砂質泥（SVMC）の堆積地に生息する。（イワヅタや シモドセの異形群そう）が繁殖する堆積層、そのほか閉ざされた干潟環境や静かな砂地の底に特徴的なゴカイ、およびメガミナシノハナガイの存在。リップルマークが表れているといことは流れが多いことを示している。</p>	

表 14: サンプリングポイント 8 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真



サンプリングポイント	概観	詳細図
St9		
コメント	<p>このサンプリングポイントでの水の入替えは非常に少ないことから、汚染の危険性に大きく晒されている。コハクノツユガイの棲息はこの閉ざされた泥状の環境の特徴である。</p>	

表 15:サンプリングポイント 9 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真

サンプリング ポイント	概観	詳細
St10		
コメント	<p>ヨーロッパアサリ、マテガイ、ケリチウム、およびゴカイの存在は、閉ざされた環境と水の動きの少ない環境の特徴である。</p>	

表 16: サンプリングポイント 10 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真

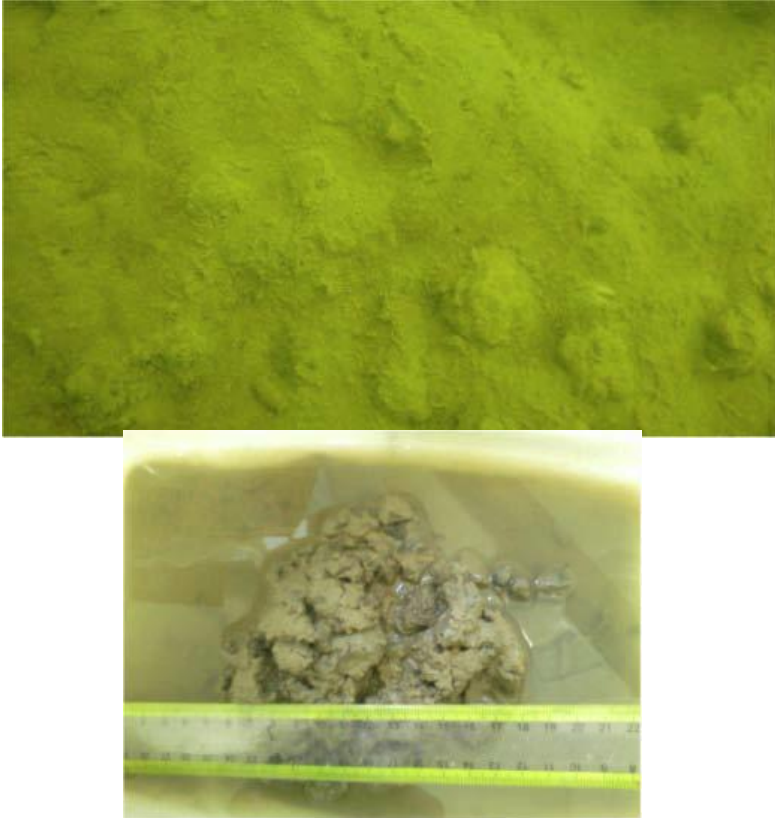

サンプリングポイント	外観	詳細
St11		
コメント	この場所は、極度に閉ざされた環境としての特徴を持つ生息環境であり、海水の入れ替えは非常に限られている。	

表 17:サンプリングポイント 9 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真 11

サンプリング ポイント	外観	詳細
St11	 	
コメント	悪臭、高い緊密性、黒色という特徴を持つ泥。環形動物が大量に生息しており、海水が淀んだ特徴を表している。	

表 18:サンプリングポイント 12 で採集されたサンプルの地面上とラボでの写真

Stations	Profondeur	Liste espèces	Signification
4	2.5	海洋環形動物ケヤリ虫（おそらく濾斗状の動物） ヨーロッパワスレ、リュウキュウアサリ	ケヤリ虫は環境が保護されて泥状であることを示している。
5	3.1	シモドセア（シモドセア・ノドサ） 干潟ザルガイ、コハクノツユガイ、フネガイ、ムラサキイガイ、ホタテガイ、キリガイ、イダマシ、リュウキュウアサリ、ヨーロッパアサリ、およびメガミナシノハナガイ	シモドセアは、淡水化されていない異形群そうであることを示しているが（生物群集の正常な状態）、ザルガイの存在は、淡水が補給されていることを示している。なぜなら、ザルガイの存在は、広塩性や広温性の干潟生物群集であることを特徴づけているが、しかし、同時にメガミナシノハナガイの存在も認められ、ザルガイの存在の特徴と矛盾している。
6	4.2	シモドセア・ノドサ チチュウカイミドリガニが ヨーロッパアサリ、フネガイ	チチュウカイミドリガニの存在は、海水が汚染されていることを示している。また同時に、他のサンプリングポイントよりもより大きな海水の動きがあることも示している
8	0.5	ヨーロッパワスレ、メガミナシノハナガイ、ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ ゴカイ ホタテガイ	ゴカイは、ヘモグロビンを大量に持っている種であり、それにより酸素を吸収することができる。それは、多くの泥性成分があり、環境が閉ざされていることを示している（メガミナシノハナガイ、ケリチウム）
9	3.6	ゴカイ コハクノツユガイ、ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ	ゴカイは、強い泥質の環境を示す。ホタテガイの存在は、静かな海中の泥状環境であることを示す（静かで保護されたな環境）

		タマキビガイ	
10	2.5	ヨーロッパアサリ、マテガイ、ケリチウム、ゴカイ	閉ざされた環境が、ゴカイとケリチウムの存在でわかる。
11	4.3	パラオニス科、ゴカイ、ヨーロッパアサリ、リュウキュウアサリ、フランスナミノコ	ゴカイは、強い泥状環境を示す。フランスナミノコとヨーロッパアサリの存在が、多くのトロパの補給があることを示している。
12	3.2	フランスナミノコ、ニッコウガイ科、ケリチウム、ゴカイ、パラオニス科	泥の成分が多いにもかかわらず、ゴカイは、ヘモグロビンが多い種であり、それにより酸素を吸収することができる

表 19: サンプルングポイントで観察された種のリスト

4.8.2 結論

この場所で観察した種や底質の組成と緊密さにより、この場所が、潮下帯上位階層の閉ざされた海中の砂泥質（SVMC）、またの名前を閉ざされた海中の表層砂泥質とも呼ばれる（SVSMC）ところの環境であることを示している。観察された異形群そうは、シモドセが生息する群そう（シモドセアはサンプリングポイント 5 と 6 にしか見ることができないが）、ヨーロッパアサリかメガミナシノハナガイ等の群そう、ホタテガイの群そう、ザルガイの群そうである（このザルガイの棲息は、海底に淡水の流れが存在することを示している）。

発電所廃水による因果関係であるが、その直接的なものと（廃水）と間接的なものの（堤防、導水路等）の絡み合ったインパクトの要素が、この Rades - La Goulette の臨海地の一部に密閉され、一部の場所（サンプリングポイント 5、9、10、11、および 12）においては殆ど完全に閉ざされた環境となっている:よって、これらのサンプリングポイントは、STEG 発電所の活動の直接的または間接的なインパクトをもっとも強く受けている場所であるといえる。

しかしながら、サンプリングポイント 8 のリップルマークから判断すると、大きな海水の流れ（深さ 0.5 メートル）の良い影響を受けてはいるが、しかしそれも、細かい成分と泥が堆積するのを防ぐには十分ではない。

第5章.プロジェクトの環境に対する予測可能な直接的・間接的・累積的影響分析

5.1. 概要説明

二軸コンバインド・サイクル発電所には、環境に対するいくつかの悪影響がある。各種設備において、天然ガスを主要燃料とする発電は汚染発生源となり、煙突からの煙、および海水への廃水、そのほか、騒音、固形廃棄物、化学薬品廃棄物、使用済みオイルを発生する。

ラデス発電所では、これらのネガティブな影響を最小化するため、特定の補償措置や緩和措置を定め、通常運転時、または事故発生時に発生するインパクトに備えている。

火力発電所運転時には様々な潜在的インパクトが生じる可能性があり、本章ではその問題を取り扱う。実質的影響を評価するため、**in-situ** 計測のほか、デジタルモデルによるシミュレーションが行われる。

- **in-situ 計測**: この活動は、高温排水やほかの発電所廃棄物の廃棄場所である海洋環境、および設備を設置する発電所や建物屋内にて行われる。海中での計測により、生態系の初期状態、または現在行われている冷却廃水のインパクトを確認が可能となるのみならず、汚染に対する廃棄場所の感度や脆弱性を評価することが可能となる。
- **デジタルモデル**: 既存のデジタルモデルにより計算され、**in-situ** 計測により結果が確認される。また、発電所からの廃棄物と放出が増加したときの影響評価も可能となる。モデリングは、大気中へのガス排出だけでなく、海中への廃水によるヒートアイランド現象に関しても行われる。

本章においては、建設段階における影響および運転段階における影響を取り扱う。

5.2. 各種インパクト

「影響」（エフェクト）とか「インパクト」という概念が明確にされなければならない。「影響」とは、プロジェクトの環境に対する客観的な結果を含まなければならない。インパクトとは、同じ条件における影響（ポジティブまたはネガティブ）の推定である。

本章では、ガスパイプの建設中、使用中、使用後に発生する可能性のあるさまざまな潜在的インパクトを紹介する。これらのインパクトの評価により、インパクトの予防、または補償手段を特定するための手立てとなる。

5.2.1. 直接的または間接的インパクト

影響評価調査は、計画の工事と整備に直接起因するインパクトだけに限定されてはならない。調査は、同様に、間接的インパクト、特に、直接的原因である施工の結果を持続させる、または修正するための他の工事に起因するインパクトを考慮しなければならない。一般的に、これらの間接的インパクトは、時空間的なずれを持ち生じる。

5.2.2. 一時的または永続的インパクト

調査は、時間的流れのなかでもインパクトを識別する。調査は下記の時間的インパクトを行う:

- トラックの通行、騒音、ほこり、振動、悪臭等の施工段階の一時的なインパクト、

- インパクトがより長く継続するが、徐々に減少し最終的に消滅するタイプのインパクト、
- プロジェクトとして、完全に除去する、削減する、少なくとも補償する努力をすべき永続的なインパクト。

5.3. プロジェクトを環境により良く適合させるための措置

5.3.1. インパクト削減または除去のための措置

5.3.2. 補償措置

除去することが不可能、または十分な削減をすることができないネガティブな影響を保証するための措置（例:社会資本建設、プロジェクトのために伐採した補償としての用地における植林等）である。

5.3.3. プロジェクト付随的措置

目的は、プロジェクトが誘発するポジティブな影響を最大活用する、またはその他の影響を制御することである。

5.4. 環境に対するプロジェクトの予測可能な直接的・間接的・累積的な影響分析

5.4.1. 工事中に発生する可能性のあるインパクト

プロジェクトの各コンポーネント建設段階において、工事が生じるネガティブ・インパクトで、特に、以下のような場合に発生するインパクト:発掘および掘削、伐採および表土剥ぎ、切土等。本章においては、発電所建設段階において発生する影響を詳述する。しかし、はじめに、主な建設段階について言及しておく:

- 基礎工事であり、発掘、土工事、および発電所構造物の基礎工事:これら施工には、重機の利用が必要となる（ホイールローダー、ブルドーザー、トラック等）。これらは局所的に騒音、塵埃、および敷地内での土工事により生じる特定廃棄物の堆積を生じる。
- コンクリート打ちこみ工事:これは、煙突や機械室やボイラー室の下部構造物のような構造物建設のために行われる。施工には、多量の建設資材（砂利、砂、セメント等）が必要となる。その結果、トラック、クレーン、コンクリートミキサー車のような可動建機が使用される。これら建機の運転や建設資材の使用は、騒音や塵埃を発生する。
- 金属資材を使用する工事:ボイラーやその付属部品は、金属骨組みで作られた堅牢な支持台を使用し建設される。骨組み建設に関するインパクトは、比較的小さい。
- 電気設備の設置と取付け:この段階での環境に対する影響はわずかであるが、人員の安全のために十分な注意が必要となる。

5.4.1.1. 土地に対するインパクト

予定されている工事はインパクトが限定的である。

その理由は:

- プロジェクトの影響が **STEG** の敷地に限られる
- 基本的に土質がセブカ（北アフリカ砂漠地帯の砂）で、農業生産性は低い
- 現在は、プロジェクト地区は工業地区である
- 基礎工事で発生する切土は、管理土砂置き場に運搬される

よって、土地に対する危険性は、事故による危険物流出（潤滑油等）および車両等の通行区域の表層地層変性に限られる。

5.4.1.2. 表層水に対するインパクト

プロジェクト地区が河川の下流に位置していることから、水流や表層水の質に対する建設工場のインパクトは全くない。しかしながら、冷却廃水用水路延長工事では特に注意が必要となる。

5.4.1.3. 地下水に対するインパクト

施工中における地下水層の質と水位への影響のリスクはない。理由は下記の通りである:

- 基礎深さが地下水の静水面に達することがない、
- 土地の非浸透性岩盤が浸透を防ぐ、
- 建設工事中に危険物を全く使用しない、
- 現場作業員は、近隣の市内に寝泊まりし、サイトにキャンプが設置されない、
- 現場調達品は、**STEG** のストックヤードに保管される。それにより発生する問題、特に液体廃棄物と固形廃棄物による問題を避けることができる。

5.4.1.4. 動物相に対するインパクト

プロジェクト地区が工業地帯であることから、動物は棲息していない。ラデス **C** ステージ拡張工事は、動物相に対するネガティブ・インパクトはまったくない。

5.4.1.5. 騒音と塵埃によるインパクト

各工程での施工には、重機（ホイールローダー、ブルドーザー、トラック等）の利用が必要で、局所的に騒音や塵埃が生じる。

よって、建設資材（砂、セメント、および砂利）の使用がそれらを運搬するとき、または保管するときに、塵埃が発生する。

塵埃の発生は、秋の風が特に強い時期に悪化すると思われる。それによるプロジェクト近辺が影響を受ける。そのため、建設資機材ストックヤード整備についてはよく検討する必要がある。

5.4.1.6. サイトで発生する廃棄物によるインパクト

発電所建設における各工程で家庭ごみ（残飯、パッケージ等）、植生残滓、建設資材の残り、鉄屑等の固形廃棄物が生じる可能性がある。これらの廃棄物は汚染源となるが、プロジェクトサイトが限られているため、管理するのはそれほど難しくはないと思われる。また、いかなる有害廃棄物は発生しないことに言及しておく。

また、現場スタッフのキャンプはサイト内に建設されないため、廃棄物の量も限られる。

5.4.1.7. 固形廃棄物のインパクト

発電所サイトにおいて、直接再利用可能廃棄物や特定部門で再利用または再活用可能な廃棄物について明確にする必要がある。家庭ごみやそれに類似するゴミは、収集された後、近隣のゴミ捨て場に捨てられる。

使用済みバッテリーや蓄電池の収集・再利用作業は、現在、チュニジアの2大ローカル製造業者により行われている。

5.4.1.8. 建機オイルのインパクト

建機の整備は許可された施設内でのみ行われるが、現場に設置された設備から発生するオイル交換のオイル漏れの可能性を否定することはできない。オイルは、直接廃棄した場合は、土壌の質と水源を変性する潜在的汚染源となる。

よって、整備作業員は、しかるべき場所（ガソリンスタンド）において作業を行い、潤滑油やエンジン用グリースで地面を汚染しないように気をつけなければならない。また、適切な条件においてこれらの油を回収し、SOTULUBに引き渡すようにしなければならない。

5.4.1.9. インフラおよび建設物に対するインパクト

プロジェクト影響地区におけるインフラ:既存発電所、地方道 RR33、ラデス港。

既存発電所を除き、施工中に塵埃、騒音、事故のケースにより損害を受けるインフラはまったくない。

5.4.1.10. 安全および衛生に対するインパクト

施工中には事故の可能性は否定できない。これはどの工事もおなじである。これらの事故は下記のような状況で発生する:

- 建機およびトラックの使用、
- 重い部品の取り扱い時、
- 金属資材を使用する建設工事、

- 運転開始前テスト

5.4.1.11. 雇用へのインパクト

このフェーズでは、発電所施工現場で土木工事が始まり、コンクリート大躯体工事のための人工が必要となり、工事進捗に伴い、その他の技術者、機械工や電気工が必要となる。こうした現場に必要とされる新規雇用は漸次的に行われる。

落札者が、全工事を直接的に、または共同契約者や下請け業者により間接的に実施することを保証するため、また一部の特殊工事および高度専門工事が、その他のチュニジア人または外国人雇用者により保証される。よって、ラデス発電所における新規雇用創出は、シミュレーションによると約 33 カ月間、約 500 人日の需要があると推定される。

雇用活動はピーク時まで漸次的に増加する。その後は、3 つの主要コンポーネント（土木工事、機械、電気）が完成するに伴い、漸次的に減少する。

現地人および外人の雇用活動開始は、徐々に行われ、STEG と落札者で作成した作業日程と施工計画ともに変化する。

5.4.2. 運転時に発生する潜在的インパクト

本章では、新規発電所の運転中に発生する可能性のあるさまざまなインパクトを紹介する。これらインパクト評価によりそれらインパクトを防ぎ、補償する（次章）ために必要な措置を決定することが可能となる。

運転中に発生する可能性のある主要インパクトは:

- 設備、
- 騒音と振動、
- 冷却廃水、
- 大気放出

によるものである。

5.4.2.1. 設備（ガス回路）

ガスタービンは、国が所有する配管網（ガスパイプ）を利用して運ばれる天然ガスの供給を受ける。減圧室がろ過および減圧を行い、その後バーナーに移される。

減圧室の利用は、安全基準に則り、環境へのインパクトがあってはならない。しかしながら、ガス漏れ、ガス処理設備または制御機器における異常は、環境保護と人員安全に関して重大な影響の出る可能性がある。ガス漏れによる主な危険性は、ガスが火器（または火花）に触れたとき起きる火災である。

5.4.2.2. 軽油回路

新規発電所で使用される 2 次燃料として使用される軽油は、積載量_____立米のタンクローリーにより供給される。

軽油は、貯蔵タンクとガスタービン間の供給回路を介してガスタービンに供給される。

軽油漏れが環境に悪影響を及ぼすのは明白であるが、事故による流出は、そのために用意された一時貯蔵タンク内に貯蔵されるため、表層水と海水の汚染の恐れはなく、また、水中に生息する、および生物学上の自然財産（植生、魚、鳥等）への危険性はない。

5.4.2.3. 化学薬品

新発電所運転開始時には、複数の化学薬品が使用される。これらの薬品は、洗浄水とともに中和用ピットに導かれ、廃水を現行廃水規準に従う水溶液に変えることを可能とする。処理後、排水は海中に廃棄される。

5.4.2.4. 油

オイルは 2 種類ある:様々なエンジン（ポンプ、タービン等）用潤滑油および変圧器用特殊オイルである。潜在的インパクトは、オイル交換時の流出の結果、例えば、水環境において、発電所集水管を介して海水中にオイルが流出する場合である。オイル流出事故によるインパクトは自然環境に対する 2 級汚染源とされている。変圧器のオイルは有害物資を含んでおり、公衆衛生上非常に危険である。

5.4.2.5. 影響を受けやすい環境に対する騒音と振動のインパクト

ラデス C ステージ発電所設備は騒音を発生しない。

事実、STEG は騒音レベルが作業場で許可された基準を超える設備を認めていない。また、発電所周辺での騒音レベルはほとんど感じる事ができない。

STEG によると、振動に関しては、すべての使用機器が基準に適合しており、発電所内部でも、発電所周辺においても問題となるような振動の発生はない。

5.4.2.6. 空気の質に対する大気放出の潜在的インパクト

ガスタービン運転中に発生する排気ガスは、燃焼室の天然ガス燃焼に因るものである。ほかの燃料（重油、石炭等）と比較するとタービンでの天然ガス燃焼による大気放出は、物質の種類の数に関しても、放出された汚染物質の質に関しても、軽度なものである。事実、天然ガスは、化石燃料より汚染が少ない。

燃焼ガスは、酸化窒素、硫黄酸化物、および一酸化炭素からなる。

コンバインド・サイクルにおける気体生成物である天然ガス燃焼に因る塵埃排出量は、他の一次エネルギー（石炭、石油、木等）のもの比べて少ない。ガスタービンは、大気中に含まれる塵埃の影響からタービンを保護するためのフィルターを備えている。よって、ガスタービンから放出される塵埃濃度は、大気中にもともと存在している塵埃濃度よりもはるかに低いもの

である。

発電所運転フェーズにおいては、煙突から排出される主要ガスは、燃料燃焼による生成物である。主な汚染ガスは、硫黄酸化物、窒素酸化物、および塵埃である。これらのガス排出により発生するインパクトは、以下のとおりである：

a. 硫黄酸化物

硫黄酸化物（SO_x）また硫酸ガスの植物に対する毒性はかねてより知られている。それら一酸化硫黄による被害は、乾燥して暑い年より、湿気が多く寒い年により多い。被害の特徴は、葉脈間の発生する薄茶色または赤茶色の染みであるが、葉脈そのものは影響を受けていない。また、葉の表面に堆積する粒子状または気体状の物資は気孔を塞ぐ、または同化表面を覆うことがあり、そのせいで、光合成減少により成長の低下が起きる。高濃度の二酸化硫黄に晒されると、その期間と人の抵抗力により症状の重さは異なるが、呼吸障害を起こすことがある。また、酸性雨や森林や植生の死滅という現象の最大の原因となっている。ほかの物質とともに、建築物劣化の原因となる。

b. 酸化窒素

酸化窒素は、酸素と高温の燃焼行程で生じる空気中の窒素との組み合わせで生成される。通常、自動車エンジンにより生成されるものが 3/4、固定された設備（あらゆる規模の燃焼施設や特定の産業プロセス、例えば硝酸窒素製造）により生成されるものが 1/4 である。二酸化窒素は、肺に有害な物質であり、慢性気管支炎を引き起こす。一酸化窒素は、その酸性による汚染性と光酸化汚染における役割で、二酸化硫黄に次いで、酸性雨に大きく関わっている。

c. 塵埃

塵埃の出所は様々である（産業施設または各種製品取扱）。塵埃は、木々の葉に堆積し、光の浸透率を減らし（成長抑制要因）、成長障害を引き起こす。二酸化硫黄との相乗作用で、健康に問題があるひとに呼吸障害を引き起こすこともある。

これら汚染物質は、新発電所から発生するが、よく検討された、適切なサイズの煙突から排出される。

煙突のサイズ（高さと径）および高排気速度により下記が可能となる：

- 高層大気中へ汚染物質を分散することを助長する、
- 二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素、二酸化炭素、および塵埃のような汚染物資の地上への影響を減らす、
- 発電所周辺からより遠隔の地区へと影響を遠ざける。分散された汚染分子は、空気中の酸素と触れることにより、化学組成を変化させ、残留汚染物質が地上に達する前に、自浄作用を生じる。

本調査の結果が、ラデス新発電所の大気中への放出物質は、健康や環境を脅かすことがなく、チュニジアの基準と国際基準を超えることもないことを裏付ける。また、本調査は、基準適合という観点から、より精度の高い予測を行うため、最悪の運転条件のケース・スタディーを経たことに言及しておく。

5.4.2.7. 表層水または地下水の質の変化と汚染物質

新発電所運転中は、地下水または表層水の質に対する影響または質の変化は表れない。

地下水に関しては、ポンプで吸入された水や廃水はコンクリート製の非浸透性の水路を流れる。

家庭排水に関しては、浄化槽に回収され、定期的にタンクローリーが浄化槽を空にする。

また、サイトの特質（塩類土壌）により、もともと地下水の物理化学的特性はよいものではなく（塩水）、そのため、地下水の質が著しく変化する危険性はない。

表層水は、新発電所の廃水は、既存のものと同じものである（汚染されていない海水）。これらの廃水は、海に排水される。

また、唯一のインパクトは、発電所冷却のため、ポンプで汲み上げられた加熱された高温の水であるが、排出口における温度差は摂氏数程度である。

5.4.2.8. 吸引タンク浚渫作業による影響

ラデス発電所の浚渫作業は、海水吸引タンクの底に沈殿した固形廃棄物を吸引する作業である。タンクが詰まった時や海水吸引の問題が発生した時に必要となる作業である。

浚渫作業の影響としては、特にタンクの底の固形廃棄物（沈殿物、藻、底に残る有機物等）の廃棄により、土地が汚染され（悪臭、黒ずんだ色）、周辺の観光に悪影響を与える可能性がある。



図 44: ポンプユニットのネットに溜まった沈殿物、藻等

5.4.2.9. 土地の質とその用途に対する影響

プロジェクト地区の土地の質と用途に対する変化は全く見られない。その理由は下記の通りである:

- ・ 元来、この地区が工業地帯である、
- ・ プロジェクトの影響が STEG の敷地内に留まる、
- ・ 計画用地の農業生産性は低い。

5.4.2.10. 主要リスク

発電所運転中における主要リスクは下記の通りである:

- 変圧器または軽油タンクの爆発、
- ボイラーの爆発、
- タービンのフィンの脱落、
- 減圧室でのガス漏れ発生、それによる火災、
- 天災発生、
- 地震。

5.4.2.11. 景観への影響

プロジェクト用地は、既存発電所の敷地内にあり、過去数十年間工業地帯であった。プロジェクト地区の全体的景観を占める主なものは、金属で建設された既存発電所、ラデス工業地帯、ラデス港、Cite Mallaha、およびラデス海岸である。

新発電所工事により生じる新構造物は、現在の景観に完全に溶け込むものである。実施される新たな整備は、既存のものと同じものである。よって、全体的景観は昔のものとは変わることはない。



図 45: 発電所とその周辺の全体図



図 46: ラデス A、B、および C 全体図

5.4.2.12. 社会経済的影響

a. 経済的影響

社会経済面のインパクトに関しては、本プロジェクト実施が、増え続ける戦略物資である電気需要に応えるため、電気エネルギー生産国家戦略に組み込まれるものである。

本サイト選択（既存のラデス発電所）は、プロジェクトの費用削減、および環境面の観点から考慮すると、国家経済にとって有利な条件である。

事実、既存発電所サイトを選択するという事により（計画の発電所は、現在稼働中発電所の拡張工事となる）、サイトの経営と活用に関して（新発電所工事に適した用地があるということ）、および既存発電所の設備とインフラ（ネットワーク、接続の可能性等）の利益を享受することが可能となる。これらの利点により、投資規模が最適化される。

現サイトが海に隣接しているということも、さらなる利点となる。なぜなら、海水は、発電所設備冷却のために欠かせないからである。

b. 雇用に対するインパクト

発電所運転フェーズでは、STEG が収集したデータによると、発電所創出雇用数は、2017年から下記のとおり、約90人のスタッフとなる：

- 運転要員:40人
- 整備要員:40人
- マネージメント要因:10人（技術検査およびロジスティック）

また、プロジェクトの2つのフェーズでは、他の会社により提供される役務（そのための人員数は正確に把握することはできない）に関する雇用から発生するその他の間接的効果があると思われる。これら作業には下記のものがある:発電所が必要とする大量のスチール生産作業、骨組み製造、電気設備、制御盤、金属加工、配管類、溶接、組立、表面処理等。これらすべての役務は、プロジェクトの外部で雇用を生み出す。各コンポーネントにおけるプロジェクトのニーズを満たすために間接的に関わる職能が必要となる。これらの職能は、チュニジア国内、または外国から得ることができる。

これと平行して、人員とその家族のニーズを満たすための補助的または補足的作業が生まれる。それは下記のようなものがある：

- 人員の輸送
- 飲食サービス
- 宿泊サービス
- 地元の業者により提供されるその他のサービス:衛生、商店、娯楽

よって、地方に経済的活力が生まれることが期待される。

これらのインパクトは、地元およびSTEGにとっても、プロジェクト実施への関心を高めるものである。

5.5. 結論

ラデス発電所 C ステージ建設プロジェクトは、この地区に経済的活力を生み、新規雇用を生み出し、収入創出に寄与する。

5.7. 海上でのホットスポット分布の研究

水環境における流体力学モデルは、デジタル分解能などの方法の開発により、水力学的機能の理解・分析・管理し、汚染が放出された時の予測をするのに非常に重要な役割を果たす。

実際にこれらのモデルは、起こった問題やその解決方法の複雑さにもよるが、水界生態系の管理に役立っている。

したがって、このセクションの目的は、数値テストによるラデス沿岸部のホットスポットの分布をシミュレーションし、スポットによる影響を最小限に抑えるための実験と解決策の提案である。このホットスポットは、ラデスにある **STEG** 発電所が海に放出する冷却水によって引き起こされている。

5.7.1. 温排水の特徴

ラデスの **STEG** 発電所は開放循環式冷却方式となっている。給水口から冷却用の海水を引き、若干水温の上がったものを海に放水する。ラデスのステージ **C** にあたる拡張計画では、同じ冷却システムに接続されることになるため、**STEG** は既存の土木建造物を活用できることになる。

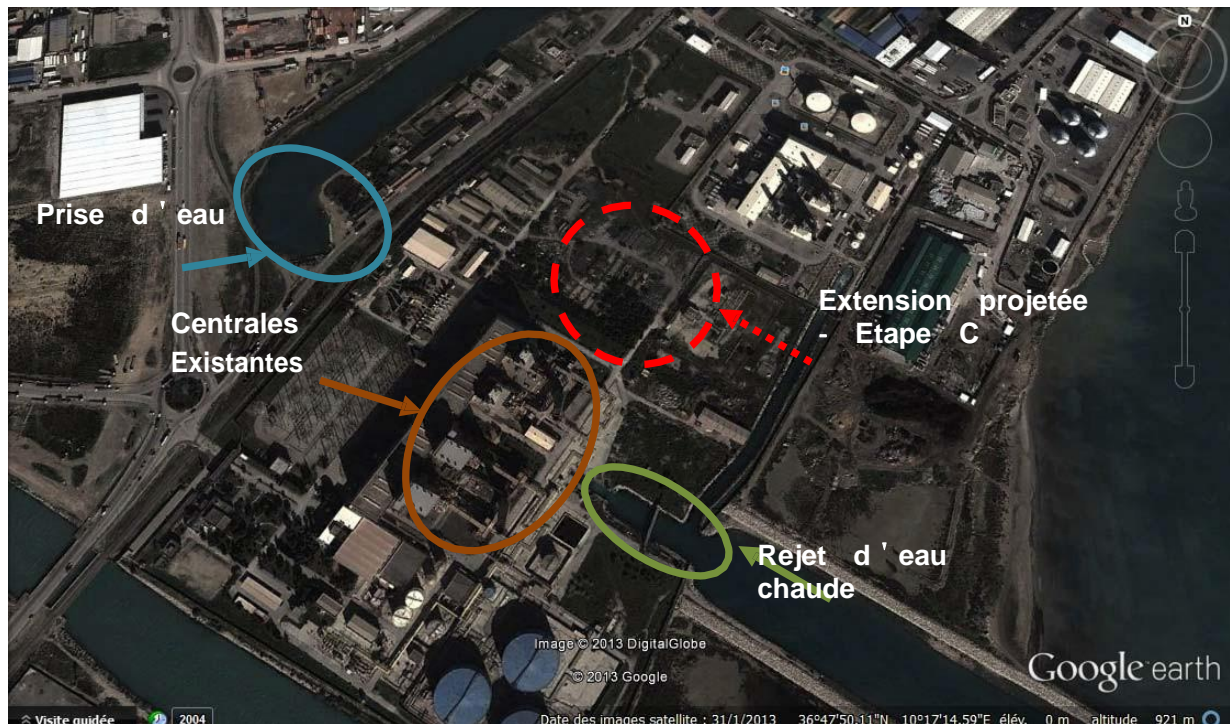


図 49: 発電所・給水口・排水路の位置情報

5.7.2. タイミングおよびシミュレーションモデルの結果

5.7.2.1 はじめに

水環境における流体力学モデルは、デジタル分解能などの方法の開発により、水力学的機能の理解・分析・管理し、汚染が放出された時の予測をするのに非常に重要な役割を果たす。実際にこれらのモデルは、起こった問題やその解決方法の複雑さにもよるが、水界生態系の管理に役立っている。

したがって、このセクションの目的は、数値テストによるチュニス湾のホットスポットの分布をシミュレーションし、ラデスにある発電所（STEG と CPC の発電所）及び STEG により計画されているステージ C によって引き起こされるスポットによる影響を最小限に抑えるための実験と解決策の提案である。

そのために、2次元ソフトウェア「表面水モデリングシステム」（SMS）を使用し、浅くあまり層別化されていない沿岸地域に適している、水位上に設置する2次元モデルである。このソフトウェアは、沿岸域の流体力学的機能をシミュレーションし、海上でのホットスポットの分散図と照合する。

ラデスの電力生産拠点は開放循環式冷却方式となっている。これらの発電所は、ナビゲーション運河から冷却水をポンプし、南方のチュニス湾ラグーレット北港と南チュニス湖の運河の間に放水する。

排水路の幅は約70メートルで、深さは約2.5メートルであり、熱い水を海側に遠ざけるための2つの堤防がその先にある。北に位置する堤防の長さは500メートルであり、南の堤防はそれよりも短く320メートルである。

ラデスのそれぞれの発電所の冷却水の流量及び廃棄水による過熱を以下の表にまとめる。表によると、放水された冷却水は、給水時の水温に比べると $\Delta T = + 5$ °C昇温している。

ラデスでのSTEGによるステージCの実現後は、チュニス湾に排出される水の総流量は67.8立方メートル/秒に達し、平均的に約 $\Delta T = 5$ °C昇温する（以下の表を参照）。

表 23:ラデス温廃水特性

	A&B ステージ	ラデス II (CPC)	建設予定 C ステージ	計
最大排水 流量	120 000 m ³ /h	88 000 m ³ /h	36 000 m ³ /h	244 000 m ³ /h
	33,3 m ³ /s	24,5 m ³ /s	10 m ³ /s	67,8 m ³ /s
加熱温度	+5 °C	+5 °C	+5 °C	+5 °C

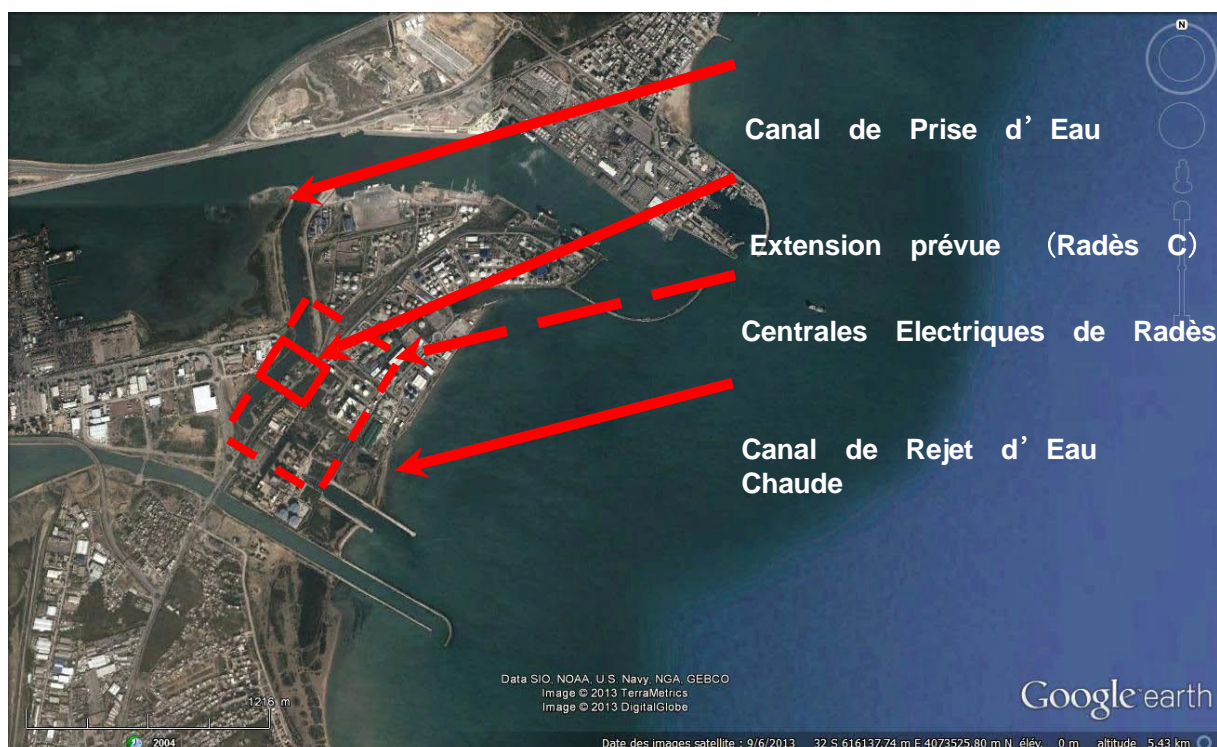


図 50 : ラデス火力発電所位置

ラデス火力発電所の温排水は、拡張工事後においても、海洋廃棄に関するチュニジア規格 (NT 106-02) を完全に順守しており、廃水温度が 35 °C を超えることはない。

しかしながら、海洋でのホットスポット拡散のシミュレーションを行い、その予測を行う。このシミュレーションの目的は下記の通りである：

- (1) 海洋におけるホットスポットの広がり の数量化 ；
- (2) 温排水が発電所冷却水取水用水路 (La Goulette 港と航行用水路) に戻ってくる危険性を評価する ；
- (3) チュニスの Lac Sud 内に温排水が侵入する危険性を調べる。

ホットスポット拡散シミュレーションをするために、チュニス湾全体を本調査の対象とする。これは、温排水の影響が届く可能性がないエリアまで拡大する。

シミュレーションは、SMS ソフト（表層水モデル化システム）を使用して行う。このソフトは、2次元計算方法であり、水深とリンクしており、比較的浅く、階層状になっていない場所に向いているソフトである。

以下、SMS ソフトの使用手順を紹介する。これにより、より現状に近いチュニス湾でのシミュレーション結果を入手することができる。

5.7.2.1. モデル構築:チュニス湾水深と格子作成

ここでは、当該場所のリアルスケールの形状と水深を入力して、調査領域における格子作成または構成要素のデジタル化を行う。まず、チュニス湾を格子状（三角または四角）に分割する。シミュレーションの必要性から、また領域境界における所定の境界条件のインパクトを減ずるために、チュニス湾全体をシミュレートすることを決定した。

この決定の理由は、火力発電所の廃水の影響（流体力学的にも温度という観点からも）が全く存在しないと確信を持てる地点まで達するという点にある。チュニス湾は、湾沖合で、Cap Farina から Ras Regbi を結んだ線によって境界が区切られている。湾の総面積は、約 1900 平米である。

GFGEN モジュールを使用して、現在手元にあるシミュレーション対象区域の境界条件と水深データを SMS ソフトにインプットした。49 図は、チュニス湾の図面であるが、水深測量地点をその地図に重ねたものである。シミュレーション対象区域の海底地形図が、ソフトにインプットされ、それは図 50 に示されている。チュニス湾の水深は、沖合では、120mNGT に達する。

その後、チュニス湾を格子状に分割した（これには、6 節点 2 次三角要素を使用）。こうして作成された格子は、図 52 に示されている。この格子は、ラデス発電所排水口付近ではより細かくなっている。それは、流体特性と熱特性の数値解析について、このホットスポットの影響を受けている場所でより正確を期するためである（図 51）。

図 51 と 53 は、SMS ソフトにインプットされた湾の形状が実際の形状に適合しているという
ことを示している (GoogleEarth)。

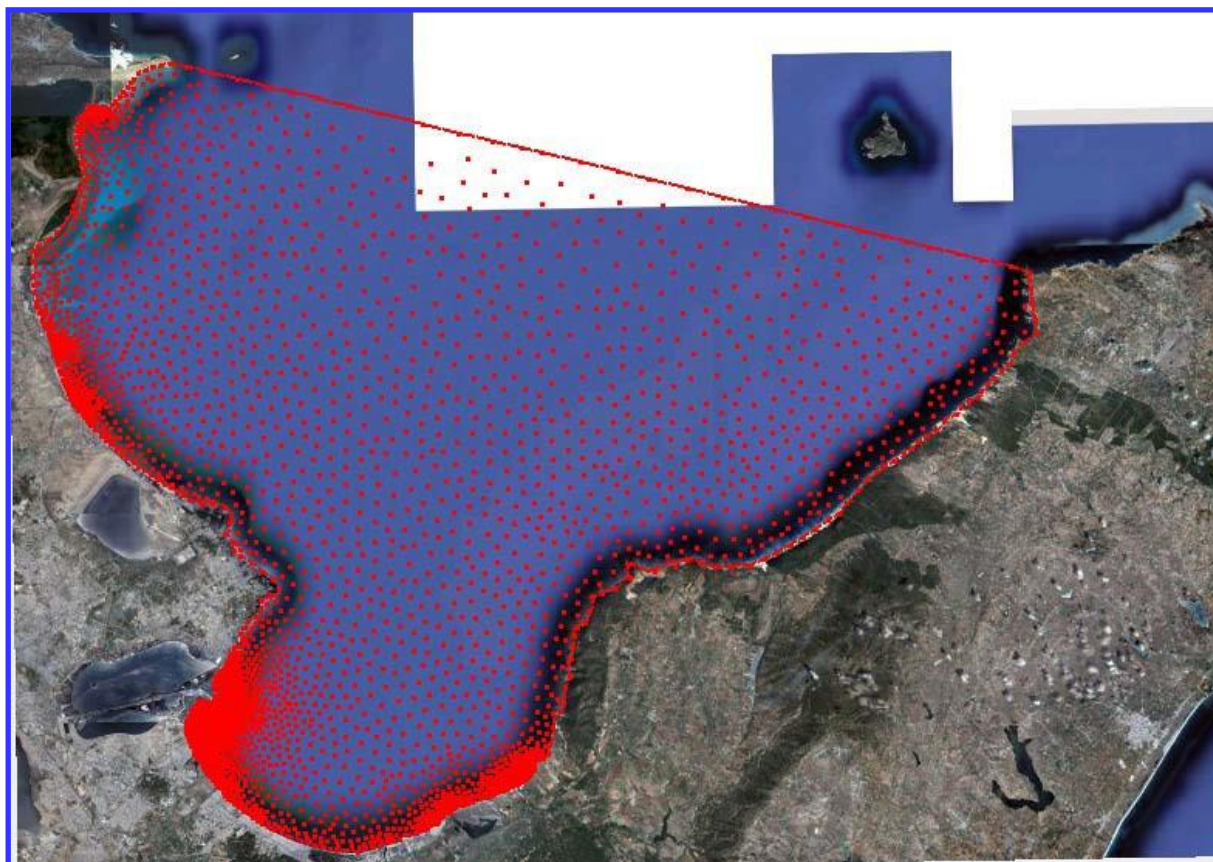


図 51:水深測量地点のチュニス湾地図上への落とし込み

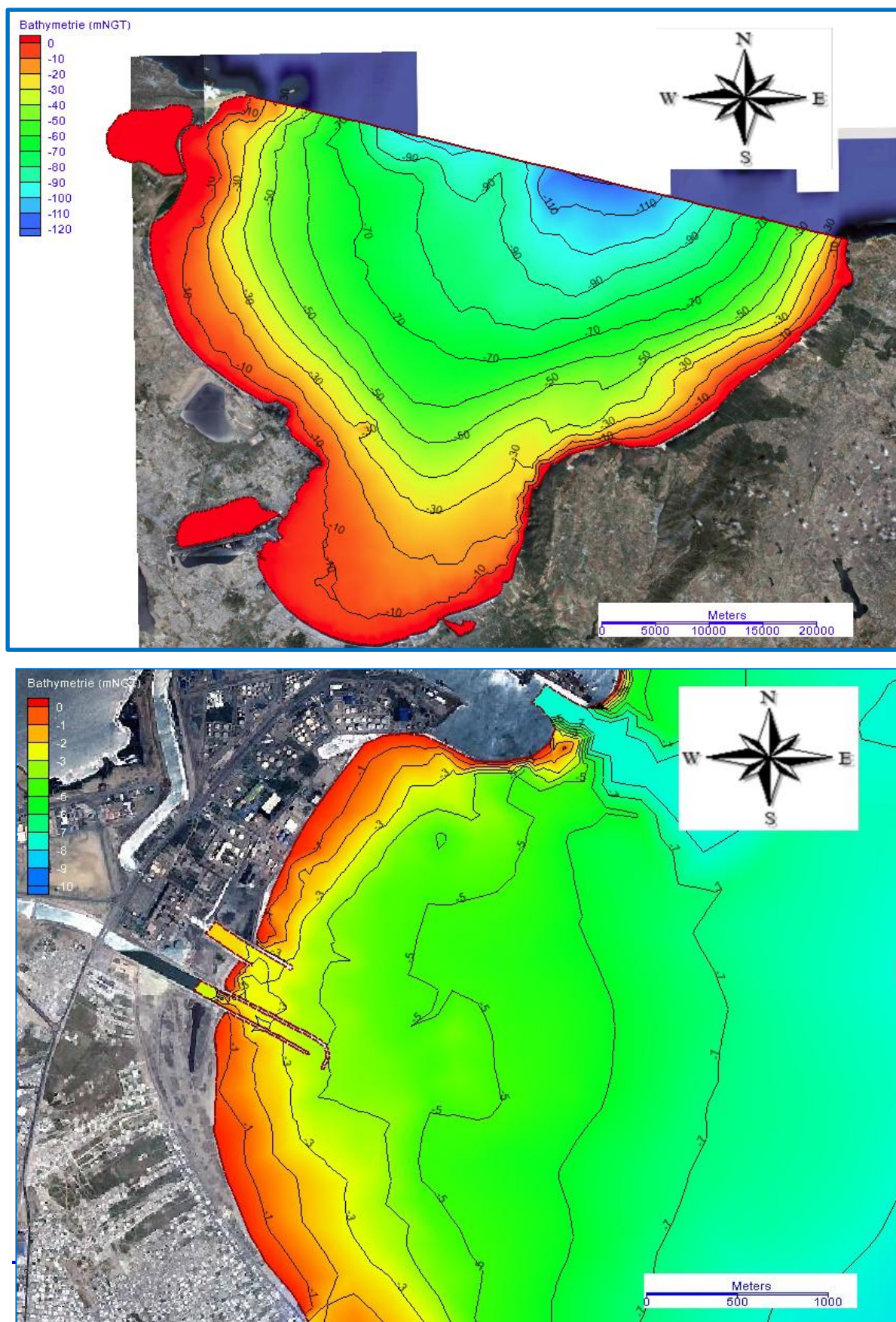


図 52:チュニス湾水深と排水口

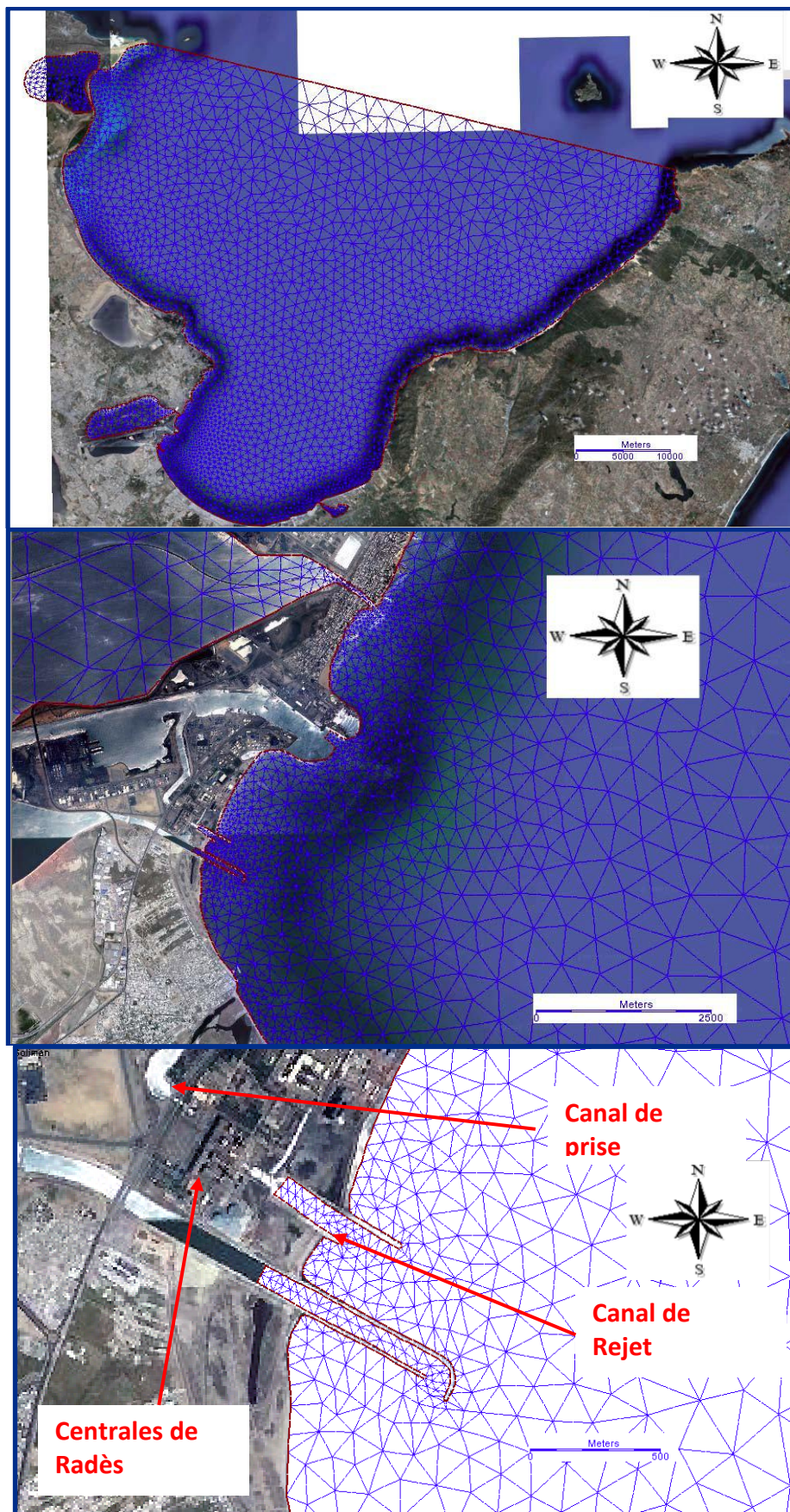


図 53:チュニス湾と排水口付近における格子

5.7.3. チュニス湾の流れのシミュレーション

5.7.3.1. モデルのデータ

チュニス湾形状をインプットして、格子作成を行った後、SMS ソフトの RMA2 モジュールを使用して、流体システムのシミュレーションを行った。以下、シミュレーションを実施するためにモデルにインプットしたデータに関する詳細な説明を記載する。

5.7.3.2. 初期条件

初期条件として、下記事項を仮定した:

- ✓ 当初は、海は静かであること；
- ✓ 全領域において初期流速がゼロであること；
- ✓ 当初、水面は水平であること。

シミュレーション開始直後、モデルは条件の更新をして、これら初期条件から離れる事を留意されたい。

5.7.3.3. 境界条件

チュニス湾流体モデルは、2種類の境界条件を必要とする:

- ✓ 排水路および干潟と海の接続部分の所定流量（チュニス Lac Sud）；
- ✓ 沖合での所定水位（湾と外洋の境界付近での所定潮位）

1 番目の条件に関して、所定流量は、ラデス火力発電所からの廃水の流量（一定した流量）であり、チュニスの lac sud と航行水路の地点で水のやり取りが行われている。

2 番目の条件に関して、湾の境界（外洋との）における海面の所定水位とは、平均潮位である。ここでは、下表に示された特性を使用した。これは、INSTM が Bizerte で行った測定（2002）により決定された基本的な潮の形態である。

Bizerte の潮汐主要要素 (INSTM, 2002)

	形態	時間(T)	大きさ(A)、(m)	位相 (°)
1	M2	12.42	0.083	276.49
2	S2	12.00	0.042	298.27
3	K1	23.92	0.029	189.84
4	O1	25.83	0.019	134.86

本表の M2, S2, K1, および O1 は、4つの主要な潮汐形態である:

- ✓ M2 : 平均的月相での通常の潮汐 (大体このパターン) である。太陰日 (12 時間 24 分) 中に 2 回の満潮と 2 回の干潮、
- ✓ S2 : 平均的太陽相による潮汐。太陽日 (12 時間) 中に 2 回の満潮と 2 回の干潮がある。
- ✓ K1 : この潮汐の原因は、月と太陽の傾きの変化にある。恒星日 (23 時間 56 分) につき、1 回の満潮と干潮がある。
- ✓ O1 : この潮汐は、月の傾きの変化が原因である。太陰日 (23 時間 52 分) につき 1 回の満潮と 1 回の干潮がある。

潮汐 $Z(t)$ による水面の変化は、下記式による計算される:

$$Z(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^4 A_i \cos\left(2\pi \frac{t}{T_i} + \frac{\phi_i}{360}\right) \quad (1)$$

この式中、 Z_0 は平均水位、 A_i 、 T_i 、および ϕ_i はそれぞれ潮の大きさ、周期、および月相、 (i) は潮汐の形態、潮汐 ($i=1$ à 4:上記表参照)、および t は時間である。海面の平均水位は、 $Z_0=+0,14\text{mNGT}$ であることに留意されたい。

図 54 は、14 日間で記録された水位変化曲線である。

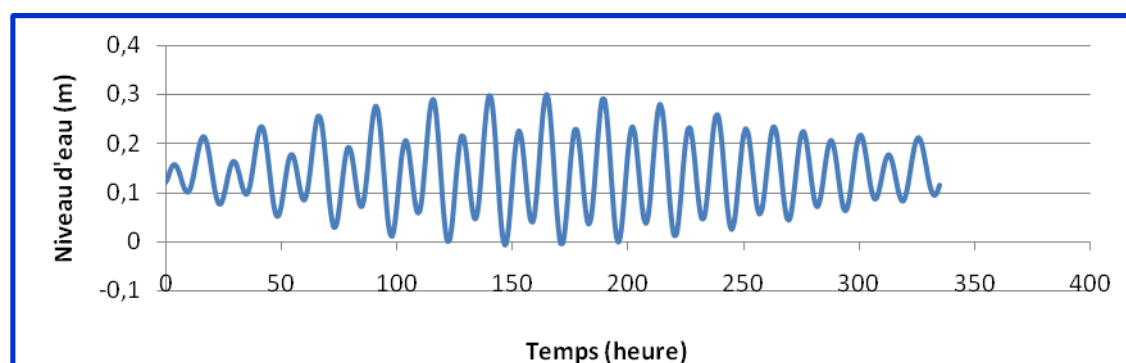


図 54:14 日間チュニス湾の境界上で記録された平均潮汐

5.7.3.4. モデルパラメータ

流体モデルの方程式による数値解析に必要な主要パラメータは以下のとおりである:拡散係数、Manning 係数 (海底の粗度) である。これらのパラメータは、現場計測に基づくモデル調整により決まる。現場計測データがない場合、参考図書からデータを入手した。

また、SMS は、動的モード（定常ではない）の計算のために、ほかのパラメータを必要とする:時間間隔、反復計算精度、各時間間隔における最大反復数、およびシミュレーションの継続時間。

本調査で採用された値は下記の通りである:

- ✓ シミュレーション時間:336 時間（14 日間）
- ✓ 時間間隔:tit=0.25 時間
- ✓ 水深に関する反復計算精度: $\epsilon = 0, 0005 \text{ m}$
- ✓ 各時間間隔における最大反復数:NMAX = 10

5.7.4. チュニス湾流体シミュレーション結果

図 52 の格子を使用して、複数の風向き（シナリオ）を想定し、チュニス湾の流れのシミュレーションを行った:

- ✓ シナリオ 1:潮汐要因のみのシミュレーション（無風想定）；
- ✓ シナリオ 2:風力 6 m/s の東風と潮汐；
- ✓ シナリオ 3:風力 9 m/s の西風と潮汐。

5.7.4.1. シナリオ 1 の結果（無風下）

このシミュレーションでは、地球の自転に関するコリオリ加速度（緯度は 38 度と仮定）と潮汐のみを考慮した。風の影響は考慮していない。

本シナリオは、風のない静かな時の場合に一致し、流れを発生する唯一の要因は潮汐波の拡散のみである。

シナリオ 1 の場合の上げ潮時と引き潮時におけるチュニス湾において算出された速度場は、図 55 と図 56 にそれぞれ表示されている。図 57 は、ラデス発電所の廃水地区において算出された速度を示している。

これらの図を分析により湾全体において流れは微々たるものであることがわかる（航行水路、干潟（Ghar El Melh、Soliman、チュニスの lac nord et lac sud）と海の接続部分、およびラデス発電所の廃水地区は除く）。

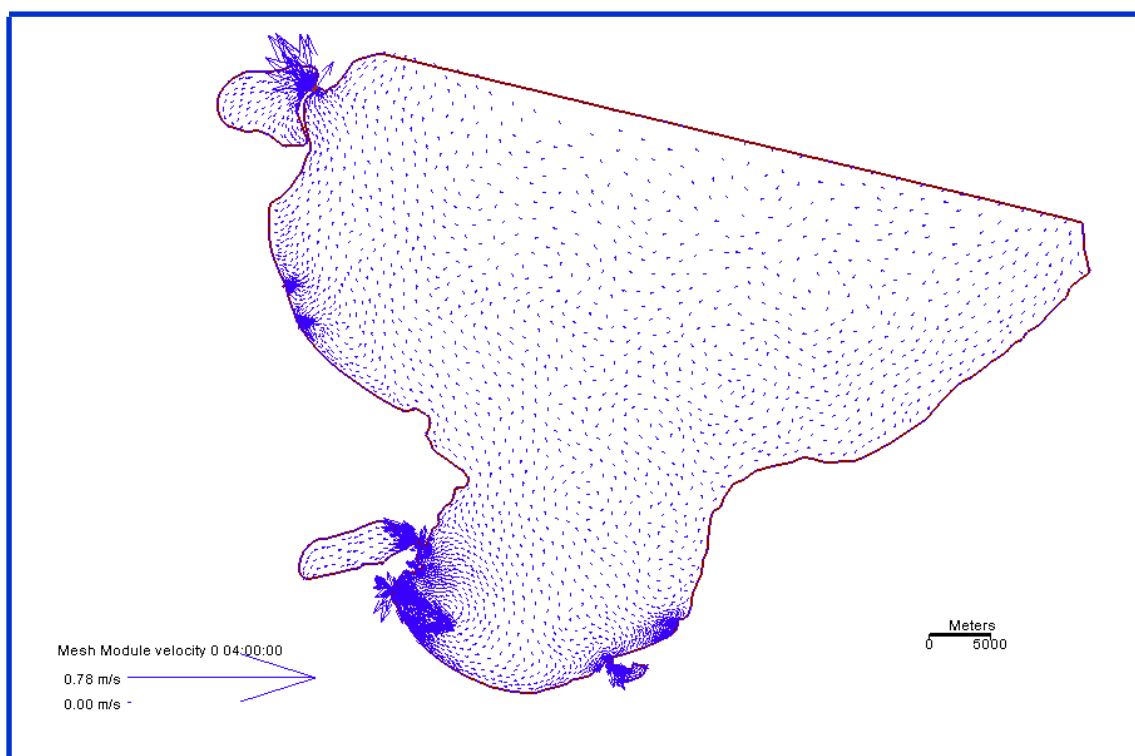


図 55:シミュレーションによるチュニス湾の流れの速度（上げ潮時；無風状態）

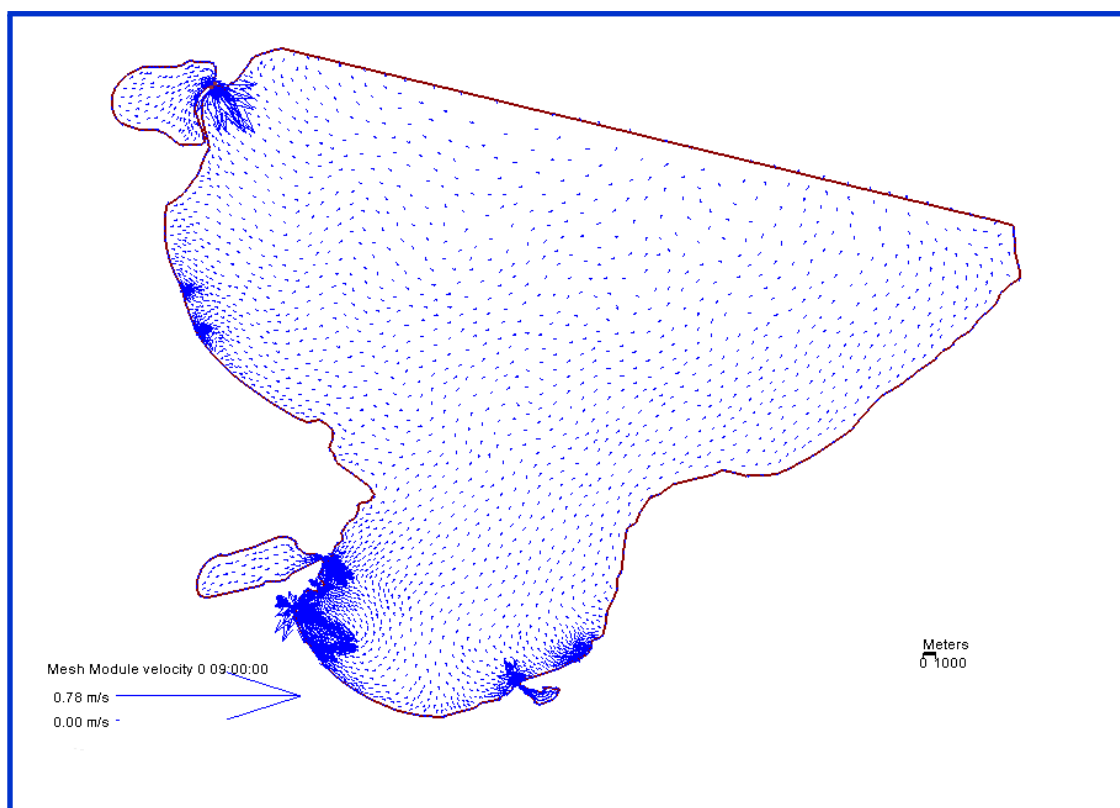


図 56:シミュレーションによるチュニス湾の流れの速度（下げ潮時；無風状態）

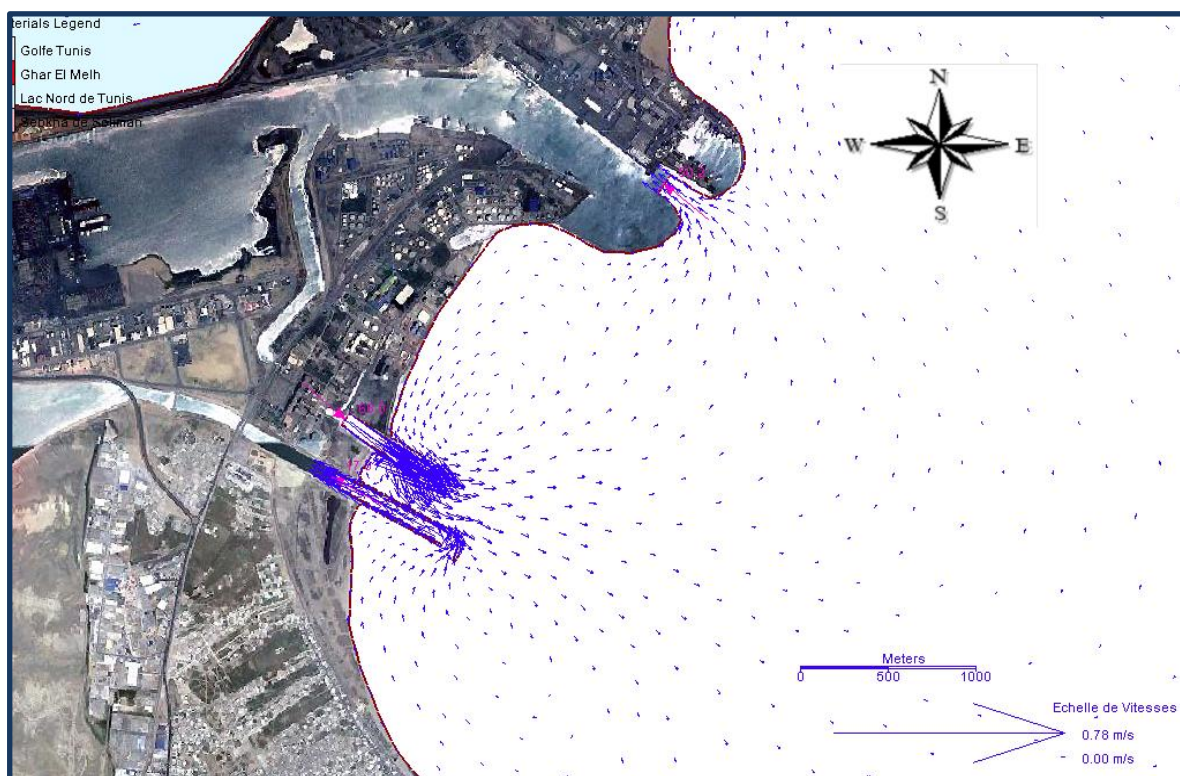


図 57:ラデス発電所排水口付近でのシミュレーション（無風状態）

5.7.4.2. シナリオ 2 の結果:風力 6 m/s の東風下でのシミュレーション結果

このシナリオは、風力 6m/s の東風下でシミュレーションを行ったものである。夏季に主に吹く風である。

第 1 のシナリオとは異なり、この場合は、潮汐は、湾の速度分布に影響を及ぼす主たる要因ではなく、風が主な要因となる。事実、風が回転流を発生させる:湾の西側とチュニス小湾において時計周りの方向、湾中心部と東側では、反時計回りの方向となっている。この現象は、湾の西側沿岸部とチュニス小湾でより顕著になる（図 58 と 59）。

この流れは、上げ潮時においても、また引き潮時（それぞれ図 58 と図 59 を参照）においても同様であることに言及しておく。

ラデス発電所付近では（図 60）、東風が時計と反対周りの回転性の循環を引き起こす。この流れは、航行水路とチュニスの Lac de sud の水路で南に向かい、その後、沖合に向かって流れている。この流れは、温排水の沖合への拡散を助長する。

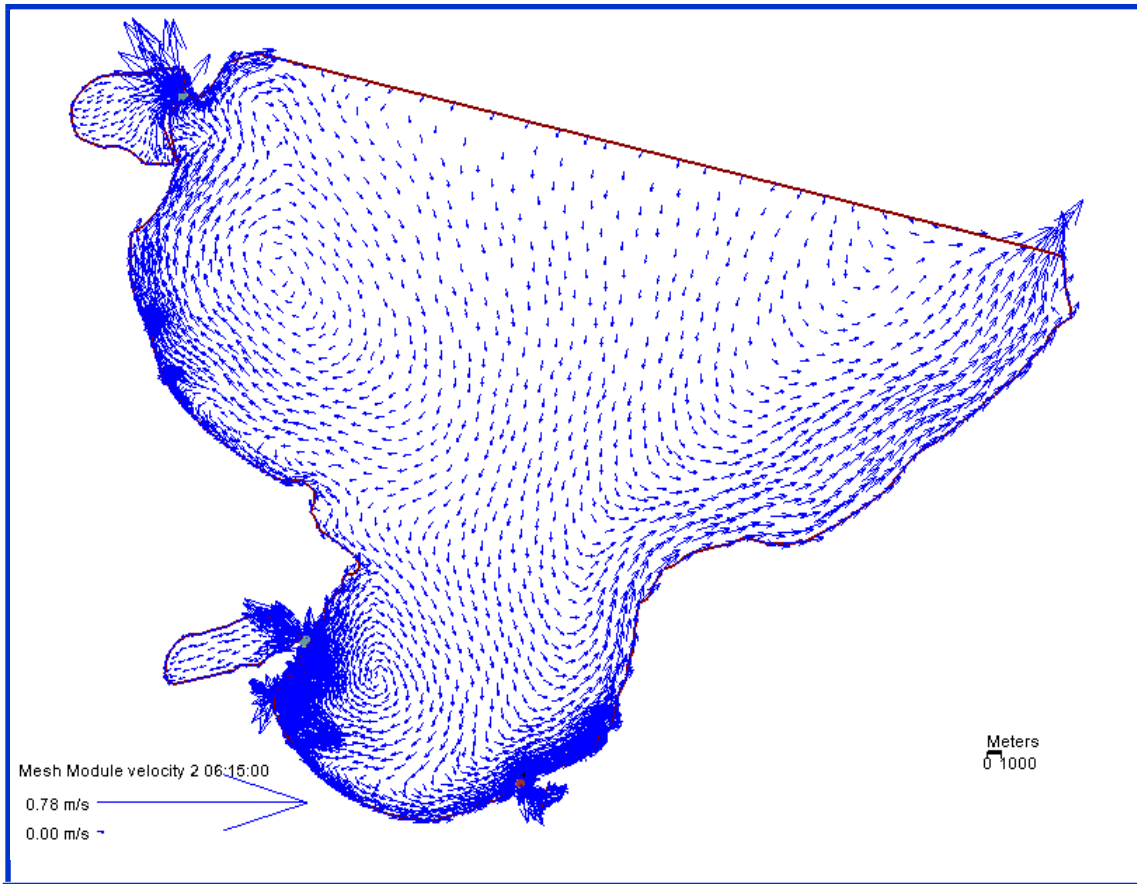


図 58:チュニス湾での流れのシミュレーション (上げ潮; 東風)

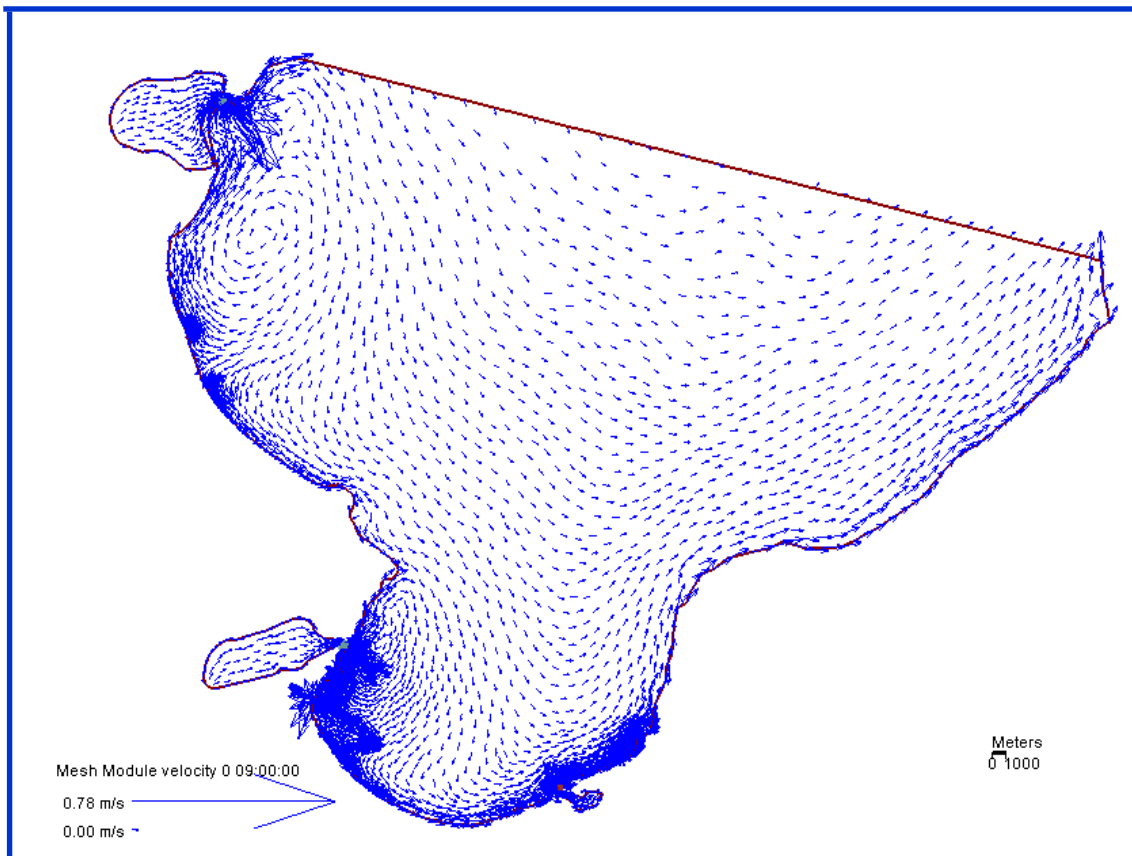


図 59:チュニス湾での流れのシミュレーション (引き潮; 東風)

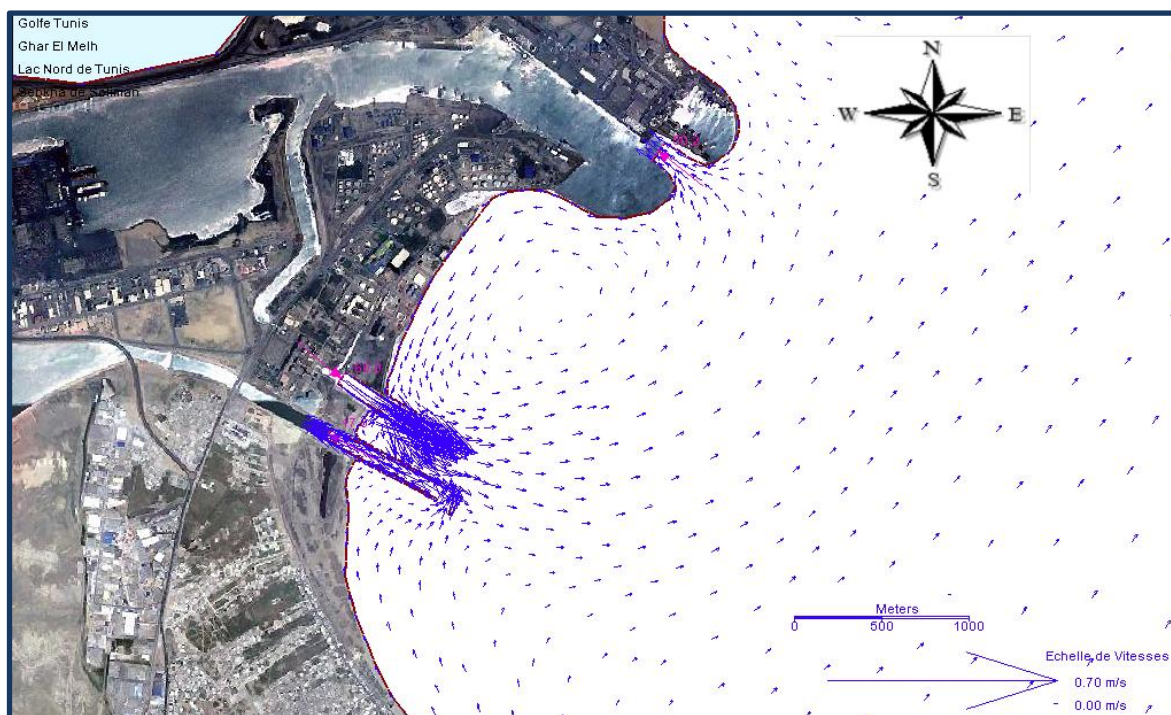


図 60:ラデス発電所排水口付近でのシミュレーション（東風）

5.7.4.3. シナリオ 3 の結果:風力 9 m/s の西風下でのシミュレーション結果

このシナリオはチュニジア北部（山脈地帯北側）、特に調査対象地域である「チュニス湾」でもっとも多いケースである。つまり、風力 9 m/s の西風が吹いている場合である。

前記シナリオと同様に、流れは、上げ潮時も引き潮時も同じ方向に流れる。図 61 と図 62 は、それを示している。

しかしながら、西風は湾の形状に沿って海岸に平行に流れる。湾の中心部では、流れは、時計と反対周りに流れている。その反対に東側ではその反対となっている（図 61 と図 62）。

ラデス発電所の排水口付近では（図 63）、排水口における流れは西風の影響で向きが変わり、航行水路とチュニスの Lac du Sud の間を流れる。この流れは、温排水が航行水路に還流するのを助長する。

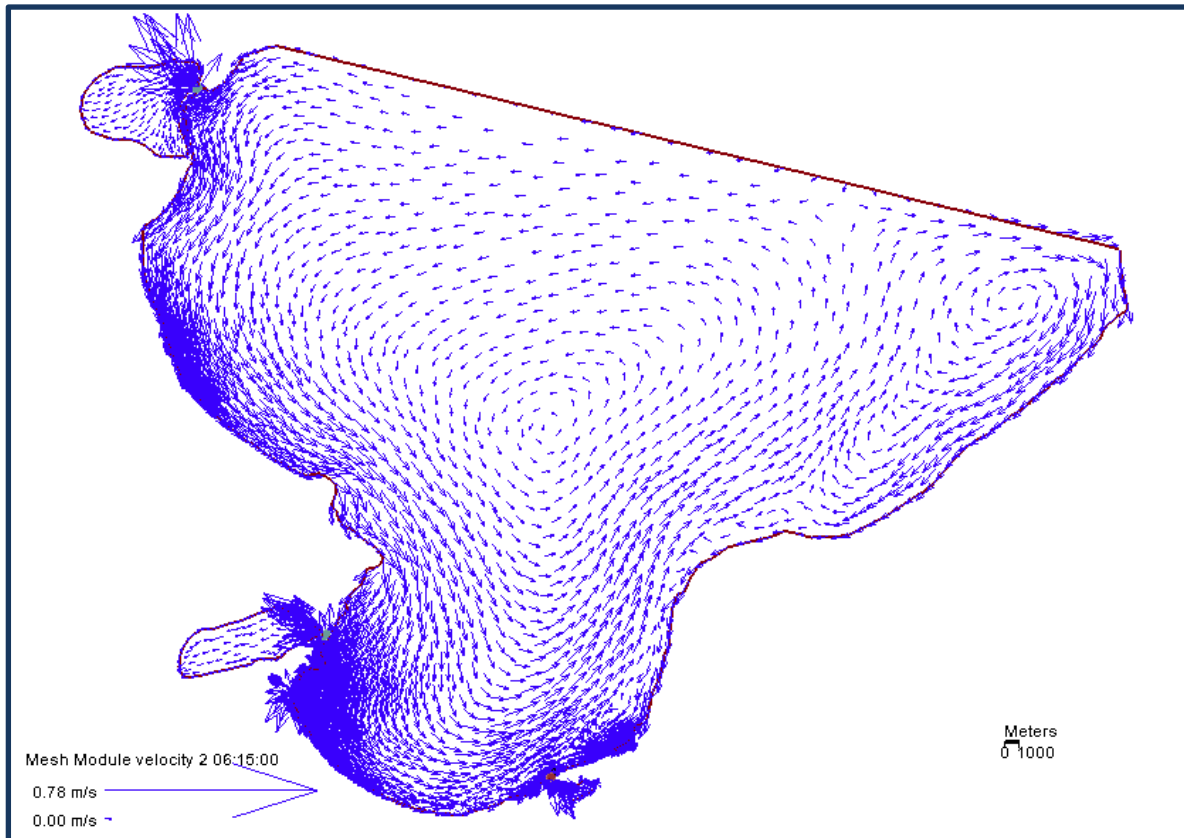


図 61:チュニス湾での流れのシミュレーション (引き潮; 西風)

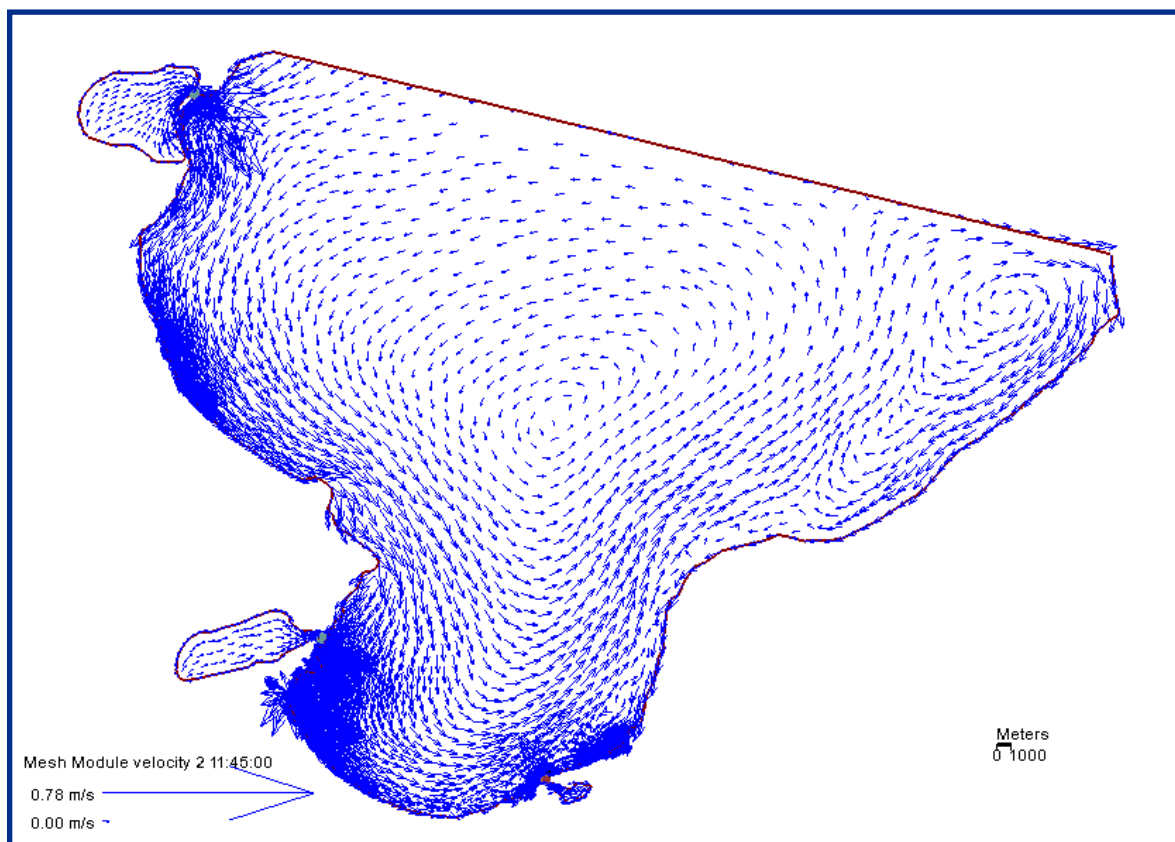


図 62:チュニス湾での流れのシミュレーション (引き潮; 西風)

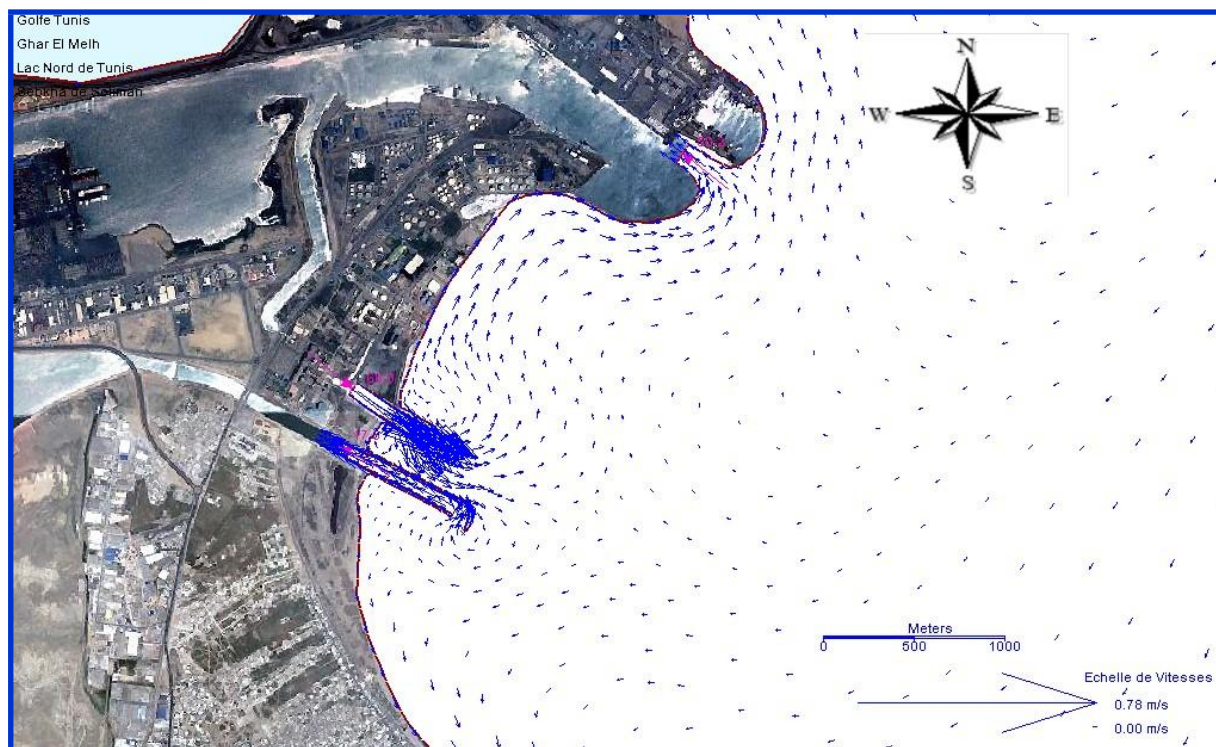


図 63:ラデス発電所排水口付近でのシミュレーション（西風）

5.7.5. 湾内の流れに関する結論

2次元モデルの SMS ソフトにより、調査地区で最も多い気象条件におけるチュニス湾の流れのシミュレーションを行った。このことから、もっとも可能性の高い条件下でのチュニス湾内の流れの構造を理解することができた。

これらのシミュレーションは、特に、チュニス湾においては風（もちろん風がある場合であるが）が流れを生み出す主要な要因であることを示している。言い方を換えれば、風向きと風速および本地区での海水の流れとの間に、相関関係があるということである。

この気象要因がない場合は、潮汐が流れを生み出す原因となるが、この場合は、沿岸における流れは弱い。

ラデス発電所においてシミュレートされた流れは、風の影響を受け、それにより温排水の拡散が行われている。

5.7.6. 湾内ホットスポット拡散シミュレーション

現況のシミュレーション（流速 57.8m³/s ）

5.7.6.1. 熱的モデル調整結果

流体システムシミュレーション後、海におけるホットスポット拡散シミュレーションを行った。そのために、流体シミュレーションの結果が使用される。

はじめに、ラデス発電所排水路の反対側の沿岸部でホットスポット拡散シミュレーションの数値モデルの調整を行った

2013年9月27日にこの地区で温度を計測し、おおざっぱな水温を確かめた。それによりホットスポット拡散モデルパラメータの調整を行った。もっとも重要なパラメータは、大気との熱交換による海水の冷却率に関するものである。

ラデス発電所の廃水流量は、現在 $57,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($208,000 \text{ m}^3/\text{h}$) であり、水温は、海水温度（冷却水取水口における温度）より約 5°C 高くなっている。モデル化により海水の初期温度に対する温度勾配（ホットスポットまたは水温上昇）拡散のシミュレーションを行った。シミュレーションは、2013年9月27日の流量と風を含む流体システムと関連付けられ、温度変化の定常的解を求めるために、14日間の期間を想定してシミュレーションを行った。

複数のテストにより得られたもっとも良い結果が図 64、65、および 66 に示されている。これらの図では、受容環境における水温上昇等価曲線により、シミュレーション結果を表している。これらの図は、それぞれ、廃棄 12 時間後、1 日後、14 日後のホットスポットの変化を示している。

図 66 は、モデルにより、2013年9月27日に行われた計測を全体的に再現したものであるが、モデルでは計測に比べて若干温度を低めに設定している。これは、排水路付近の海域が若干温度階層状となっているためである（温度計測参照）

これらの図は、計測時に吹いていた東風の影響により、またチュニスの Lac du Sud の堤防の存在により、流れは主に南に向かっていることから、温排水は沖合に向かって流れ、沿岸部から離れる傾向があるということを示している。

また、図 64 から図 66 までの結果により、ラデス発電所の温排水が冷却水取水路（航行水路）に還流せず、チュニスの Lac du Sud に侵入しないことが確かめられた。

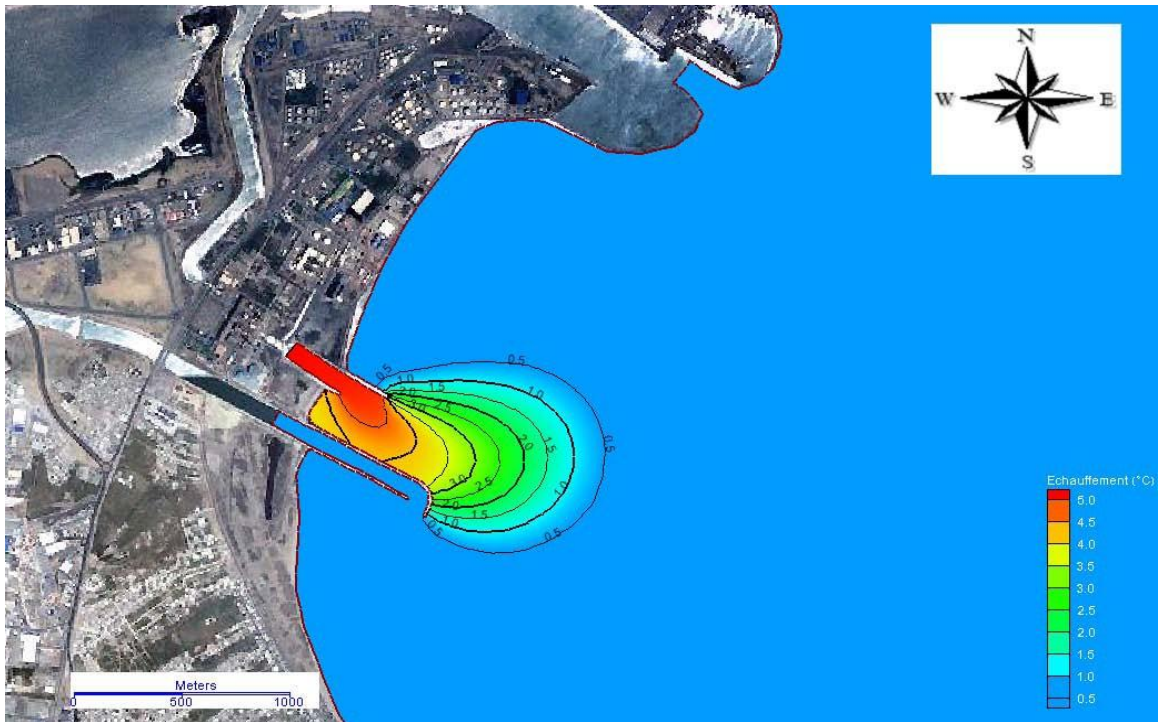


図 64:海水温度上昇等価曲線 - 2013 年 9 月 27 日のモデル調整結果、廃棄 12 時間後

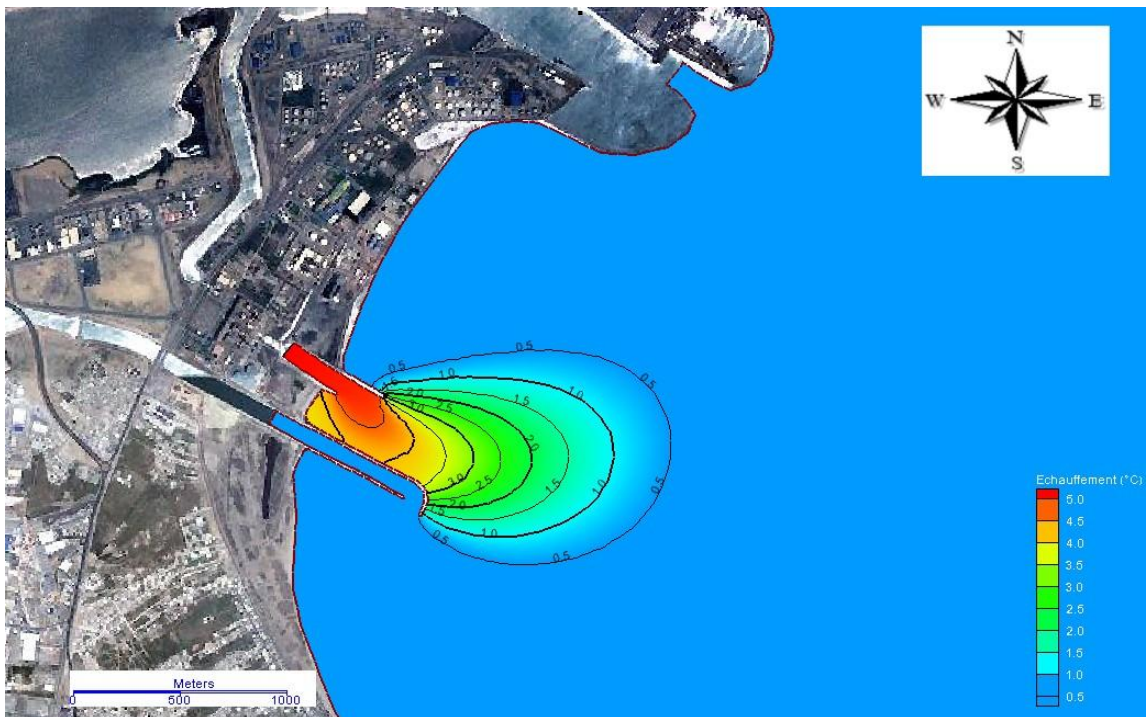


図 65:海水温度上昇等価曲線 - 2013 年 9 月 27 日のモデル調整結果、廃棄 1 日後

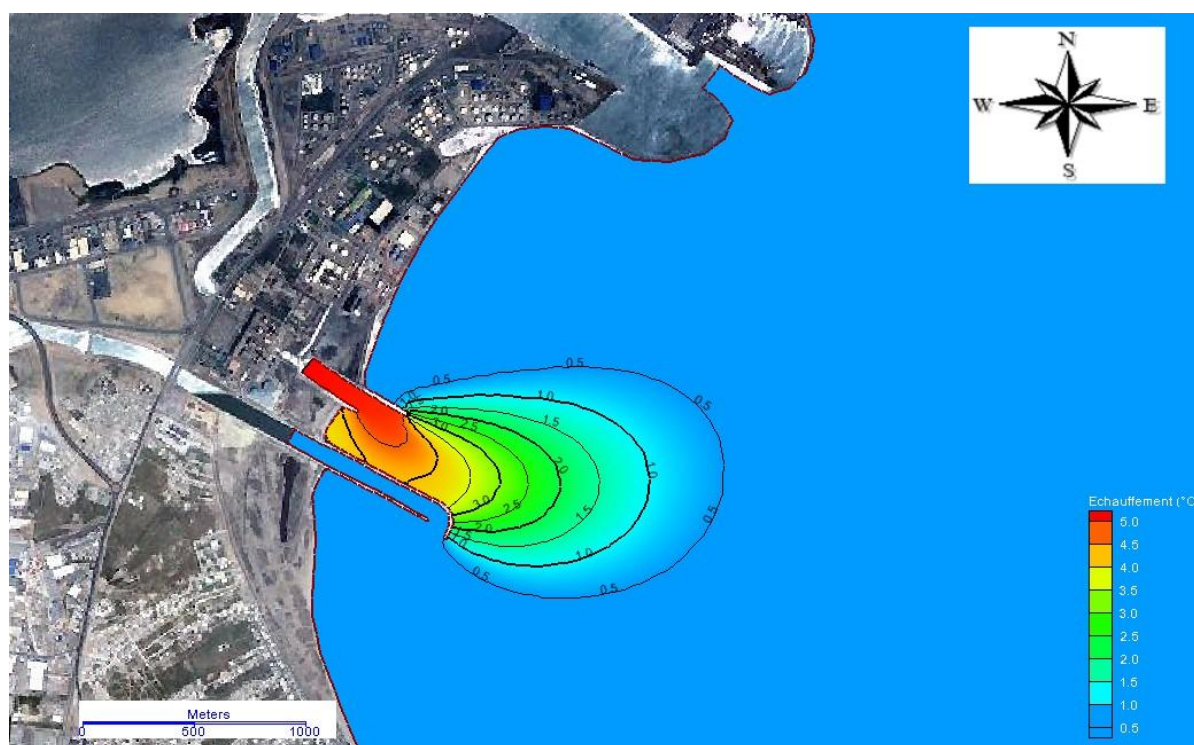


図 66:海水温度上昇等価曲線 - 2013 年 9 月 27 日のモデル調整結果、廃棄 14 日後

シミュレーションにより、シミュレーション開始、数日後に定常状態になることが確認された。したがって、以下、14日後のシミュレーション結果のみを説明することとする。また、結果比較を容易なものとするため、下記シミュレーションの結果の図には同じスケールを使用していることに留意されたい。

5.7.6.2. 西風下における現況のシミュレーション結果

上記のモデル調整の後（ほぼ良い結果を得たと思われるが）、現在の流速と西風という条件のもと、ホットスポット拡散のシミュレーションを行った。チュニス小湾の流れのシミュレーション結果が示すように、西風が排水路付近において航行水路に向かう流れを引き起こしている（図 63 参照）。この風は、温排水が沖合に向かって流れるのを妨げている。よって、西風という条件下で温排水のホットスポット拡散をシミュレートした。結果は図 67 に示されている。この図は、図 66 と比べて、ホットスポットの広がりの方が大きいことを示している。事実、海岸付近の北に向かう流れにより、温排水は、臨海地区にもどり北側の航行水路とチュニスの Lac du Sud に向かって流れている。予測していた通り、西風は温排水の沖合への流れとその希釈を妨げるものである。

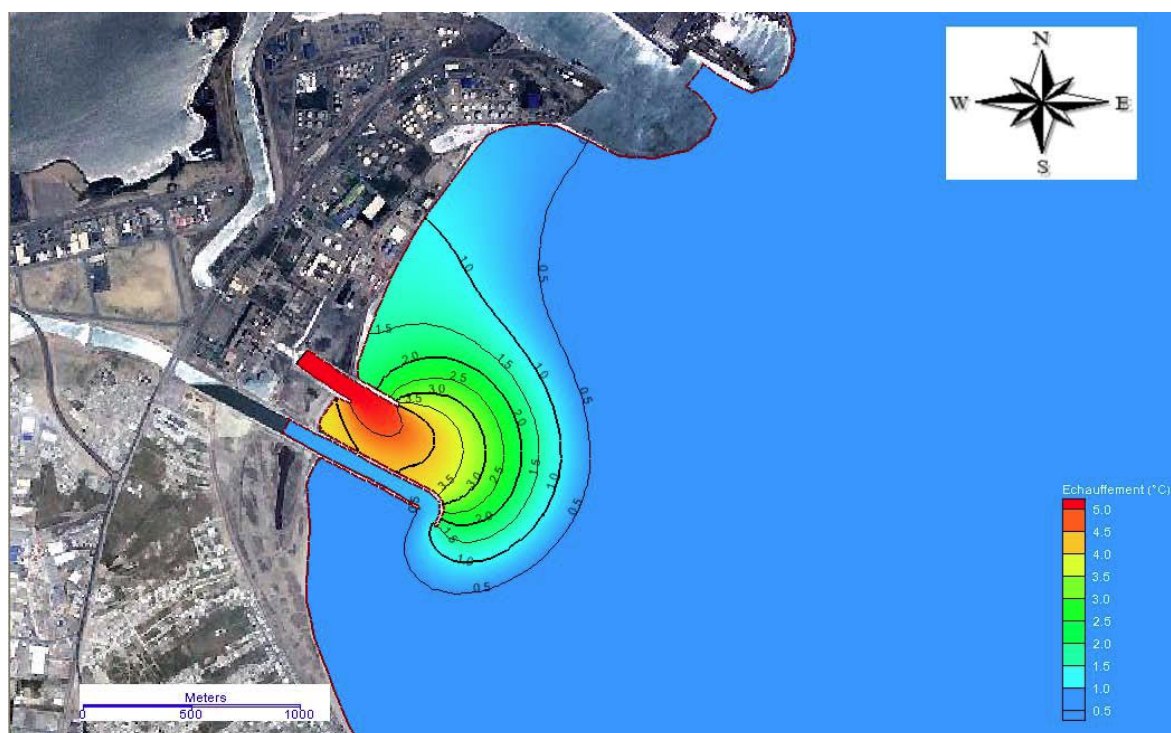


図 67:海水温度上昇等価曲線:現況および西風という条件下

下表は、温排水の影響を受けて変化した海水温度が上昇した（+4° C、 +3° C、 +2° C、 および+1° C）海面面積を示しており、これは上記の 2 つのケースと現況という条件に基づいてシミュレートしている。

現況:温排水の影響を受ける海面 (ha)

温度(初期温度に対して)	計測日 (27/9/2013)	西風の場合
+4 °C	13	18
+3°C	22	30
+2°C	31	51
+1°C	70	100

この表からもわかるように、+2°Cという温排水は、排水路付近にとどまる。事実、この条件の温排水の影響を受ける地区の面積は、50ha に達する。また、+1°Cという条件では、影響を受ける地区の面積は 100ha に達する。

図 67 の結果によると、温排水は、航行水路に近づくが（La Goulett 港）、侵入はしないことがわかる。

排水路の南側では、わずかではあるが、チュニスの Lac du Sud に達している。しかしながら、この湖に侵入する温排水の影響は微々たるものである。

5.7.7. 拡張工事後の影響シミュレーション（流量 67, 8 m³/s ）

以下、STEG が予定している拡張工事後のホットスポット拡散シミュレーション結果について説明する。前述したとおり、ラデス C ステージ拡張後は流量が現在の 57, 8 m³/s から 67, 8 m³/s に増加する。これにより取水口の水温に対して温排水の温度が 5°C 上昇する。

これについても、前と同様に 3 つのシナリオ（無風、東風、および西風）を検討した。これらの結果は、その結果そのものを比較するとともに、現況との比較も行う。

5.7.7.1. 無風の場合のシミュレーション

無風の場合は、排水の流速を除き、チュニス小湾の流速は低い（図 57）。したがって、温排水は沖合に流れ、希釈されると推測される。この推測は、シミュレーションにより確かめられた（図 68、廃棄 14 日後の結果）。

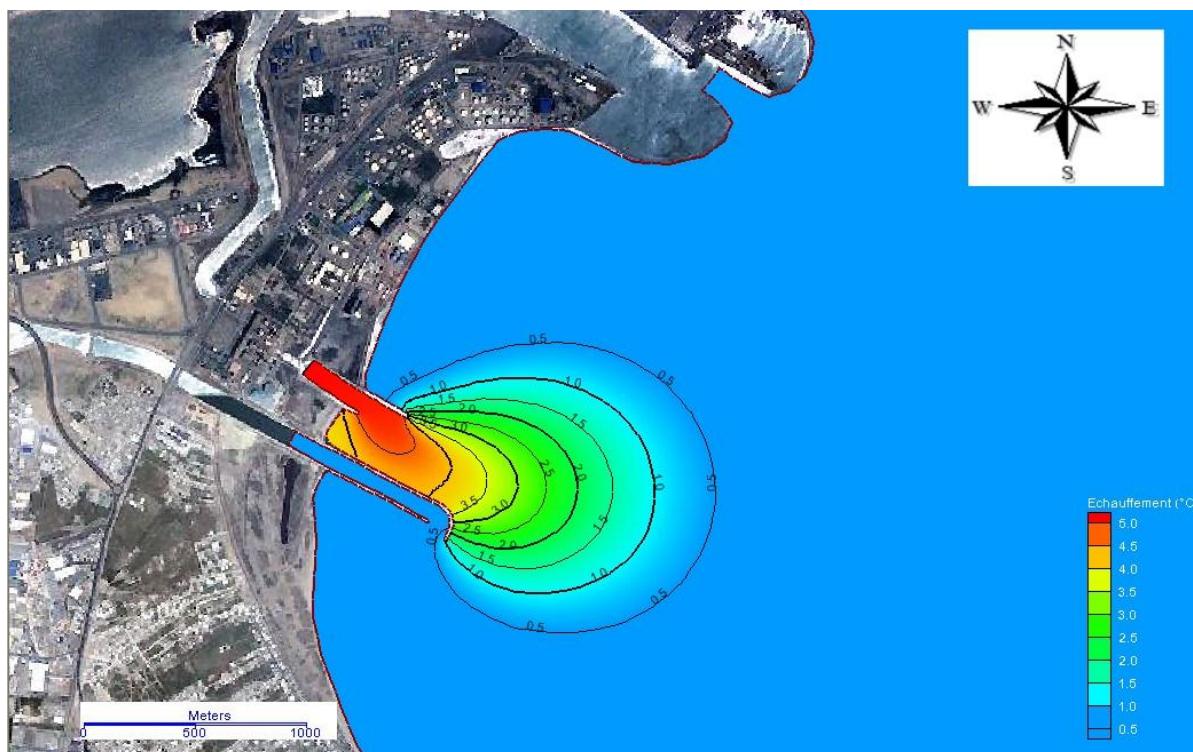


図 68:海水温度上昇等価曲線:推定、無風一

この図の分析により、+2℃の温度上昇を受ける地域の面積は約 51ha であり、+1℃の場合は、93ha 以上であることがわかる。

この結果から、ラデス発電所により廃棄された温排水は、冷却水取水口（航行水路）には還流せず、チュニスの Lac du Sud に侵入しないことが確かめられた。

5.7.7.2. 東風の場合のシミュレーション

すでに前述したとおりであるが、東風は、発電所前の水路とチュニスの Lac du Sud に向かう流れを引き起こす（図 60）。この流れ構造はホットスポットの閉じ込め状況をより一層強くすると推定される。

図 68 は、廃棄 14 日後のケースをシミュレートした結果の等価温度上昇曲線である。

この図からわかるように、ホットスポットの影響を受ける地区の面積は、無風状態の時より小さい。+2℃の温度上昇の地域面積は、40ha 以下であり、+1℃の場合は、87ha 以下である。

ラデス地区においては、東風は温排水拡散を助長するとの結論を得た。

この場合も同様に、ラデス発電所により廃棄された温排水は、冷却水取水口（航行水路）には還流せず、チュニスの Lac du Sud に侵入しないことが確かめられた。

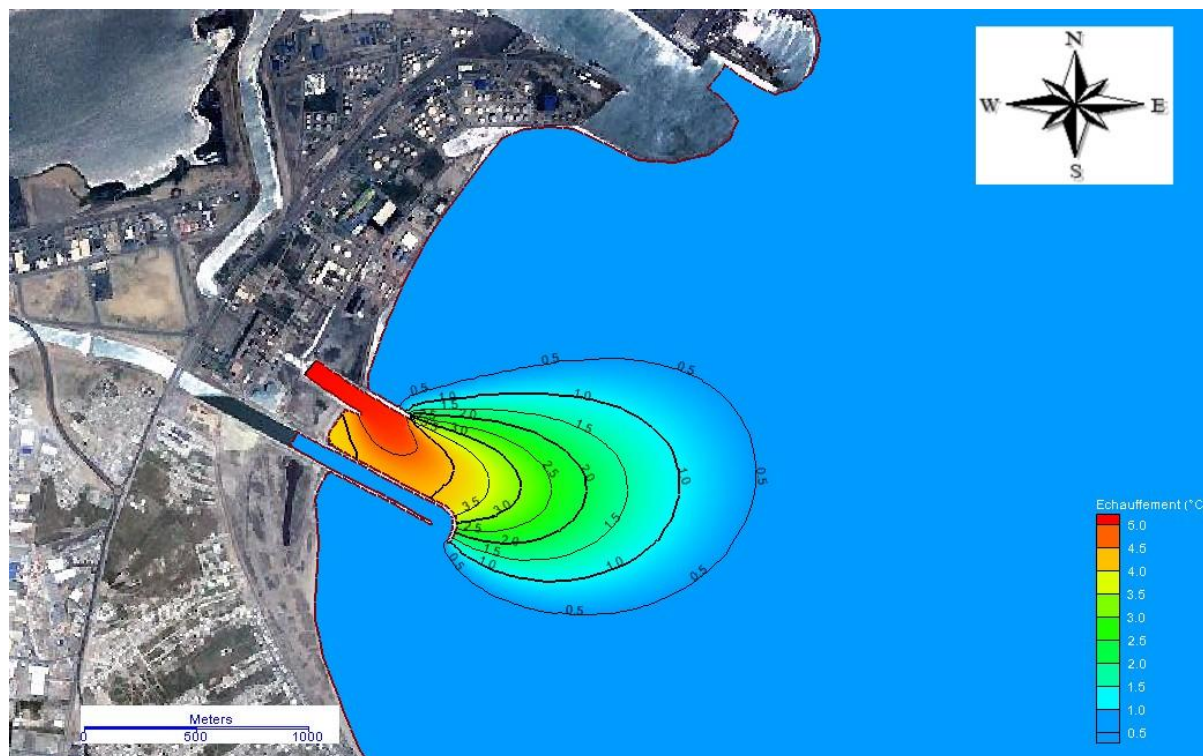


図 69:海水温度上昇等価曲線:推定、東風

5.7.7.3. 西風の場合のシミュレーション

西風下のホットスポット拡散シミュレーションを行った。前述したとおり、西風は沿岸地区におけるホットスポット拡散をもっとも妨げるものである。

図 70 は、廃棄 14 日後のケースをシミュレートした結果の等価温度上昇曲線である。

図 70 は、図 68 や図 69 と比較すると、ホットスポットの広がりより大きい。+2°Cの温度上昇の地域面積は、54ha に達し、+1°Cの場合は、110ha に達する。

同じ西風下での現況（図 67）と比較すると、STEG によるラデス C ステージ拡張後、温度上昇の面積がわずかではあるが増加する。

しかしながら、図 68 により、拡張後においてもラデス発電所の温排水が冷却水取水口（航行水路）には還流しないことが確かめられた。しかしながら、排水路の南側のチュニスの Lac du Sud においてわずかではあるが、温度の上昇が確認されたが、温度上昇は微々たるものである。

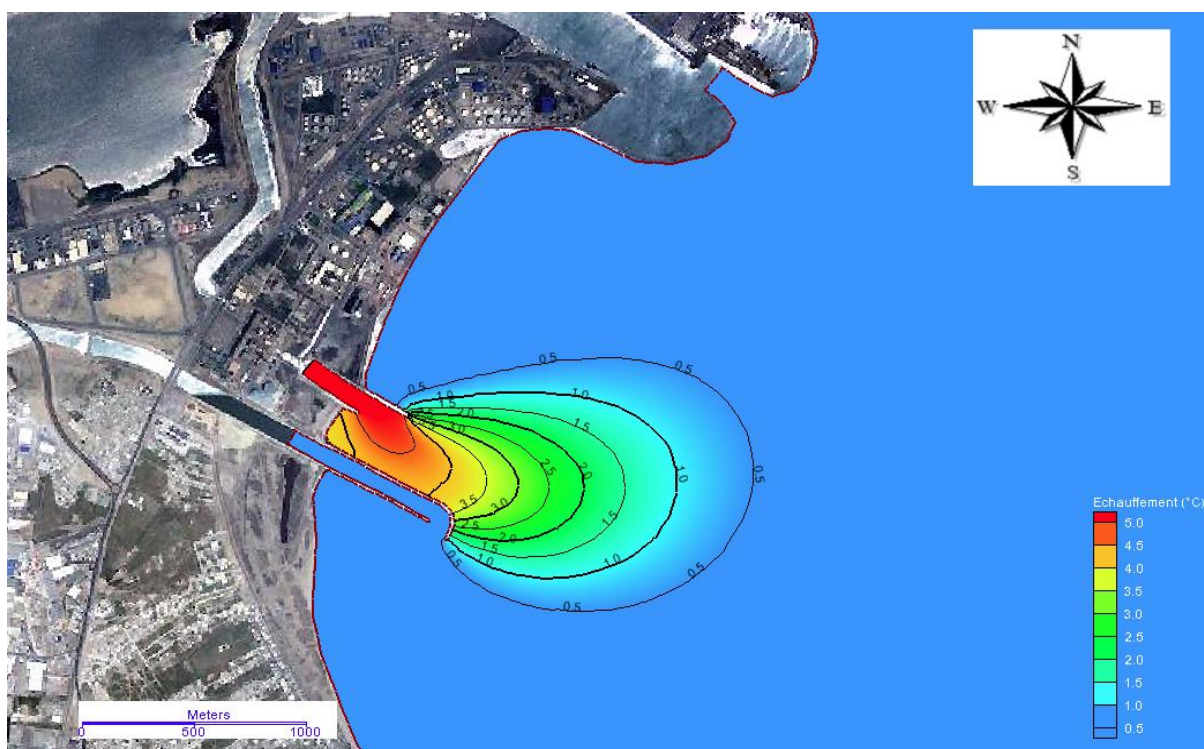


図 69:海水温度上昇等価曲線:推定、西風

下表は、前記 3 つのシミュレーションに基づき、温排水の影響を受けて海水温度が上昇した（+4 °C、 +3 °C、 +2 °C、 および+1 °C）海面面積を示している。またこれは STEG によるラデス拡張後の推定に基づくものである。

推定:温度上昇の影響を受ける面積 (ha)

温度(初期温度に対して)	無風	東風	西風
+4 °C	18	15	18
+3 °C	28	27	34
+2 °C	51	40	54
+1 °C	93	87	110

この表からわかるように、東風は、温排水拡散を助長するのに対して、西風は、それを妨げる。また、+1°Cの温度上昇の影響を受ける面積は、110ha 以下であることも示している。

5.7.8. 温排水拡散シミュレーション結果まとめ

下表は、異なる温度上昇（+4° C, +3° C, +2° C、および+1° C）の影響を受ける面積の現況と計画中の拡張後を比較したものであり、もっとも不利なケース（西風）を比較した。

温度上昇の影響を受ける面積の比較 (ha)

温度(初期温度に対して)	現況	拡張後
+4 °C	18	18
+3 °C	30	34
+2 °C	51	54
+1 °C	100	110

下記表分析により、STEG により計画中のラデス発電所拡張工事は、温度上昇の影響を受ける面積がわずかではあるが増加することがわかる。実際、もっとも増加の大きいのは、+1°Cの上昇の面積であり、現況の 100ha から 110ha になる（約 10%の増加）。もちろん、これは温排水の流量増加（現況の 57.8m³/s →67, 8 m³/s に増加:増加率約 17%）が原因である。

5.7.9. 結論

本章では、シミュレーションにより、異なる気象条件と潮汐条件下でのチュニス湾の海水の流れの構造の理解を試みた。このシミュレーション結果から、湾内では、流れは主に風により引き起こされることがわかる。東風の場合、流れは、湾の西側とチュニス小湾では、時計周りに回転しているのに対して、西風の場合、同じ回転性の流れであるが、向きを逆である。

ラデス発電所温排水を受ける地域では、流れは異なっており、それは水路の堤防の存在とチュニスの Lac du Sud の堤防の影響による。また、西風は、温排水拡散を妨げる流れを引き起こす。

ラデス発電所の温排水に関しては、拡張後においても、海への廃水に関するチュニジアの規格 (NT 106-02) に適合している。なぜなら、いずれの場合も、温排水の温度は 35°C を超えることはない。

それにもかかわらず、2013年9月27日の計測に基づいて、排水路付近のホットスポット拡散シミュレーションモデルを調整した。

このモデルにより、STEGが計画しているラデス発電所の拡張工事後の温排水による海水温度上昇影響をシミュレーションすることが可能となった。このシミュレーションにより、温排水の影響を受ける地域がわずかではあるが増えることが確認された。この温度上昇の影響を受ける地域の面積拡大は、いずれの場合も、現況の10%を超えることはない。

また、拡張後においても、ラデス発電所の温排水が冷却水取水口（La Goulette 港から航行開水路）に還流する事はないことがシミュレーションにより証明された。

その他、排水路の南側では、温排水は、チュニスの Lac du Sud に侵入してはいるが、それによる温度上昇は微々たるものであり、また、この点については、拡張後においても同様である。

5.8. 大気拡散調査

5.8.1. はじめに

本調査の目的は、建設現場のデータ（排出特徴、地域の気候条件）に基づいて、特定の汚染物質の大気拡散をモデル化することである。

当報告書では、特別にこの種の問題のために設計された大気拡散のためのデジタルモデリングツール「Aria Impact」というソフトウェアによる汚染物質の濃度の計算結果を使う。

当報告書は、作成時の法律・規制に則って入手可能な（科学的または技術的）データに基づき、作成されている。

5.8.2. タイミングおよびシミュレーションモデルの結果

5.8.2.1. 研究分野

ラデスの新しい発電所は市内中心部から約 13 キロ離れているチュニス庁舎に位置している。調査地域は、下図のとおり赤い四角内の建設地を中心とした 17km X 10km の区域となる。

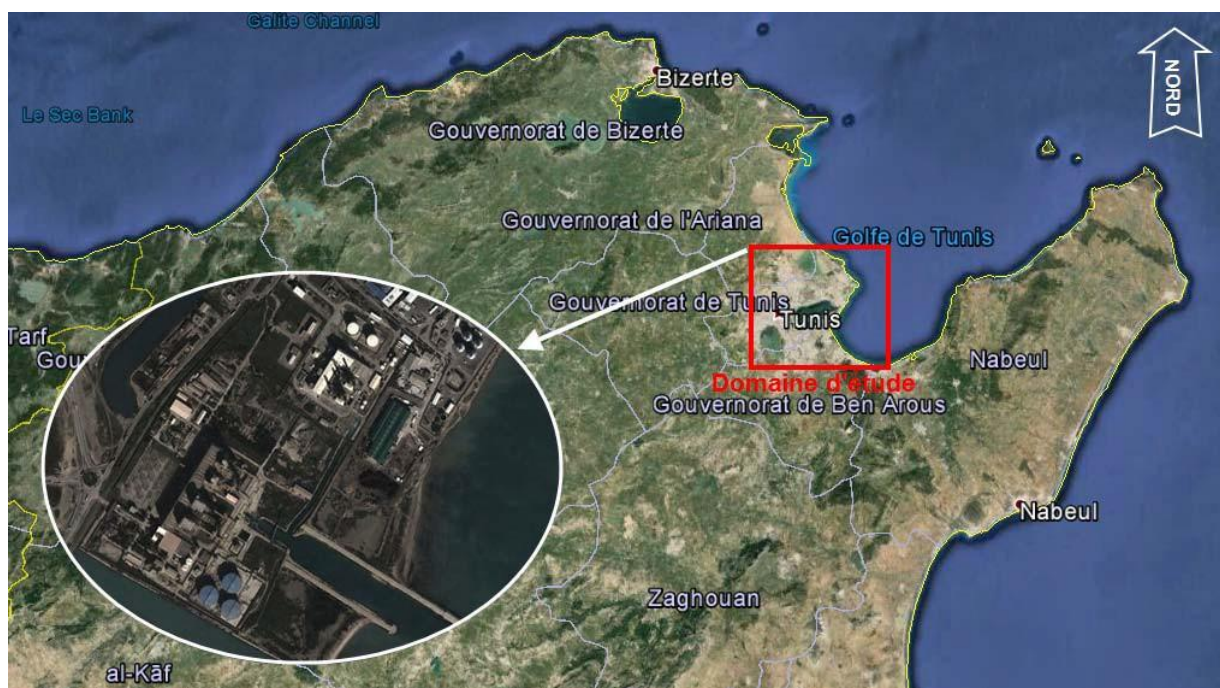


図 71:調査地域 — 横 30 km に伸びる四角内 (ソース: Google Earth) .

5.8.2.2. 気象学

大気汚染に関連した問題時の最も重要なパラメータは次のとおりである:風向、風速、外気温、降水量、大気安定度。

これらのパラメータは時間と空間で変化する。大規模な大気現象（台風や高気圧）と地域的な現象（土地の粗さ・利用方法や地形の影響）の重ね合わせから生じるものである。そのため、次のような気象データが必要となる。

- ・十分に長い期間中の完全なデータ
- ・建設現場の気象に基づいたデータ

a) 気象データ

いくつかのパラメータは、調査地域内の最適な気象観測所を選択するために考慮する必要がある:

1. 地理的位置:観測所はできるだけ建設現場に近い必要があり、なおかつ観測所と調査地域の間には大きな障害物があってはならない。
2. 気象データの取得率:ローカル気象の特性と日中の気象現象を把握するには、時間単位で現地の気象学データが必要である。そのためには、風、気温、雲量に関する毎時または 3 時間ごとの情報が入った気象データベースを使用するのが通例である。

3 . 適切な気象データ

上記の基準に基づき、大気拡散のシミュレーションに必要な気温、雲量、風（速度と方向）に関する情報は、チュニス・カルタゴにある気象観測所 METAR のデータを使用することとする。チュニス・カルタゴが上記のパラメータに合うデータを持った最も近い観測所である）。

使用する気象データは、2010年1月1日から2012年12月31日までの3年間分の風（速度と方向）・気温・雲量の毎時の測定値（1時間ごとに測定したもの）である。

b) 風配図

風配図とは、ある特定の場所において、風速と方向によって分類された風の頻度をグラフ化した図である。頻度の円と曲線が交点するところは、風の発生頻度を示す。

当大気拡散シミュレーションでは、2010年～2012年の5年間の気象データを基にしている。

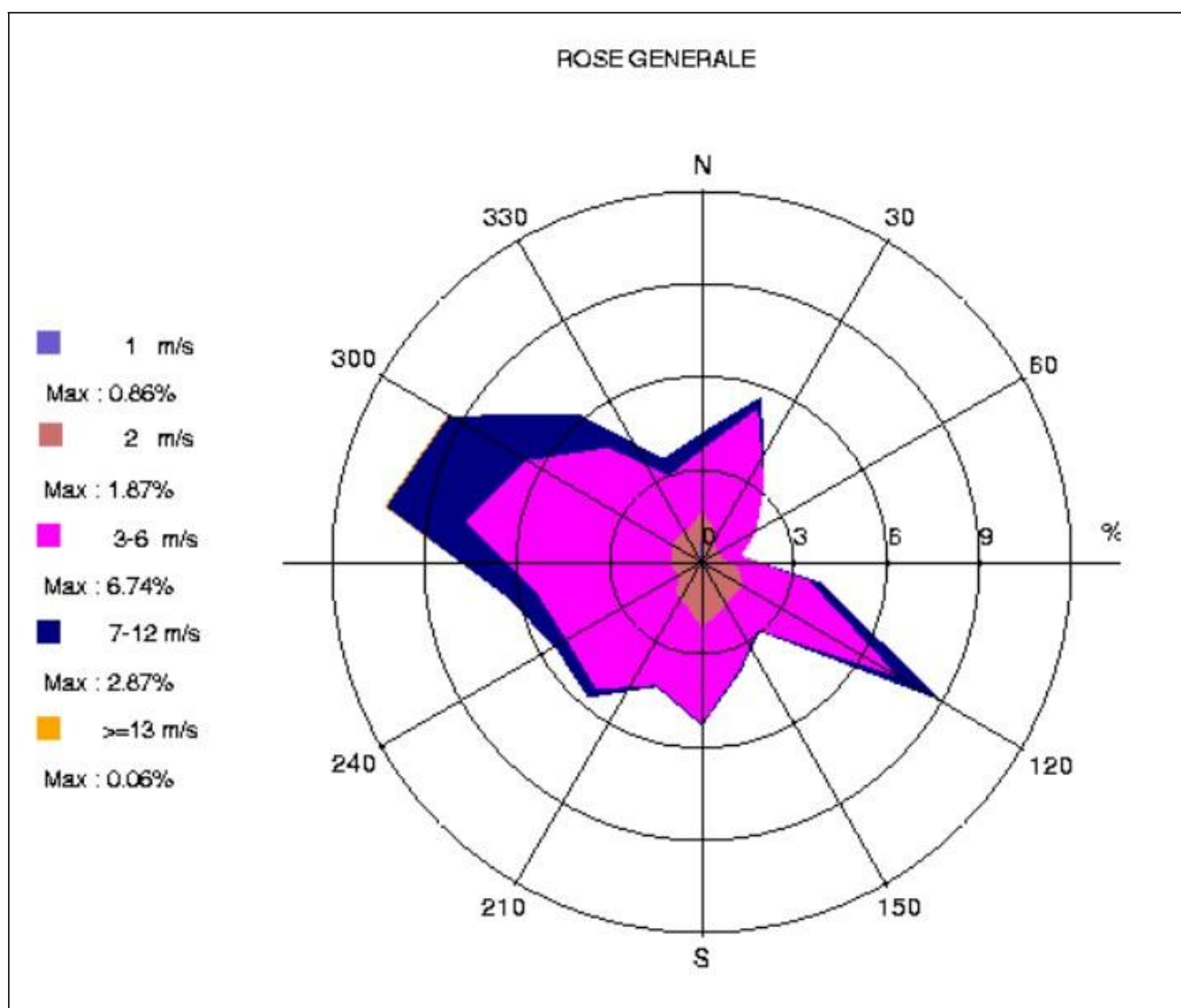


図 72:風配図 (チュニス・カルタゴ 2010~2012)

5.8.2.3. 大気安定度

大気の安定性は、下層の空気の特徴を定量化して表す。例えば、気温が逆転する現象が起こった場合は大気が安定しているといったように、大気の熱構造と関連している。

曇量や風に関するデータを基に、大気安定度を 6 つのカテゴリーに区別することが出来る。

- クラス A : 非常に不安定
- クラス B : 不安定
- クラス C : やや不安定
- クラス D : ニュートラル (中性)
- クラス E : 安定
- クラス F : 非常に安定

クラス E と F の場合、大気が安定していればいるほど、分散条件は悪くなる。主に夜間の低風時に観測されるが、この場合空気塊の移動が阻害されるためである。

5.8.2.4. 大気排出量調査

この段落は、当プロジェクトの煙突から放出されたガスの分散調査に関するものである。目的は、福祉と公衆衛生に関する排出基準と土壌中の汚染物質の濃度が規制に準拠していることを証明するためである。

チュニス・カルタゴの気象観測所からの気象データを使った数学的モデルを用いて分散は計算される。3年間（2010年から2012年まで）の気象データに基づき、本調査は行われた。

5.8.2.5. 要因源でのプリュームの変化

下層大気中にガスが放出されると、一方では、出力自体によって発生する乱流、もう一方では周りの大気内の機械的な乱流や対流によって拡散される。プリュームの変化は次のとおり 3つの段階に区別することができる。

- フェーズ 1 :プリュームはほぼ垂直であり、対気速度の垂直値は水平風速よりも大きい。プリュームの速度の垂直値が風速と同程度の大きさになるとこのフェーズは終了する。
- フェーズ 2:プリュームが曲がりほぼ水平になる。プリュームの速度が風速の変動と同程度の大きさになる場合に終了する。
- フェーズ 3:プリュームガスが大気と等しい密度を有し、動きが比較的少ない場合。拡散は周囲の大気特性によって異なる。

5.8.2.6. 気象パラメータ

プリュームの拡散は、主に下層大気中に発生する機械的現象および対流によって変化し、次の二つの基礎パラメータによって特徴付けることができる。

- 垂直速度勾配 : $\partial U / \partial z$
- 垂直温度勾配: $\partial T / \partial z$

これら 2つのパラメータに加え、特定の地域の場合、小規模な乱流の特性も考慮する必要がある。互いの乱流タイプの規模に応じて、大気は安定・不安定・ニュートラルになりうる。安定性の度合いは、垂直速度勾配 を断熱温度勾配 $-1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ と比較することによって判別できる。

このような比較は通常次のとおりリチャードソン数を用いて行う：

$R_i = \frac{\frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$	Ri < 0 の場合、大気は不安定
	Ri = 0 の場合、大気は中性
	Ri > 0 の場合、大気は安定

5.8.2.7. 大気内のガス拡散に関する調査方法

大気乱流は、発生源から遠い距離での空気中ガスの拡散の要因となる。残念ながら、今のところ、乱流における拡散方程式は非線形型のため、完璧な理論は存在しません。従来の理論、統計的類似性分子理論とラグランジュリードの類似性は、その広い範囲の応用にもかかわらず、乱流拡散における物理学をよりよく理解するためにはさらなる研究が必要となる。

様々な対応方法の選択は、多くの場合乱流拡散における問題の応用的もしくは理論的な性質によるものである。しかしながら、求められる数値は変わらず、空間内の任意の点での時間的および空間的な電界分布濃度 $C(X, Y, Z, t)$ である。

産業源の場合の分散推定における問題は、応用側である。主な関心事として、遭遇するさまざまな気象状況下における、土壌中の汚染物質濃度が最大値を超過しないことがあげられる。考案された多くのモデルの場合、土壌中濃度の最大測定値の計算に限られており、より実技的なモデルを立案するためにも、多少の経験主義を取り入れることが必要である。

5.8.2.8. 従来の様々なアプローチ 基本方程式

乱流における受動スカラーC（濃度）の変化を制御する方程式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = - \frac{\partial}{\partial x_i} (U_i' C') + D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Avec :

U_i : 平均風速のコンポーネント

D:分子拡散係数

C' , U_i' : C と U_i の変動量

大気拡散の研究に応用できる多くのモデルは、この線形化された式の勾配型閉鎖を使用している。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = - \frac{\partial}{\partial x_i} (k_{ii} \frac{\partial C}{\partial x_i})$$

分子拡散を無視し、拡散テンソル K_{ij} の対角要素のみを考慮した場合。この式は、不均一な 3次元拡散の場合、この式はフィックの法則を適用させているだけのように見える。この式を解くには、分散の乱流特性を知るためにも、プロファイル拡散係数 K_{ij} を取り入れなければならない（この場合、乱流はその影響にのみフォーカスするためある種の「ブラックボックス」とみなされる。従来の理論、統計理論、レイノルズ相似則、ラグランジュ類似性は、異なるパラメータスキームを採用することにより、拡散作用をそれぞれのアプローチで表現している（ガウス・モデルの場合のように、伝達率又は標準偏差を表現することもある）。

使用される様々なモデル

これらの理論は、拡散方程式の分析的及び数値的解決の 2 つの解決法を生み出すきっかけとなった。実際には大気でのガス分散の研究には 2 つのモデルが存在する。

- 半経験的モデル:これらのモデルは、長手方向の拡散を考慮せず、定常状態を条件とする。数学的に定式すると次のとおりである。

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = k_{yy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + k_{zz} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

このような定式化では、連続的な排出の際のキイ乱流拡散率のガウス分布を前提とするパスキル・ターナーモデルと、瞬間的排出を分析するブフェ・モデルとを区別できる。

これらのモデルは、土壌汚染をシミュレーションすることができ、更に大気に関する基準を考察し、長期間（10～20年）にわたって統計的なデータが取れる。

- デジタルモデル:これらのモデルは、安定した状態での、速度と渦拡散性の垂直方向の勾配プロファイルを前提とする。方程式の数値解法は:

$$U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right)$$

通常、有限差分法が使われる。これらのモデルは、アカウントにプリュームの理論構造を変更することにより、ガスの分布に関する詳細情報が得られる画面効果を考慮するというメリットがあるが、計算に時間がかかるのと長期にわたっての統計分析ができない。

5.8.2.9. Aria Impact モデルの紹介

アリア iMPACT ソフトウェア、大気拡散を計算するためのツールであり、大気汚染に関するプロジェクト、健康へのリスクの研究、環境への影響調査と大気への排出を軽減するための装置設計を提供するために開発された。

汚染物質の大気拡散に関連するいくつかの概念を使用し、環境分野に関連する専門家のためのこのソフトウェアは、さまざまな放出源からの光ガス状汚染物質と粒子状物質の大気拡散をシミュレーションすることが出来る。

ある特定の工業源の汚染の割合を推定するために使用される現在の方法では、ほとんどの場合過剰の高さと分散式が含まれている。次のように放出元周辺の汚染の推定を割り出すために克服しなければならない様々なステップを紹介する。

5.8.2.10. 分散式

モデルの原理: 排出源から出るガスは、その領域の気象条件によって分散される。ガウス・モデルによって、プルームの全高 H の距離に対する x と y ガスのプルーム下の地面の濃度 $C(x, y)$ は次のように定義される:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi\bar{U}\sigma_y\sigma_z} \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right\} \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

ここで、

C : 汚染物質の濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Q : 排出時の汚染物質の質量流量(g/s);

U : 放出元での平均風速(メートル/秒);

σ_y は: 横方向の散乱係数(平方/秒)、

σ_z : 垂直方向の散乱係数(平方/秒)、

x, y, z : ソースからの位置(0, 0, H)

H : プルームの有効高さ(メートル)

このモデルは確実に最も使用されている分散モデルである。乱流分散係数理論に基き、上記の式により定義される。

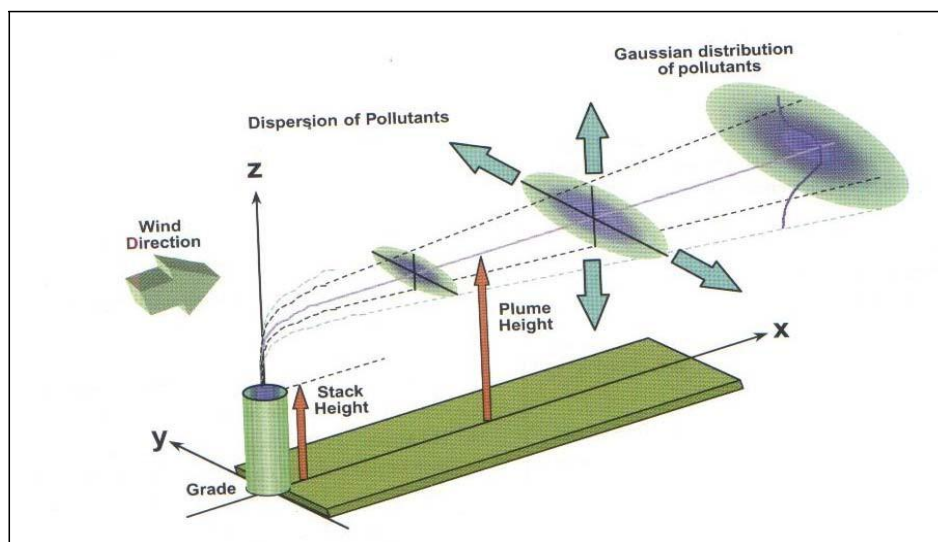


図 50: ガウス・モデルの原理

5.8.2.11. モデルに必要なデータ

モデルに必要なデータは次のとおりである。

- 排出データ:

- 固定発生源の座標 (x, y);

- 排出源の高さ（トーチ、煙突、放出地等...）；
 - 固定発生源の場合の排出量（g / s）と流動的な発生源の場合の排出率（g/m².s）；
 - 排水口の温度（°Kelvin）；
 - 固定発生源の場合、その面積（平方メートル）と流動的な発生源の場合の直径（M）；
 - 流出速度（排出源／または排出地の直径とガス放出量によって計算される）。
- 気象データ:モデリングに使用される特定の気象データ。本調査では、地域の5年間の時間ごとの気象データを使用する。
- 風向:度単位での風が吹く方向。度数で表し0°は北を指し、時計回りに移動する；
 - 風速；
 - ケルビンで表した周囲気温；
 - パスキル式（A = 1、B = 2、...、F = 6）大気安定度（S）

5.8.2.12. モデルから予想される結果

一つのシミュレーションからは、結果のいくつかの発表方法がある。異なる角度から特定の問題にアプローチすることができ、そのため得られた結果もまとめやすく、解釈も広げられることができる。このモデルからは3つのタイプのデータが取得できる。

- 特定の閾値を超えた周波数；
- 月単位の濃度；
- 年単位の濃度。

5.8.2.13. シミュレーション

試験領域周辺の様々な汚染物質の濃度の位置付けを把握するために、ソフトウェア Aria Impact を用いたシミュレーションを行った。

シミュレーションの手順は次のとおりである。

- ✓ ラデス地域の気象データの転送（3年分）
- ✓ 放出源（煙突）の設定。
- ✓ 影響面積の設定
- ✓ シミュレーション開始。

シミュレーションのアプローチは次のとおりである。

- ✓ 調査地域内における各汚染物質のプルーム分散の視覚化、
- ✓ 都心部など特定の地域での汚染物質の濃度を測定し、国内および国際的に定められた放出基準値との比較。

5.8.2.14. シミュレーション結果

✓ シミュレーション・データ

次の表では、煙突からの排出量の分散シミュレーションに使用されるデータをまとめている。

煙突 1 (ラデス A)	
位置	: (614469,10E _ 4072786,01N)
煙突の高さ	: 100 m
煙突ごとの排出量	: 10.3 g/s de NO ₂ et 1.53 g/s de
放出時の物質の温度	: 95 °C
放出源(煙突)の直径	: 6 m
煙突ごとの排出時の煙量	: 636 T/h
煙突 2 (ラデス B)	
位置	: (614518.02E _ 4073109.23N)
煙突の高さ	: 100 m
煙突ごとの排出量	: 9.98 g/s de NO ₂ et 1.05 g/s de
放出時の物質の温度	: 95 °C
放出源(煙突)の直径	: 6 m
煙突ごとの排出時の煙量	: 617 T/h
煙突 3 (新しい発電所ラデス C)	
位置	: (614776.78E_4073301.52N)
煙突の高さ	: 85 m
煙突ごとの排出量	: 40.1 g/s de NO ₂ et 3.8g/s de SO ₂
放出時の物質の温度	: 95 °C
放出源(煙突)の直径	: 6 m
煙突ごとの排出時の煙量	: 2500 T/h
煙突 4 (中央ラデス II)	
位置	: (614516.42E_4073462.13N)
煙突の高さ	: 70 m
煙突ごとの排出量	: 10.45 g/s de NO ₂ et 1.33g/s de
放出時の物質の温度	: 95 °C
放出源(煙突)の直径	: 5 m
煙突ごとの排出時の煙量	: 620 T/h

✓ 大気拡散モデルの結果

このモデルによって、地域内の各ポイントごと・各汚染物質ごとの年間平均濃度を計算することができた。

その結果、（30 キロ平方の）調査地域の様々な汚染物質の濃度変化を、カラフルなスペクトル風のプリューム状に表わすことができる。

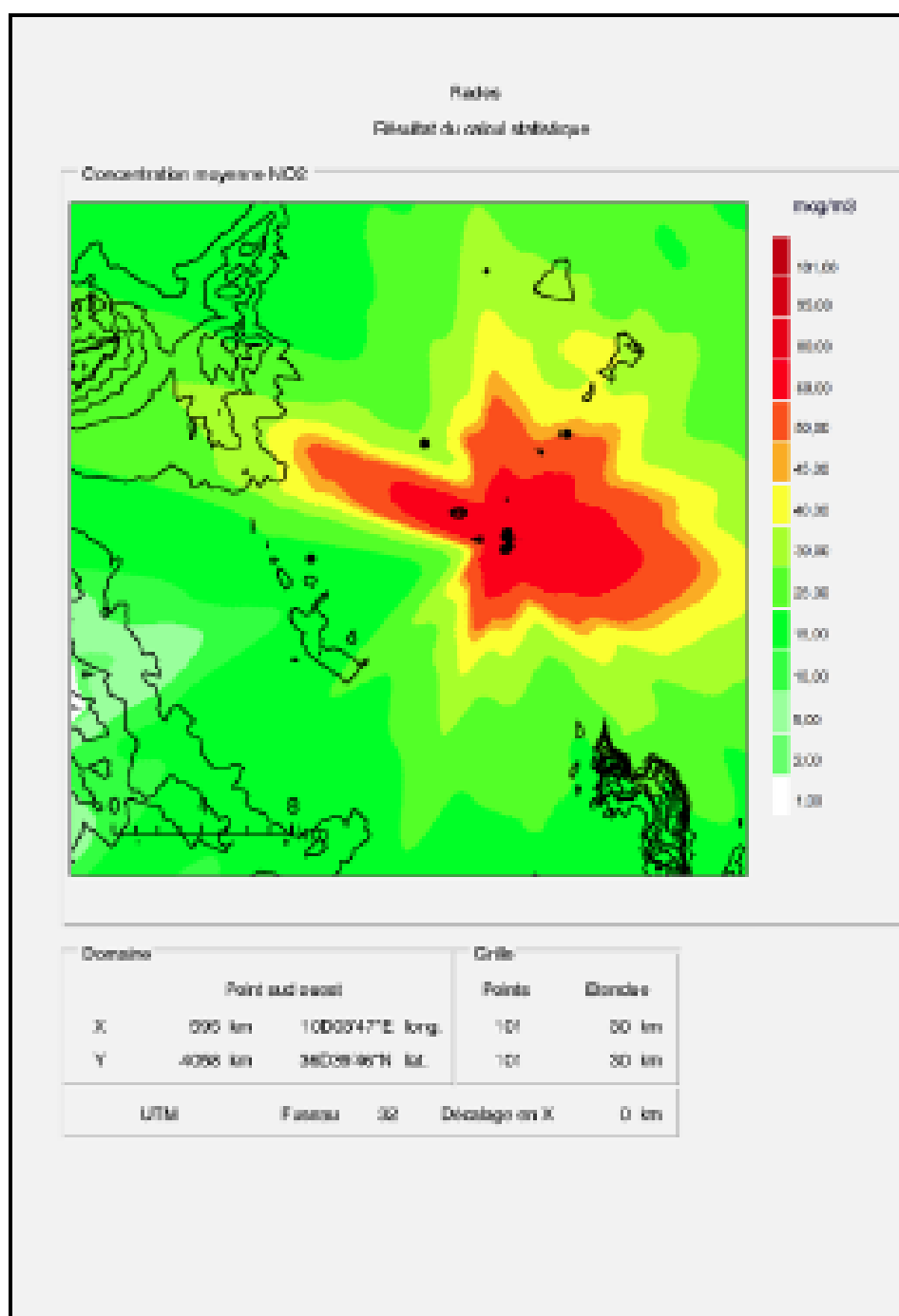


図 74: NO2 の年間平均濃度分布図

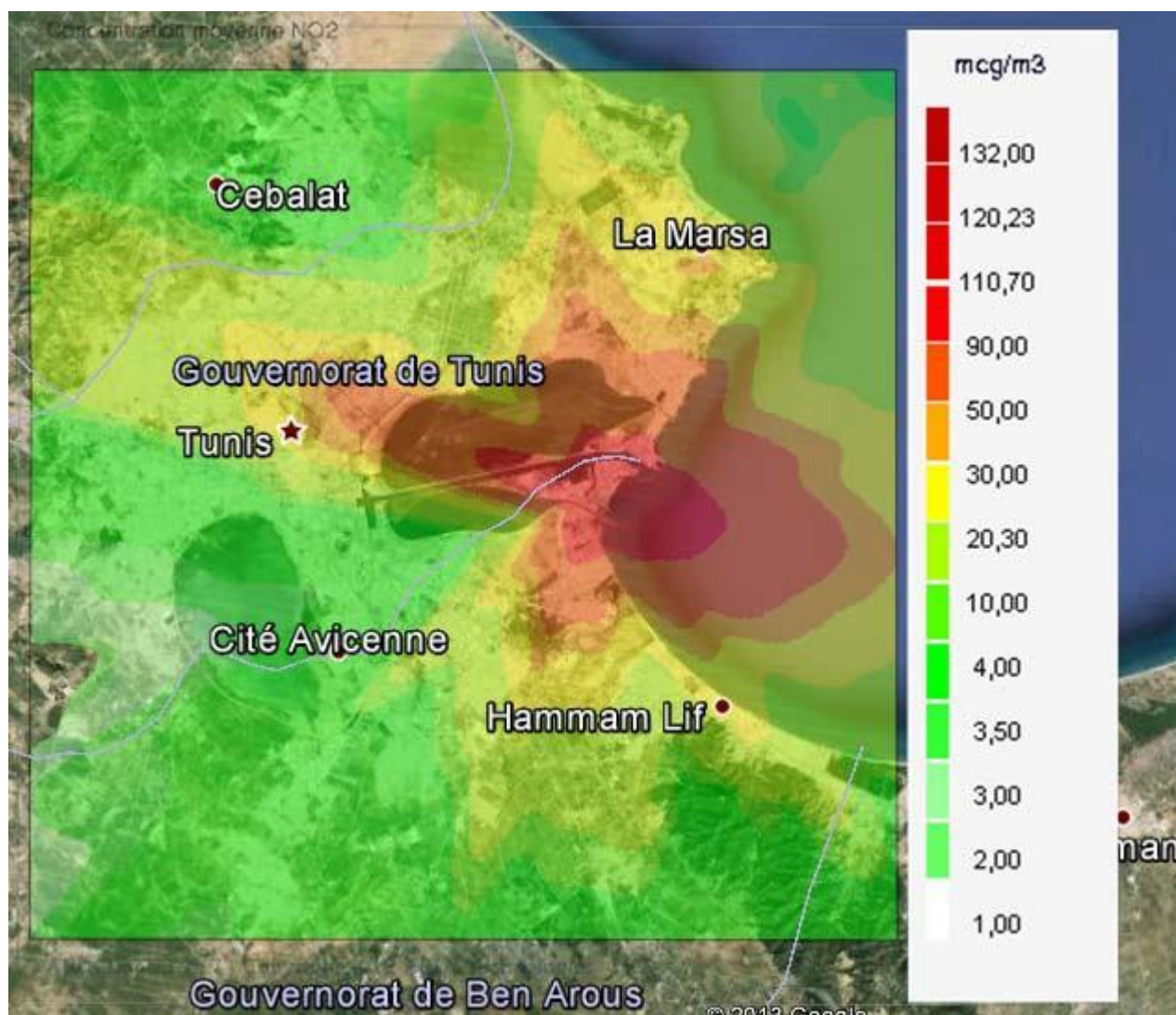


図 75: 年間平均濃度分布図

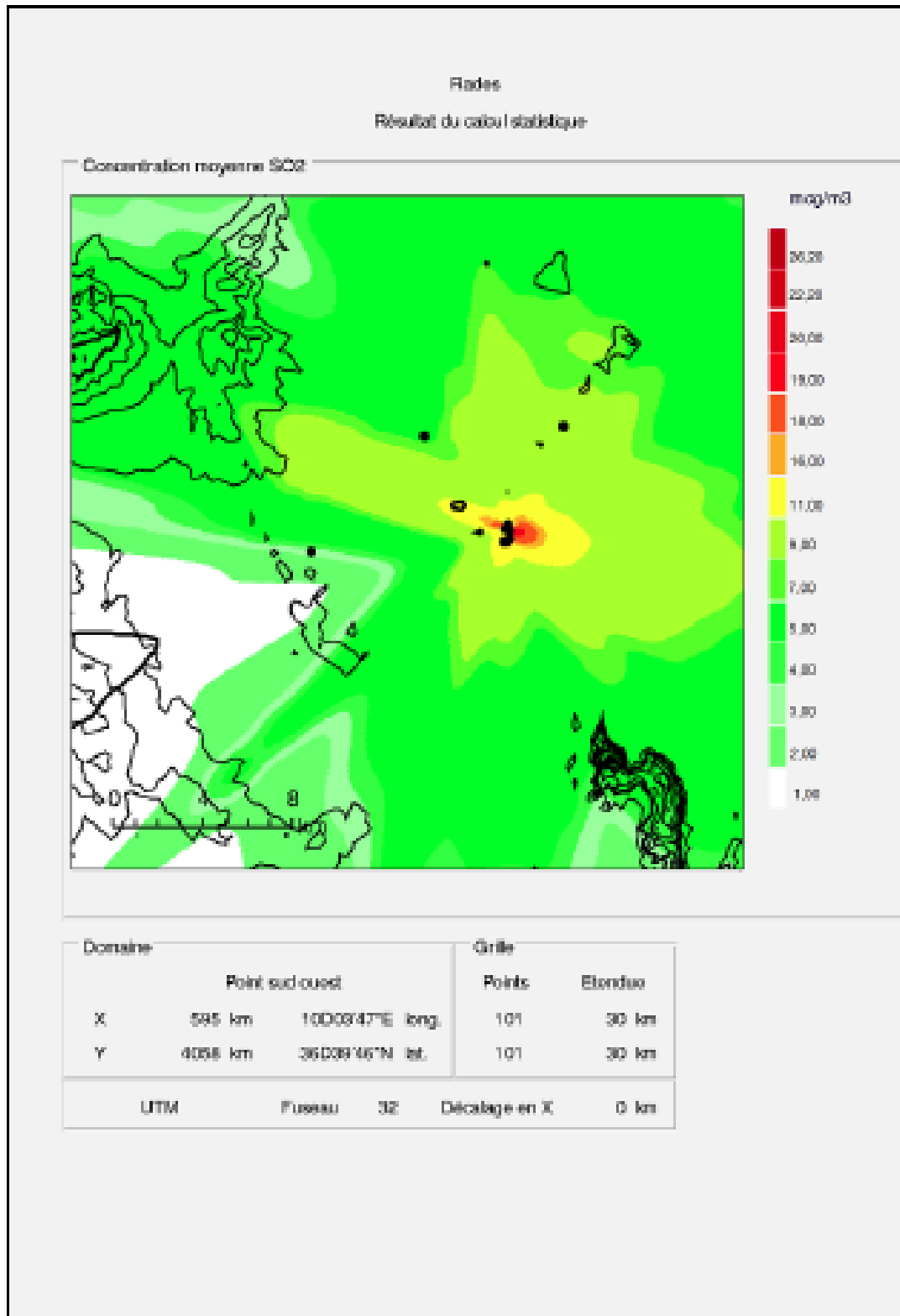


図 76: SO₂ の年間平均濃度分布図

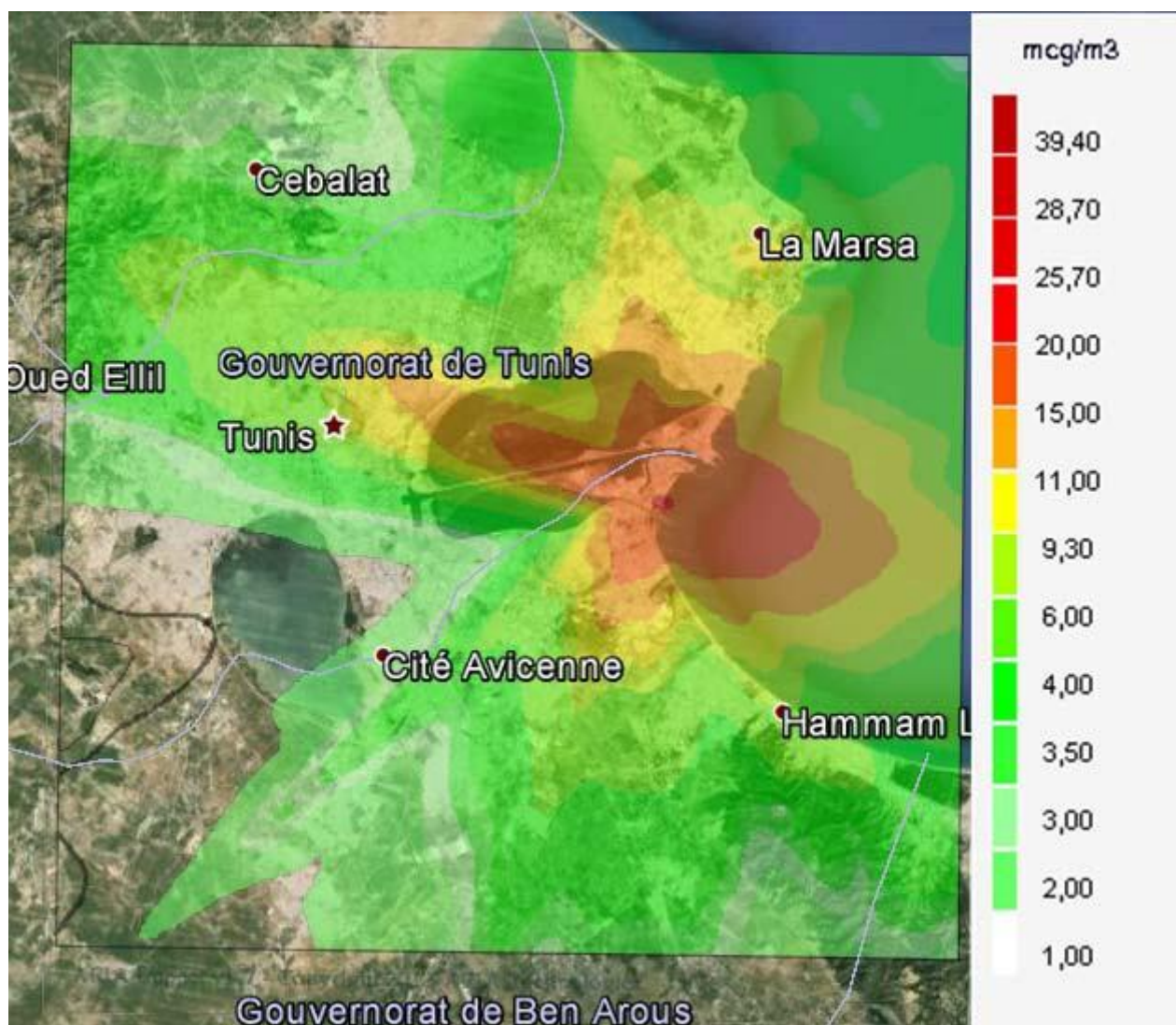


図 77: SO₂ の年間平均濃度分布図

5.8.2.15. 結果分析

分布図の分析によると、影響が一番大きいのは風に勢いがある建設地の東側であることがわかる。

最大濃度は新しい発電所から 600m に位置するところで見られる。

すべての汚染物質は、同じ気象条件下にて二つの煙突から放出される。それらの分散は同じであり、濃度分布図も似ている。

本調査での最も高い濃度は、以下の表にまとめてある。チュニジア国内及び国際的に空気の状態の基準を比較することができる。

表 24: モデル化された年間最大濃度と空気の質の年間平均目標

汚染物質	最大濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WTO による空気の質の目標値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	チュニジア国の基準値 (V. limite $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	チュニジア国の基準値 (V. guide $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO2	132	40	200	150
SO2	39	-	80	50

これは、WHO が設定する指針値であり、住民の健康を守るために定められた数値である。

NO2 の濃度は WHO の空気の質の目標値を超えている。二酸化窒素と二酸化硫黄については、モデル化された濃度は、チュニジアの空気の質の制限値と指針値以下である。

以下の表では、2010 年 9 月 28 日の法令第 2010-2516 号が定めるガスタービンからの放出における制限値および放出源（煙突）での SO2 と NO2 の排出量をまとめている。

汚染物質	放出源（煙突）での排出量	排出制限値（チュニジア基準）
NO2	70 mg/Nm3	80 mg/Nm3
SO2	12 mg/Nm3	10 mg/Nm3

この表によって、燃焼プラント（新しい複合サイクル火力発電所）が排出制限値に準拠していることがわかる。

5.8.2.16. 結論

発電所による主要大気汚染物質 NO2 と SO2 の放出量の分散シミュレーションによって、どちらも国際的にも国内にて定められている制限値（前出の表を参照）を超えていないことが分かる。

これは、計算された煙突の寸法と速い排気速度によるものである。ラデスの新しい複合サイクル火力発電所による大気に放出される物質が、健康や環境に悪影響がないことがこの研究で証明された。

本調査では標準的な建設における、想定できる最悪のケースを含む正確な情報を割り出している。天然ガス／軽油のシミュレーションの際は、工場からの排出による影響を受ける可能性のあるすべての領域をこの調査はカバーしている。

STEG が選択した煙突の寸法と大気放出モデルの調査によると、ラデスの新しい発電所が放出する物質は人体にも環境にも悪影響を及ぼすことはなく、チュニジア国内及び国際的にさだめられた基準値を超えてはいない。

第6章 プロジェクトが環境に対して及ぼすおそれのある損害
の排除、削減、ないし緩和のために計画された措置

6.1. はじめに

プロジェクトが与える様々なインパクトを特定し、評価した後で、本章ではインパクトが補正し得るものである場合は緩和措置を、補正できない場合には補償措置を明らかにする。これらの措置は、実行可能性とプロジェクト経済性の基準を満たすものでなければならない。

インパクトの緩和が目指すのは、プロジェクトを環境に可能な限り良く組込むことである。そのために、調査では、それぞれの案にまつわる負のインパクトを排除、あるいはその強さを緩和するために施工のそれぞれの段階で計画される施策、構造、補正措置、追加措置、そして同様に正のインパクトを促進ないし最大化するために計画される施策や追加措置、を明らかにする。

6.2. 工事中の措置

ラデス STEG は、サイト内であらゆる作業を遂行するのに十分な広さの土地を有する。工事段階における環境への影響を低減するために、STEG は以下のリコメンデーションを考慮することができる。

- 全ての建設作業をフェンスで囲われた STEG のサイト内で実施する。
- 建設工事車両と既設発電所施設作業員（機械室、ボイラー室、変電設備室、配線、高圧送電線など）とが接近することがないように、堅牢な金網を設けて既設発電所と建設現場のエリアを分断する。
- 工事調達品搬入用（建設材料、工事車両、トラックなど）として 2 つ目の入口を使用する。メインゲートからの出入りは厳禁とする。
- 建築材料（セメント、砂、骨材）貯蔵のために整備されたスペースを準備する。
- 建築材料と工事車両の搬入は、工事の進捗に合わせて順次実施する。
- ホコリの飛散を防止するために工事現場サイトの連続的な散水を行う。
- 工事用の車両やトラックの保守と修理は工事現場外のしかるべき場所で実施する。
- 工事終了時に、STEG（工事請負者を介して）は、建設用の製品、材料、鉄くずなどの雑物をサイトから全て排除（およびしかるべき捨場への搬入）する。

6.3. 生産期における措置

6.3.1. 大気放出に関する措置

STEG は、適切な数学モデルを用いて選択されたサイズを持つスタックを設計した。

スタックサイズ（高さと直径）から、また排気速度が高いことによって以下が可能になる。

- 大気上空での汚染物質拡散の促進

- NO₂、SO₂、CO、CO₂や微粒子などの様々な汚染物質の地上降下量の削減
- 汚染物質が工場至近距離に降下するのを避け、より遠くのエリアに遠ざける。拡散した汚染物質の分子は、大気中の酸素と接触することで化学組成が変化し、残留汚染物質が地上に達する前に自然自己浄化される。

本調査において、本件コンバインド・サイクル型火力発電所新規拡張からの大気放出は、健康に対しても環境に対してもなんらの脅威を呈するものではなく、またチュニジア国内規格や国際規格を超えるものではない、ということをお我々は確認することができる。さらに、施設が良好で規格に適合することを最も正確に評価するために、本調査においては最も不利な条件での稼働という究極のケースが考慮されている、ということも付け加えておく。

さらに、オパシメータや静電気センサなど、汚染を発生源で測定しリアルタイムで記録する装置類を設備し、少なくとも年に2回、定期的な検査と更正を行うことを提案する。

6.3.2. 液体放出に関する措置

6.3.2.1. ボイラー水と付帯施設からの排水の放出

新設発電所のボイラーには、海水淡水化設備で処理された水を供給する。この水はまず逆浸透装置で処理され、次に脱塩装置で処理される。

水処理装置（脱塩）からの排水とボイラーの化学洗浄排水は、中和ピットにおいて処理される。中和ピットは、処理する洗浄剤に適した専用保護コーティング（樹脂、プラスチック材など）を施したコンクリート構造で、定期洗浄の対象となるボイラーの回路容量の3倍に等しい容量を有するものである。

中和ピットは次のように区画される。

- 搬送される腐蝕性の薬品に対する耐性を持つ専用配管で排水を受け入れる第一部
- 固形物沈殿と液体再循環、そして必要な場合にはソーダ注入を行う第二部

沈殿後の液体を必要に応じてソーダで処理し、第二部に流してから圧縮エアで攪拌し、酸を追加して所定のpHに調整する。

pHの確認後、チュニジアの現行規格—とりわけ NT 106 002—にしたがってしかるべく中和された排水が、水中モーターポンプで下水路に放出される。

放出排水の化学特性の確認は、自動ないし手作業で行う。自動で確認する場合は、「サンプリング室」という名前の部屋に設備された自動機械で実施する。手作業で確認する場合は、放出排水の化学管理値を定期的に測定する。

6.3.2.2. 雨水の放出

新設発電所には、雨水をしかるべく排水する水路の設備が計画される。

6.3.2.3. し尿水、雑排水の放出

トイレ、シャワー、キッチンからの排水は、セプティックタンクに集められてから、タンクローリー車で ONAS の処理場に輸送される。

6.3.3. 固形廃棄物に関する措置

計画の新設発電所の廃棄物管理は、人の健康に対していかなる危険も及ぼすことなく、とりわけ水、大気、土壌、動物相や植物相など環境を損ねるおそれのある様態ないし方法を使用せずに、騒音や悪臭などを発生させることなく、自然景観や都市景観を損なうことなく行う。

廃棄物および廃棄物の管理ならびに排除の検査に関する法律第 96-41 にしたがって、廃棄物はその出所により一般廃棄物と産業廃棄物とに、またその特性により有害廃棄物、無害廃棄物、不活性廃棄物に分類される。有害廃棄物の品目は 2000 年 10 月の政令（デクレ）第 2000-2339 で特定されれている。捨場については廃棄物の種類に応じ 3 つに分類される。

- 有害廃棄物捨場
- 一般廃棄物と無害廃棄物の捨場
- 不活性廃棄物捨場

STEG の管理計画には、廃棄物の目録と法律上の分類による類別が含まれ、以下の目的に供する。

- 廃棄物量の低減
- 有害廃棄物の発生を可能な限り制御し、限定する。
- 水法典と、とりわけ浄化水の灌漑への再利用に関する規格 NT 106.03 などの水放出についての規格にしたがって、水資源の汚染を予防する
- リサイクル廃棄物と最終廃棄物を分別し、廃棄物の活用を促進する。
- 輸送した廃棄物をすべて台帳に記帳し、その台帳を管轄官庁に提出する。台帳には廃棄物のリストとそれらの処分に関する情報が記載される。
- 化学物質、炭化水素、潤滑油の流出防止手続きの設定
- 環境に対する潜在的危険をはらむ全てのもの、ならびに設定したチェック方法を関連官庁に通知する。

6.3.4. 浚渫に関する措置

浚渫の必要性は、海水の採水に問題が検出されてから特定する。必要ありと判断されたら、専門企業による海底地形測量が実施される。

測量結果が沈殿物の堆積による採水層の水深低下を示した場合、浚渫作業の環境影響調査を実施する。この調査においては、沈殿物の性質と量を試料採取により明らかにし、採取された沈殿物の捨場候補地を特定する。

浚渫した沈殿物は分析され、種別分類（性質、粒径と状態すなわち汚染の有無）される。汚染されていない沈殿物は海岸補強に使用される。

浚渫作業は水中工事の専門企業を介して実施する。

6.3.5. 騒音と振動に関する措置

6.3.5.1. 騒音に関する措置

騒音発生原となる主要設備（ガスタービン、ターボ交流発電機、一連の回転機器）は、研究された形状としかるべき装置によってあらゆる種類の騒音を最低限に抑えるように設計されたものとする。

つまりこれらの設備には、作業員をあらゆる騒音から守る気密消音装置が装備される。

いずれの場合においても、サイトで作業をするこれらの STEG 作業員は、85dB を超える音響強度に長時間曝される作業員を保護するために STEG が採用した極めて厳格な作業規則を遵守しなければならない。安全な条件のもとで作業できるように、安全部門に個人保護装備（耳栓など）が準備される。

音響放出の状況とそれがプロジェクト地域に与える影響をよりよくモニターするために、音響放出を定期的に測定することを提案する。この測定は年に 2 回、ANPE の認証を受けた照査コンサルタントにより更正された測定機器で実施されるものとする。

6.3.5.2. 振動に関する措置

新設発電所の設備と同一設備に対して実施済みの各種振動測定の結果では、いかなる運転状態においても振動は ISO 10816 と ISO 7919 の規格限度値を超えないことが示されている。同様に、こうした測定は年に 2 回、更正された測定機器を用いて、ANPE の認証を受けた照査コンサルタントによって実施されなければならない。

6.3.6. 燃料の選択についての措置

ラデス C ステージ火力発電所の新規拡張に対し STEG は、主要燃料として天然ガス、非常用燃料としてディーゼル油の使用を計画している。この選択は経済的な理由、とくに天然ガス使用は基本的に大気放出物質の削減につながるという環境的な理由にもとづくものである。

燃料の選択についてより一層の安全を確保するために、発電所に供給されるガスとディーゼル油の品質検査を実施することを提案する。この検査では、ランダムサンプリングで採取した試料で燃料の限界特性値を測定する。測定は STEG の規格に適合するラボで実施されなければならない。

6.3.6.1. 天然ガス管路

天然ガス管路において、減圧設備が天然ガスのガスパイプラインからの入口、処理、吐出の場所となることから、生産管路の安全上最も重要な役割を果たす。

減圧設備に対しては格別の注意と定期的な検査（感知器と安全警報の検査）が要求される。

あらゆる異常をタイムリーに検知するために、減圧設備は適期的に検査されなければならない。

6.3.6.2. ディーゼル油管路

ディーゼル油管路は貯蔵タンクとタービン給油配管から構成され、不意な故障を予防するためには極めて特別な操作が必要となる。

ディーゼル油管路は以下により火災から保護される。

- ディーゼル油貯蔵エリアに隣接して配置される消火栓を備えた水配管
- 貯蔵タンクを囲む防油堤
- 貯蔵タンク側板の冷却システム
- 貯蔵タンク内と防油堤内のエア・フォーム放出システム

あらゆる火災や漏洩のおそれを感じ取るためには、安全計装と消防計装を定期的に検査しなければならない。設備に対しては年に1回リークテストを実施すべきである。

いずれにせよ、ディーゼル油の燃料としての使用は安全に関する規格が遵守して行い、環境に対しなんらの影響をもたらしてはならない。

6.3.6.3. 消耗品（オイル、薬品など）

使用前の薬品はしかるべき方法で貯蔵されなければならない。貯蔵時に梱包には判読可能な表示が施され、作業員がその製品に曝された場合のリスクが説明されていなければならない。薬品漏洩の定量的、定性的な詳細を一覧記載しなければならない。

6.3.6.4. 設備

新設発電所が安全に作動し、その能力を発揮できるように、以下の原則にもとづいて長期点検計画が設定される。

- ボイラー、ボイラー付属設備、ポンプ設備などの点検のために、年に1度、一週間設備を停止する。
- ボイラー、送排風機、ガスタービンユニット、蒸気タービンユニットの点検のために3年に1度、5週間設備を停止する。
- 総点検のために6年に1度、9週間設備を停止する。

安全設備については、その重要性和ユニット内での不可欠性を考慮し、設備作動の連続性

を保証するための、点検、テスト、体系的保全の計画が設定される。この計画には以下が含まれる。

- 体系的な点検
- 定期的（毎日と毎週）な検査とテスト

6.3.7. 発電所の安全のために計画される措置

設備を保護しその安全を確保するために、STEGは既に防火システムを計画した。これは4種類の保護を含む防火システムである。

- CO² による保護
- 手持ち、可動式の消火器
- 水による保護
- 泡による保護

上記の安全対策に加え、火災警報装置と避難退避の表示・標識を備えることを提案する。

6.3.8. 社会経済的措置

社会経済面では、本プロジェクトの実現は、電気という戦略物資の絶えない需要の充足を目指す発電についての国家戦略の一部として位置づけられる。

現在の敷地（既設のラデス A ステージ、B ステージ発電所）の選択は、プロジェクト費用の削減と環境という点において、国家経済にとって時宜を得たものである。

つまり、既設発電所の敷地を選択（計画の発電所は稼働中の既設発電所の拡張になる）することで、操業上のメリットと、既設発電所の敷地（新設発電所の立地に適した土地が空いている）や設備やインフラ（配管が既に存在し接続できること、など）を活用できるというメリットの恩恵を享受することができる。これらのメリットは、今後合意すべき投資額の最適化を可能にする。

さらに、設備冷却のために海水が必要不可欠な資源となる発電所にとって、現在の敷地が臨海であることはさらなるメリットとなる。

第7章 詳細な環境管理計画（PGE）の作成

7.1. 詳細な環境管理計画（PGE）の作成

7.1.1. 目的

環境アセスメントについての 2005 年の政令に則した環境管理計画（PGE）を適用するということは、工事のそれぞれの段階において適用すべき管理施策の詳細を決定することである。

PGE は環境管理指標と環境影響度に対する緩和措置の効果のモニタリングを考慮する。すなわち PGE には以下の 3 つの基本要素が含まれる。

- 公害の緩和計画
- 環境モニタリング計画
- 体制充実、教育、意識向上の計画

環境管理計画を作成するときの一般的な目標をまとめると、以下のようになる。

- 環境に関する法律や規制への適合性の配慮
- 環境侵害予防措置の効果の確保
- 人間環境の要求の尊重
- 通常の操業管理への環境コンセプトの織込み
- 環境管理に対する職員の意識向上の支援と職員の関与の促進
- 環境パフォーマンスの改善
- 環境管理コストの把握、管理、削減

7.1.2. 環境管理計画

環境管理計画は以下の要素を含む。

- 調査全体で説明されている環境保護措置
- 環境保護措置のモニタリング計画
- プロジェクトのそれぞれの段階における措置実施責任者
- 環境保護措置実施のモニタリングとチェック責任者
- 環境モニタリングの詳細計画
- 環境保護計画のコスト見積

環境管理の適切な実施と上記の環境管理計画の適用を保証するために STEG が実施する各種アクションを下表にまとめる。

表 25 : 建設段階の PGE

構成項目	潜在的な負のインパクト	緩和措置	担当責任者	頻度	費用
音響放出	近隣住民および工事現場職員の生活の質の劣化	<ul style="list-style-type: none"> - 工事体制 - 機械装置の選択と保守 	STEG および 施工者	設備の 定期点検	6000 DT/ 現場
煤塵放出	現場近隣の劣化 および職員の呼吸 トラブル	<ul style="list-style-type: none"> - 敷地内での作業 - 乾燥した建設材料への継続的散水およびシートを防塵壁の使用 - 材料輸送時の養生シートの使用 - 建設材料貯蔵エリアの整備 - 個別の入口の使用 	STEG および 施工者	継続的に実施	7 000 DT/ 現場
安全	<ul style="list-style-type: none"> - 労災の危険。 既存設備の損傷 	<ul style="list-style-type: none"> - 保護金網の建設 - 個別の入口の使用 - 施工者は、工事と緊急作業をしかるべく管理するために必要な手段と人を用意しなければならない。 	施工者	安全責任者による工事現場の継続的な点検	8500 DT/ 現場

表 26 : 操業段階の PGE

構成項目	潜在的な負のインパクト	緩和措置	担当責任者	頻度	費用
音響放出	近隣住民および職員の生活の質の劣化	音響放出値の定期測定	STEG	設備取得の検討段階と設備設置以降、継続的に実施	12 000 DT/年
振動	近隣住民および職員の生活の質の劣化	振動値の定期測定	STEG	設備取得の検討段階と設備設置以降、継続的に実施	12 000 DT/年
大気放出	大気汚染	-近隣の大気性状の定期測定	STEG	設備取得検討段階と設備設置以降、継続的に実施	12 000 DT/年

天然ガス	<ul style="list-style-type: none"> - 漏洩 - 故障 - 火災 	<ul style="list-style-type: none"> - 減圧設備 - ガス感知器 - 現場消火器 - 定期点検 	STEG	月に1回、保護システムを点検	7 000 DT
ディーゼル油	<ul style="list-style-type: none"> - 漏洩 - 故障 - 火災 	サイトの消火用水網 <ul style="list-style-type: none"> - 貯蔵タンクを囲む防油堤 - 貯蔵タンク側板の冷却システム - 貯蔵タンク内のエア・フォーム放出システム - 防油堤内のエア・フォーム放出システム - 定期点検 	STEG	月に1回、保護システムを点検	7 000 DT
オイルと薬品	<ul style="list-style-type: none"> - 漏洩 - 火災 	<ul style="list-style-type: none"> - 適切な貯蔵 - 定期点検 	STEG	継続的に実施	5 000 DT
海水管路	浚渫作業の廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> - 環境影響調査の実施 	STEG	継続的に実施	30 000 DT/15年
	海水温度の上昇	<ul style="list-style-type: none"> - 放出水の品質検査 - 冷却水温度の検査 			2 350 000 DT
	侵入生物種の増加	<ul style="list-style-type: none"> - 堆積の些細なモニタリング 			
安全設備	故障	<ul style="list-style-type: none"> - 定期的な検査と試験 	STEG	年に4回	5 000 DT

脱塩液とボイラー液の放出	<ul style="list-style-type: none"> - 薬品の漏洩 - 洗浄液の漏洩 - 液の海洋放出 	<ul style="list-style-type: none"> - 中和ピットの建設 - 放出物の化学特性の継続的な検査 - 設備の継続的な点検 	STEG	週に1回点検	100 000 DT
貯蔵設備・施設	労働者／設備の安全	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ による保護 - 手持ち、可動式消火器 - 水による保護 - 泡による保護 - 火災警報装置 - 避難退避の表示・標識 - 保護システムの検査 	STEG	年に1回	貯蔵設備・施設
固形廃棄物	廃棄物の堆積	<ul style="list-style-type: none"> - 適切な置場に継続的に集積する - 廃棄物の継続的な検査 	STEG	継続的に実施	10 000 DT
し尿水	地下水汚染のおそれ	<ul style="list-style-type: none"> - 防水セプティックタンクの建設 - 処理場へのトラック輸送 	STEG	継続的に実施	30 000 DT
景観	敷地景観の変化	<ul style="list-style-type: none"> - 高木、低木の植栽 - 継続的な除草 - エコロジカルな色彩の塗料を使用 	STEG	継続的に実施	景観

7.2. 環境モニタリング計画

プロジェクトの良好な運営と持続性を可能にするため、STEG は以下に記す内容のモニタリング計画を設定する予定である。

- 品質・環境チーム（責任者を伴う）の任命と教育
- 環境保護（固形廃棄物、廃油、大気汚染、し尿水などの管理）に関する教育マニュアルの所有
- 発電所のあらゆる設備の定期検査
- ANPE 大気品質ネットワークへの発電所の接続およびこの接続の頻繁な確認
- 許容限度値を超える汚染物質が感知された場合、必要であれば向上のすべてのシステムを停止する。
- 構造物、配管の定期的なリーク検査と必要な場合における修理
- あらゆる検査と修理の実施記録と月報の作成

7.2.1. 一般的目的

あらゆる予防措置を講じても、プロジェクト設計段階では完全にコントロールすることができない管理指標がある。その意味で、環境モニタリング計画を実施することは、プロジェクト構成要素の作動信頼性をチェックし監視するための基本となる。

7.2.2. 特殊な背景

モニタリング計画の目的は、新設コンバインド・サイクル発電所が設置された後のサイトの変化とサイトが環境に与えるインパクトを追跡できるようにし、必要な追加工事や補償措置を実施することにある。モニタリング計画は 10 年計画として作成されなければならない。モニタリングの結果、サイトが自然環境に組み入れられたか、あるいは投資目的で使用されたのかの判断は専門家に委ねられる。

7.3. 能力強化

このタスクの目的は、緩和計画とチェック・モニタリング計画の監督、適用ができるように、国と地方の体制を強化するための施策を提案することである。

これはプロジェクトの建設段階に先行し、そして随伴する活動である。具体的には、プロジェクトの期間中、外部技術援助チームが配置され、以下を中心にチームの活動が展開される。

- PGE のモニタリングと実施における STEG の能力強化
- 作業員の技術力の強化
- コミュニケーションの技術力強化
- 汚染に関する意識向上

支援チームが展開する項目は以下のテーマを対象とする。

- 危機管理計画－とりわけ立上げと操業の段階で発生するおそれのある危機－の明確化
- PGE 実施についての意識向上計画の実施
- プロジェクト生産性向上についての意識向上計画の実施
- 環境保護に関する法律、規制の教育
- ルートと巡回の管理

7.4. 一般意見聴取

7.4.1. チュニジアの行政組織

チュニジアは県（*département* に相当する *gouvernorat*）単位で区画されている。

それぞれの県は、地域の首長である知事（*préfet* に相当する *gouverneur*）が統括する。知事の差配下に副知事（*sous-préfets* に相当する *délégués*）がいて、群（*sous-préfectures* に相当する *délégations*）を統括する。

現在チュニジアは次のように区画されている。

- * 24 の県および県開発議会
- * 262 の郡および郡開発議会
- * 2056 の小郡（*cantons* に相当する *Imadas*）
- * 182 の地区開発議会
- * 5677 の小地区開発議会
- * 260 の市町村

7.4.2. 一般意見聴取会の開催

EIA の目的は、プロジェクトが環境に及ぼす影響を特定して説明し、それらに対する予防措置、緩和措置の必要性を評価することである。EIA の手続き期間中、一般人はこれに貢献することができ、環境に関するプロジェクトへの懸念を表明することができる。こうした一般の意見聴取の結果は、承認手続きの際に考慮されなければならない。

意見聴取の期間中、一般人には、EIA とプロジェクトの実現が基本方針より特定されるすべての要求をみたしているか否かを明らかにするために、STEG の委員会に対し意見を表明する機会があたえられる。

環境アセスメントの一般的な枠内においては、プロジェクトと EIA が受容できるものとして判断されると、施主はプロジェクト立地の場所において一般意見聴取会を実施する。一般的にこの意見聴取会は以下の 3 部構成で行われる。

- 第 1 部では、プロジェクトの内容、サイトの初期状態、影響緩和措置、環境管理計画の内容について、説明が行われる。
- 第 2 部は、発表者と出席者との間の質疑応答
- 第 3 部では、その日の意見聴取会について総括し、結論が引き出される。

コンバインド・サイクル型ラデス C ステージ新設火力発電所の環境社会アセスメントのケースでは、一般意見聴取会が3回実施された。

1/ スコーピング

アセスメントのスタート段階で、2013年9月20日に Ben Arous 県メグリン役所会議室にてスコーピングが実施された。

この会は以下を目的とした。

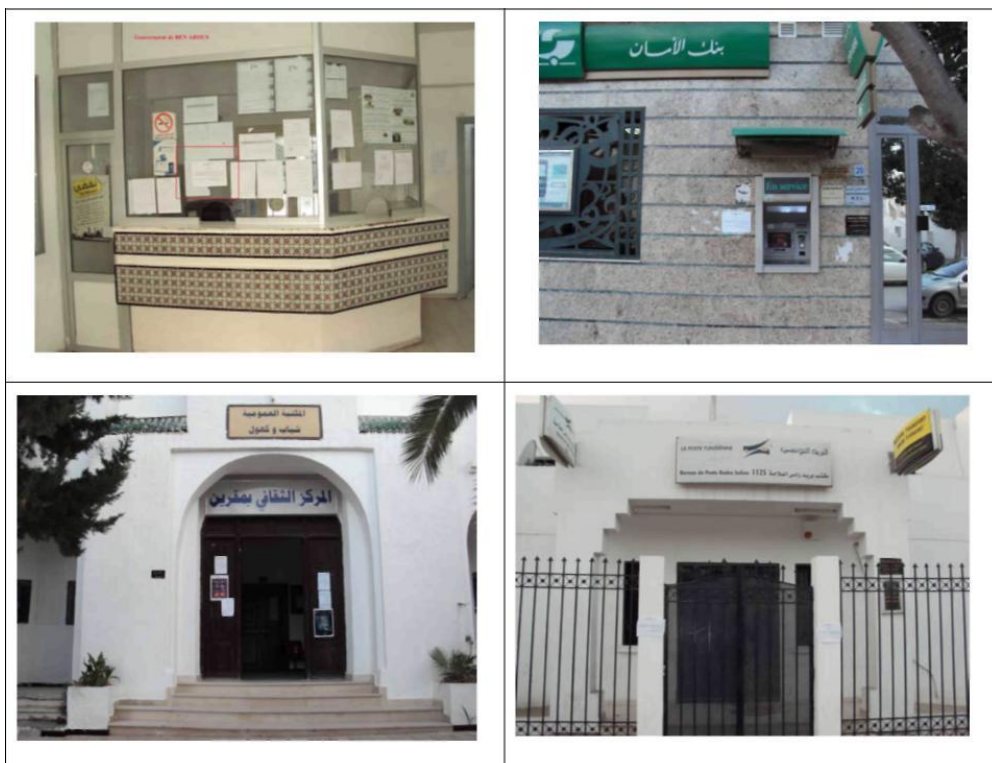
- ターゲットとなる一般人（行政、責任者、住民、沿岸住民など）の意見聴取
 - とくにラデス市民からの提言や意見の聴取
 - この目的を軸に展開された議論の最も適切な結果を検討して、本プロジェクトの環境社会アセスメントの内容を豊かにする。

2/ 第2回一般意見聴取会

2013年11月13日、Ben Arous 県メグリン役所会議室で2回目の一般意見聴取会が実施された。

環境社会アセスメントの結果が、チュニス湾の現状についての徹底的な分析、大気放出と海洋ホットスポットの累積調査結果（既設発電所からの放出と投棄を考慮したもの）とともに、コンサルタントより発表された。

施主（STEG）がラデス市内とメラハ団地のいたるところにステッカーを貼り市民に意見聴取会の開催日を通知したが、出席者は少数であった。



会の最後に、出席の利害関係者より、関連の組織や市民のより多くの参加を求めて、一般意見聴取会を再度開催することが提案された。さらに厚生省と社会省の代表者ならびにマスメディアの出席も求めるよう要求があった。

2/ 第3回一般意見聴取会

2013年11月27日、Ben Arous 県ラデス役所本庁で第3回目の一般意見聴取会が実施された。

海洋ホットスポットの拡散の大气放出シミュレーション結果発表の後、討論が開始し多数の発言、説明の要求があったが、それらに対してコンサルタントと STEG が明確に回答した。（議事録参照）

また、この会にはマスメディアも出席し、プロジェクトについての情報要求があったことも記しておく。



結論

本プロジェクトは、地方開発のために非常に重要なものである。ラデス火力発電所は、より優れた技術による発電能力強化計画の一環として行われるものである。

火力発電所稼働に備えて、プロジェクトの大気放出または冷却水廃水により生じる公害を削減するための一連の予防措置が提言された。

環境保護のための予防措置、つまり、火力発電所内に導入される措置または発電所下流における措置により、環境に対して直接および間接的な被害を及ぼす可能性のある問題または危険性を除去する。

事実、本プロジェクトの持続性の観点から、環境管理計画が実施される予定であり、環境保護と生活環境改善に対する配慮がなされている。

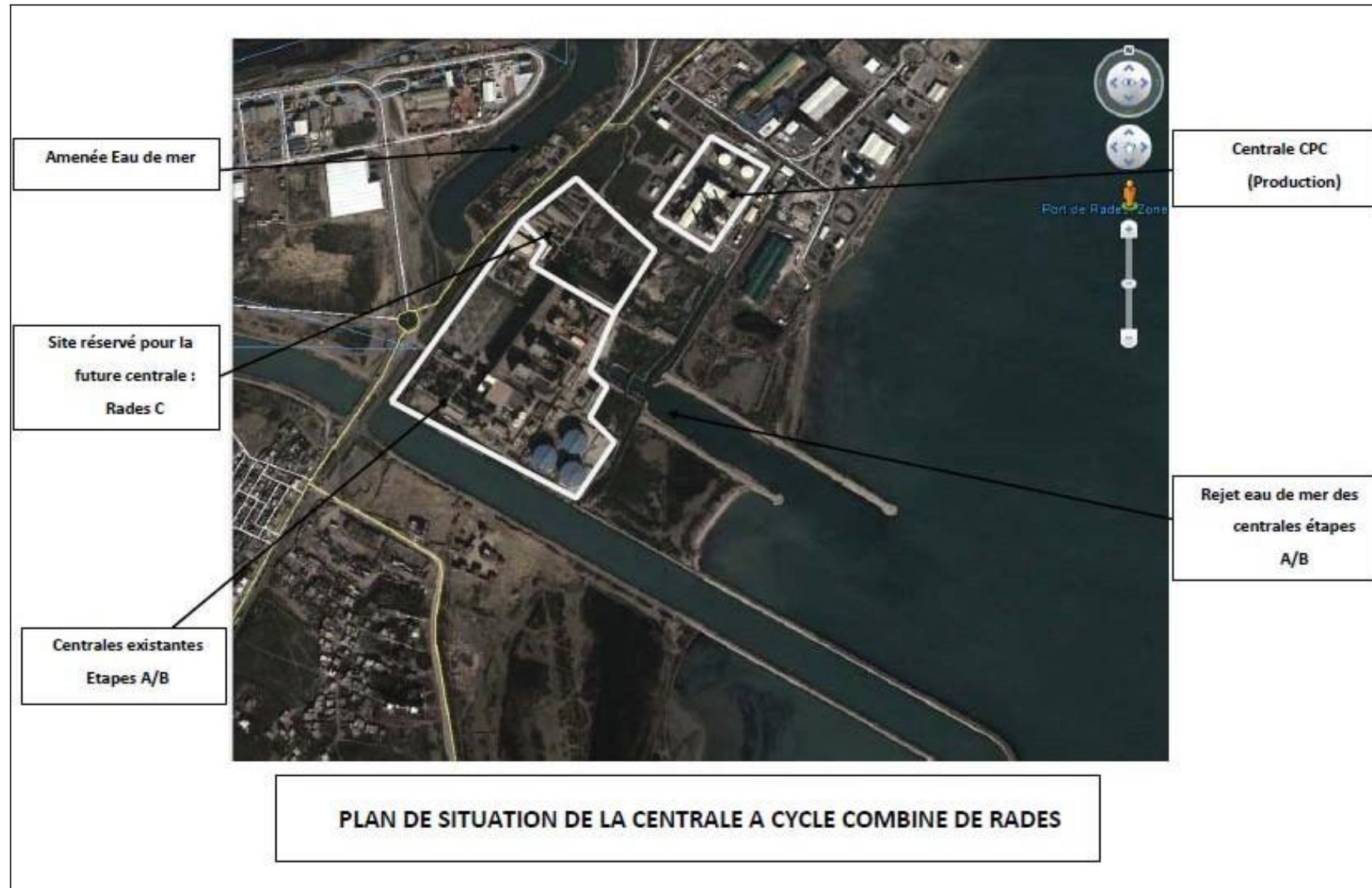
恒常的に存在する環境インパクトに関して言えば、本施設通常運転時には公害の発生はない。水・空気の汚染、騒音、廃棄物による汚染問題に関しては、STEG のメンテナンス部が使用する廃棄物回収方法や処理技術により解決される。

操業時に発生する廃棄物は一般産業廃棄物である。これら廃棄物の分別とダンプカーによる収集は、ANGeD（国家廃棄物管理庁）により承認されたゴミ収集業者により定期的に行われる。

結論として、本地区に建設されるプロジェクト施設は、この地方のみならず、近隣においても経済を活性化し、また、産業活動に必要な電力の継続的供給を可能とする。

付属文書

付属文書 1 :

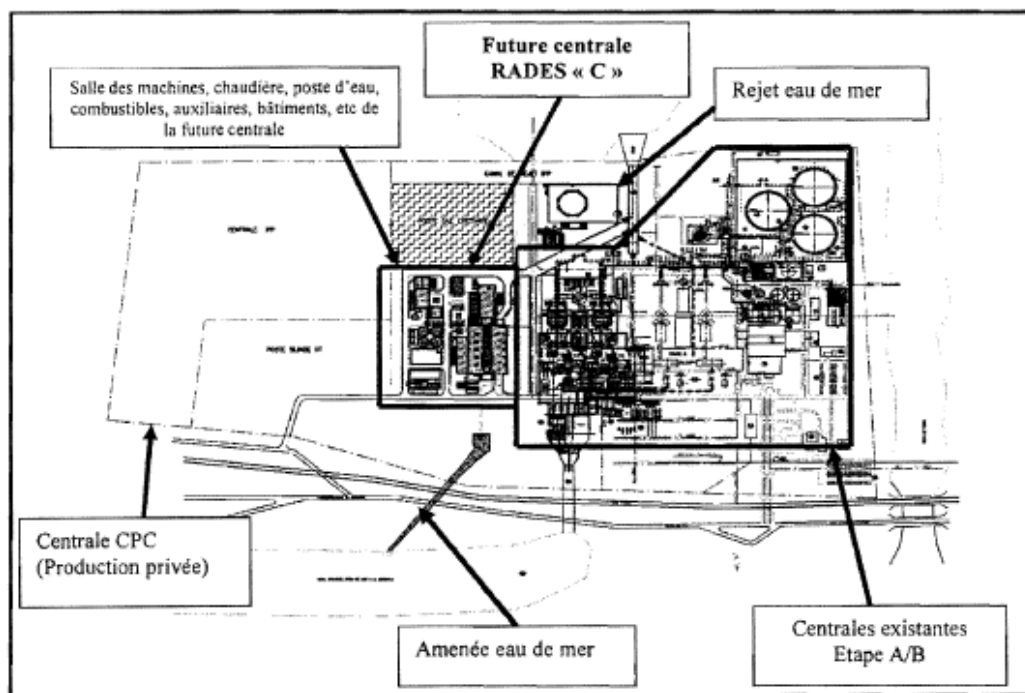


付属文書 2:

PLAN DE MASSE DE LA CENTRALE

A CYCLE COMBINE DE RADES « C »

PLAN DE MASSE



付属文書 3 :

NT (チュニジア規格) NT.04.49 (1990) により定められた軽油特性

特性	限界値	分析方法
蒸留:蒸留量(v/v)、損失量を含める	<ul style="list-style-type: none"> 250℃において、生成物 65%以下 350℃において、生成物 85%以上 	NT 04.03 : ASTM D.86
密度(15℃)	0.8 kg/l から 0.89 kg/l の間	NT 04.05: ASTM D.86h
引火点	55℃以上、120℃未満	NT 04.64 : ASTM D 93
降伏点	<ul style="list-style-type: none"> 10月15日から4月30日まで:氷点下7℃以下、 5月1日から10月14日まで:氷点下1℃以下 	NT 04.16: ASTM D 97
酸性度	ゼロ	NT 04.65: ASTM D.974
粘度(20℃)	9 cSt 以下	NT 04.45: ASTM D 445
硫黄分質量	1%以下(質量あたり)	NT 04.70 (参考): ASTM D.2622 NT 04.71 : ASTM D. 1552
セタン指数	50 以上	NT 04.72 ASTM D.976
堆積物含有量	ゼロ	NT 04.11 : ASTM D.95
含水量	定量不能(微量)	NT 04.1 : ASTM D 95
灰分	定量不能(微量)	NT 04.25 : ASTM D 482
低温濾過器目詰まり点	氷点下 3℃以下(10/15~4/30)	NT 04.75 : ASTM D 4539(参考) NF M 07.042 IP 309
色	5 以下	NT 04.09 : ASTM D 1500

付属文書 4:

海洋におけるホットスポット・シミュレーション用ソフト
SMS(Surface water modeling system)

モデル化目的

数値解法が開発されて以来、流体システムを理解するために、干潟や海岸における流体力学モデル化が重要になった。事実、課題とその目的の複雑性を考慮すると、モデル化をすることが有益であり、水性生態系のより適切な管理と整備を可能にするモデル化結果を得ることができる。また、流体学シミュレーション結果は、その他のモデルにとって、たとえば、汚染物質拡散モデルや生態系モデルにとって役に立つものである。

こうした目的のため、干潟および海岸の環境の流れのモデル化が行われる。事実、モデル化は、かたや、環境に現存する流体システムを理解することを可能とし、また、最善のシナリオを描くという目的で、複数の可能な開発インパクトをシミュレーションし、比較することを可能とする。

浅瀬における流体学モデル化の研究の一環として、SMS « Surface Water Modeling System » というソフトを使用することができる。水深に組み込むことが可能であり、階層状になっていない浅瀬によく適合する 2 次元モデルである。以下、本ソフトウェア、その基本方程式、および各種モジュールについて説明する。

モデル紹介

比較的浅い海岸部や干潟における流体学モデル化を行うために、「Surface Water Modeling System」(SMS) というソフトウェアを使用する。このソフトは、流体方程式解析のために有限要素解析方法を適用するモデルであり、その他、流体力学計算モジュール、格子を作成するためのプリプロセッサ・モジュール、および結果解析のためのポストプロセッサを含んでいる。

このソフトに有用なモジュールは、格子作成と調査区域の形状・水深のインプットを可能にするモジュールである GFGEN モジュール、2 次元流体学シミュレーションと流体方程式解析を可能とするモジュールである RMA2 モジュール、および特定の環境における汚染物質拡散シミュレーションまたはホットスポット・シミュレーションを可能とするモジュールである RMA4 モジュールである。

流体モデル基礎方程式

2 次元流体モデルは、水深に組み込まれた物質収支と流動量収支のための局所的平衡一般式に基づく。これらの方程式では、圧力静力学的均衡の仮定が適用される。

直交座標(0, x, y)での、水深に関連付けられた 2 次元モデルの基礎方程式は、以下の通りである (SMS, 2003):

- 物質収支方程式:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = m_0 \quad (1)$$

• Ox での流動量収支方程式:

$$\begin{aligned} h \frac{\partial u}{\partial t} + h u \frac{\partial u}{\partial x} + h v \frac{\partial u}{\partial y} - h \left[E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] + g h \left[\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{g u n^2}{h^{1/3}} (u^2 + v^2)^{1/2} \\ - \zeta \frac{\rho_a}{\rho} V_a^2 \cos \phi - 2 h \omega v \sin \phi = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} h \frac{\partial v}{\partial t} + h u \frac{\partial v}{\partial x} + h v \frac{\partial v}{\partial y} - h \left[E_{xx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + g h \left[\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{g v n^2}{h^{1/3}} (u^2 + v^2)^{1/2} \\ - \zeta \frac{\rho_a}{\rho} V_a^2 \sin \phi + 2 h \omega u \sin \phi = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式中の各記号:

- h** : 水深;
- u et v** : それぞれ Ox・Oy 軸での水深に関連付けられた速度;
- t** : 時間;
- x, y** : デカルト座標;
- ρ** : 水の密度;
- ρ_a** : 空気の密度;
- m₀** : 表層水のやり取り(雨、蒸発)または海底での水のやり取り(浸透);
- E_{ij}** : 拡散係数;
- g** : 重力加速度;
- a** : 海底の座標;
- n** : Manning 海底粗度計数;
- ζ** : ウィンドシア係数;
- V_a** : 風速;
- φ** : Ox 軸に対する風の向き;
- ω** : 地球の自転角速度;
- φ** : 緯度;

- (1) から (3) の方程式は、計算領域の境界条件により調整される:ゼロ流速（不浸透境界）、所定水位（例:潮位）、所定流量（例:雨水排水、汚水の排水、火力発電所または工場の廃水等）。

パラメータの u 、 v 、および h が未知であるこれらの方程式では解析解ができない。よって、数値的に解析し数値モデルを作成する。

基本的に、その場所における実験データがある場合は、一部のパラメータの値については、モデルを現場計測により得られたデータを基に調整して決定する必要がある（モデルを使い、これらのパラメータの値を調整して、現場の実験値を算出する）。

SMS の構造

SMS ソフトウェア (Vers. 8.0 または 8.1) は、格子作成のためのプリプロセッサ・モジュール、計算結果解析のためのポストプロセッサモジュールを備えたシミュレーション・デジタル・モデルである。このソフトは、広大な面積で非常に複雑な形状を持つ浅瀬の環境の分析に適している。格子の数はほとんど無限である（最大 10 万ぐらいまで）。

SMS ソフトに統合された複数の数値モデルの使用を容易なものとするために特別に設計されたインターフェースが含まれている。各数値モデルは、特定の分類の問題を解決するように設計されている (SMS、2003) :

- 流体学特性（例:水面上昇や海流速度）の計算を行う；
- 汚染物質の濃度が高い部分、浮遊汚染物質、またはホットスポットの動きを処理する；
- 静的状態や動的分析を行う；
- 超臨界と臨界未満の流れを計算する；

各デジタルモデルは、それぞれの節点、セル、またはセクションにおける様々な計算結果を含むソリューション・フォルダーを作成する。

SMS ソフトは、使い勝手の良さ（ウィンドウズで作動する）や下記項目を可能とするという特徴を有する:

- モデル結果の解読およびグラフ表示（等値線、流速場）と動画（速度または濃度の時間発展）の作成；
- プログラムが SMS コンパチブル・フォーマットのフォルダーを読みおよび／書くことができる場合において、ほかの計算方法のためのプリプロセッサ、またはポストプロセッサとして使用することができる。

インターフェース «Fast TABS» は、ユーザーと対話式で素早いコミュニケーションを可能とする:データ入力、計算結果解読と視覚化。

SMS ソフトの一般的構造は、下図にフローチャート化されている。この図は、ソフト作動システムの表示でもある。必要なモジュールは、太線で囲っており、その他のモジュールは、任意である。

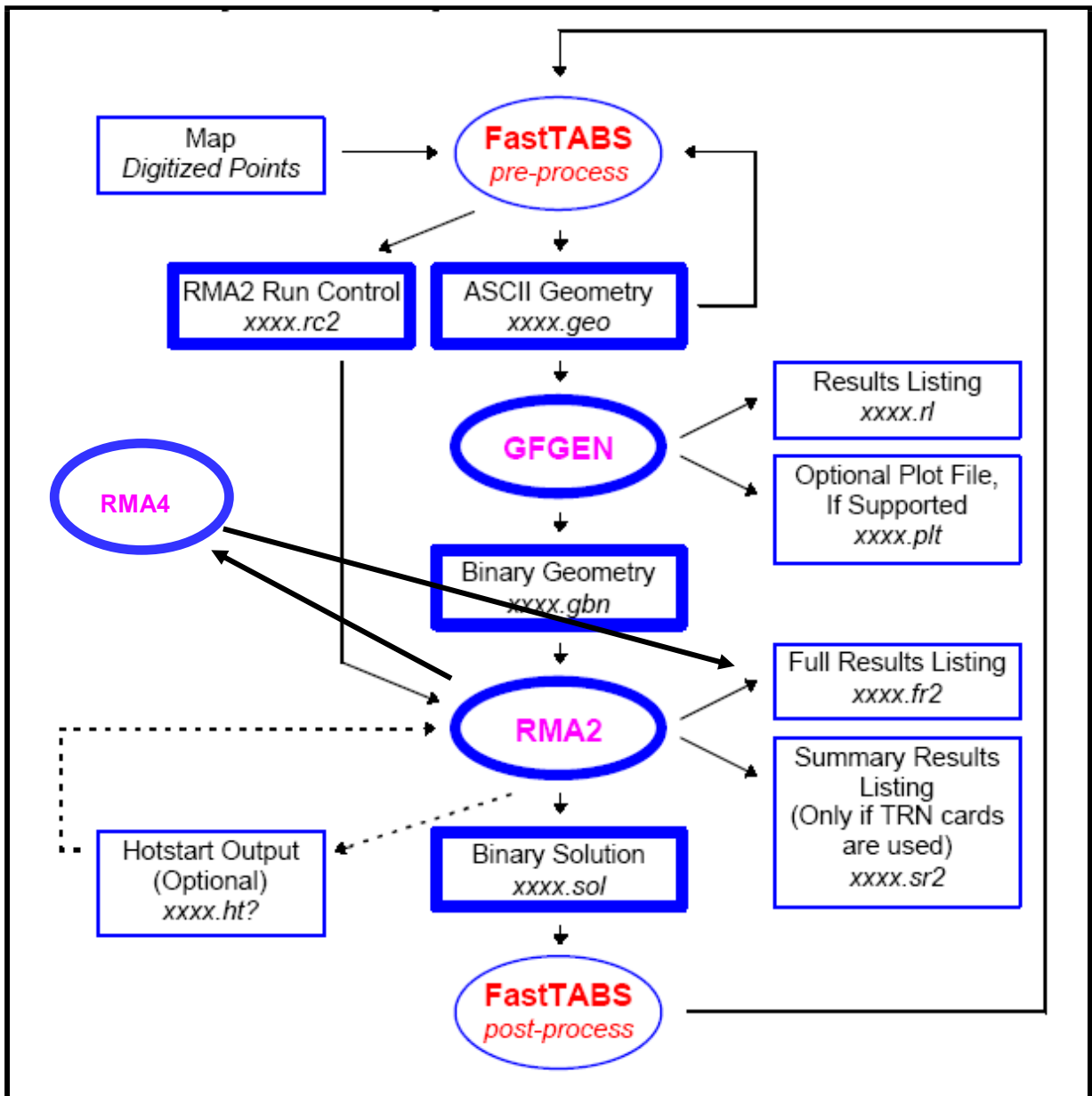


図:SMS ソフトウェア作動システム (SMS、2003)

SMS ソフトは複数のモジュールを備えており、この調査では下記モジュールを使用する:

- GFGEN モジュール:格子作成モジュールであり、領域の格子作成と編集のためのツールを備えている;
- RIMA2 モジュール:2次元の流れのモデル化のためのモジュールであり、流体方程式を解くことを可能とする;
- RMA4 モジュール:汚染物質またはホットスポット拡散シミュレーションモジュールであり、流れのモデルに関連付けられた所定汚染物質輸送方程式を解くことを可能とする

GFGEN モジュール

GFGEN モジュール (Geometry File GENERation) の役割は、領域の有限要素を生成する。このモジュールは、6節点の2次三角要素、または8節点の四角要素を生成することができる。

そのうち、このモジュールは格子の形状を決めるファイルを生成する。これらのファイルはほかの計算プログラム（RMA2）の入力データとして使用される。また、格子のチェックを定期的に行い、訂正、修正、または改善することを可能とする。

このように、GFGEN モジュール（SMS 2003）は下記を可能とする：

- 節点（番号と座標）および要素（番号とそれに対応する節点）の決定、および格子の作成；
- 定義された格子の潜在的誤差の判断；
- 使用されない節点および／または要素を削除した後、格子の番号更新；
- ほかのシミュレーションモジュールで使用することを可能とするため、格子と形状に関する全ての情報を含むバイナリ・データ・ファイルを適切なフォーマット内に作成する。

RMA2 モジュール

RMA2 モジュールは、2次元デジタル流体モデル（0, x, y の水平面）である。RMA2 は、水深に組み込まれた物質収支方程式と流動量収支方程式を数値的に解く。つまり、方程式（1）、（2）、（3）である。

パラメータの u 、 v 、および h が未知であるこれらの方程式では、数値的に有限要素解析方法により解かれる。時間微分は、非線形有限差分近似で置き換えられる。各時間間隔における変数の変化は、下記式によるものと推定する：

$$f(t) = f(0) + at + bt^c \quad t_0 \leq t \leq t_0 + \Delta t$$

本式中において、 a 、 b 、および c は定数である。

解は、完全に暗示的であり、非線形流体方程式は、ニュートン・ラプソン反復法により同時に解かれる。

よって、このモジュールは、垂直加速度がごく小さく（浅瀬）、恒常的に水柱水深全体において速度ベクトルが同じ方向を向いている（動的階層化はない）場所の流れの問題を処理するために作られた。

海底の摩擦は、海底の粗度を図化する Manning 係数（または de Chezy）により表される。また、過流や拡散は、拡散係数（Eij）により表される。よって、定常流（安定的）の問題、または過渡流（不安定的または動的）の問題を解くことができる。

このように、境界条件を使うことにより、RMA2 は、格子各節点と各時間間隔で水平速度（ u と v ）および水深（ h ）という 2 つの構成要素のデジタル値を計算することが可能である。

RMA2 モジュール（SMS, 2003）は下記を可能とする：

- 計算パラメータのインプットと修正:Manning 係数または Chezy 係数、拡散係数、風速領域開境界条件、計算精度、計算反復数、過渡状態の時間間隔、乾燥パラメータまたは再冠水パラメータ等；
- 格子網の潜在誤差のチェック；
- 各節点の u 、 v 、および h の計算；

- コントロール・ラインを通過する流れの計算（海と接続）；
- 水面での風の影響（風により生じる摩擦）と嵐の影響を考慮する；
- 干潟の湿潤現象または乾燥現象（特定の場所の冠水または乾燥）のシミュレーション。

RMA4 モジュール

RMA4 モジュールにより、汚染物質、堆積物質、懸濁物質、ホットスポットの濃度の時空間的発展の計算を行うことができる。濃度が水深に対して平均化される 2 次元モデルでもある。

格子各節点の濃度デジタル値を計算するために、RMA4 モジュールは、流体モデルの計算結果（RMA2 の結果）を利用する。なぜなら、このモジュールは対象地域での汚染物質とホットスポットの拡散シミュレーションをするために、格子の節点および要素における RMA2 モジュールの計算速度（ u 、 v 、および h ）を使用するからである。

つまり、流体方程式（1）から（3）に関連付けられた一部構成要素の輸送方程式による数値解析である。本方程式は下記のとおりである：

$$\frac{\partial(hT)}{\partial t} + \frac{\partial(huT)}{\partial x} + \frac{\partial(hvT)}{\partial y} = hD \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] - h \Phi_T \quad (4)$$

本式中の記号は下記のとおりである：

T : 水深に対して平均化された汚染物質または熱分の濃度；

D : 汚染物質拡散係数；

Φ_T : 同環境における汚染物質消失率、または冷却率；

h : 水深；

u et v : それぞれ Ox 軸と Oy 軸に対する水深に関連付けられた速度。

ソフト使用方法

特定水生環境での流体力学調査のために SMS ソフトを使用する場合は、そふとの使用は 2 段階で行われる:モデル構築とシミュレーション。

モデル構築

この段階では、場所形状入力、空間デジタル化（領域格子作成）、水深入力、および境界条件（閉境界、各種廃棄物、水のやり取りの場所、海との接続等）の位置確定を行う。

サイトのリアルスケール形状データと水深データのインプットは、複数の方法で行うことができる：

- ディスプレイ上の SMS ウィンドウで各点ごとに行う；
- AutoCAD (.dxf ファイル) で作成された地図をインポートする；
- 地図スキャニング・イメージ (JPEG ファイル) をインポートする；
- (x, y, z) フォーマットの水深に関するテキストファイルをインポートする。このファイルの利点は、例えば、サイトにおいて行われた最新の水深測量により得た座標 (x, y) と水深 (z) を同時にインポートすることができることである；
- 他。

シミュレーション

モデル構築後の第 2 段階は、サイトの流体システムをシミュレートし、解析することである。このようにして、現況診断後、モデルを使用して計画や開発のインパクトに関する複数のシナリオをシミュレーションすることができる。シミュレーション結果の解析により、最適な開発シナリオを選択することが可能になる。

シミュレーションを行うには、複数のデータのインプットが必要となる：

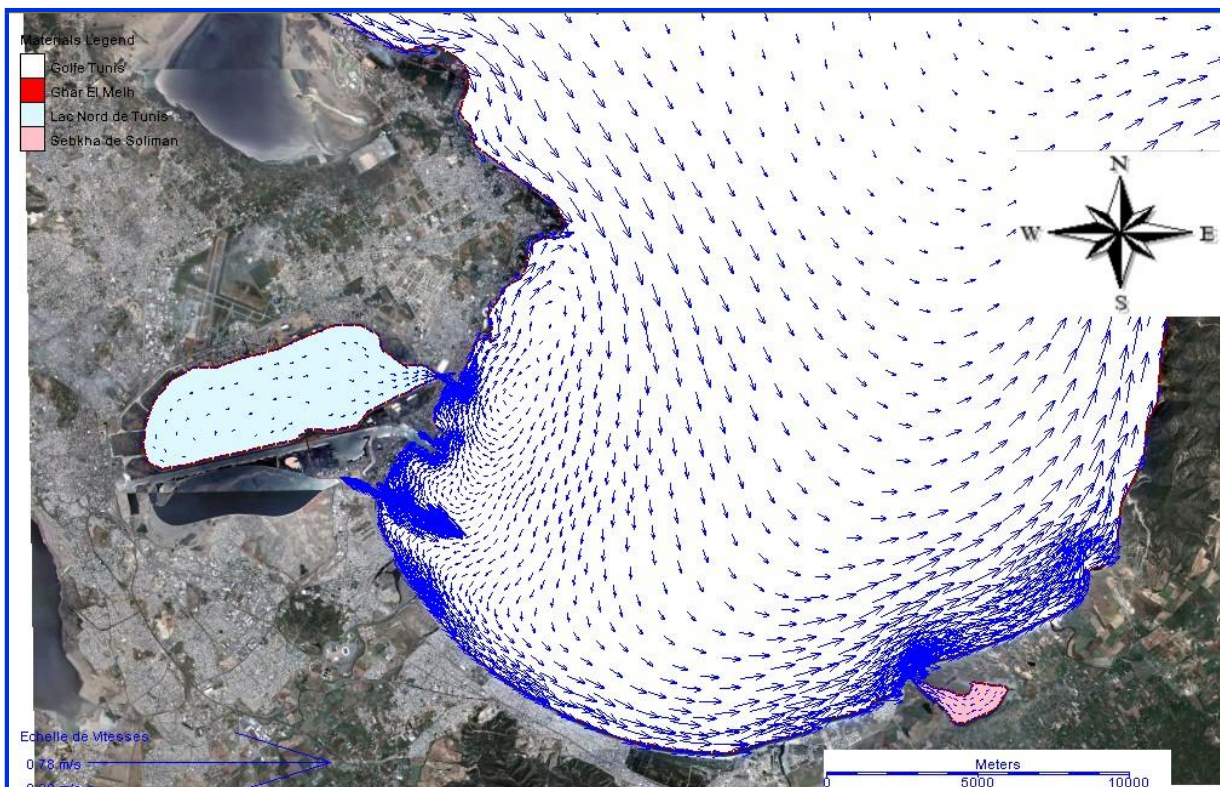
- パラメータ特性 (Chezy 係数と拡散係数) ；
- 境界条件 (所定の流量、所定の水位、等) ；
- シミュレーション時間、時間間隔、計算精度、過渡状態または定常状態の計算；
- 自由水面の初期水位、風、温度、コリオリ等の初期レベル。

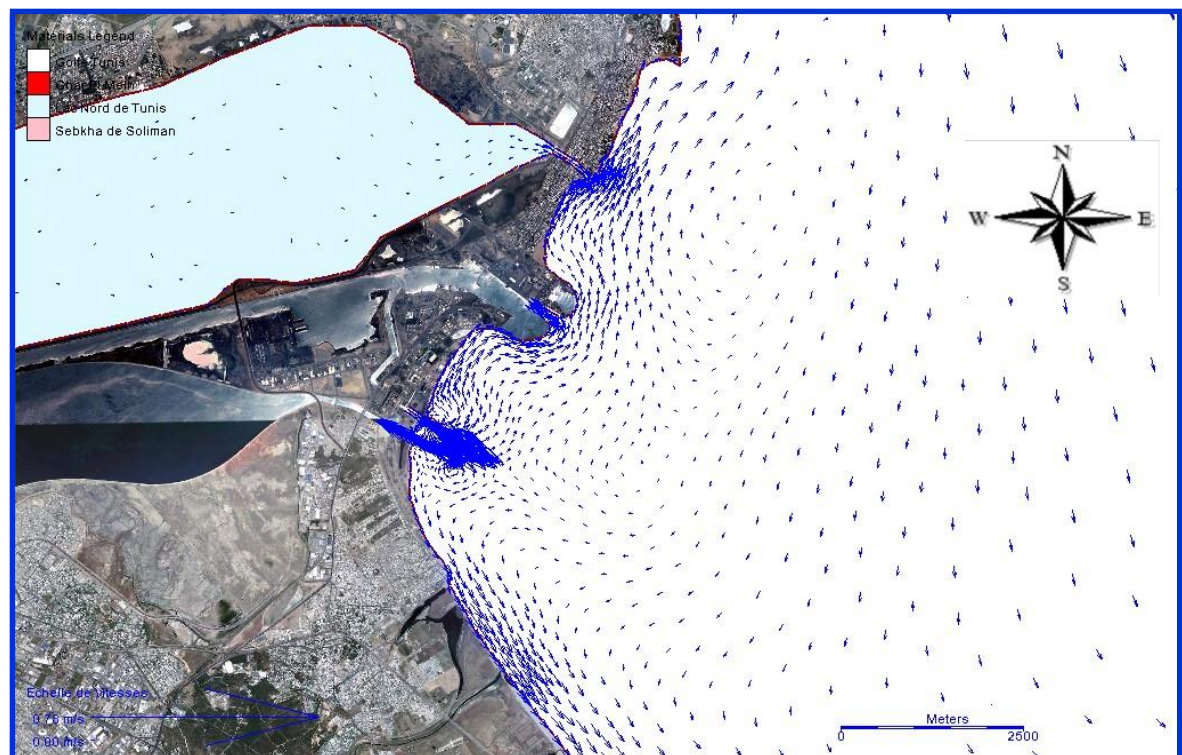
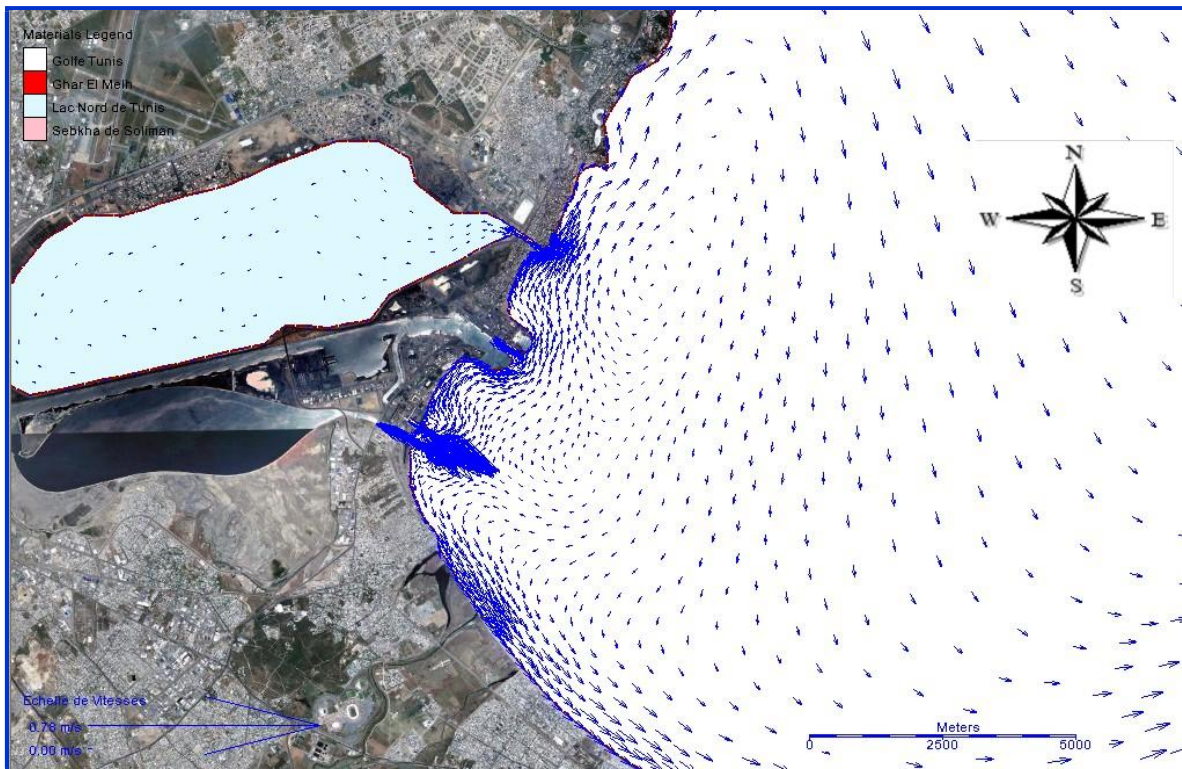
付属文書 5

チュニス湾およびラデス付近においてシミュレートされた流れとホットスポットの影響**西風の場合** : (下図参照)

- 沖合においては、流れは回転性（時計と反対周り）；
- ラデス火力発電所排水口付近では、上記の流れと逆の流れとなっている（堤防の影響）

この場所の流れは、沿岸沿いに **La Goulette** 港の方向（水深が浅い地帯）に流れている:この流れが、温排水を拡散している（このように、温排水は海岸にぶつかり、**La Goulette** 港の方向に向かう）:そこで、温排水は拡散を妨げる流れを作る風に出会う。

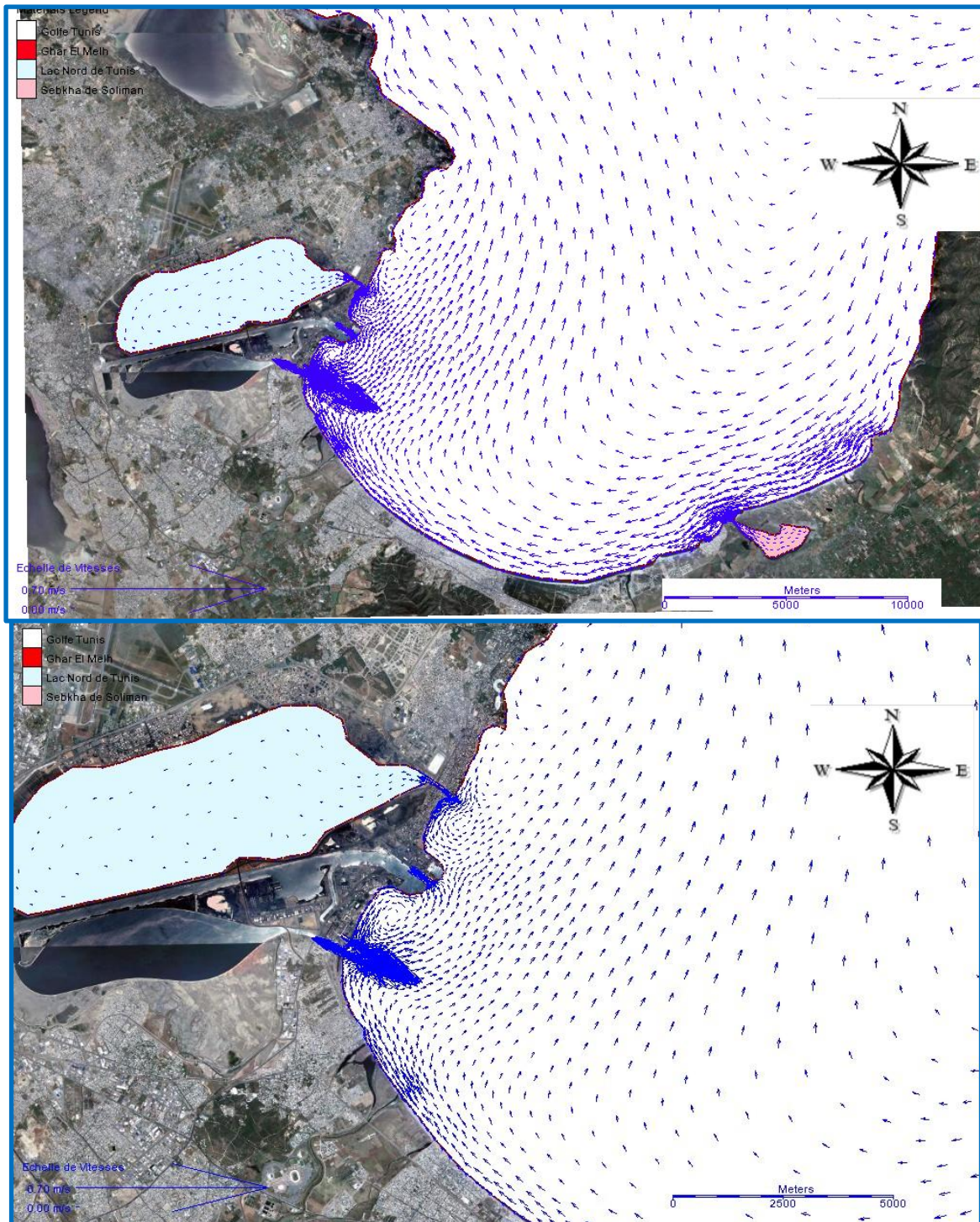


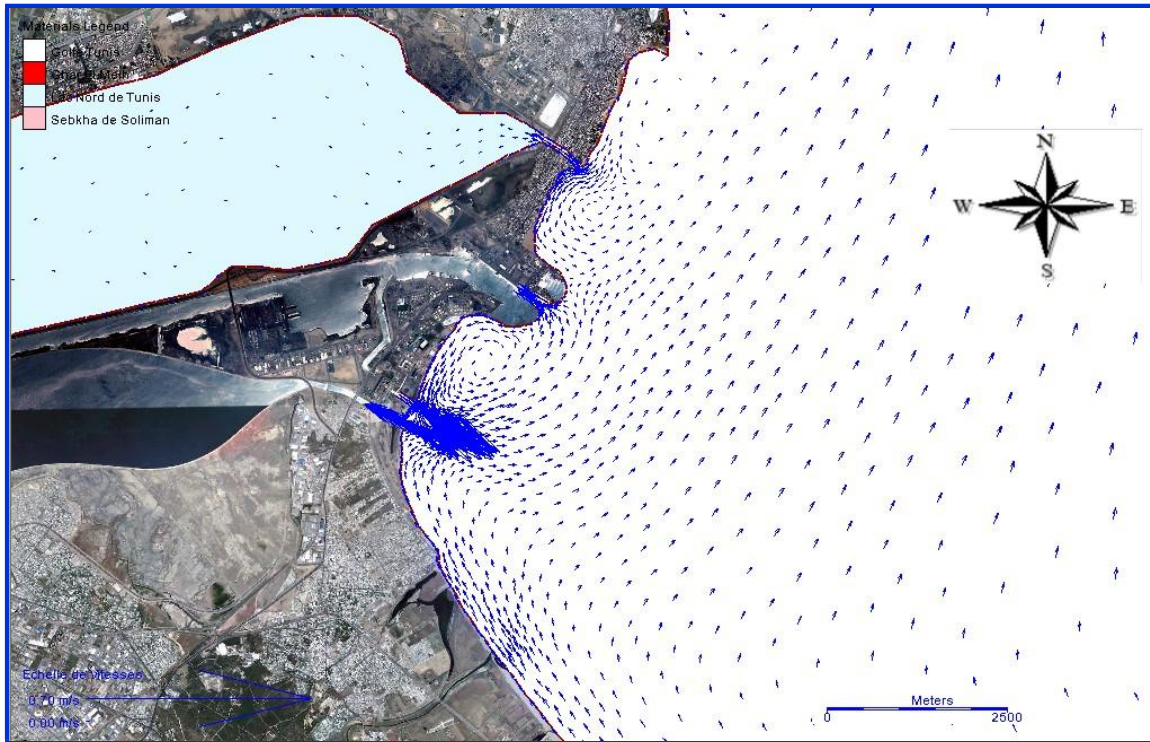


東風の場合: (下図参照)

- 沖合においては、循環は回転性（時計と反対周り）；
- ラデス火力発電所排水口付近では、上記の流れと逆の流れとなっている（堤防の影響）

発電所排水口の前の流れは沖合に向かって流れている:この流れが、廃水を沖合に運ぶ（水深の深い場所であり、温水はここで一層希釈される）:この海域において、温水は拡散を助長する流れを作る風に出会う。





付属文書 6

会議議事録および出席者リスト